



# ARROZ 2021

Diciembre, 2021

SERIE  
TÉCNICA

**262**

INIA

---

# ARROZ 2021

**Editores:** José Terra <sup>\*</sup>  
Sebastián Martínez <sup>\*\*</sup>  
Horacio Saravia <sup>\*\*\*</sup>  
Belky Mesones <sup>\*\*\*\*</sup>

---

<sup>\*</sup> Ing. Agr. Ph.D. INIA. Director, Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

<sup>\*\*</sup> Ing. Agr. Dr. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

<sup>\*\*\*</sup> Ing. Agr. M.Sc. INIA. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología.

<sup>\*\*\*\*</sup> Lic. Bibliotecología, Biblioteca INIA Treinta y Tres.

**Título:** ARROZ 2021

**Editores:** José Terra, Sebastián Martínez, Horacio Saravia, Belky Mesones

Serie Técnica N° 262

© 2022, INIA

**doi:** <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.262>

**e-ISBN** 978-9974-38-471-2

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

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

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

# Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

## **Integración de la Junta Directiva**

**Ing. Agr. José Bónica** - Presidente

**Ing. Agr. Walter Baethgen** - Vicepresidente



**Ministerio  
de Ganadería,  
Agricultura y Pesca**

**Ing. Agr. Rafael Secco**

**Ing. Agr. Martín Gortari**



**Ing. Agr. Alberto Bozzo**

**Ing. Agr. Alejandro Henry**





# CONTENIDO

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| 1. INDICADORES TECNOLÓGICOS-PRODUCTIVOS ZAFRAARROCERA 2020-2021 .. 1<br><i>F. Molina, J. Terra, A. Roel, M. A. Oxley, M. Marella, F. Casterá, A. Platero, F. García, G. Rovira, C. Escosteguy</i>   |               |
| 2. ANÁLISIS DE EVOLUCIÓN DE RENDIMIENTO ACTUAL Y POTENCIAL EN EL CULTIVO DE ARROZ EN URUGUAY ..... 6<br><i>G. Carracelas, N. Guilpart, P. Grassini</i>  | 6             |
| 3. ¿QUÉ FACTORES EXPLICAN LA BRECHA DE RENDIMIENTO ENTRE CHACRAS? ... 9<br><i>A. Roel</i>   | 9             |
| 4. GEONIVELACIÓN CON PENDIENTE VARIABLE: PRINCIPALES RESULTADOS DE DOS ZAFRAS ..... 13<br><i>M. Bueno, A. Roel, M. A. Oxley</i>   | 13            |
| 5. FINALIZACIÓN DEL RIEGO Y MOMENTO DE COSECHA PARA OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO EN INIA MERÍN ..... 17<br><i>G. Carracelas, C. Marchesi, A. Roel</i>   | 17            |
| 6. EFECTO DEL MANEJO DEL RIEGO BAJO DOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA EN EL CONTENIDO DE ARSÉNICO INORGÁNICO EN EL GRANO DE ARROZ ..... 21<br><i>F. Campos, A. Roel, G. Carracelas, R. Huertas, M. Verger, M. A. Oxley</i>   | 21            |
| 7. GENÉTICA DEL CONTENIDO DE ARSÉNICO EN GRANO DE ARROZ II: MATERIALES PROMISORIOS Y GENES CANDIDATOS ..... 25<br><i>L. Ale, M. Verger, F. Pérez de Vida, J. E. Rosas</i>   | 25            |
| 8. INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE MEDIANTE ROTACIONES ARROZ-SOJA-PASTURAS/GANADERÍA REGADAS POR ASPERSIÓN EN LOMADAS DEL ESTE DE URUGUAY. Resumen zafras 2019-2020 y 2020-2021 y conclusiones ..... 29<br><i>G. Zorrilla, J. Jorge, A. Roel, J. Parfitt, M. Gigena, F. Gigena</i> | 29            |
| 9. RIEGO POR ASPERSIÓN EN ROTACIONES ARROZ-SOJA-PASTURAS ..... 33<br><i>J.M. Soares de Lima, E. Fernández, B. Ferraro, G. Zorrilla, B. Lanfranco</i>  | 33            |
| 10. LA ECONOMÍA DEL NITRÓGENO EN LOS SISTEMAS ARROZ-GANADERÍA DE URUGUAY ..... 37<br><i>J. Castillo, G. Kirk, J. Rivero, A. Dobermann, S. Haefele</i>   | 37            |
| 11. EFICIENCIA DE USO DEL N EN EL ARROZ: PENSANDO EN SISTEMAS ..... 41<br><i>G. Fabini, K. Grahmann, J. Castillo, P. González, J. A. Terra</i>  | 41            |
| 12. SELECTIVIDAD DEL AURA® Y DEL METAMIFOX® EN VARIEDADES DE ARROZ EN LA REGIÓN ESTE DEL URUGUAY ..... 45<br><i>N. E. Saldain, C. Marchesi, B. Sosa</i>   | 45            |
| 13. IMPACTO DE LA HISTORIA DE CULTIVO EN LAS ENFERMEDADES DE TALLO EN INIA MERÍN ..... 49<br><i>S. Martínez, F. Escalante</i>   | 49            |

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 14. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL AGROECOSISTEMA DE ARROZ URUGUAYO .....  | 53            |
| <i>L. Bao, S. Martínez, M. Urrutia, L. Seijas, E. Castiglioni</i>  |               |
| 15. RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ARTRÓPOFAUNA EN CULTIVOS DE ARROZ CON Y SIN MANEJO DE INSECTICIDAS .....   | 57            |
| <i>V. Franco, L. F. García-Hernández, S. Martínez, C. Viera</i>  |               |
| 16. TEST DE FRÍO: HERRAMIENTA PARA EVALUAR RESISTENCIA AL FRÍO DE CULTIVARES Y DE LOTES DE SEMILLA DE ARROZ .....                                      | 61            |
| <i>A. Pereira, M. Oxley</i>  |               |
| 17. TRATAMIENTO DE SEMILLAS EN INIA MERÍN .....  | 64            |
| <i>A. L. Pereira, B. Sosa, A. Pimienta, M. Oxley</i>   |               |
| 18. GANANCIA GENÉTICA DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE ARROZ DE INIA .....  | 68            |
| <i>E. Monteverde, S. Scheffel, I. Rebollo, P. Blanco, F. Molina, F. Pérez de Vida, J. E. Rosas</i>   |               |
| 19. EVALUACIÓN FINAL DE CULTIVARES INDICAS. INTERACCIÓN GENOTIPO * AMBIENTE: FECHAS DE SIEMBRA .....   | 71            |
| <i>F. B. Pérez de Vida</i>   |               |
| 20. SLF16007: NUEVO CULTIVAR PROMISORIO DE ALTA PRODUCTIVIDAD Y RESISTENCIA A <i>PYRICULARIA</i> .....   | 75            |
| <i>F. B. Pérez de Vida</i>   |               |
| 21. EVALUACIÓN DE CULTIVARES RESISTENTES A LAS IMIDAZOLINONAS EN ENSAYOS DE FAJAS .....  | 79            |
| <i>F. Molina, C. Marchesi</i>  |               |
| 22. EVALUACIÓN DE CULTIVARES TIPO JAPÓNICA EN ENSAYOS DE FAJAS .....   | 83            |
| <i>F. Molina, C. Marchesi</i>  |               |
| 23. DESARROLLO DE CULTIVARES DE CALIDAD ESPECIAL: GRANOS MEDIOS (TIPO «CALROSE») .....   | 87            |
| <i>F. B. Pérez de Vida</i>   |               |
| 24. PERFIL AMILOGRÁFICO Y CALIDAD CULINARIA EN LINEAS PROMISORIAS .....  | 92            |
| <i>M. Villalba, A. Billiris, M. López, F. Pérez de Vida</i>  |               |
| 25. GENÉTICA DE LA RESPUESTA A TEMPERATURA Y RADIACIÓN EN ETAPA REPRODUCTIVA EN GERMOPLASMA DE ARROZ DE INIA .....                                     | 95            |
| <i>I. Rebollo, I. Aguilar, J. E. Rosas</i>   |               |
| 26. PRECISIÓN DE SELECCIÓN TEMPRANA USANDO MODELOS MIXTOS EN EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ARROZ DE INIA .....                               | 99            |
| <i>S. Scheffel, F. Molina, F. Pérez de Vida, J. E. Rosas</i>   |               |
| 27. FORTALECIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE TRANSFERENCIA PARA REDUCIR LAS BRECHAS DE RENDIMIENTOS EN EL SECTOR ARROCERO<br>Resumen y conclusiones ..... | 103           |
| <i>G. Zorrilla, S. Cedréz, A. Rovira, A. Gussoni, M. Sanguinetti, M. E. Bica, L. Carmona</i>   |               |

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 28. FORTALECIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE TRANSFERENCIA PARA<br>REDUCIR LAS BRECHAS DE RENDIMIENTOS EN EL SECTOR ARROCERO<br>Resumen zona este ..... 107<br><i>S. Cedrés, G. Zorrilla, A. Rovira, A. Gussoni, M. Sanguinetti, M. E. Bica, L. Carmona</i>   | 107           |
| 29. FORTALECIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE TRANSFERENCIA PARA<br>REDUCIR LAS BRECHAS DE RENDIMIENTOS EN EL SECTOR ARROCERO<br>Resumen zona centro ..... 110<br><i>A. Gussoni, G. Zorrilla, S. Cedrés, A. Rovira, M. Sanguinetti, M. E. Bica, L. Carmona</i> | 110           |
| 30. FORTALECIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE TRANSFERENCIA PARA<br>REDUCIR LAS BRECHAS DE RENDIMIENTOS EN EL SECTOR ARROCERO<br>Resumen zona norte ..... 114<br><i>A. Rovira, G. Zorrilla, S. Cedrés, A. Gussoni, M. Sanguinetti, M. E. Bica, L. Carmona</i>  | 114           |

---

## PRÓLOGO

Es un gusto publicar una nueva serie técnica de INIA sobre los principales avances de investigación tecnológica en el cultivo de arroz en el marco de la zafra de mayor rendimiento histórico en Uruguay y la región, superando por primera vez la barrera de las 9 t/ha. En la zafra 2020-2021 las actividades del Programa Arroz se desarrollaron íntegramente durante la pandemia de COVID-19, que más allá de las dificultades sanitarias, operativas, económicas y presupuestales que generó, se lograron realizar satisfactoriamente gracias a la responsabilidad y compromiso del personal involucrado en el programa y las estaciones.

Si bien la jornada anual de arroz está consolidada como una actividad de difusión estructural y destacada de INIA, las circunstancias sanitarias desde marzo de 2020 nos obligaron a segmentar la misma en varios webinarios disponibles en internet. Como es habitual, en los distintos paneles temáticos participaron investigadores, técnicos asesores, molinos y productores que enriquecieron los contenidos y las discusiones. La serie técnica reporta anualmente los resultados de investigación más consolidados que son presentados en la jornada para consulta y referencia de productores, técnicos asesores y estudiantes.

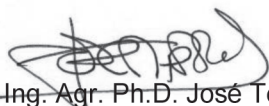
Esta serie técnica N° 262 refleja los contenidos de la mayor parte de las presentaciones brindadas en los 6 webinarios del ciclo «Tecnologías para sistemas arroceros» realizados en agosto y setiembre de 2021 que incluyeron nuevos cultivares y su manejo agronómico, evaluación y manejo del arsénico en grano, geo-nivelación y drenaje con pendiente controlada, nuevos cultivares resistentes a imidazolinonas y su manejo sostenible, y tecnologías para el riego de precisión. Se incluye también información generada en proyectos conjuntos o acuerdos de trabajo con otras instituciones como el LATU, la ACA, la GMA, el FLAR, ANII, la UdelaR o empresas como GND-BR o Basf. Corresponde reconocer las valiosas contribuciones de los investigadores de INIA, estudiantes, así como de varios colegas y técnicos de otras instituciones y/o empresas, que con el soporte del personal técnico y de apoyo de las estaciones experimentales y de la UCTT, hicieron posible este material de consulta.

En 2020-2021 se consolidó un cambio de tendencia de un periodo previo caracterizado por contextos económicos negativos y reducción paulatina del área sembrada a pesar de los buenos rendimientos obtenidos. La zafra estuvo marcada por la siembra de aproximadamente 90% del área del cultivo en época ideal, con predominio del cv. INIA Merín, con excelentes condiciones de radiación y temperatura durante la mayor parte del ciclo que resultaron en el mayor rendimiento (9.400 kg/ha) histórico del cultivo en el país y la región. Incrementos de la demanda y del precio internacional del arroz permiten avizorar un aumento del área sembrada y mejores perspectivas para el sector en el corto y mediano plazo para seguir apuntalando esta tendencia.

En este marco complejo y desafiante, desde el programa de investigación de arroz buscamos contribuir con conocimientos y tecnologías para la mejora de la productividad, la calidad y la sostenibilidad del cultivo. Importa resaltar durante 2020-2021 la publicación de varios artículos científicos sobre inocuidad del grano (arsénico - As), biotecnología aplicada, manejo agronómico, eficiencia del uso de recursos e impacto ambiental de nuestros sistemas que contribuyen al esfuerzo estratégico sectorial de diferenciar internacionalmente la calidad de nuestro arroz y la sostenibilidad del sistema de producción. Por otro lado, desde el equipo del programa se hizo un esfuerzo importante de prospección de la demanda de tecnología articulando con la directiva de la ACA, los departamentos técnicos de los molinos y otros actores, mediante giras y reuniones en todas las zonas productivas para establecer las prioridades y las grandes líneas de investigación para el Plan Estratégico Institucional de INIA 2021-2025. Cabe resaltar el compromiso del equipo del programa con el proyecto de transferencia de tecnología para reducción de brechas de rendimiento entre productores de arroz que lidera la ACA y financió ANDE durante 2 años con participación del INIA, la GMA y el FLAR, cuyos resultados finales son incluidos en esta publicación.

En instancias de nuevos desafíos y oportunidades para los sistemas de producción de arroz en un mundo que se está transformando abruptamente luego de la pandemia, valoramos el apoyo de los principales actores sectoriales representados en la ACA, los departamentos técnicos de los molinos, la AIA y los CAR de las estaciones, a la investigación en ciencia y tecnología como herramientas estratégicas para la competitividad y desarrollo del sector.

Esperamos que los contenidos del ciclo de webinarios realizada en 2021 y de esta publicación que los documenta, contribuya con el propósito de acercar conocimientos, tecnologías e información a productores, técnicos y otros actores relevantes para apoyar la toma de decisiones a diferentes niveles del sector arrocero y a eventuales diseños de políticas públicas y sectoriales. Buena lectura



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



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

# 1. INDICADORES TECNOLÓGICOS-PRODUCTIVOS ZAFRA ARROCERA 2020-2021

F. Molina<sup>1</sup>, J. Terra<sup>2</sup>, A. Roel<sup>3</sup>, M. A. Oxley<sup>4</sup>, M. Marella<sup>5</sup>, F. Casterá<sup>6</sup>, A. Platero<sup>7</sup>, F. García<sup>8</sup>, G. Rovira<sup>9</sup>, C. Escosteguy<sup>10</sup>

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

## INTRODUCCIÓN

La cadena agroindustrial arrocera alcanzó un récord productivo de 9.445 kg/ha en la zafra 2020-2021. Desde hace casi 20 años, el Taller de Evaluación de Zafra monitorea y compila las principales variables tecnológicas del sector. Los cambios tecnológicos productivos van quedando registrados en los resúmenes anuales publicados en la web y las series técnicas de arroz.

La información presentada corresponde a datos proporcionados por seis industrias arroceras del Uruguay (Arrozal 33, Casarone, Coopar, Damboriarena-Escosteguy, Viterra y Saman), que en su conjunto representan aproximadamente el 90% del área. El objetivo del trabajo fue consolidar la información recabada y contar con indicadores objetivos de las variables productivas más relevantes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las industrias o empresas arroceras reportan anualmente un formulario con las variables de producción más importantes, entre ellas, rendimiento, aplicación de agroquímicos por principio activo, fertilización, etc. Dicha infor-

mación se resume para luego ser presentada a nivel nacional y cuando corresponde, se la agrupa de acuerdo con las tres zonas principales de producción: Este, Centro y Norte. En la mayoría de los casos, se hace referencia a las medias ponderadas en base a la producción o superficie de cada empresa. En algunas variables seleccionadas, se presenta la tendencia histórica o el valor anual según corresponda.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Uruguay el porcentaje de campo nuevo incorporado al cultivo de arroz se ha reducido a lo largo del tiempo representando actualmente solo 1% del total. El área cultivada de rastrojos y de laboreos de verano, determinantes en buena parte de la productividad del cultivo, han cambiado sustancialmente, ubicándose en 32% y 45% respectivamente, cuando los valores promedios en los últimos 16 años han sido 41% de la superficie sembrada sobre rastrojo y 30% sobre laboreo de verano. Es probable que el otoño seco del 2020 y la menor área destinada al cultivo haya incidido en estos indicadores. Dentro de la rotación, los retornos se dividen en mitades, en cuanto a la proporción de pasturas sembradas o pasturas

<sup>1</sup> Federico Molina, PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

<sup>2</sup> José Terra, PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

<sup>3</sup> Álvaro Roel, PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

<sup>4</sup> Matías Oxley, Téc. Agrop. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. INIA.

<sup>5</sup> Muzio Marella, Ing. Agr. Técnico SAMAN.

<sup>6</sup> Fernando Casterá, Ing. Agr. Técnico CASARONE.

<sup>7</sup> Agustín Platero, Ing. Agr. Técnico ARROZAL 33.

<sup>8</sup> Federico García, Ing. Agr. Técnico VITERRA.

<sup>9</sup> Gonzalo Rovira, Ing. Agr. Técnico COOPAR.

<sup>10</sup> Claudio Escosteguy, Ing. Agr. Técnico DAMBO.

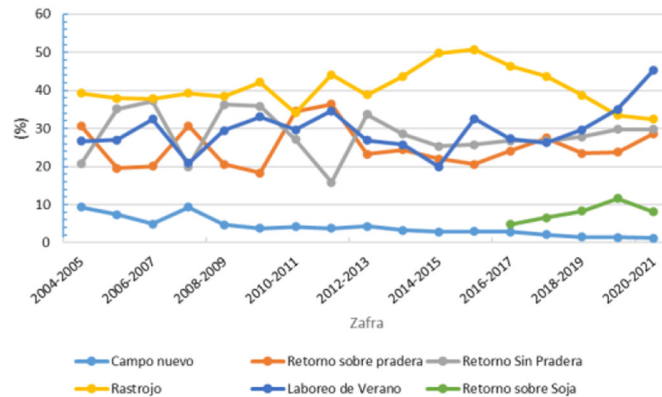


Figura 1. Uso de suelo promedio de los últimos años en el cultivo de arroz.

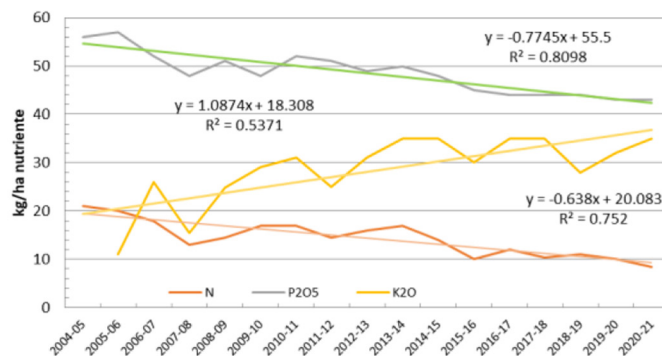


Figura 2. Fertilización a la base de macronutrientes N (nitrógeno), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (fósforo) y K<sub>2</sub>O (potasio) en el cultivo de arroz en la zona este.

2

regeneradas (30% cada uno) mientras que los retornos sobre soja se ubican en 8% del área sembrada (Figura 1).

La dosis de fósforo en el cultivo ha bajado paulatinamente 20% en las últimas dos décadas en todas las regiones arroceras, siendo actualmente 43 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. De forma similar, la dosis de nitrógeno basal en el período se redujo 50% aproximadamente. Sin embargo, ha aumentado el área fertilizada con potasio y la dosis aplicada en todas las regiones. Actualmente se fertiliza con potasio el 90% del área con una dosis de 35 kg/ha de K<sub>2</sub>O.

Por otro lado, la dosis de nitrógeno aplicada en cobertura al cultivo aumentó paulatinamente en las últimas dos décadas en todo el país. En la región este en 2004-2005 se aplicaron aproximadamente 35 kg/ha de N, mientras que en la actualidad se aplicaron 2,4 veces más (85 kg/ha), representando una tasa

de crecimiento de 6 kg/ha/año de urea (Figura 3). En el norte del país se ha dado una mayor tasa de incremento, ya que se parte de 25 kg/ha de N y en la última zafra se aplicaron 90 kg/ha, probablemente explicado por la alta intensidad de uso de algunos sistemas en dicha región.

En relación con los cultivares, INIA Merín pasó a ser claramente la variedad con mayor área sembrada (40 %) y con perspectivas de un leve crecimiento para la próxima zafra (Figura 4). Es notorio que El Paso 144, material predominante en Uruguay durante más de dos décadas, se ha dejado de sembrar ya que en la zafra pasada ocupó solo 1% del área, cuando había llegado a explicar más del 70% del área nacional en algunos años. Por otro lado, Gurí INTA CL se consolidó como la segunda variedad más sembrada con 20 % del área, mientras que INIA Tacuarí e INIA Olimar mantuvieron la tendencia a la



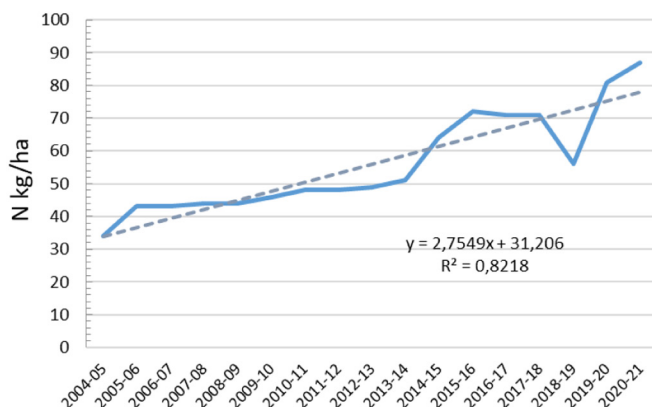


Figura 3. Dosis de N aplicadas en cobertura al cultivo de arroz en la zona este.

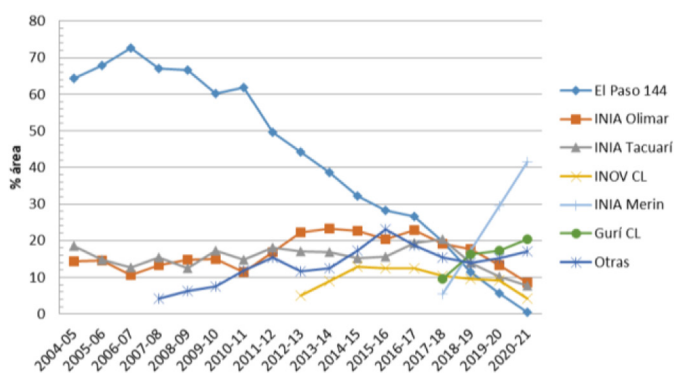


Figura 4. Porcentaje de área de las variedades e híbridos de arroz más sembrados en Uruguay.

baja de años anteriores. El área sembrada con materiales resistentes a imidazolinonas se ha mantenido en torno al 25% en los últimos 3 años.

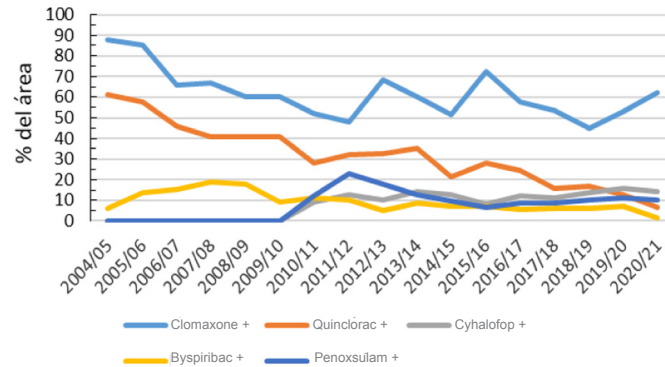
En relación a los herbicidas, el clomazone ha sido el principio activo más usado en la serie de 17 años y actualmente se aplica en 60% del área. El uso de quinclorac ha bajado sustancialmente, aplicándose solo en 7% del área arrocerá, probablemente asociado a problemas de resistencia reportados en la última década. Por sitio de acción, los inhibidores de la enzima ALS, bispiribac, imidazolinonas y penoxsulam ocupan el 38% del área, siendo el segundo grupo más usado después de clomazone (Figura 5).

El uso de fungicidas tuvo un leve aumento, alcanzando 75% del área del país, resultado del aumento de las aplicaciones en el centro y norte. Esta tendencia puede estar explicada por un menor uso de variedades resistentes

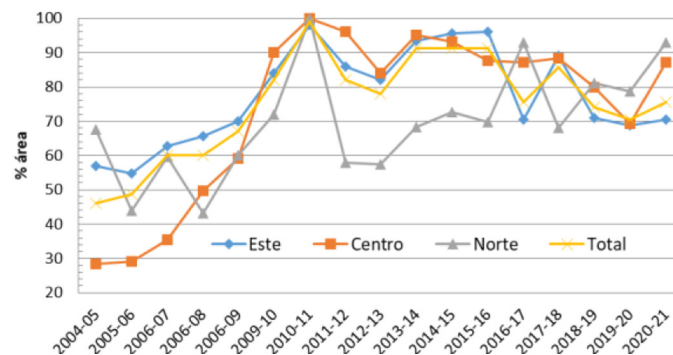
a *Pyricularia* en dichas zonas y a una mayor prevalencia de esta enfermedad con relación al año anterior (Figura 6).

Una de las particularidades del sistema de producción de arroz en Uruguay en relación con el resto del mundo, es el bajo uso de insecticidas, producto de varios factores, entre ellos, clima y sistema de producción. Sin embargo, principalmente en la zona norte del país, el área aplicada ha aumentado y se encuentra en 60%. De ese 60% del área, solamente el 40% es aplicado por problemas de insectos, siendo una proporción importante de las aplicaciones asociadas a la aplicación del fungicida. En el centro del país, el área aplicada oscila entre 10 y 20%, mientras que en el este se encuentra por debajo del 10%. La media del país aún se mantiene en valores bajos (11%), por lo cual es fundamental no generalizar el uso para mantener el equilibrio de los sistemas y reducir los riesgos ambientales.





**Figura 5.** Proporción del área tratada por principio activo de herbicida en el cultivo de arroz.



**Figura 6.** Proporción del área tratada con fungicidas por región en el cultivo de arroz.

En los últimos años el rendimiento promedio aumentó desde 6.600 kg/ha a 9.450 kg/ha con una tasa de crecimiento de 50 a 100 kg/ha/año según zona. Si bien el crecimiento ha sido sostenido, cuando se discrimina el rendimiento por zona, se aprecia que la región este es la de mayor incremento, mientras que el centro-norte del país el incremento ha sido más modesto, aunque constante.

## CONCLUSIÓN

La línea de tendencia de aumento del rendimiento del cultivo muestra que la productividad se incrementó en más de una tonelada en los últimos 17 años, superándose por primera vez la barrera de las 9 toneladas (9.445 kg/ha) en la última campaña. La productividad del cultivo en Uruguay es la quinta más alta

entre los países productores de arroz en el mundo ([www.indexmundi.com/agriculture](http://www.indexmundi.com/agriculture)). Ello fue producto de un conjunto de tecnologías y manejos aplicados en tiempo y forma por los productores, entre las que se destaca el riego, la fertilización, la genética y la capacidad de siembra. Particularmente en 2020-2021, la alta proporción de laboreos de verano y chacras con preparación anticipada, la siembra de más del 90% del área en época óptima y una menor proporción de siembra sobre rastrojos ayudado por las favorables condiciones climáticas durante el desarrollo del cultivo y ajustes en el manejo de malezas, enfermedades y la nutrición de algunas variedades de muy alto potencial como INIA Merín, fueron la clave de los destacables resultados productivos obtenidos.

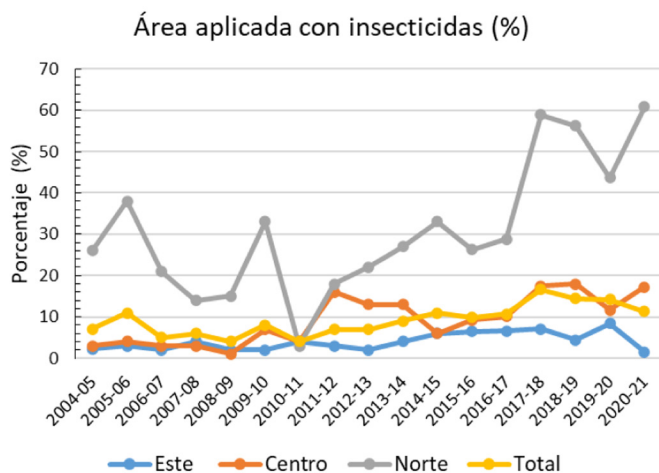


Figura 7. Porcentaje de área del cultivo de arroz aplicada con insecticida por regiones de producción.

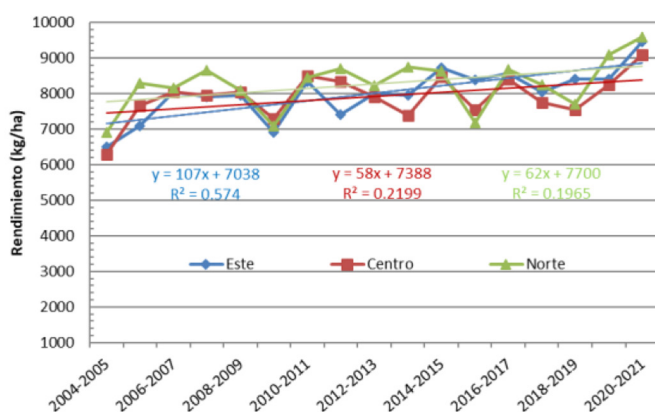


Figura 8. Rendimiento en kilos por hectárea para la zona Este, Centro y Norte del país.

### AGRADECIMIENTOS

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

### BIBLIOGRAFÍA

**Molina, F.; Roel, A.; Terra, J. A.** 2020. Jornadas INIA. 16 taller de análisis tecnológico. *Arroz (ACA)*, 20(101) 26-29.

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

**Molina, F.; Terra, J. A.; Roel, A.** 2021. Una medalla más para la producción nacional de arroz. *Arroz (ACA)*, 21(103): 68-69.

## 2. ANÁLISIS DE EVOLUCIÓN DE RENDIMIENTO ACTUAL Y POTENCIAL EN EL CULTIVO DE ARROZ EN URUGUAY

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

**PALABRAS CLAVE:** brecha de rendimiento, GYGA, potencial

### INTRODUCCIÓN

El sector arrocerero es uno de los más integrados y exitosos del Uruguay. Los rendimientos de arroz han aumentado a una de las tasas más altas del mundo. Sin embargo, existe evidencia de la existencia de una meseta de rendimiento incipiente en los últimos años (Figura 1b). El objetivo de este trabajo es determinar si la reciente desaceleración de las tasas de rendimiento está relacionada a que el rendimiento actual (Ra) está muy próximo a su techo o rendimiento potencial (Rp). Los rendimientos promedio de las chacras a menudo comienzan a estabilizarse cuando se acercan al techo o al 80% del potencial de rendimiento (Cassman *et al.*, 2003; Lobell *et al.*, 2009).

### MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada en este trabajo fue desarrollada por el Global Yield Gap Atlas (GYGA, [www.yieldgap.org](http://www.yieldgap.org)) para estimar el rendimiento potencial (Rp) y las brechas de rendimiento (Br) para el cultivo de arroz en Uruguay (Grassini *et al.*, 2015). Se utilizaron datos de experimentos de alto rendimiento para calibrar el modelo de simulación de cultivos Oryza (v3). Posteriormente, el modelo se utilizó para simular Rp utilizando datos meteo-

rológicos diarios de largo plazo (18 años) para siete estaciones meteorológicas de referencia en Uruguay (Figura 1a). La Br se calculó como la diferencia entre el 80% de Rp y el Ra de las cinco zafras más recientes ponderadas por el área cultivada de arroz. El análisis estadístico se realizó con el software R (R Core Team, 2020).

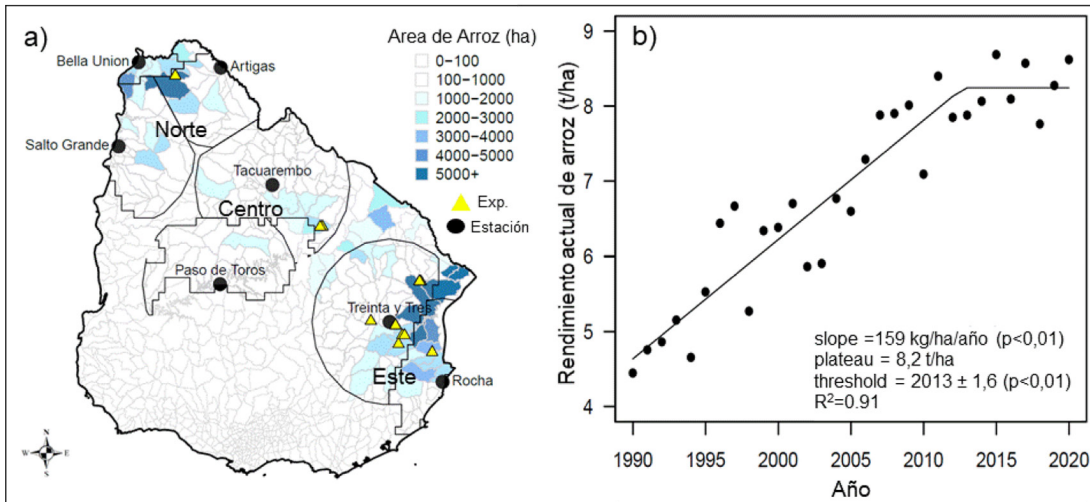
### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

El análisis de la evolución del rendimiento Ra durante 30 años (1990-2020), permitió distinguir un período en el que los rendimientos aumentaron a una tasa de 159 kg/ha/año (1990-2013) y otro período donde los rendimientos se estabilizan en 8,2 t/ha a partir del 2013 hasta 2020 (Figura 1b). El Rp estimado durante un período de 18 años para Uruguay fue de 14 t/ha (Figura 2) lo cual está indicando que aún es posible continuar aumentando el Ra. La evolución de Rp en el período analizado en Uruguay no fue significativa en la mayoría de las estaciones. Las altas tasas de aumento en rendimiento registradas en las últimas décadas ha sido posible por la incorporación de tecnología y conocimientos en los sistemas aprovechando la integración de la cadena, sumada a la experiencia en sistemas de cultivo de los productores uruguayos. En Rocha se registró una tendencia positiva en Rp, en Paso de los Toros y Salto,

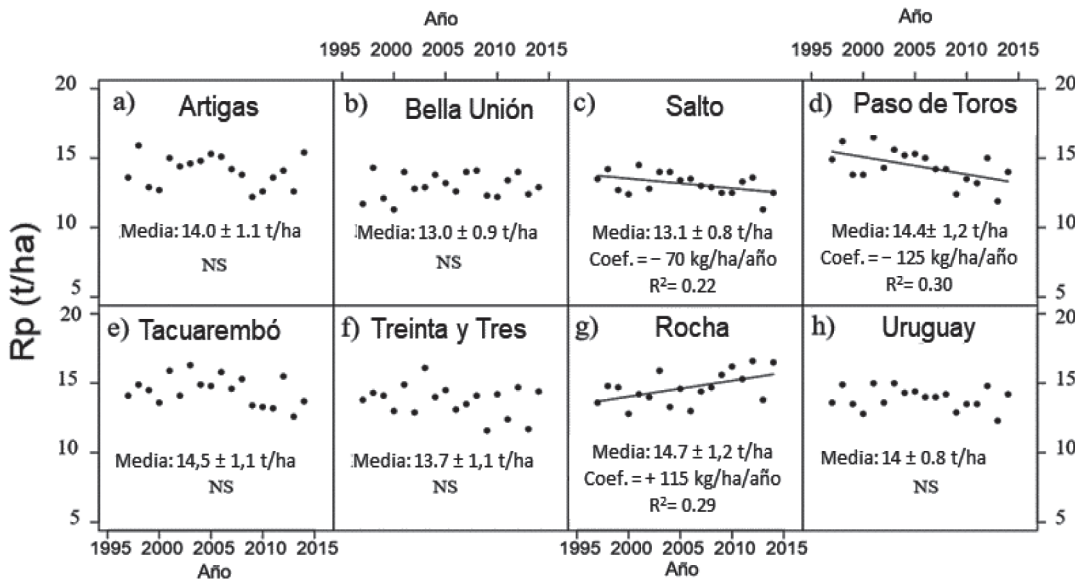
<sup>1</sup> Gonzalo Carracelas, Ing. Agr. MSc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [gcarracelas@inia.org](mailto:gcarracelas@inia.org)

<sup>2</sup> Nicolás Guilpart, Ph.D AgroParisTech, France.

<sup>3</sup> Patricio Grassini, Ph.D. University of Nebraska-Lincoln. USA.



**Figura 1.** a) Mapa de Uruguay con ubicación de estaciones meteorológicas de referencia, experimentos de calibración-evaluación y regiones arroceras. b) Evolución del rendimiento actual de arroz 1990-2020 (CSA, DIEA-MGAP).



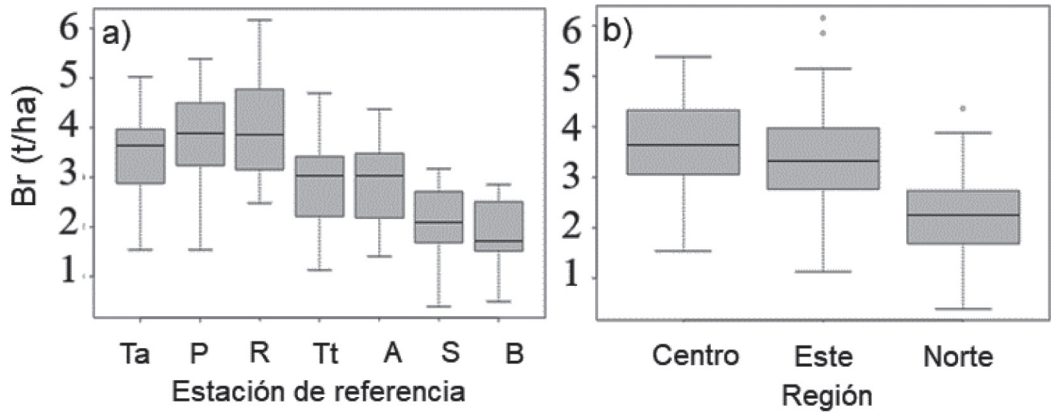
**Figura 2.** Evolución del rendimiento potencial (Rp) para cada estación meteorológica de referencia.

se identificó una evolución en Rp negativa; estos presentaron un bajo coeficiente de correlación. Sería importante determinar en futuros trabajos la evolución de los distintos parámetros climáticos que están explicando dichas tendencias. La brecha de rendimiento promedio en Uruguay fue de 3 t/ha y existieron diferencias entre las distintas estaciones de referencia y regiones, siendo mayor en el centro-este con relación a la región norte por lo que es posible continuar aumentando

el Ra (Figura 3). Finalmente, el Ra de 9,4 t/ha registrado en promedio en Uruguay en la zafra 2020-2021 (DIEA, MGAP) confirma lo reportado en este estudio.

**CONCLUSIONES**

Los resultados confirman que los rendimientos promedio de arroz aún no han alcanzado el techo de 80% del potencial estimado para Uruguay en 11 t/ha. La meseta en los



**Figura 3.** Brecha de rendimiento Br (t/ha) para cada: a) estación climática de referencia (Ta: Tacuarembó, P: Paso de los Toros, R: Rocha, Tt: Treinta y Tres, A: Artigas, S: Salto Grande, B: Bella Unión) y b) región arrocera centro (Ta y P), este (R y Tt) y norte (S y B).

rendimientos registrada en las últimas zafas (2013-2020) es un evento temporal no permanente. Este análisis demuestra que sería posible continuar aumentando los rendimientos dentro de las áreas de producción de arroz existentes, ya que todavía existe una brecha importante de rendimiento.

La alta tasa de aumento de los rendimientos de arroz registrada en las últimas décadas se explica principalmente por la adopción de tecnologías, prácticas de manejo integrado y por la incorporación de nuevas variedades de alto potencial productivo con resistencia a enfermedades. En la mayoría de las estaciones climáticas de referencia no se registraron cambios significativos en la evolución de rendimiento potencial, lo cual sugiere que no existió un efecto del cambio climático en la tasa de aumento de los rendimientos de arroz. Futuros trabajos de investigación serán importantes para determinar eventuales efectos asociados a cambios en parámetros climáticos y su influencia en el rendimiento del cultivo de arroz.

## 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, p. 315-358. Doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.040202.122858>
- 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. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.03.004>
- Lobell, D. B.; Cassman, K. G.; Field, C. B.** 2009. Crop yield gaps: Their Importance, magnitudes, and causes. *Annual Review of Environment and Resources* 34. Doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.environ.041008.093740>
- ORYZA(v3).** IRRI. International Rice Research Institute. <https://sites.google.com/a/irri.org/oryza2000/about-oryza-version-3>
- R Core Team,** 2020. R: A language and environment for statistical computing, R foundation for statistical computing, Vienna, Austria, <http://www.R-project.org>

# 3. ¿QUÉ FACTORES EXPLICAN LA BRECHA DE RENDIMIENTO ENTRE CHACRAS?

A. Roel<sup>1</sup>

**PALABRAS CLAVE:** arroz, brecha de rendimiento

## INTRODUCCIÓN

El siguiente análisis presenta resultados de un número muy amplio de chacras comerciales, en diferentes regiones del país, a lo largo de una serie de años.

Este artículo sintetiza los resultados de un análisis realizado para identificar los factores que explican la diferencia de productividad de las mejores chacras con el resto. El trabajo completo fue publicado en la revista *Field Crops Research* 264 (2021): *Field-level*

*factors for closing yield-gaps in high yielding rice systems of Uruguay. Tseng, M.C.; Roel, A.; Macedo, I.; Marella, M.; Terra, J.A.; Zorrilla De San Martín, G.; Pittelkow, C.*

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con una base de datos de la empresa SAMAN que abarca 6 zafras desde 2012-2013 hasta 2017-2018, contando con un registro de 3.769 chacras distribuidas a lo largo del país, pertenecientes a más de 200 productores (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Número de chacras analizadas, rendimientos promedios (RP), rendimiento medio del 10% de las mejores chacras (RA) y su brecha estimada para cada zafra y región analizada.

| Zona/Zafra<br>N=norte, C=centro,<br>E= este | Número de<br>chacras | Rendimiento<br>promedio10%<br>RP (kg/ha) | Promedio<br>superior<br>RP (kg/ha) | Brecha (%) |
|---|----------------------|--|------------------------------------|------------|
| N 12/13                                     | 144                  | 8.470                                    | 10.286                             | 17,7       |
| N 13/14                                     | 126                  | 8.487                                    | 10.296                             | 17,6       |
| N 14/15                                     | 88                   | 8.619                                    | 10.872                             | 20,7       |
| N 15/16                                     | 100                  | 7.841                                    | 9.645                              | 18,7       |
| N 16/17                                     | 125                  | 8.852                                    | 10.964                             | 19,2       |
| N 17/18                                     | 112                  | 8.576                                    | 10.575                             | 18,9       |
| C 12/13                                     | 118                  | 8.104                                    | 10.173                             | 20,3       |
| C 13/14                                     | 101                  | 7.854                                    | 9.760                              | 19,5       |
| C 14/15                                     | 121                  | 8.585                                    | 10.414                             | 17,5       |
| C 15/16                                     | 138                  | 8.023                                    | 10.548                             | 23,9       |
| C 16/17                                     | 146                  | 8.869                                    | 10.365                             | 14,4       |
| C 17/18                                     | 110                  | 8.323                                    | 9.993                              | 16,7       |
| E 12/13                                     | 458                  | 8.319                                    | 10.150                             | 18,0       |
| E 13/14                                     | 388                  | 8.222                                    | 10.153                             | 19,0       |
| E 14/15                                     | 358                  | 8.536                                    | 10.288                             | 17,0       |
| E 15/16                                     | 332                  | 8.809                                    | 10.944                             | 19,5       |
| E 16/17                                     | 394                  | 8.904                                    | 10.925                             | 18,5       |
| E 17/18                                     | 409                  | 8.218                                    | 10.757                             | 23,6       |

<sup>1</sup> Álvaro Roel, Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.



Para este análisis se seleccionaron las chacras sembradas con las principales variedades comerciales de mayor representación en área. No se tuvieron en cuenta las variedades denominadas especiales o los híbridos por tener manejos diferentes. Para cada zafrá, en cada región, existía una variación de rendimientos de las diferentes chacras. El valor del rendimiento promedio del 10% superior de chacras fue tomado como el **Rendimiento Alcanzable (RA)**. Se denomina **Brecha** a la diferencia porcentual entre el valor RA y el valor del **Rendimiento Promedio (RP)** de todas las chacras en cada zafrá y región. Brecha (%) =  $RA - RP / RA * 100$

Se toma como rendimiento a los kilos de arroz seco (14% humedad) y limpio, de cada chacra.

Cada una de estas chacras, para las cuales se cuenta con dato de rendimiento, tiene asociada en la base de datos una serie muy amplia de información, registrada por los equipos técnicos.

Dada la estructura compleja de esta base de datos, definida por una serie muy amplia de variables se utilizó una metodología no paramétrica, apropiada para estos casos, denominada «Random Forest» o de partición recurrente (Strobl *et al.*, 2009).

La variable Brecha, calculada y expresada de la manera definida en este análisis, va a constituirse en la variable dependiente, sobre la cual queremos analizar cuáles de las variables asociadas a estas chacras, explican en mayor o menor medida su magnitud.

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En el cuadro 1 se observa, a modo de ejemplo, que en la zafrá 2012-2013 en la zona norte del país se registraron 144 chacras que presentaron un rendimiento promedio de 8.470 kg/ha. A su vez, el rendimiento promedio de las chacras del 10% de mayor productividad ( $0,1 \times 144 = 14$  chacras) fue 10.286 kg/ha (RA: rendimiento alcanzable), existiendo una brecha de rendimiento del 17,7% [ $(10.286 - 8.470) / 10.286 \times 100$ ].

La razón de expresar esta brecha en porcentaje es para independizarla de las os-

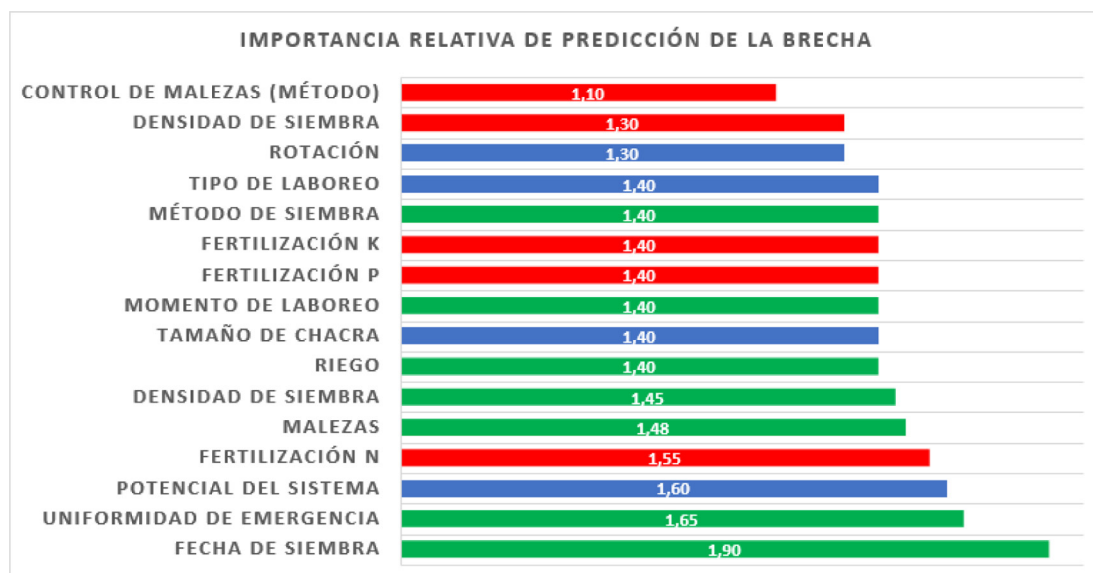
cilaciones productivas entre zafras fruto de la incidencia de los factores climáticos y de los cambios tecnológicos. La variación porcentual de esta brecha durante estas seis zafras en las diferentes regiones oscila entre 14 y 25%, con un promedio general de 18,9%. Un valor de brecha mayor para una determinada chacra indica que la misma está más lejos de alcanzar el promedio de las mejores chacras de la zona que una chacra que tiene un valor de brecha menor.

Este valor de entre 18,9% y 20% genera un indicativo de lo que se puede concebir como la brecha «alcanzable» del rendimiento. La lógica es que si hay un 10% que lo pueden lograr, eso indica que es posible. En el caso detallado, son 14 chacras que oscilan dentro de ese promedio, no es una chacra sola. Cabe resaltar que este rendimiento «alcanzable» no es el rendimiento máximo, de hecho, en el ejemplo detallado, la chacra de mayor rendimiento fue 11.050 kg/ha.

En términos de productividad, si se realiza el promedio de todos los RA en todas las zonas y zafras, los datos indican un rendimiento medio alcanzable de entre 10.394 y 10.400 kg/ha con una brecha promedio de entre 1.972 y 1.980 kg/ha. Estos datos son coincidentes con trabajos realizados con modelos de simulación de cultivos que indican que en la actualidad se está explotando un 76% del rendimiento alcanzable promedio y que este rendimiento estaría en el torno de los 11.000 kg/ha, con una brecha explotable entre 2.000 y 4.000 kg/ha (Carracelas *et al.*, 2019).

En lo referente al análisis de los factores asociados en explicar esta brecha, en la figura 1 se presenta la importancia relativa de cada uno de los factores analizados, extraídos de aplicar la metodología «Random Forest».

La figura 1 muestra el peso comparativo de los factores que explican la brecha anteriormente explicada. A modo ilustrativo, la interpretación de esta figura señala que la fecha de siembra fue la variable con mayor peso en explicar la diferencia de rendimiento (brecha) entre el promedio y las mejores chacras. Comparativamente fue casi dos



**Figura 1.** Peso comparativo de las variables en la brecha de rendimiento. Verde: variables de manejo; Rojo: variable de insumos; Azul: variables estructurales de los sistemas.

veces más importante que la variable método de control de las malezas (refiere a si fue control convencional o Clearfield®). La fecha de siembra es una variable que determina la expresión del potencial del cultivo mientras que el método de control de malezas puede limitar el alcanzar este potencial.

Esto no debe de interpretarse como que el método de control de malezas no es importante, todo lo contrario, lo que intenta reflejar es que la fecha de siembra cumple un rol central y mayor en la definición del potencial del rendimiento, para alcanzar ese 10% superior.

Una consideración destacada merece la variable «Potencial del sistema» que es la valoración subjetiva de la chacra ex-ante de realizar la siembra, que tiene que ver con una serie de atributos (entre los más relevantes: caminería, sistema de riego, cercanía a poblado).

Este tipo de enfoque le permite al decisor construir una lógica de relevancia relativa de los factores a gestionar (Figura 1), comenzando por la fecha de siembra, luego siguiendo por el logro de uniformidad de emergencia, ubicada en un buen sistema de producción, etc.

## CONCLUSIONES

En resumen, el trabajo cuantifica una brecha promedio a nivel de chacras de un 20% con respecto a un rendimiento promedio alcanzable de 10.400 kg/ha. Alcanzar este nivel de productividad promedio a nivel nacional sería una meta muy ambiciosa, pero tiene el valor de fijar un valor orientativo, extraído de la producción, como indicativo a alcanzar: 10.400 kg/ha.

Los factores que permiten acortar esa brecha son una conjunción de variables de manejo, de insumos y estructurales. Es de destacar la mayor importancia relativa de factores como la fecha de siembra, uniformidad de emergencia, la calificación del potencial del sistema, entre otras.

## AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento a la empresa SAMAN por permitir el uso de su base de datos y en particular al equipo técnico responsable de conformar la misma en los técnicos: Ing. Agr. Eduardo Stinger, Santiago Fariña, Juan Carlos Ferrés, Santiago Platero, Luis Améndola, Fernando Sanz y Gastón Canosa.



## BIBLIOGRAFÍA

**Carracelas, G.; Guilpart, N.; Grassini, P.; Zorrilla, G.; Cassman, K.** 2019. Yield Gap analysis of irrigated rice in Uruguay and comparison with other rice producing countries. In: In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 11., 13-16 agosto, Camboriú, Brasil, 2019. 4 p.

**Strobl, C.; Malley, J.; Tutz, G.** 2009. An introduction to recursive partitioning: rationale, application, and characteristics of classification and regression trees, bagging, and random forests. *Psychological Methods*, 14(4), 323-348. Doi: <https://doi.org/10.1037/a0016973>

**Tseng, M. C.; Roel, A.; Macedo, I.; Marella, M.; Terra, J. A.; Zorrilla, G.; Pittelkow, C.** 2021. Field-level factors for closing yield-gaps in high yielding rice systems of Uruguay. *Field Crops Research*, 264, no. 108097. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108097>

## 4. GEONIVELACIÓN CON PENDIENTE VARIABLE: PRINCIPALES RESULTADOS DE DOS ZAFRAS

M. Bueno<sup>1</sup>, A. Roel<sup>2</sup>, M. A. Oxley<sup>3</sup>

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

### INTRODUCCIÓN

Las tierras bajas de la cuenca hidrográfica de la Laguna Merín, se caracterizan por ser mayoritariamente planas y de baja pendiente, donde predominan suelos hidromórficos de baja conductividad hidráulica, con pobre drenaje natural (Streck *et al.*, 2008). Este ambiente ha favorecido el cultivo de arroz bajo riego en rotación con pasturas, como actividad agrícola, pero en los últimos años se ha introducido la soja como una alternativa para la rotación de cultivos. Para viabilizar esta práctica a nivel comercial es necesario que el manejo del agua se realice de manera correcta y precisa. La geo nivelación es una posibilidad de mejorar las condiciones de riego y drenaje, con la adecuación de la superficie del terreno con pendiente variable (suavización), permitiendo el ajuste de las imperfecciones del suelo (Parfitt *et al.*, 2004). La suavización cuando es comparada con el modelo de pendiente uniforme presenta un menor costo de ejecución y una menor agresión a la capa superficial del suelo (Bueno *et al.*, 2020; Winkler *et al.*, 2018). La suavización con foco en riego permitiría una mejora en el riego del cultivo de arroz y también permite el riego de la soja por

surcos con alto rendimiento. El objetivo de este trabajo es comparar esta alternativa frente al manejo tradicional a escala semi-comercial tanto en arroz como en soja. Este trabajo presenta un resumen preliminar de resultados enmarcados en una tesis de doctorado.

### MATERIALES Y MÉTODOS

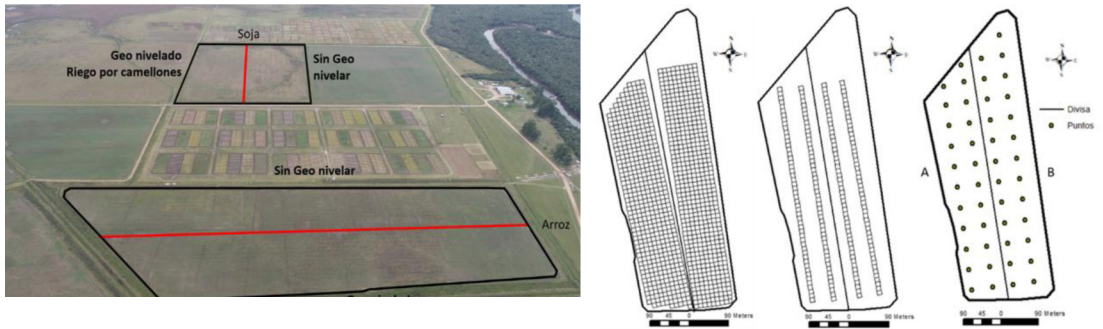
Para lograr el objetivo propuesto, se realizó un experimento en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (33° 16' S, 54° 10' W), perteneciente al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA-Uruguay).

Este experimento contempla la implantación de cultivos de arroz (12,5 ha), siendo que, la mitad del potrero es con suavización con foco en riego y la otra mitad es sin geo nivelar (tradicional). El otro potrero (11 ha) con soja, donde, la mitad del potrero es con suavización con foco en riego por surcos y la otra mitad es sin geo nivelar de forma convencional (sin riego), conforme se puede ver en la figura 1. En la figura 1 (derecha) están las tres escalas de evaluaciones del rendimiento: puntos (48), fajas (200 grillas del monitor de rendimiento) y área total (1008 grillas del monitor del rendimiento),

<sup>1</sup>Marcos Bueno, estudiante de doctorado, Univ. Federal de Pelotas-UFPel/INIA. mbueno@inia.org

<sup>2</sup>Álvaro Roel, PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

<sup>3</sup>Matías Oxley, Téc. Agrop. Asistente de Investigación. INIA.



**Figura 1.** Área donde se instaló el experimento, con los dos potreros (arroz y soja) (izquierda) y escalas de evaluación del rendimiento: puntos (48), fajas (200) y área total (1008), en la parte A es geo nivelado y la parte B sin geo nivelar.

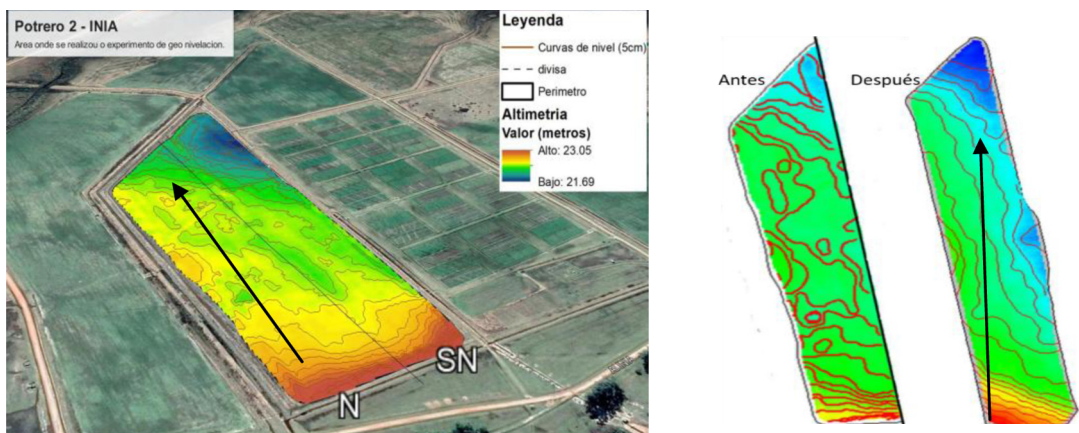
**RESULTADOS PRELIMINARES**

**Resultados preliminares arroz**

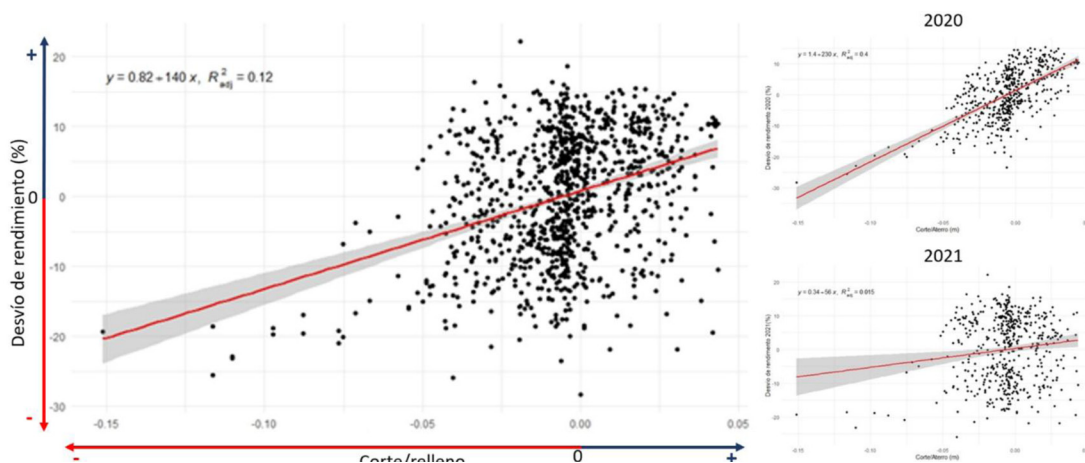
Para las zafras 2019-2020 y 2020-2021 se sembró la variedad INIA Olimar. En la figura 2 se muestra el modelo digital de elevación del potrero de arroz, donde aparece la mitad que fue geo nivelada con pendiente variada (suavización) con foco en riego (N). En esta mitad se movieron 108 m<sup>3</sup>/ha de suelo, con un corte promedio de la capa superficial del suelo de 2 cm, en apenas 0,21 hectáreas fue arriba de 5 cm, siendo el corte máximo de 16 cm. En la figura 2 también es posible ver las taipas antes de suavizar, en el área original y después de la suavización, donde no existen más lagunas (almacenamiento

superficial de agua) ni coronas, con una disminución del largo total de taipas de un 14 % (3,6 km vs 3,1 km)

En la figura 3 se puede ver la relación entre corte y relleno y el desvío del rendimiento en la mitad suavizada para los dos años. El rendimiento promedio para los dos años fue de 11.667 kg/ha, por lo que es posible ver según el modelo de regresión que hubo cierta merma de rendimiento a medida que aumenta el corte en la superficie del suelo. Por otro lado, se observa también un aumento en el rendimiento, donde se encuentran las zonas de relleno. Para cortes arriba de 5 cm todos los valores de rendimiento empiezan a tener valores de desvío negativos. En el año 2020 el efecto del corte y relleno fue menor que en 2021.



**Figura 2.** Modelo digital de elevación (con curvas de nivel a cada 5 cm) del potrero de arroz con la mitad geo nivelada (N), y la dirección de la pendiente principal (izquierda), y en la derecha las taipas antes y después (proyecto) de la suavización.



**Figura 3.** Regresión total entre corte/relleno y desvío de rendimiento con las dos zafras (izquierda), y para cada una de ellas (derecha).

En el cuadro 1 es posible observar la comparación del rendimiento entre las fracciones geo niveladas y con nivelación tradicional para las dos zafras, donde se observa que no hubo diferencia significativa entre la parte nivelada y sin nivelar, obteniendo ambas una muy buena productividad. Cuando se toma el área total, seguramente por el mayor número de datos considerados, los valores de rendimiento presentaron una diferencia entre las partes, en 2020 la parte que más rindió fue la geo nivelada y en 2021 fue la parte sin geo nivelar.

Para cuantificar la uniformidad de la altura de la lámina del agua se midieron 192 puntos. La parte suavizada presentó una capa de agua más uniforme en comparación con la parte no suavizada, observándose un coeficiente de variación de 22% para la parte geo nivelada y de 38% para la sin geo nivelar.

### Resultados preliminares del potrero de soja

El potrero de soja fue dividido y una mitad fue geo nivelada (suavizada) con foco en riego, donde se conformaron los camellones. La idea central es dar una pendiente principal en el terreno para que el agua fluya en el surco siempre en el sentido definido en el proyecto realizado con la suavización. El movimiento de suelo fue de 104 m<sup>3</sup>/ha, con la mayoría de los cortes menores a 5 cm y teniendo como corte máximo 8 cm.

Es importante resaltar que este campo presenta zonas con suelos en ambas mitades con exceso de sodio (Solonetz, Solontez solodizado y Solod), comúnmente llamados «blaqueales», lo cual tuvo una influencia muy negativa en el promedio de rendimiento general.

**Cuadro 1.** Rendimiento de la parte nivelada y sin nivelar para ambos años (2020 y 2021), y el valor del test t para la comparación de medias.

| Año  | Mitad       | Puntos manuales |         | Fajas  |         | Área total |         |
|------|-------------|-----------------|---------|--------|---------|------------|---------|
|      |             | kg/ha           | p valor | kg/ha  | p valor | kg/ha      | p valor |
| 2020 | Nivelado    | 12.295          | NS      | 11.182 | NS      | 12.560     | P<0,001 |
|      | Tradicional | 13.014          |         | 11.494 |         | 11.696     |         |
| 2021 | Nivelado    | 10.613          | NS      | 11.150 | NS      | 10.773     | P<0,001 |
|      | Tradicional | 10.684          |         | 11.227 |         | 11.387     |         |

La cosecha fue realizada con una cosechadora equipada con monitor de rendimiento. En 2020 la parte geo nivelada/camellones tuvo un promedio en la cosechadora de 1.940 kg/ha y en el muestreo manual de 2.618 kg/ha. En la parte sin nivelación el promedio de la cosechadora fue 1.650 kg/ha y en el muestreo manual 2.178 kg/ha. En 2021 la parte geo nivelada/camellones tuvo un promedio en la cosechadora de 2.990 kg/ha y el muestreo 3.038 kg/ha. En la parte sin nivelación la cosechadora marcó 1.989 kg/ha y el muestreo manual 2.516 kg/ha.

## CONCLUSIONES

Con relación a los proyectos para ambos potreros el movimiento de suelo fue razonable (en torno de 100 m<sup>3</sup>/ha), con cortes mayoritariamente menores de 5 cm.

En el potrero de arroz, la mitad que fue suavizada presentó una mejor uniformidad de lámina de agua sin efectos significativos en la productividad, aunque hay que tener cuidado con los cortes muy profundos. El efecto del corte fue menor para el segundo año. Los rendimientos fueron similares en ambos tratamientos en ambos años.

En el área de soja, la parte suavizada y regada presentó un rendimiento mayor que la convencional en los dos años.

## BIBLIOGRAFÍA

**Bueno, M. V.; Parfitt, J. M. B.; Faria, L. C.; Silva, J. T da.; Campo, A. S.de.; Massey, J.; Roel, A.; Timm, L.C.** 2020. Improving the drainage and irrigation efficiency of lowland soils: Land-forming options for southern Brazil. *Journal of Irrigation and Drainage*, 146(8): 04020019. Doi: [https://10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0001483](https://10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001483)

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

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

**Winkler, A.S.** 2018. Variabilidade espaço-temporal de atributos do solo e da produtividade de arroz irrigado em área sistematizada de terras baixas. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. 85 p.



# 5. FINALIZACIÓN DEL RIEGO Y MOMENTO DE COSECHA PARA OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO EN INIA MERÍN

G. Carracelas<sup>1</sup>, C. Marchesi<sup>2</sup>, A. Roel<sup>3</sup>

**PALABRAS CLAVE:** arroz, cosecha, manejo del riego, retiro de agua

## INTRODUCCIÓN

El rendimiento y calidad industrial del grano de arroz están muy influenciados por la finalización del riego, así como por el momento de cosecha. El cultivar INIA Merín tiene un ciclo más largo a floración, así como una mayor duración del llenado de grano con relación a INIA Olimar, por lo tanto, mantener el riego por más tiempo en este nuevo cultivar permitiría obtener mayores rendimientos. Resultados previos obtenidos en la zafra 2018-2019 en la zona centro, determinaron un incremento significativo del rendimiento en los momentos de finalización del riego realizados próximos a la cosecha, a partir de los 30 días después de floración (DDF). En la zafra 2019-2020 experimentos realizados en todas las regiones (Norte, Centro y Este) indicaron que mantener el riego y el suelo inundado hasta 45 DDF, 15 días previo o hasta la cosecha en el tratamiento sin retiro (60 DDF), determinaron un aumento significativo en rendimiento en grano sano seco y limpio en el cultivar INIA Merín (Carracelas *et al.*, 2020). A efectos de presupuestar adecuadamente las necesidades totales hídricas y contar con agua suficiente durante todo el ciclo del cultivo de esta variedad, resulta importante considerar un mayor requerimiento de agua de este cultivar (+10-15%). Du-

rante la zafra 2020-2021 se realizaron experimentos en tres sitios ubicados en las principales regiones arroceras de Uruguay.

El objetivo fue identificar el manejo de riego más adecuado y el momento de cosecha óptimo para el cultivar INIA Merín a efectos de maximizar el rendimiento y calidad industrial del grano de arroz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos fueron realizados en la zafra 2020-2021 en dos unidades experimentales ubicadas en Paso del Sauce (Centro) y Paso de la Laguna (Este). El diseño experimental fue de parcelas divididas con tres bloques, donde el factor principal o parcela grande fue el momento de finalización del riego con 3 retiros de agua (RA) realizados a los 15 DDF (RA1), 30 DDF (RA2), 45 DDF (RA3), días después de 50% de floración y un cuarto tratamiento sin retiro de agua (RA4). La parcela dividida fue el momento de cosecha (MC), que fue realizada a los 45 DDF, 60 DDF y 75 DDF (50% de floración). Se evaluaron rendimiento en grano seco y limpio (kg/ha SL), así como parámetros de rendimiento y calidad industrial que llevan a la obtención de rendimiento sano, seco y limpio (kg/ha SSL). El análisis estadístico se realizó con el software R y se

<sup>1</sup> Gonzalo Carracelas, MSc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz  
gcarracelas@inia.org

<sup>2</sup> Claudia Marchesi, PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

<sup>3</sup> Álvaro Roel, PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

**Cuadro 1.** Fechas y tratamientos de riego retiros de agua (RA) y momentos de cosecha (MC).

| Retiros de agua | Este       | Centro  | Cosecha       | Este   | Centro |
|-----------------|------------|---------|---------------|--------|--------|
| RA1 (15DDF)     | 26-feb.    | 26-feb. | MC 1 (45 DDF) | 28-mar | 05-abr |
| RA2 (30DDF)     | 13-mar.    | 13-mar. | MC 2 (60 DDF) | 12-abr | 15-abr |
| RA3 (45DDF)     | 28-mar.    | 28-mar. | MC 3 (75 DDF) | 27-abr | 28-abr |
| RA4 (SR)        | sin retiro |         |               |        |        |

realizaron análisis de varianza mediante la prueba de Tukey (R Core Team, 2020). En el cuadro 1 se presentan las fechas en que fueron realizados cada tratamiento en las diferentes regiones arroceras.

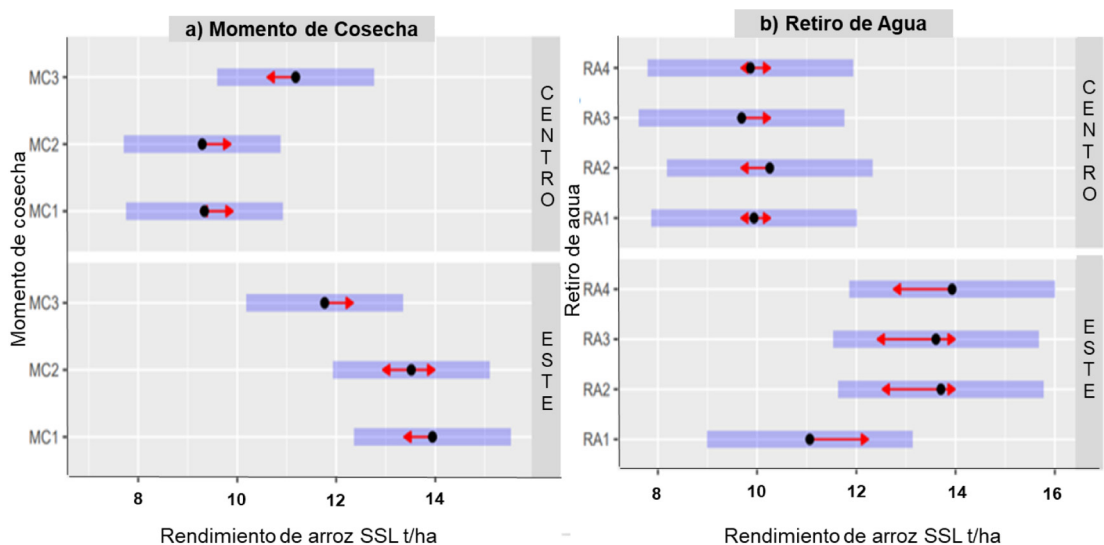
## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se registraron diferencias estadísticamente significativas en rendimiento sano, seco y limpio entre sitios, MC, así como fueron significativas las interacciones RA\*sitio y MC\*sitio ( $P < 0,05$ ) (Figura 1).

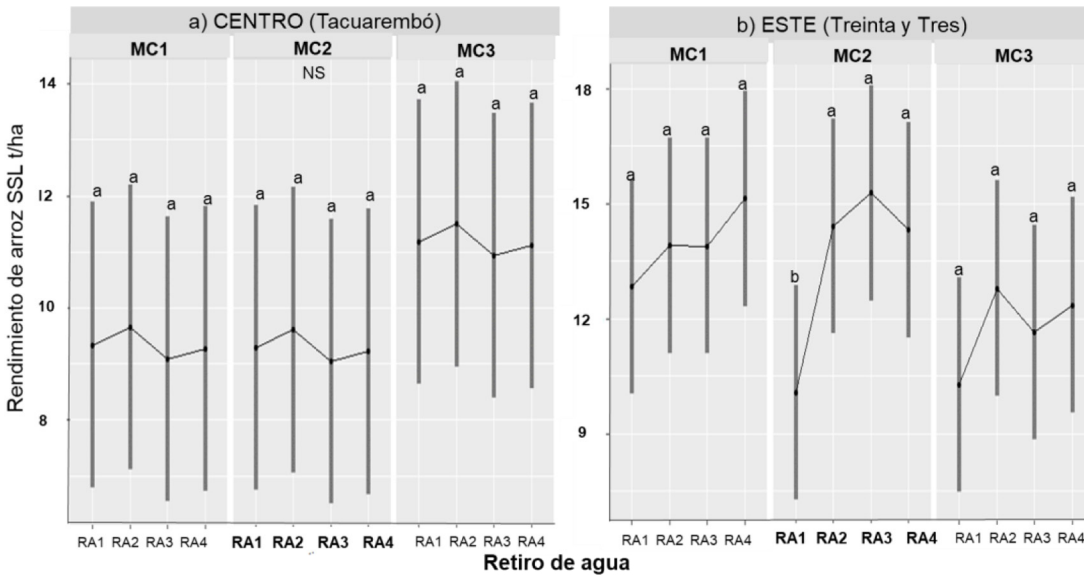
En el análisis por sitio, la interacción RA\*MC fue significativa solamente en la región este (Figura 2).

En el este, si bien el mayor RSSL se registró en las cosechas MC1 y MC2 (45-60 DDF),

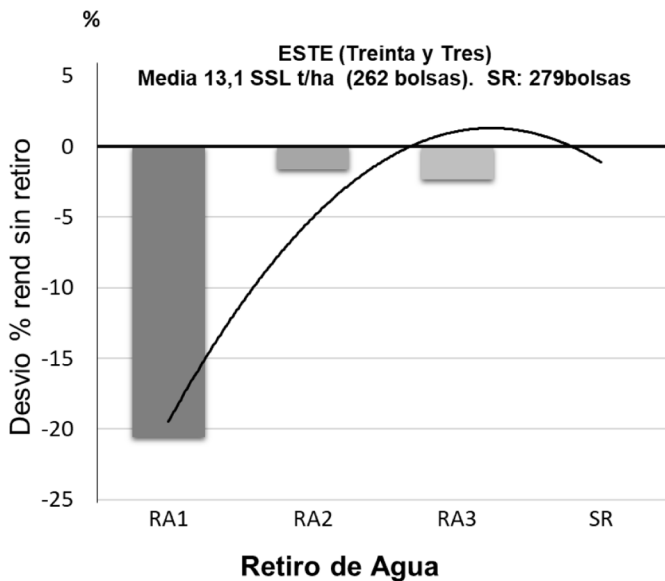
es importante destacar que el porcentaje de grano verde para el MC1 fue muy elevado con un promedio de 14%. En el centro el MC1 también presentó valores altos de granos verdes cercanos al 11%. Estos valores de verde registrados en la cosecha temprana en ambas regiones son muy superiores al límite de recibo de 8% establecido por la industria. En el centro el mayor RSSL se registró en la cosecha MC3-75DDF (Figura 1a). En relación con el retiro de agua, no existieron diferencias significativas en la región centro. En el este se detectó la posibilidad de continuar aumentando el RSSL significativamente en el MC2-60DDF con los retiros de agua más tardíos RA2 -RA3 y SR. La finalización anticipada del riego RA1 en la región este, determinó una reducción del rendimiento de grano de 21% con relación al tratamiento sin retiro de agua (Figura 3).



**Figura 1.** Rendimiento sano, seco y limpio (RSSL, t/ha) del cultivar de arroz INIA Merín en cada región de acuerdo con: a) momento de cosecha (MC) y b) retiro de agua (RA).



**Figura 2.** Rendimiento Sano Seco y Limpio (RSSL, t/ha) del cultivar de arroz INIA Merín para cada tratamiento de retiro de agua (RA) y momento de cosecha (MC), registrado en las regiones arroceras a) centro y b) este.



**Figura 3.** Variación en rendimiento de acuerdo con el tratamiento RA expresado como desvío en porcentaje con relación al testigo sin retiro de agua (región este).

**CONCLUSIONES**

Finalizaciones de riego tempranas (RA1) determinaron una disminución significativa en rendimiento en el este. El efecto de finalización del riego en el rendimiento en grano de arroz está muy influenciado por las

condiciones climáticas, principalmente las precipitaciones que permiten mantener el suelo saturado una vez finalizado el riego. Las cosechas realizadas temprana MC1 registraron porcentajes elevados de granos verdes en ambas regiones. El momento de cosecha MC2 fue el que registró mayor RSSL en la



zona este mientras que en la zona centro el mayor RSSL se registró con la cosecha MC3. Los resultados obtenidos en esta zafra deben ser considerados como preliminares ya que estuvieron influenciados por las condiciones climáticas particulares de la misma. A futuro se presentará el análisis conjunto de todas las zafras en las distintas regiones.

## BIBLIOGRAFÍA

**Carracelas, G.; Marchesi, C.; Roel, A.** 2020. Efecto del manejo del riego y momento de cosecha en el rendimiento del cultivar INIA Merín. En: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.) Arroz 2020. Montevideo (UY): INIA, 2020. p. 89-92. (INIA Serie Técnica; 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

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

# 6. EFECTO DEL MANEJO DEL RIEGO BAJO DOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA EN EL CONTENIDO DE ARSÉNICO INORGÁNICO EN EL GRANO DE ARROZ

F. Campos<sup>1</sup>, A. Roel<sup>2</sup>, G. Carracelas<sup>3</sup>, R. Huertas<sup>4</sup>,  
M. Verger<sup>4</sup>, M. A. Oxley<sup>5</sup>

**PALABRAS CLAVE:** arroz, arsénico, As, fósforo, rendimiento, riego.

## INTRODUCCIÓN

El arroz es un alimento básico para más de la mitad de la población mundial y una de las principales fuentes de carbohidratos para el ser humano (Meharg *et al.*, 2009). El arsénico (As) es un metaloide asociado a potenciales problemas para la salud humana, como por ejemplo: cáncer, hipertensión, diabetes y nacimientos prematuros (NRC 2001; WHO 2004), particularmente cuando se encuentra en sus formas inorgánicas (iAs). Las principales rutas de exposición del ser humano a este elemento ocurren a través del consumo de arroz o aguas contaminadas (Meacher *et al.*, 2002). Este elemento se encuentra naturalmente en los minerales primarios que conforman la corteza terrestre, y a través de procesos de meteorización y edafización puede llegar a encontrarse de manera natural en suelos y aguas. Cuando el suelo se encuentra en condiciones aeróbicas, el As permanece fuertemente retenido a oxo hidróxidos de Fe y Mn (Seyfferth *et al.*, 2018), lo que reduce su disponibilidad para las plantas. La inundación del cultivo de arroz modifica la especiación química del arsénico, incrementando su biodisponibilidad. Por otra parte, se sabe que las plantas de arroz son

grandes acumuladoras de fósforo y silicio, rutas de absorción que son compartidas con el As (Befani *et al.*, 2017). Entre las medidas de manejo que pueden tener incidencia en minimizar la acumulación de As en grano se encuentran: la aplicación de ciclos aeróbicos durante la fase de inundación del cultivo para reducir su disponibilidad en el suelo y el manejo de la fertilización fosfatada, que mediante el mecanismo de competencia por los sitios de absorción de fósforo podrían minimizar la absorción de As. El objetivo principal de este trabajo es determinar manejos de riego y de fertilización fosfatada que permitan minimizar la acumulación de arsénico inorgánico en el grano de arroz sin afectar la productividad del cultivo. Como objetivo secundario se plantea evaluar el efecto del tipo de suelo, así como del cultivar en la absorción de iAs y su posterior acumulación en el grano de arroz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra arrocera 2018-2019 se realizaron 4 experimentos sobre dos suelos contrastantes y representativos de dos de las principales zonas productoras de arroz del país (Este y Centro). Los experimentos

<sup>1</sup> Federico Campos, Ing. Agr. estudiante de maestría, Facultad de Agronomía. UDELAR. fefocampos2003@hotmail.com

<sup>2</sup> Álvaro Roel, Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

<sup>3</sup> Gonzalo Carracelas, M.Sc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

<sup>4</sup> Raquel Huertas y Melissa Verger, Quím. Farm. M.Sc. LATU.

<sup>5</sup> Matías Oxley, Téc. Agrop. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. INIA.

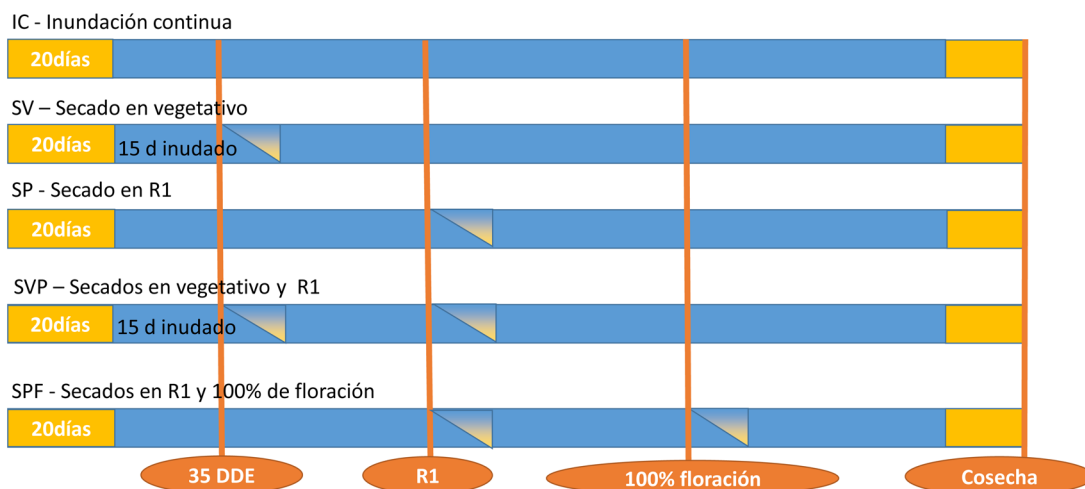
fueron sembrados en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (PdL) sobre un Planosol de la unidad «La Charqueada» en el departamento de Treinta y Tres y sobre un Vertisol de la unidad «Paso Coelho» en la localidad de Pueblo del Barro (PdeB), departamento de Tacuarembó. En cada localidad se sembraron experimentos con la variedad INIA Olimar e INIA Merín, cultivares de tipo *indica* de ciclos medio-corto y medio-largo respectivamente. El diseño experimental fue de parcelas divididas con 3 bloques en los que en la parcela mayor fueron aplicados 5 tratamientos de riego y en la sub-parcela se aplicaron dos tratamientos de fertilización fosfatada. El primer tratamiento de riego fue un testigo en el cual el cultivo fue inundado desde los 20 días pos-emergencia hasta 15 días previos a la cosecha. Los siguientes tratamientos inundaron y finalizaron el riego en el mismo momento, pero en ellos se aplicaron secados del suelo en diferentes estados fisiológicos del cultivo. El tratamiento SV aplicó un secado en estado vegetativo (15-20 días pos-inundación). El tratamiento SP aplicó un secado en R1. El tratamiento SVP aplicó dos secados, uno en estado vegetativo y otro en R1. El tratamiento SPF aplicó dos secados, en R1 y en plena floración. Las parcelas secadas fueron reinundadas cuando alcanzó un agotamiento de 50% del agua disponible en los

primeros 20 cm de suelo, aproximadamente 20 mm de agua disponible para ambos sitios experimentales y la definición de los momentos de reinundación se realizó en base al seguimiento de un balance hídrico del suelo. Los tratamientos de fertilización fosfatada consistieron en un testigo absoluto sin la aplicación de fósforo y un tratamiento con la aplicación de 50 kg/ha de  $P_2O_5$ . Las variables dependientes analizadas fueron contenido de iAs (mg/kg) en grano de arroz pulido y rendimiento en grano corregido a 13% de humedad. Finalmente, se realizó el análisis estadístico utilizando el software R studio en combinación con los paquetes emmeans y nlme. Para ello se ajustó un modelo generalizado lineal mixto, se realizó un análisis de varianza y posteriormente una prueba de Tukey (R Core Team, 2021). En la figura 1 se esquematiza el manejo de riego para los diferentes tratamientos.

## RESULTADOS PRELIMINARES

En el cuadro 1 se resumen los resultados de rendimiento en grano seco (kg/ha) y contenido de arsénico inorgánico (mg/kg) en grano de arroz blanco pulido.

La concentración media de iAs en grano de los experimentos fue de 0,074 mg/kg. Ninguna de las muestras obtenidas



**Figura 1.** Tratamientos de riego aplicados en los sitios experimentales de Paso de la Laguna (PdL) y Pueblo del Barro (PdeB) durante la zafra 2018-2019.

**Cuadro 1.** Efecto del sitio experimental, variedad, tratamiento de riego y fertilización fosfatada sobre el contenido de iAs en grano de arroz pulido y rendimiento en grano corregido a 13% de humedad

| criterio de clasificación            | Rend. (kg/ha) | iAs (mg/kg) |
|--------------------------------------|---------------|-------------|
| <b>Sitio</b>                         |               |             |
| PdL                                  | 9.804 A       | 0,084 A     |
| PdelB                                | 9.206 B       | 0,063 B     |
| Media                                | 9.504         | 0,074       |
| CV%                                  | 11,35         | 22,1        |
| P<0,05                               | ***           | ***         |
| <b>Variedad</b>                      |               |             |
| INIA Olimar                          | 9.212 B       | 0,081 A     |
| INIA Merín                           | 9.798 A       | 0,067 B     |
| P<0,05                               | ***           | ***         |
| <b>Tratamiento de riego</b>          |               |             |
| Inundación continua (IC)             | 9.567         | 0,072 A     |
| Secado en vegetativo (SV)            | 9.747         | 0,073 A     |
| Secado en primordio (SP)             | 9.491         | 0,078 A     |
| Secado en vegetativo y R1 (SVP)      | 9.267         | 0,078 A     |
| Secado en R1 y plena floración (SPF) | 9.451         | 0,067 A     |
| P<0,05                               | NS            | *           |
| <b>Tratamiento de fósforo</b>        |               |             |
| 0UP                                  | 9.514         | 0,073       |
| 50UP                                 | 9.495         | 0,075       |
| P<0,05                               | NS            | NS          |

Letras distintas indican diferencias significativas con una probabilidad menor al 5% ( $P < 0,05$ ). Códigos de significancia: '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05; NS: diferencias no significativas. CV: coeficiente de variación.

en los experimentos superó la reglamentación internacional vigente, CODEX ALIMENTARIUS (iAs<0,20 mg/kg) (FAO and WHO, 2020), e incluso, un 93% de las muestras analizadas estuvieron por debajo del límite definido por la FDA de los Estados Unidos para la elaboración de alimentos de infantes (iAs<0,1 mg/kg). La acumulación de iAs en el grano de arroz fue menor en PdelB respecto a PdL. INIA Merín presentó menor contenido de iAs que INIA Olimar. Los tratamientos de fertilización fosfatada probados no fueron efectivos para minimizar el contenido de iAs en el grano de arroz. La aplicación del tratamiento SPF fue efectivo para minimizar el contenido de iAs en ciertos tipos de suelo (PdL). Cabe destacar que

la aplicación de los tratamientos de riego alternativos a la inundación continua no generó reducción en el rendimiento en grano.

## CONCLUSIONES

El tratamiento de riego que aplica dos eventos de secado del suelo durante el ciclo, R1 y plena floración, redujo el contenido de iAs en grano en el suelo del sitio de Paso de la Laguna. Los tratamientos alternativos a la inundación continua que combinaron uno o dos eventos de secado de suelo en diferentes etapas del ciclo del cultivo no afectaron el rendimiento en grano. El contenido medio de arsénico inorgánico (iAs) acumulado en el grano de

arroz pulido fue de 0,074 mg/kg. Aún bajo el manejo de riego tradicional con inundación continua, los niveles de iAs detectados estuvieron por debajo del límite que proponen las normas internacionales de seguridad alimentaria. No obstante, es importante tener evaluadas alternativas de mitigación en caso de necesidad.

## BIBLIOGRAFÍA

**Befani, M., Quintero, C., Panozzo, J., Farías, S., Boschetti, N., Zamero, M., & Díaz, E.** 2017. Presence of arsenic in argentinian rices. Strategies to minimize them. Rice Extension. Disponible en: <https://riceextension.org.au/s/Romina-Befani-Presence-of-Arsenic-in-Argentinian-Rices-extended-abstract.pdf>

**FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); WHO (World Health Organization)** 2020. Codex alimentarius: International food standards. FAO, WHO. General standard for contaminants and toxins in food and feed. CXS 193-1995. Disponible en: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/agns/pdf/CXS\\_193e.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/CXS_193e.pdf)

**FDA.** 2020. Supporting document for action level for arsenic in rice cereals for infants. Disponible en: <https://www.fda.gov/food/chemical-metals-natural-toxins-pesticides-guidance-documents-regulations/supporting-document-action-level-inorganic-arsenic-rice-cereals-infants>

**Meacher, D. M.; Menzel, D. B.; Dillencourt, M. D.; Bic, L. F.; Schoof, R. A.; Yost, L. J.; Eickhoff, J. C.; Farr, C. H.** 2002. Estimation of multimedia inorganic arsenic intake in the US population. *Human and Ecological Risk Assessment*, 8(7):1697-1721. Doi: <https://doi.org/10.1080/20028091057565>

**Meharg A. A., Williams P. N., Adamako E., Lawgali Y. Y., Deacon C., Villada A., Cambell R. C. J., Sun G. X., Zhu Y. G., Feldmann J., Raab A., Zhao F. J., Islam R., Hossain S., Yanai J.** 2009. Geographical variation in total and inorganic arsenic content of polished (white) rice. *Environmental Science & Technology*, 43(5):1612–1617. <https://doi.org/10.1021/es802612a>

**National Research Council.** 2001. Arsenic in drinking water – 2001 update. Washington, D.C: National Academy Press.

**R Core Team,** 2021. R: A Language and Environment for Statistical Computing, R foundation for statistical computing. Vienna: Austria. Disponible en: <http://www.R-project.org/>

**World Health Organization.** 2004. IARC: Some drinking water disinfectants and contaminants, including arsenic, Lyon, France: IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans; 84) Disponible en: <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Some-Drinking-Water-Disinfectants-And-Contaminants-Including-Arsenic-2004>

# 7. GENÉTICA DEL CONTENIDO DE ARSÉNICO EN GRANO DE ARROZ II: MATERIALES PROMISORIOS Y GENES CANDIDATOS

L. Ale<sup>1</sup>, M. Verger<sup>2</sup>, F. Pérez de Vida<sup>3</sup>, J. E. Rosas<sup>4</sup>

**PALABRAS CLAVE:** inocuidad alimentaria, mejoramiento genético, SNP

## INTRODUCCIÓN

Las condiciones de cultivo de arroz irrigado favorecen la disponibilidad y captación de arsénico (As) proveniente naturalmente del suelo y de fuentes antropogénicas y su acumulación en el grano de la planta (Rahman *et al.*, 2007). El As en su forma inorgánica (iAs) es carcinógeno por lo que su contenido y el del As total (tAs) con el cual está correlacionado, han sido regulados para la comercialización del grano. Producir arroz con bajos niveles de iAs y tAs es por lo tanto crucial para la inocuidad del consumo y para el acceso a mercados. El contenido de As en el grano de arroz es determinado por factores ambientales y genéticos, por lo que el uso de cultivares con una genética favorable es clave para la inocuidad en la producción. Asimismo, se han reportado algunos genes que participan en la captación, transporte y acumulación de As en el grano. Por lo tanto, para el mejoramiento genético de esta característica es necesario conocer su variabilidad genética en nuestro germoplasma, identificar líneas con comportamiento superior que puedan ser utilizadas como parentales y evaluar el efecto de genes candidatos y su utilidad para selección asistida. Este trabajo reporta la primera evaluación del efecto genotípico en 32

líneas avanzadas y variedades del Programa de Mejoramiento Genético de Arroz de INIA (PMGA), de genes candidatos segregando en estas líneas, el efecto del ambiente y de la interacción entre estos factores en los contenidos de iAs y tAs en grano. Los resultados obtenidos sientan las bases para el mejoramiento de la inocuidad del grano en el germoplasma de arroz de INIA.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión sobre genes reportados en la bibliografía relacionados con el contenido de As en la planta de arroz y se obtuvo una lista de 15 genes candidatos. En una población genotipada de 621 líneas avanzadas del PMGA (Rosas *et al.*, 2018) se identificaron marcadores moleculares de tipo polimorfismo de un solo nucleótido (SNP) intragénicos y segregando en los siguientes genes candidatos: LSI2, OsABCC1, OsPT8, OsGrx\_C2.1, OsHAC4 y OsHAC1:2. Se seleccionó un grupo de 17 líneas y variedades *índica* (ind) y 15 líneas y variedades *japónica* tropical (jap) que permitieran evaluar el mayor número de combinaciones alélicas posible de dichos genes. Los 32 genotipos seleccionados (Figura 2) fueron evaluados en dos ensayos de

<sup>1</sup> Lucas Ale, Lic. Cs. Biol. estudiante de maestría Biotecnología, Facultad de Ciencias, UDELAR.

<sup>2</sup> Melissa Verger, Quím. Farm. M.Sc. LATU.

<sup>3</sup> Fernando Pérez de Vida, Ph.D. INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

<sup>4</sup> Juan E. Rosas, Dr. INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

jrosas@inia.org.uy

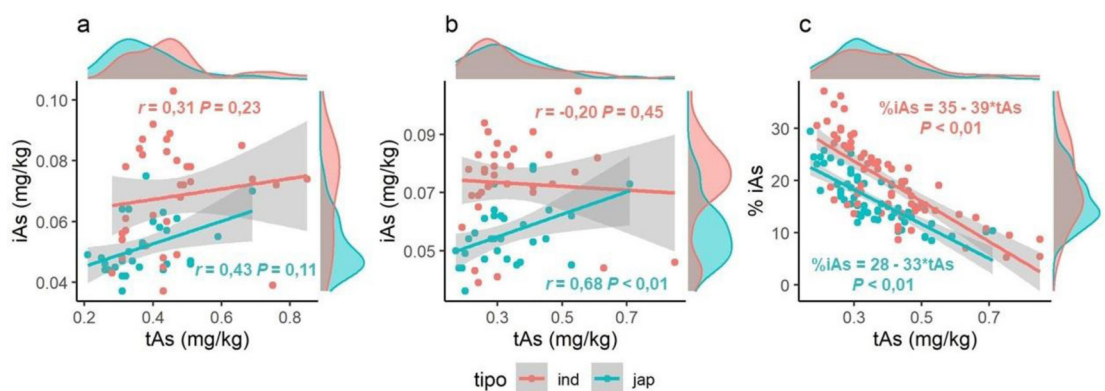


campo en las zafras 2018-2019 (ensayo z1) y 2019-2020 (ensayo z2), en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (Treinta y Tres) de INIA. Se aplicó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue una parcela de cuatro hileras de 0,8 x 2,4 m<sup>2</sup> sembradas por siembra directa, de la que se cosecharon las dos hileras centrales. Después de su cosecha, los granos de arroz fueron enviados al departamento de Cereales, Oleaginosos y Productos derivados del LATU para su procesamiento molinero y luego al departamento de Espectrometría Atómica de Alimentos y Medio Ambiente del LATU, donde se realizó la determinación de especies de As en grano pulido mediante la técnica de HPLC-ICP-MS. Para cada observación de iAs y tAs se calculó el porcentaje del total de arsénico correspondiente a iAs (% iAs). Se ajustaron sendos modelos de efectos fijos para estimar los efectos principales de genotipo, tiempo de pulido, grado de molienda, días a 50 % de floración, año de ensayo y la interacción genotipo por año en el contenido de iAs y de tAs. Con las medias genotípicas obtenidas de estos modelos se calcularon las correlaciones de Pearson entre contenido de iAs y de tAs y las correlaciones genéticas entre ambos ensayos, se compararon con un análisis de Tukey y se generó un ranking

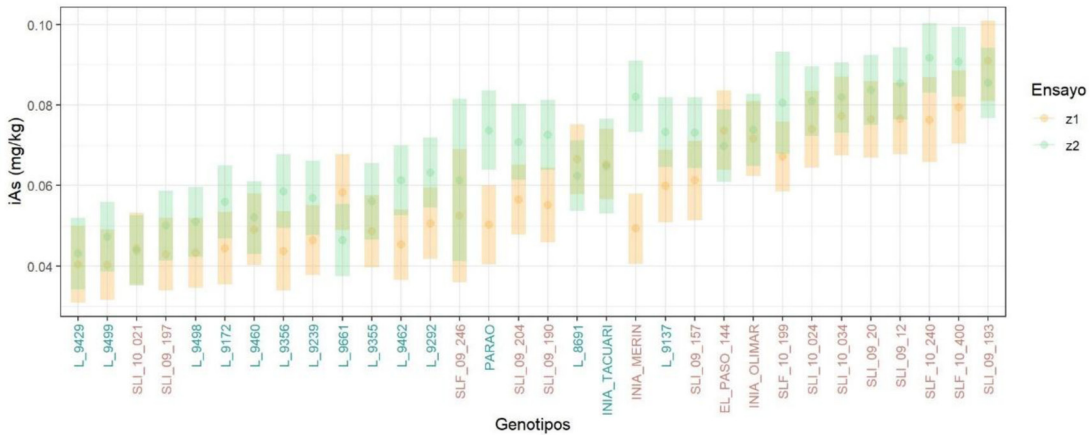
de líneas promisorias para bajo contenido de As. Estos mismos modelos, pero con el genotipo modelado como efecto aleatorio se utilizaron para estimar la heredabilidad en los ensayos. En un segundo modelo de efectos fijos se incluyeron los mismos efectos pero sustituyendo al genotipo por los efectos de SNP segregando en los seis genes candidatos en estudio y se estimaron los efectos de sustitución alélica en los haplotipos conformados por dichos SNP. Para todas las pruebas de significancia se consideró un  $\alpha = 0,01$ . Los análisis estadísticos se realizaron en R base y con los paquetes *lme4* y *ggplot2*.

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para el contenido de iAs fueron significativos los efectos de genotipo, año, tiempo de pulido y de interacción genotipo por año. Las heredabilidades en el ensayo z1 fueron 0,92 (ind) y 0,71 (jap) y en z2 0,89 (ind) y 0,90 (jap). Para tAs sólo el efecto año fue significativo y las heredabilidades en z1 fueron 0,34 (ind) y 0,21 (jap) y en z2 0,00 (ind) y 0,12 (jap). En ambos ensayos los valores genéticos para contenido de iAs fueron significativamente mayores en *índica* (media 0,071 mg/kg) que en *japónica* (media 0,054 mg/kg), mientras



**Figura 1.** Distribuciones y relaciones entre el contenido de arsénico inorgánico (iAs) y de arsénico total (tAs) en grano con los valores de correlación de Pearson entre valores genéticos ( $r$ ) y su  $P$ -valor asociado ( $P$ ) en ensayo z1 en 2018-2019 (a) y ensayo z2 en 2019-2020 (b) y porcentaje del arsénico total correspondiente a arsénico inorgánico (% iAs) en función del arsénico total, para genotipos *índica* (ind) y *japónica* (jap).

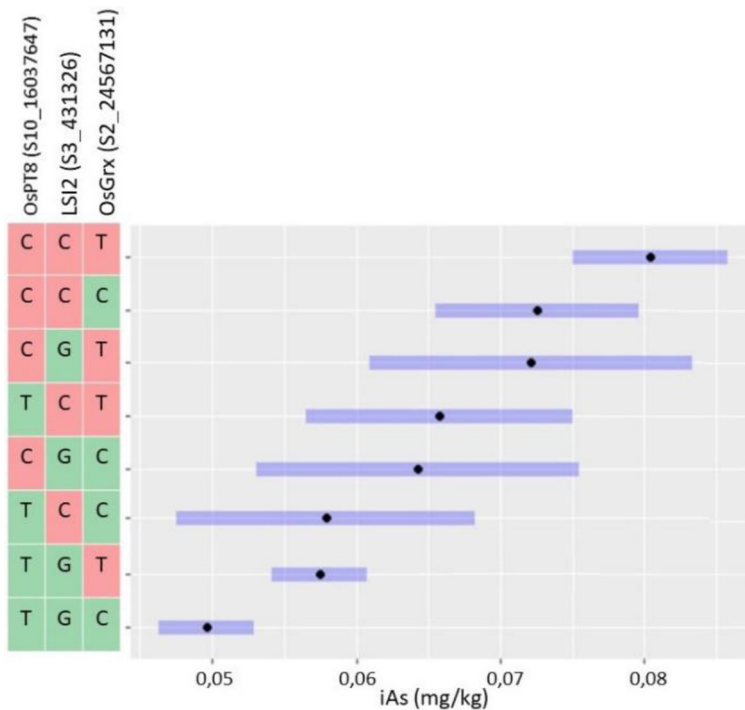


**Figura 2.** Valores genéticos para contenido de arsénico inorgánico (iAs) de las líneas y variedades evaluadas en los ensayos 2018-2019 (z1) y 2019-2020 (z2).

que la diferencia entre subespecies no fue significativa para contenido de tAs. Sólo se encontró una correlación genética significativa entre el contenido de iAs y de tAs en z2 en materiales *japónica* (Figura 1 b). La relación entre el porcentaje de iAs en el total de especies de As, y el contenido de tAs fue significativa, reduciéndose

en 1% por cada 39 mg/kg de tAs en *índica* y por cada 33 mg/kg de tAs en *japónica* (Figura 1 c).

De las 13 líneas con menor contenido de iAs según la prueba de Tukey, tres fueron *índica* y el resto *japónica* tropical (Figura 2). Las líneas con mejor comportamiento para contenido de iAs mantuvieron bajos niveles



**Figura 3.** Contenido de arsénico inorgánico (iAs) estimado para las combinaciones alélicas de los tres SNP ubicados en genes candidatos con efectos significativos. El alelo favorable de cada SNP se muestra en verde y en rojo el desfavorable. Los intervalos de confianza para los valores estimados están sombreados en azul.

en ambos ensayos. La interacción genotipo por año encontrada se debió principalmente al comportamiento de las variedades INIA Merín y Parao, que tuvieron valores bajos de iAs en z1 y altos en z2.

El análisis de genes candidatos mostró un efecto significativo de los SNP intragénicos en los genes candidatos OsPT8, LSI2 y OsGrx, cuyos alelos favorables combinados correspondieron a un contenido de iAs promedio de 0,05 mg/kg, mientras que la combinación de los alelos desfavorables de los tres genes tuvo un un contenido de iAs de 0,08 mg/kg (Figura 3).

## CONCLUSIONES

El contenido de tAs estuvo fuertemente influenciado por el ambiente, por lo que para la selección fenotípica para bajo contenido de tAs deberían plantearse ensayos en ambientes controlados. Para el contenido de iAs, se

encontró una variabilidad genética adecuada en las líneas avanzadas y variedades evaluadas, identificándose genotipos con buen comportamiento que podrán ser utilizados en futuros cruzamientos. Los resultados del análisis de genes candidatos sugieren que los genes OsPT8, LSI2 y OsGrx podrían jugar un rol importante en la acumulación de iAs en el grano en el germoplasma de INIA.

## BIBLIOGRAFÍA

- Rahman, M. A.; Hasegawa, H.; Rahman, M. M.; Rahman, M. A.; Miah, M. A. M.** 2007. Accumulation of arsenic in tissues of rice plant (*Oryza sativa* L.) and its distribution in fractions of rice grain. *Chemosphere*, 69(6), 942–948. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.05.044>
- Rosas, J. E.; Martínez, S.; Blanco, P; Pérez, F.; Mosquera, G.; Cruz, M.; Garaycochea, S.; Mccouch, S.; Germán, S.; Jannink, J. L.; Gutiérrez, L.** 2018. *Plant Genome*, 11(1): art. 170029, p.1–13. Doi: <https://doi.org/10.3835/plantgenome2017.03.0029>

# 8. INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE MEDIANTE ROTACIONES ARROZ-SOJA- PASTURAS/GANADERÍA REGADAS POR ASPERSIÓN EN LOMADAS DEL ESTE DE URUGUAY

## Resumen zafra 2019-2020 y 2020-2021 y conclusiones

G. Zorrilla<sup>1</sup>, J. Jorge<sup>2</sup>, A. Roel<sup>3</sup>, J. Parfitt<sup>4</sup>, M. Gigena<sup>5</sup>, F. Gigena<sup>5</sup>

**PALABRAS CLAVE:** arroz, riego por aspersión, rotaciones, sostenibilidad

### INTRODUCCIÓN

Este proyecto se enmarcó en una Alianza para la Innovación con financiación de la ANII y es liderado por GND-BR SRL, con participación de INIA y la empresa ARAMIS SRL y el apoyo técnico-científico de EMBRAPA de Brasil. La iniciativa contó con el patrocinio de la Asociación Cultivadores de Arroz, la Gremial de Molinos Arroceros y de la empresa Lage y Cía. El objetivo general del proyecto fue validar a escala comercial un sistema arroz-soja-pasturas/ganadería bajo riego por aspersión, que asegurara altos rendimientos, inocuidad de los productos y baja huella ambiental. En este artículo se resumen los resultados físicos y económicos por rubro del proyecto finalizado en mayo 2021. En otro artículo se presentará el estudio de factibilidad económica del sistema en su conjunto, incluyendo el repago de las inversiones asociadas.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Para la ejecución del proyecto se instaló un pivot de 18,5 ha en un potrero del establecimiento El Arroyito de Ramiro y

Martín Gigena, ubicado en la 3<sup>a</sup> sección de Treinta y Tres, sobre Ruta 18, km 340, en un área de lomadas con pendientes moderadas. Los suelos son típicos de la Unidad Vergara. En cada una de las dos zafra (2019-2020 y 2020-2021) se sembró una mitad del círculo de arroz y la otra de soja, cambiando de lado cada año. Inmediatamente a las cosechas en 2020 se sembraron verdeos de invierno, los cuales fueron pastoreados para cría de terneros hasta mediados de setiembre, donde se aplicó herbicidas para el nuevo ciclo agrícola. Todos los cultivos y pasturas dispusieron del riego por aspersión. Por más detalles se puede ver el artículo de la Serie Técnica N° 257 - Arroz 2020.

### Manejo del arroz

En la primera zafra se utilizaron dos cultivares, INIA Olimar e INIA Merín y en función de los resultados obtenidos, en la segunda sólo se sembró INIA Merín. Las siembras se realizaron el 11/10/19 y 9/10/20 con 125 kg de semilla por ha, tratada con tiametoxan y tebuconazole y también con Protex 800 (dietholate) para

<sup>1</sup> Gonzalo Zorrilla, MSc., Coordinador Técnico del Proyecto.

<sup>2</sup> Juan Jorge, Ing., Director GND-BR.

<sup>3</sup> Álvaro Roel, PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

<sup>4</sup> José Parfitt, PhD, Investigador Principal, EMBRAPA Clima Templado, Brasil.

<sup>5</sup> Martín y Federico Gigena, Ing. Agr., principales del establecimiento El Arroyito.

permitir mayores dosis de clomazone. La semilla se inoculó justo antes de la siembra con *Azospirillum* (Graminsoil). La fertilización basal NPK fue 21-92-110 y 18-72-120 en cada año. Se aplicó glifosato + clomazone previo a la emergencia y una triple mezcla de propanil + clomazone + fluroxipir (quinclorac en 2020) en post emergencia. Se aplicaron 350 kg/ha de urea blanca fraccionada en 30% al macollaje y el resto en aplicaciones semanales hasta primordio. En 2020-2021 se utilizó el fertirriego para aplicar las dosis post macollaje. Se aplicó fungicida preventivamente sólo en INIA Olimar en embarrigado el primer año. Las malas condiciones del mes de octubre dificultaron la instalación del cultivo en 2019, con una población final baja de 100 plantas por m<sup>2</sup>. En 2020 se obtuvieron 216 plantas/m<sup>2</sup>. El control de malezas fue eficiente y sin mayores problemas. No se observó en ningún momento manchas de brusone ni afección relevante de tallos en ninguna de las variedades. No hubo problema de insectos.

### Manejo de la soja

La soja se sembró el 21/11/19 y el 29/10/20 con las variedades recomendadas por Barraca Erro, DM50i17 y DM60i62 respectivamente, a 80 kg/ha. La fertilización NPK a la base fue 0-80-120 y 0-115-138 al voleo. Se aplicó glifosato en pre-emergencia y una aplicación de glifosato post emergente en 2019 y dos aplicaciones en 2020. Se hicieron tres aplicaciones en 2019-2020 a partir de floración, la primera con fungicida, insecticida, fertilizante foliar y fosfitos, luego fungicida + insecticida y finalmente sólo insecticida. En 2020-2021 se hicieron tres aplicaciones de una mezcla de fungicida + insecticida + fertilizante foliar. La siembra se atrasó más de 20 días de los inicialmente planificado en 2019-2020, y a fines de diciembre presentó problemas de enfermedades del tallo y plantas muertas. Hubo mal control de chinche, que provocó daños importantes en la calidad del grano y rendimiento final. En 2020-2021 el cultivo se

desarrolló bien, pero tuvo una fitotoxicidad provocada por residuo de Kifix en tanque. Se aplicó un plan de «salvataje» con dos aplicaciones de Naturamín WSP y un refuerzo de inoculante de soja, todo por medio del sistema de quemirriego que dispone el pivot, que resultó muy eficaz.

### Manejo de los verdeos de invierno y recría de terneros

En 2020 inmediatamente a la cosecha del arroz y la soja se sembraron pasturas en siembra directa. En el rastreo de soja se sembró raigrás Winterstar III y en el rastreo de arroz una mezcla de dicho raigrás con trébol persa. El 15 y 16 de mayo se realizaron dos riegos de 10 mm c/u, ante un período de pocas precipitaciones. El pastoreo con terneros de recría se inició el 20 de junio y se manejó con dotaciones variables según disponibilidad de forraje, en una rotación de cuatro cuadrantes. El 20 de julio se aplicaron 80 kg/ha de urea. El 9 de setiembre se terminó el pastoreo en el área que iba para arroz, con aplicación de glifosato y el 20 de setiembre si hizo lo propio con el área para soja. La carga promedio fue de 3,4 terneros/ha.

### Manejo del riego por aspersión

Para el arroz la pauta técnica inicial fue regar siempre que la tensión de agua superara 10 kPa en tensiómetros instalados a 15 cm de profundidad. Las medidas realizadas confirmaron que en ausencia de lluvias es necesario el riego diario, por lo cual en la segunda zafra se utilizó este criterio. El comienzo del riego fue 9/11/2019 y el 18/10/2020 y se dejó de regar entre 2-4 días antes de la cosecha. En la soja la recomendación fue regar siempre que la tensión de agua superara los 50 kPa en los tensiómetros instalados en 2019-2020. En 2020-2021 se utilizó la plataforma de gestión de riego on-line de ICrops de Brasil que da recomendaciones diarias. Se comenzó a regar el 25/11/2019 y el 4/11/2020 respectivamente y el último riego fue cuando ya estaba empezando a caer la hoja de la soja.

**RESULTADOS**

Los resultados de análisis de metales pesados realizados en el LATU confirmaron que el contenido de arsénico fue prácticamente

cero. El cadmio, elemento que puede presentar concentraciones mayores en condiciones más aeróbicas, dio también valores por debajo de los límites internacionales vigentes.

**Cuadro 1.** Rendimiento y calidad del arroz durante las dos zafras.

|   | ZAFRA 2019-2020 |            | ZAFRA 2020-2021 |
|---|-----------------|------------|-----------------|
| Variedad                                | INIA OLIMAR     | INIA MERÍN | INIA MERÍN      |
| Fecha cosecha                           | 16/03/2020      | 02/04/2020 | 8/4/21          |
| Área cosechada (ha)                     | 3,77            | 3,68       | 8,56            |
| Rendimiento seco y limpio (kg/ha)       | 7.392           | 8.977      | 9.207           |
| % Blanco Total                          | 70,3            | 72,0       | 73,8            |
| % Entero                                | 62,0            | 62,6       | 69,2            |
| % Mancha                                | 0,4             | 0,3        | 0,2             |
| % Yeso                                  | 2,5             | 2,0        | 2,1             |
| % Bonificación total por calidad        | 2%              | 3%         | 7,5%            |
| Rendimiento sano, seco y limpio (kg/ha) | 7551            | 9273       | 9899            |

**Cuadro 2.** Rendimientos de la soja durante las dos zafras.

|                                   | ZAFRA 2019-2020 | ZAFRA 2020-2021 |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
| Variedad                          | DM50i17         | DM60i62         |
| Fecha cosecha                     | 18/04/2020      | 19/4/21         |
| Área cosechada (ha)               | 8,71            | 7,70            |
| Rendimiento seco y limpio (kg/ha) | 3.048           | 4.573           |

**Cuadro 3.** Producción de carne vacuna, invierno 2020.

| Pastura                        | Raigrás s/soja | Raigrás +<br>Tr. Persa s/arroz | Total       |
|--------------------------------|----------------|--------------------------------|-------------|
| Área (ha)                      | 8,71           | 7,70                           | 16,4        |
| Período de pastoreo – terneros | 27/6 – 9/9     | 19/6 - 20/9                    | 19/6 – 20/9 |
| Producción de carne (kg/ha)    | 276,4          | 222,4                          | 251,0       |

**Cuadro 4.** Precipitaciones y riego.

| Cultivo        | Zafra | Período            | Lluvia |      | Riego |      |
|----------------|-------|--------------------|--------|------|-------|------|
|                |       |                    | mm     | días | mm    | días |
| ARROZ - OLIMAR | 19-20 | 11/10/19 – 31/3/20 | 618    | 20   | 824   | 84   |
| ARROZ - MERÍN  |       |                    |        |      | 924   | 94   |
| ARROZ - MERÍN  | 20-21 | 8/10/20 – 2/4/21   | 826    | 35   | 794   | 81   |
| SOJA – DM50i17 | 19-20 | 21/11/19 – 31/3/20 | 245    | 12   | 192   | 20   |
| SOJA – DM60i62 | 20-21 | 4/11/20 – 31/3/21  | 793    | 32   | 196   | 22   |



**Cuadro 5.** Costos, ingresos y márgenes parciales por rubro (USD/ha).

| Rubro          | Zafra   | Costos  | Ingresos <sup>1</sup> | Margen bruto |
|----------------|---------|---------|-----------------------|--------------|
| ARROZ – OLIMAR | 2019-20 | 1.212,2 | 1.555,5               | 343,3        |
| ARROZ – MERÍN  | 2019-20 | 1.239,9 | 1.910,2               | 670,3        |
| ARROZ – MERÍN  | 2020-21 | 1.213,8 | 2.435,2               | 1.221,3      |
| SOJA – DM50i17 | 2019-20 | 891,1   | 960,1                 | 69,0         |
| SOJA – DM60i62 | 2020-21 | 1.021,5 | 2.355,1               | 1.333,6      |
| CARNE          | 2020    | 227,2   | 537,1                 | 309,9        |

<sup>1</sup> Precios del arroz al 30 de junio (2020: USD 10,3/bls; 2021: USD 12,3/bls).

Precios de la soja - valor de venta del productor (2020: USD 315/t; 2021: USD 515/t).

Precios de la carne - media del valor del ternero de +180 kg entre ingreso y salida - tablas ACG 2020.

## ANÁLISIS ECONÓMICO

Se modeló un sistema productivo «comercialmente viable» para realizar cálculos económicos por rubro, consistente en 2 pivotes fijos de 70 ha c/u, uno regando arroz y otro soja. A ese modelo se le aplicaron los coeficientes técnicos surgidos de este proyecto. Por más detalles ver el artículo de la Serie Técnica No. 257 - Arroz 2020. El estudio de factibilidad del sistema en su conjunto, que incluye la amortización de la inversión, es motivo de otro artículo en esta publicación.

## CONCLUSIONES

Se validó comercialmente el potencial productivo del riego por aspersión (pivot) en una rotación arroz-soja-ganadería en lomadas del este. El arroz con riego por aspersión se desarrolló por primera vez en el país, promediando en dos años rendimientos de 9.200 kg/ha (SSL) con costos 30% menores que el arroz convencional (USD 1.200/ha), generando mejores márgenes económicos. El consumo de agua promedió 850 mm/ha y fue algo menor que el de un cultivo inundado, determinando una buena eficiencia de uso del agua. El arroz no presentó arsénico y tuvo muy bajos niveles de cadmio en el grano, lo cual puede agregar

valor para mercados especiales. Por otra parte y a pesar de que no se midió en este proyecto, se infiere que la ausencia de inundación reduce al mínimo las pérdidas de metano al ambiente. Los resultados de la soja del primer año demostraron la necesidad de lograr altos rendimientos para conseguir márgenes económicos en este sistema, lo cual fue posible en el segundo año. Además, se produjeron 250 kg de carne durante el invierno 2020 en sólo tres meses de pastoreo. La instalación de un sistema intensivo de este tipo en lomadas del este significa un cambio radical en la producción y en los ingresos del productor y expande las posibilidades agrícolas a zonas de bajo potencial natural. Además, mejora el uso y conservación del suelo y permite suponer un mejor balance de carbono.

## BIBLIOGRAFÍA

Zorrilla, G.; Jorge, J.; Roel, A.; Parfitt, J. Barbat; Gigena, M.; Gigena, F. 2020. Intensificación sostenible mediante rotaciones Arroz-Soja-Pasturas / Ganadería regadas por aspersión en lomadas del Este en Uruguay. Resultados zafra 2019-2020. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.) Arroz 2020. Montevideo (UY): INIA, 2020. p. 81-84. (INIA Serie Técnica; 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

# 9. RIEGO POR ASPERSIÓN EN ROTACIONES ARROZ-SOJA-PASTURAS

J.M. Soares de Lima<sup>1</sup>, E. Fernández<sup>2</sup>, B. Ferraro<sup>3</sup>,  
G. Zorrilla<sup>4</sup>, B. Lanfranco<sup>5</sup>

**PALABRAS CLAVE:** análisis de riego, factibilidad financiera, pivote

## INTRODUCCIÓN

En este artículo se presentan los resultados de una modelación económica de un sistema de riego por aspersión para una rotación arroz-soja-pasturas/ganadería a escala comercial. El modelo propuesto está basado en un estudio de caso desarrollado en el marco del proyecto ALI\_1\_2018\_1\_146857, liderado por GND-BR SRL, con participación de INIA y la empresa ARAMIS SRL, el apoyo técnico-científico de EMBRAPA (Brasil) y el financiamiento de la ANII.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El «modelo comercial» considera la inversión en un sistema de pivote para el riego por aspersión de 70 ha, amortizable a 20 años, para una secuencia de rotación arroz-pasturas-soja-pasturas. De esta forma, al cultivo de verano sigue la implantación de un cultivo de cobertura utilizado para recría de terneros hasta el mes de setiembre (4 meses). El riego se aplica tanto a los cultivos como a las pasturas si estas lo necesitan. Los coeficientes productivos y el manejo de la rotación surgen del estudio de caso y los informes técnicos del proyecto para las dos zafas (2019-2020 y 2020-2021) evaluadas (Zorrilla *et al.*, 2020)

A partir del estudio de caso mencionado, el modelo de simulación utilizado en este trabajo propone un análisis de «riesgo» considerando la variabilidad esperable para cada cultivo o actividad que compone el sistema arroz-soja-ganadería. Este análisis incluye la variabilidad en los ingresos y los costos de producción. En el caso de los costos, a partir de los datos del estudio de caso se consideró variable el costo de energía, que en esos dos años mostró importantes diferencias. Con respecto al uso del pivote se consideró una variabilidad en las condiciones pluviométricas anuales, a través de una distribución de probabilidades que se expresa en los días de uso del pivote en cada actividad. Para el arroz se consideró un rango de entre 70 y 90 días de uso, para la soja entre 10 y 30 días, mientras que, para la pastura, dicho rango fue de entre 0 y 15 días de riego. En todos los casos, el riego fue de 10 mm diarios, al igual que en caso real estudiado.

Del lado de los ingresos, se utilizaron distribuciones de probabilidad para modelar, tanto los rendimientos físicos como los precios para los productos. Con respecto al rendimiento, para el arroz se utilizó un rango de entre 9.000 y 10.000 kg/ha, sano, seco y limpio (SSN), con media en los 9.500 kg/ha. Para la soja se adaptó una distribución asimétrica

<sup>1</sup> Juan Manuel Soares de Lima, Ph.D, Ing. Agr., Investigador Adjunto INIA Tacuarembó.

<sup>2</sup> Enrique Fernández, M.Sc., Ing. Agr., Investigador Principal INIA La Estanzuela.

<sup>3</sup> Bruno Ferraro, Cr., Técnico Principal INIA Dirección Nacional.

<sup>4</sup> Gonzalo Zorrilla, M. Sc., Ing. Agr., Coordinador Técnico del Proyecto GND (ALI\_1\_2018\_1\_146857), consultor independiente.

<sup>5</sup> Bruno Lanfranco, PhD, Ing. Agr., Investigador Principal INIA Las Brujas.

en los rendimientos con un mínimo de 3.000, una mediana a 4.300 y un máximo de 4.800 kg/ha. Finalmente, la producción de carne se estableció en un rango entre 200 y 300, con media 250 kg/ha. Para el caso de los precios, el cuadro 1 presenta los rangos de precios utilizados (mínimo – más probable – máximo) para los tres productos que comercializa el sistema.

Las curvas de probabilidad del resultado económico esperable para cada hectárea del sistema de rotación propuesto se construyeron mediante simulación y se expresaron como margen neto (MN). Solo se tomaron en cuenta los costos fijos del pivote (mantenimiento, seguro, cargos fijos de la potencia eléctrica contratada, etc.). No se consideraron costos fijos derivados de la propiedad de tierra, maquinaria u otros bienes.

La evaluación financiera de la inversión se realizó mediante la estimación de la tasa interna de retorno (TIR). Se consideraron variaciones anuales esperables tanto en los resultados productivos como en los precios de

los productos. Al no contarse con una situación base o testigo de donde extraer resultados «sin pivote» y comparar con la nueva inversión («con pivote»), el análisis considera el resultado final que incluye el efecto de incorporar esta tecnología y no el diferencial respecto a una situación base.

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

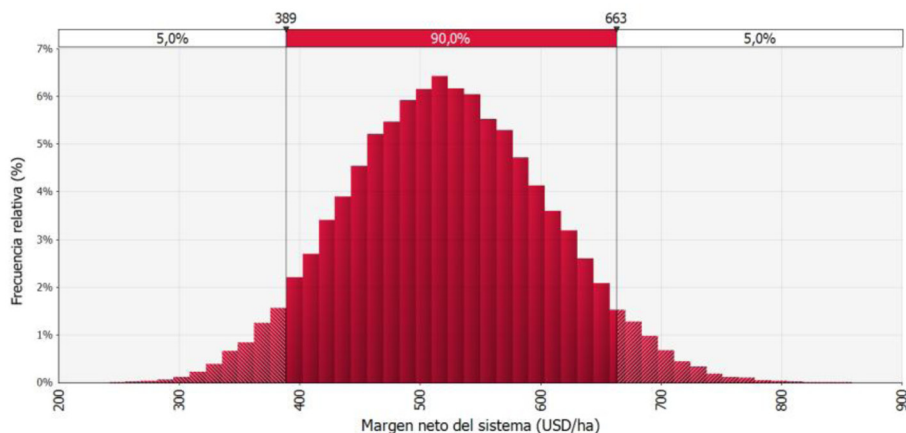
Bajo las condiciones sobre las que operó el modelo, los resultados sugieren una probabilidad de 90% de obtener márgenes entre 389 y 665 USD/ha. En ese rango de escenarios, la probabilidad de perder dinero con esta inversión se puede considerar nula (Figura 1).

En términos del área ocupada anual (no del uso efectivo del riego), la ganadería representa 50% del área mientras que el arroz y la soja ocupan 25% cada uno (el cultivo de cobertura siempre sigue al área ocupada por ambos cultivos). La mayor contribución al resultado económico global del sistema proviene del

**Cuadro 1.** Rango de precios utilizados para el análisis de riesgo.

| Producto                                 | Mínimo | Más probable | Máximo |       |
|--|--------|--------------|--------|-------|
| Arroz INIA Merín (SSL; USD/bolsa 50 kg)* |        | 8,93         | 11,05  | 13,97 |
| Soja (SL; USD/t)**                       |        | 282          | 410    | 562   |
| Ternero > 180 kg (USD/kg peso vivo)***   |        | 1,88         | 2,10   | 2,57  |

Elaborado en base a: \* Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA); \*\* Cámara Mercantil de Productos del País (CMPP); \*\*\* Asociación de Consignatarios de Ganado (ACG).



**Figura 1.** Probabilidad esperada del margen neto en la rotación con riego por aspersión.

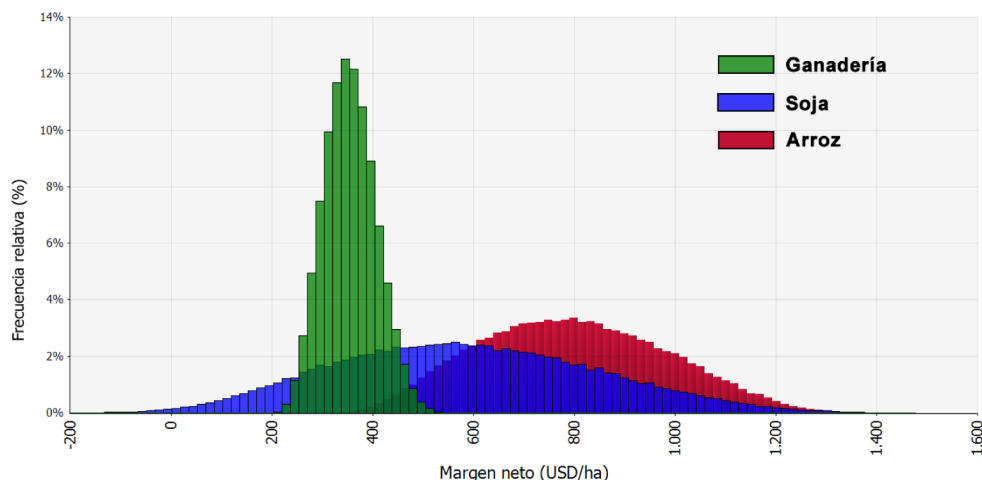


Figura 2. Margen neto de cada actividad dentro de la rotación definida.

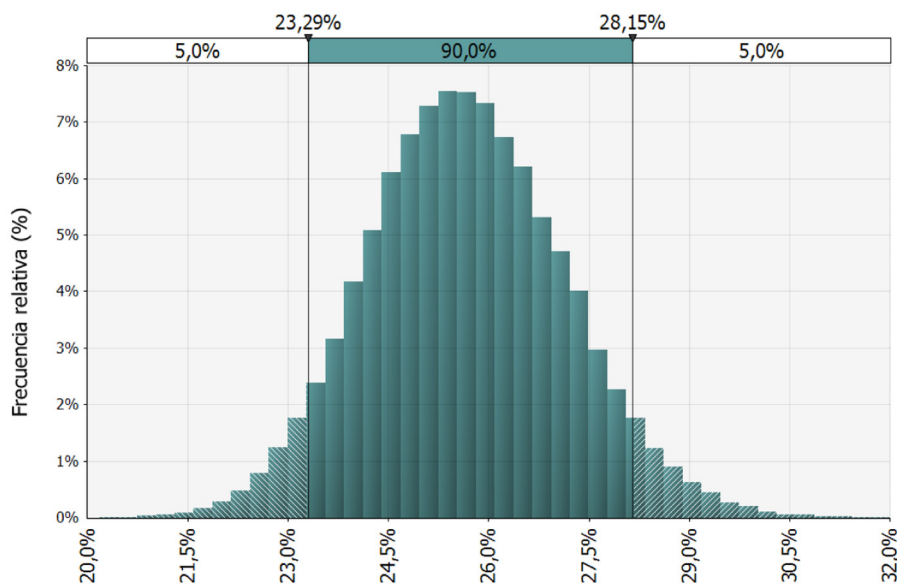


Figura 3. Distribución de probabilidades de la Tasa Interna de Retorno (TIR) estimada.

arroz y la soja (Figura 2). La ganadería hace un aporte menor pero muy estable.

Los resultados del modelo sugieren que los valores de la TIR esperables se ubicarían entre 23 y 28%, con un valor de probabilidad de 90% (Figura 3). Las condiciones de estabilidad y altos rendimientos mostrados por los cultivos y pasturas con riego, así como en los precios de los últimos años, sugieren la conveniencia de la inversión, bajo condiciones similares a las consideradas en el modelo. Esto no significa que este sistema tenga un beneficio superior a otros esquemas no evaluados en este trabajo.

### CONCLUSIONES

Bajo condiciones productivas, costos de producción y escenarios de precios como los considerados en este trabajo, se pueden resaltar algunas conclusiones:

- la inversión en sistemas de riego por aspersión para una rotación de este tipo (arroz-soja/pastura), en suelos de lomas, resulta rentable para el rango de escenarios planteados, con alta certeza de obtener márgenes superiores a 400 USD/ha,

- el arroz aporta una buena parte del ingreso de la rotación debido a los buenos resultados productivos, pero principalmente por la alta estabilidad de estos a través de los años, especialmente si alcanza precios como los de la última zafra,
- la soja es potencialmente capaz de aportar muy buenos ingresos, aunque tanto sus niveles productivos como el precio de comercialización muestran una variabilidad muy alta, elevando fuertemente la incertidumbre de su resultado económico,
- la ganadería incorpora un ingreso extra destacable y muy seguro, aprovechando el cultivo de cobertura entre cultivos de verano,
- la integración de diversos rubros en un sistema bajo riego como el propuesto, asegura una canasta de ingresos que lo hace muy estable y resiliente a las variaciones de precios, clima y rendimientos,
- la comparación con un sistema base (sin proyecto) permitiría establecer la rentabilidad incremental de la inversión en el sistema de riego.

## BIBLIOGRAFÍA

**Zorrilla, G.; Jorge, J.; Roel, A.; Parfitt, J., Gigena, M.; Gigena, F.** 2020. Intensificación sostenible mediante rotaciones arroz-soja-pasturas/ganadería regadas por aspersión en lomadas del este de Uruguay. In: Saravia, H.; Martínez, S.; Mesones, B.; Terra, J., (Eds). Arroz 2020, INIA Treinta y Tres, Uruguay. Montevideo: INIA. p. 81-84. (INIA Serie Técnica, 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

# 10. LA ECONOMÍA DEL NITRÓGENO EN LOS SISTEMAS ARROZ-GANADERÍA DE URUGUAY

J. Castillo<sup>1</sup>, G. Kirk<sup>2</sup>, J. Rivero<sup>3</sup>, A. Dobermann<sup>4</sup>, S. Haefele<sup>5</sup>

**PALABRAS CLAVE:** balances nutrientes, eficiencia uso del N, sistemas integrados

## INTRODUCCIÓN

Durante décadas existió una tendencia mundial a alejarse desde la agricultura mixta y los sistemas agrícolas ganaderos integrados, hacia sistemas simples e intensivos. Esto ha distorsionado los balances de nutrientes tanto a nivel de sistemas como globales, lo que ha provocado contaminación ambiental y/o el agotamiento de los nutrientes del suelo. Para evitar esto, los sistemas alimentarios deberían ser integrados y circulares en términos de nutrientes que permitan realizar presupuestos de nutrientes ajustados (Van Zanten *et al.*, 2019). Para el nitrógeno (N), se necesita una comprensión detallada de los procesos, los flujos, incluidas las formas gaseosas y los balances a nivel de componente para diseñar sistemas productivos con alta eficiencia de uso de N (EUN) en toda la cadena. En Uruguay se ha practicado un sistema arroz-ganadería único durante más de 50 años, alcanzando un alto nivel productivo de arroz (rendimientos medios de grano > 8 t/ha) y un nivel medio para el ganado (120 kg/ha/año). Sin embargo, en los últimos años se ha visto un incremento en las cantidades de N agregadas al cultivo, en ocasiones mayores a los incrementos de rendimiento alcanzado, lo que indicaría que los valores de la EUN han descendido. En un sector como el

arrocero uruguayo donde el aumento de la productividad es buscado permanentemente, cabe reflexionar respecto a si hay que mantener y aumentar los rendimientos a través de seguir incrementando las dosis de N, o mediante ajustes de manejo principalmente en el componente ganadero del sistema. El objetivo de este estudio fue cuantificar los componentes del balance de N y la EUN de este sistema, para así comprender su sostenibilidad a largo plazo. Este artículo es una síntesis del trabajo científico recientemente publicado por Castillo *et al.* (2021).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó información nacional sobre la producción de arroz, forrajes y ganadería entre 2004 y 2020 basados en reportes del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, las Estadísticas Agropecuarias de DIEA, el Instituto Nacional de Carnes y el INIA. Los aspectos relacionados a los procesos de N en el sistema fueron basados en bibliografía local e internacional. La información arrocera corresponde a una superficie promedio de 165.000 ha y el cálculo de la superficie de pasturas asociadas directamente al sistema arrocero fue 860.000 ha. No obstante, la información del componente animal para este período está disponible a nivel departamental por lo que los cálculos correspondientes al componente ganadero

<sup>1</sup> Jesús Castillo, M.Sc. Programa Nacional de Investigación en Arroz, INIA Treinta y Tres, jcastillo@inia.org.uy

<sup>2</sup> Guy Kirk, Ph.D. School of Water, Energy & Environment, Cranfield University, Cranfield, United Kingdom.

<sup>3</sup> Jordana Rivero, Ph.D. Sustainable Agriculture Systems, Rothamsted Research, North Wyke, United Kingdom.

<sup>4</sup> Achim Dobermann, Ph.D. International Fertilizer Association (IFA), Paris, France.

<sup>5</sup> Stephan Haefele, Ph.D. Sustainable Agriculture Systems, Rothamsted Research, Harpenden, United Kingdom.

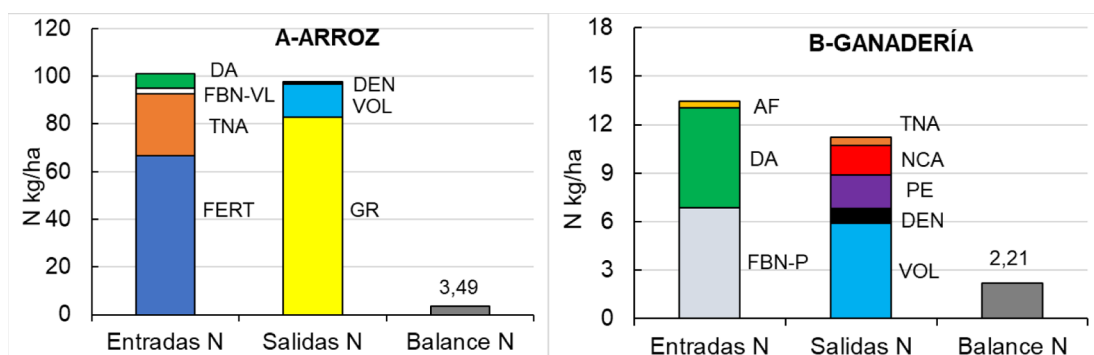


total serán en base a 8,42 millones de ha. Los principales guarismos promedio del sistema ganadero (productividad y % pasturas mejoradas entre otros), obtenidos de las estadísticas nacionales (MGAP-DIEA) fueron similares a los reportados para el sistema ganadero inserto en la rotación arrocerá propiamente dicho (Simeone *et al.*, 2008). Información detallada de los coeficientes, metodología y cálculos realizados puede consultarse en Castillo *et al.* (2021).

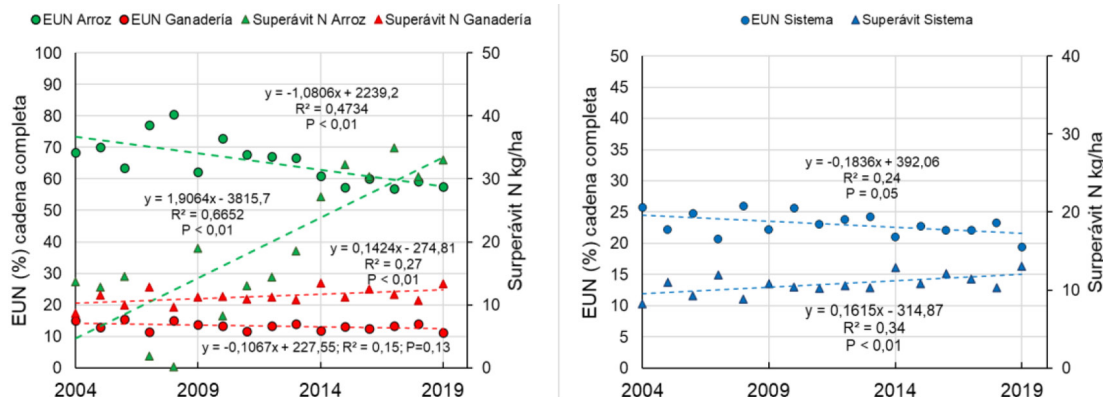
Se calculó un balance simple de N definido como entradas de N menos salidas totales de N (Balance de N = Entradas totales N – Salidas totales N). Por otro lado, se estimó la EUN de la cadena completa (%), definida como la cantidad de N retenida en grano, carne y lana que salen del sistema como productos agrícolas, respecto a todas las entradas de N (EUN % = N retenido en productos agrícolas / entradas totales de N), siguiendo lo recomendado por el EU Nitrogen Expert Panel, (2015). La misma guía fue considerada para el cálculo de superávit de N, definido como la diferencia entre todas las entradas de N y aquel retenido en los productos agrícolas (Superávit N = Entradas N total – N productos). Todos los cálculos fueron realizados a nivel de componente (arroz o ganadería) y sistema. El detalle de las entradas y salidas consideradas en cada componente para los cálculos puede apreciarse en la figura 1.

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

A nivel del componente arrocerá, las entradas promedio de N en el período fueron de 101 kg/ha/año, de los cuales el 66, 25 y 8,5% fueron aportados por el fertilizante, la transferencia de N animal vía reciclaje de N del componente ganadero al arrocerá y la fijación biológica de N de organismos libres más deposiciones atmosféricas respectivamente. En el componente ganadero, las entradas fueron de mucho menor magnitud (13,4 kg/ha/año), siendo los principales contribuyentes la deposición atmosférica, la fijación de N por las pasturas y la entrada de afrechillo de arroz como alimento animal. La diferencia de escala mencionada, entre el componente arrocerá y ganadero explica los bajos valores de la fijación de N por las pasturas y las entradas de afrechillo de arroz como alimento animal. Estos valores referidos al área específica de la rotación arroz-pasturas correspondieron a 46 kg/ha/año de N fijado y a 19 kg/ha/año de N en el afrechillo de arroz. Las salidas promedio de N en el componente arrocerá fueron de 98 kg/ha/año, explicados por el N retenido en grano (84%) y la volatilización (15%). La información relacionada al balance es presentada en la figura 1. En base a las entradas y salidas de N mencionadas para cada componente el balance de N fue de +3,49 y +2,20 kg/ha/año



**Figura 1.** Balance de N del sistema arroz-ganadería: (A) Componente arroz, (B) Componente ganadería. Los valores corresponden al promedio entre 2004-2005 al 2019-2020. Las entradas fueron: FERT= fertilizantes, TNA= transferencia de N del animal, FBN-VL= fijación de N por organismos libres, DA= deposición atmosférica, GR= N en grano, VOL= volatilización, DEN= desnitrificación, FBN-P= fijación de N por pasturas, AF= afrechillo, PE= percolación N, NCA= N removido en producto animal.



**Figura 2.** Cambios desde 2004-2005 a 2019-2020 de la EUN (=salidas N producto/entradas N total x 100) y superávit de N (= entradas totales N - salidas N en productos) para los componentes arroz y ganadería (izquierda) y a nivel de sistema (derecha).

para el arroz y la ganadería respectivamente mientras que para el sistema en su conjunto el balance fue de +2,22 kg/ha/año.

Durante el período bajo estudio, las cantidades de N agregado al cultivo de arroz se incrementaron en un 64%, desde 50 kg/ha/año N en el año 2004 en términos promedio hasta 82 kg/ha/año en 2020 (información no mostrada). Esto significó que, en el mismo período, la EUN disminuyó un 20%, desde 72 a 58%. Por tratarse de procesos contrapuestos, a medida que la EUN disminuye, el superávit de N que potencialmente puede ser perdido al ambiente tiende a subir. En tal sentido, el superávit de N en el componente arrocero al menos se triplicó en el período de estudio (Figura 2). Son varios los ejemplos en el mundo donde estas mismas trayectorias han operado y se han mantenido constantes, presentando en la actualidad EUN muy bajas con problemas ambientales severos. Las características del componente ganadero, de muy bajas entradas de N exógeno y sostenidas productividades promedio, explican la relativamente baja y estable EUN a lo largo del período, al igual que el superávit de N. Analizados a nivel de sistema, y debido a que el componente ganadero es de mayor área, la EUN y el superávit fueron similares al componente ganadero. No obstante, y explicado por lo sucedido en el componente arrocero la EUN del sistema disminuyó cerca de 5% y el superávit de N se incrementó entorno al 2%. En el período analizado, en promedio

un 66% y un 13% del N total que entró al sistema fue retenido en el grano y los productos animales que salen del sistema respectivamente. El valor de EUN alcanzado por el componente arrocero (66%) es alto cuando se lo compara con ejemplos agrícolas internacionales, sin embargo, el componente ganadero presenta una EUN de media a baja (13%). Existen propuestas a nivel nacional que permitirían incrementar la productividad y EUN del sistema ganadero (Kanter *et al.*, 2016), lo que potenciaría al componente arrocero, debido a mayores cantidades de N reciclado de la ganadería al arroz, haciendo que este último componente dependa menos de las entradas de N vía fertilizantes para sostener o aumentar al actual nivel productivo.

### CONCLUSIONES

Es posible obtener más ganancias en la eficiencia del N mediante una mejor integración de los componentes del sistema. Las acciones para aumentar la EUN a nivel del sistema incluyen el aumento de la productividad de los pastos y el ganado y el control del uso cada vez mayor de fertilizantes nitrogenados en el arroz. Los sistemas de cultivo y ganadería estrechamente integrados pueden desempeñar un papel importante en la remodelación de la agricultura mundial para alcanzar los objetivos de seguridad alimentaria, medio ambiente y sostenibilidad socioeconómica.

## BIBLIOGRAFÍA

**Castillo, J.; Kirk, G. J. D.; Rivero, M. J.; Dobermann, A.; Haefele, S. M.** 2021. The nitrogen economy of rice-livestock systems in Uruguay. *Global Food Security*, 30(July), 100566. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100566>

**EU Nitrogen Expert Panel. 2015.** Nitrogen Use Efficiency (NUE)-an indicator for the utilization of nitrogen in agriculture and food systems. Wageningen, Netherlands: Wageningen University. Consultado: <http://www.eunep.com/reports/>

**Kanter, D. R.; Schwoob, M. H.; Baethgen, W. E.; Bervejillo, J. E.; Carriquiry, M.; Dobermann, A.; Ferraro, B.; Lanfranco, B.; Mondelli, M.; Penengo, C.; Saldias, R.; Silva, M. E.; Soares de Lima, J. M. S.** 2016. Translating the Sustainable Development Goals into action: A participatory backcasting approach for developing national agricultural transformation pathways. *Global Food Security*, 10, 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.08.002>

**Simeone, Á.; Andregnette, B.; Buffa, J. I.** 2008. Variables que afectan el resultado físico y económico de la ganadería en los sistemas arroz-pasturas del este. In Simeone, A; Andregnette, B.; Buffa, J. I. (Eds.), *Producción De Carne Eficiente En Sistemas Arroz- Pasturas*. Montevideo (Uruguay): INIA, 2008. p. 19–39. (Serie FPTA-INIA, 22)

**van Zanten, H. H. E.; van Ittersum, M. K.; De Boer, I. J. M.** 2019. The role of farm animals in a circular food system. *Global Food Security*, 21, 18–22. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.06.003>

# 11. EFICIENCIA DE USO DEL N EN EL ARROZ: PENSANDO EN SISTEMAS

G. Fabini<sup>1</sup>, K. Grahmann<sup>2</sup>, J. Castillo<sup>3</sup>, P. González<sup>4</sup>, J. A. Terra<sup>5</sup>

**PALABRAS CLAVE:** fertilización, productividad, rotaciones, sustentabilidad

## INTRODUCCIÓN

La productividad del cultivo de arroz en Uruguay creció desde 3,5 t/ha a inicios de la década del 70 hasta 8,5 t/ha en las últimas 5 zafras, siendo una de las mayores globalmente. Este crecimiento de la productividad se ha basado en un sistema integrado de arroz con pasturas de intensidad diversa, así como en el desarrollo de variedades locales y ajustes en las prácticas de manejo agronómico de los factores limitantes y reductores del rendimiento.

En la última década, alrededor del 40-45% del arroz fue sembrado sobre rastrojos de arroz y 50-55% sobre retornos que incluyen pasturas cultivadas o regeneradas y/u otros cultivos; mientras que el 5% se sembró en campo nuevo (Molina *et al.*, 2019). Los rastrojos limitan la productividad debido a las dificultades de preparación del suelo durante el invierno que afectan la siembra en tiempo y forma. Además, suelen tener mayor necesidad de N y mayor incidencia de malezas y enfermedades. Si bien existen algunas alternativas de manejo del suelo y del cultivo para mitigar estas limitantes, el rendimiento de las chacras de arroz sembrada sobre rastrojos suele ser entre un 5-15% inferior que sobre retornos. Por otro lado, en los últimos 5 años ocurrieron algunos cambios relevantes en los siste-

mas arroceros, entre los que destacan el recambio varietal por materiales de alto potencial y resistentes a enfermedades tales como INIA Merín, además de una tendencia creciente al uso de mayor dosis de N, así como la paulatina incorporación de la soja y mayor diversidad de pasturas en las rotaciones.

Castillo *et al.* (2021) mostró que estrategias de fertilización nitrogenada que implican el uso de dosis elevadas de N sin considerar la capacidad de aporte de N suelo resultan en bajas eficiencias de uso del N con implicancias económicas y ambientales en el sistema. Aun así, para las variedades de alto potencial de rendimiento es necesario seguir ajustando los criterios objetivos de acuerdo con la intensidad de uso del suelo y el diseño de los sistemas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la productividad y la eficiencia de uso del nitrógeno a dosis crecientes de N aplicadas en el cultivar INIA Merín en rotaciones estabilizadas de intensidad variable durante dos zafras (2019-2020 y 2020-2021) de alta oferta climática.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó dentro del experimento de rotaciones de largo plazo de Paso de la Laguna en las zafras 2019-2020 y 2020-2021. Se eligieron 3 rotaciones del

<sup>1</sup> Guillermo Fabini, Ing. Agr. estudiante de maestría. Facultad de Agronomía, UDELAR.

<sup>2</sup> Kathrin Grahmann, Ph. D. Working Group «Resource-Efficient Cropping Systems» ZALF, Müncheberg, Alemania.

<sup>3</sup> Jesús Castillo, M. Sc. Estudiante Doctorado INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

<sup>4</sup> Pablo González, Ph. D., Biometría, Facultad de Agronomía, UDELAR.

<sup>5</sup> José Alfredo Terra, Ph. D. INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [jterra@inia.org.uy](mailto:jterra@inia.org.uy)

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

| Rotación | Año 1  |         | Año 2  |  | Año 3 |     | Año 4 |     | Año 5 |     |
|----------|--------|---------|--------|--|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
|          | P-V    | O-I     | P-V    | O-I  | P-V   | O-I | P-V   | O-I | P-V   | O-I |
| AzC      | Arroz  | TrAlej  |        |  |       |     |       |     |       |     |
| Az-Sj    | Arroz  | Raigrás | Soja   | TrAlej.  |       |     |       |     |       |     |
| Az-PL    | Arroz1 | Raigrás | Arroz2 | Pastura Larga: (Festuca, Trébol Blanco, Lotus) |       |     |       |     |       |     |

experimento (Cuadro 1): arroz continuo (Az-Cont) y arroz-soja (Az-Sj), ambos sembrados sobre una cobertura de trébol alejandrino y arroz-pastura larga (Az-PL) donde se evaluó tanto el primer arroz a la salida de la pastura (Az1-PL) como el segundo (Az2-PL) sembrado sobre raigrás. Al arroz de cada rotación se le aplicaron 4 dosis de nitrógeno en parcelas de 4x16 m: 0 kg/ha (0N), 50 kg/ha (50N), 100 kg/ha (100N) y 150 kg/ha (150N) fraccionadas 70% a macollaje (R4) inmediatamente antes de la inundación y 30% a primordio (R0) con el cultivo ya inundado. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, donde la parcela mayor correspondió a la rotación y la menor a las dosis de N. En ambas zafras se sembró (25/10/2019 y 15/10/2020) el cultivar INIA Merín sin laboreo con 130 kg/ha de semilla y no se aplicaron fungicidas durante el ciclo del cultivo. El resto de las prácticas agronómicas, incluyendo fertilización basal y control de malezas siguió las pautas recomendadas para el manejo del cultivo a nivel comercial.

Se utilizó una cosechadora experimental en 32 m<sup>2</sup> de cada parcela menor para evaluar el rendimiento. Se determinó la biomasa aérea, el índice de cosecha y la concentración de N en grano y rastrojo. Los análisis de N se hicieron con LECO mediante combustión seca. Se calculó la eficiencia agronómica del uso del N (EAN = kg de aumento de rendimiento respecto a 0N / kg de N aplicado), el factor parcial de productividad del N (FPPN = kg grano / kg N aplicado), la eficiencia de uso interno (EUI = kg grano / kg de N absorbido). 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, el año y sus interacciones con la rotación como efectos aleatorios. Para determinar la significancia de los efectos fijos se utilizó un test F con un P=0,05.

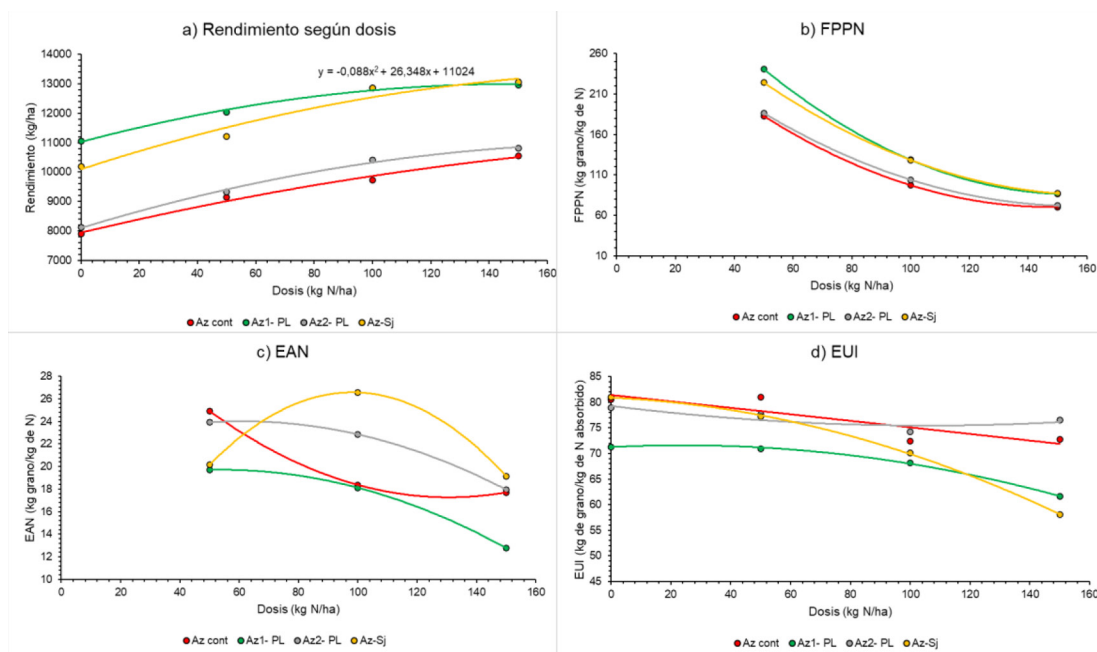
## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

El rendimiento medio de ambas zafras fue 10.800 kg/ha, muy cercano al potencial alcanzable del arroz en Uruguay (Carrace-las *et al.*, 2016). Hubo efectos significativos tanto de la rotación como del agregado de N sobre el rendimiento, ajustándose curvas polinomiales de respuesta a las dosis de N en todas las rotaciones (Figura 1a). En promedio, el rendimiento en Az-Sj y Az1-PL fue 26% superior al de Az2-PL y Az-Cont (9.500 kg/ha). La mayor productividad sin agregado de N se observó en el arroz sembrado sobre la pastura de Az1-PL (11.052 kg/ha) que fue 8,4% y 38% superior a las obtenidas sobre soja o rastrojo, respectivamente. El rendimiento de Az1-PL con 0N representa 85% del rendimiento máximo de la rotación (12.969 kg/ha con el tratamiento 150N) sugiriendo la alta capacidad de aporte del suelo en ese sistema. El máximo rendimiento físico sobre rastrojo (Az-Cont y Az2-PL) fue alcanzado con 150N (Figura 1a), mientras que el arroz sembrado sobre soja o pasturas lo hizo con 100N. Aunque las tendencias fueron similares a las reportadas por Aguirre *et al.* (2019) en 2018-2019 con INIA Olimar sobre el mismo experimento, las repuestas productivas fueron mayores probablemente debido al uso de un cultivar de mayor potencial y a las mejores condiciones climáticas del año.

El FPPN del arroz sobre soja o pasturas fue mayor que sobre rastrojos (Figura 1b) en todo el rango de dosis de N. Así, a la dosis de N de máxima respuesta física en rendimiento, el FPPN de Az1-PL y Az-Sj fue 70,6% superior al de Az-Cont y Az2-PL (75 kg/kg) evidenciando, además de una mejor productividad, una mejor eficiencia del uso del N agregado.

En general, como es conocido, la EAN se redujo ante dosis incrementales de N en





**Figura 1.** a) Efecto de la dosis de N sobre el rendimiento de arroz (seco y limpio); b) Factor parcial de productividad; c) Eficiencia agronómica del N; d) Eficiencia de uso interno. Zafras 2019-2020 y 2020-2021 en tres rotaciones (AzCont: arroz continuo; Az-PL: Arroz-Pasturas; Az-Sj: Arroz-Soja).

todas las rotaciones, excepto en Az-Sj que aumentó con 100N respecto a 50N (Figura 1c). La menor EAN promedio fue observada en Az1-PL, probablemente debido a la mejor capacidad de aporte del suelo a la salida de la pastura sugerido por el rendimiento del testigo sin N. A la dosis de máxima respuesta física, el arroz sembrado sobre soja tuvo una EAN de 27 kg/kg que fue significativamente mayor a las observadas sobre pasturas o rastrojos que no difirieron entre si (18,1 kg/kg). Estos valores están algo por debajo de los óptimos recomendados para cereales bien manejados (>25 kg/kg) (Dobermann, 2007) y a los reportados por Aguirre *et al.* (2019) en el mismo experimento con INIA Olimar en un año de menor oferta ambiental.

Por último, la eficiencia de uso interno también se puede agrupar en dos (Figura 1d). Az1-PL y Az-Sj reducen la EUI ante dosis crecientes de N porque la absorción de N aumenta a mayor tasa que el rendimiento (de 71 a 61 kg/kg y de 80 a 58 kg/kg respectivamente). Para alcanzar los máximos rendimientos tanto Az1-PL como Az-Sj producen 69 kg de grano

por kg de N absorbido, sin embargo, Az-Cont produce 72 kg y Az2-PL 76 kg. Estos valores están algo por encima del óptimo reportado por Dobermann (2007) de 55-60 kg/kg.

El rendimiento de arroz sobre antecesor pastura o soja fue mayor que sobre rastrojos a cualquier dosis de N. El segundo arroz en la rotación con pasturas pierde las ventajas del arroz de cabecera y se comporta similar al arroz continuo; aun con agregado de N el rendimiento es menor al 0N de Az1-PL. Esto podría deberse a la inmovilización de N del rastrojo de arroz y raigrás que lo anteceden debido a su alta relación C/N similar a Aguirre *et al.* (2019). Si bien Az-Cont fue la rotación con peor despeño, la cobertura de trébol alejandrino parecería permitirle alcanzar rendimientos y respuestas similares a Az2-PL.

### CONCLUSIONES

Para INIA Merín en años de buena oferta de radiación y temperatura como la observada en 2020 y 2021, es posible alcanzar rendimientos cercanos al potencial



como ocurrió en Az1-PL y Az-Sj con 100 kg/ha de N. La fertilización nitrogenada mejoró el desempeño productivo sobre rastrojo, pero no cubrió la totalidad de la brecha respecto a las situaciones sobre pasturas o soja, sugiriendo que la rotación afectó no solo la dinámica de N. Además del efecto sobre el rendimiento, la rotación afectó la eficiencia de uso de N por lo que, para explorar los techos productivos, debe considerarse el diseño del sistema junto a la respuesta al N.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, M.; López J. F.; Castillo, J.; Macedo, I.; Terra, J. A.** 2019. Eficiencia del uso del nitrógeno en el cultivo de arroz sobre rotaciones contrastantes. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H. (Ed.) Arroz 2019. Montevideo (UY): INIA. p. 45-48. (INIA Serie Técnica 250). <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.250>
- 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. (INIA Serie Actividades de Difusión 766).
- Castillo, J.; Kirk, G. J. D.; Rivero, M. J.; Dobermann, A., Haefele, S. M.** 2021. The nitrogen economy of rice-livestock systems in Uruguay. *Global Food Security* 30: 100566, p.1-8. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100566>
- Dobermann, A.** 2007. Nutrient use efficiency – measurement and management. In: Krauss, A.; Isherwood, K.; Heffer, P. Ed. Fertilizer best management practices. General principles, strategy for their adoption and voluntary initiatives vs regulations (Workshop), Paris, Francia. p 1-28.
- Molina, F.; Terra, J. A.; Roel, A.** 2019. Evolución de algunas variables tecnológicas en el cultivo de arroz en Uruguay. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H. (Eds.) Arroz 2019. Montevideo (UY): INIA, 2019. p. 1-3. (INIA Serie Técnica 250). <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.250>

## 12. SELECTIVIDAD DEL AURA® Y DEL METAMIFOX® EN VARIEDADES DE ARROZ EN LA REGIÓN ESTE DEL URUGUAY

N. E. Saldain<sup>1</sup>, C. Marchesi<sup>2</sup>, B. Sosa<sup>3</sup>

**PALABRAS CLAVE:** metamifop, profoxidim, toxicidad

### INTRODUCCIÓN

Los herbicidas Clincher® (cihalofop-butil) y Metamifox® (metamifop) pertenecen a la familia ariloxifenoxipropionatos (AOPP), mientras que Aura® (profoxidim) a las ciclohexadionas (CHD); ambas familias son inhibidoras de la enzima acetil-coenzima A carboxilasa (ACCase). Una aplicación de 0,625 l/ha de Aura® + 1,4 kg/ha de Facet® SC (quinclorac) sobre plantas de 2 a 3 hojas de El Paso 144 (subtipo *índica*) afectó adversamente al arroz (Deambrosi y Bonilla, 2002). INIA Olimar (subtipo *índica*) rindió menos que el testigo cuando se aplicaron 0,875 l/ha de Aura®, mientras que INIA Tacuarí (subtipo tropical *japónica*) no fue afectada adversamente (Saldain y Deambrosi, 2003). En otro ensayo, la mayoría de las plantas de INIA Olimar murieron mostrando menos tolerancia a 0,7 l/ha de Aura®

que INIA Tacuarí y EL Paso 144 (Figura 1, com. pers. Deambrosi y Saldain, 2004). Con el uso de 0,35 y 0,7 l/ha de Aura® sólo o con Facet® SC no se observaron daños en ninguna de las variedades (Saldain y Sosa, 2012), mientras que plantas de CL212 (subtipo *índica*), con estrés hídrico, murieron cuando presentaban menos de cuatro hojas después de la aplicación de 0,9 l/ha de Aura® (Figura 2, Saldain y Sosa, 2018). En la etiqueta de Aura® (MGAP, 2015), se recomienda su aplicación en arroz a partir de cuatro hojas, sin estrés por encharcamiento o déficit hídrico, desaconsejando su uso bajo estrés fisiológico por bajas temperaturas o radiación solar. El objetivo del presente estudio fue evaluar la selectividad de Aura® y Metamifox® en variedades de alta productividad y resistencia a brusone, INIA Merín (subtipo *índica*) y Parao (subtipo *japónica* tropical).



**Figura 1.** Daño diferencial de 0,7 l/ha de Aura® aplicados sobre arroz con 2 a 4 hojas. Izq.: El Paso 144, Centro: INIA Olimar, Der.: INIA Tacuarí. UEPL, 2003-2004.

<sup>1</sup> Néstor Saldain. M.Sc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz (hasta junio 2021). nsaldain56@gmail.com

<sup>2</sup> Claudia Marchesi. Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. cmarchesi@inia.org.uy

<sup>3</sup> Beto Sosa, Téc. Agro. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.



**Figura 2.** Daño de Aura® en CL212. Izq.: Tolerancia diferencial de plantas en macollaje vs. plantas con 4 o menos hojas tratadas con 0,9 l/ha de Aura®. Der.: A la parcela central se le aplicó Aura® y a las parcelas apareadas 0,8 l/ha de Metamifox®. RB, 2016-2017.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se condujo un experimento compuesto de un ensayo (E1) en el cual los tratamientos herbicidas se aplicaron con el arroz de 2 a 4 hojas, y otro (E2) con el arroz en macollaje. Tratamientos evaluados (combinación factorial): tres variedades, INIA Olimar, INIA Merín

y Parao, dos herbicidas, Aura® (profoxidim a 200 g/l) y Metamifox® (metamifop a 100 g/l) a tres dosis. Las dosis de Aura® utilizadas fueron 0, 0,5, 1,0 y 0, 0,875, 1,75 l /ha para E1 y E2, respectivamente. Las dosis de Metamifox® fueron 0, 0,75, 1,5 y 0, 1,0 y 2,0 l/ha para E1 y E2, respectivamente. Los E1 fueron sembrados el 30-set-2016 y 11-oct-2017, los

**Cuadro 3.** Variables seleccionadas del tiempo atmosférico en torno a la fecha de aspersión. UEPL, 2001-2002, 2002-2003, 2003-2004, 2011-2012, 2016-2017 y 2017-2018.

| Año de siembra  | Temperaturas, °C |          | Amplitud térmica °C | Heliofanía relativa % | Precipitaciones, mm/día |      |     |      |      |
|---|------------------|----------|---------------------|-----------------------|-------------------------|------|-----|------|------|
|   | media            | mínima*  |                     |                       | -2                      | -1   | 0   | 1    | 2    |
| <b>Período evaluado: 3 días (± 1 día alrededor de la fecha de aspersión)</b>  |                  |          |                     |                       |                         |      |     |      |      |
| 2001 <sup>(1)</sup>   | 19,8±2,0         | 10,6±3,1 | 13,4±4,7            | 45 ± 28               |                         |      |     |      | 74,3 |
| 2002 <sup>(2)</sup>   | 21,3±0,8         | 16,2±0,5 | 7,4±2,0             | 38 ± 28               |                         | 19,2 | 1,8 | 0,7  |      |
| 2003 <sup>(3)</sup>   | 20,4±0,7         | 10,7±1,7 | 12,7±0,9            | 45 ± 22               |                         | 0,5  |     |      |      |
| 2011 <sup>(4)</sup>   | 18,2±1,6         | 8,4±3,1  | 13,4±1,3            | 72 ± 11               |                         |      |     |      |      |
| 2016 (E1)   | 19,8±2,0         | 10,6±3,1 | 13,4±4,7            | 53 ± 40               |                         |      |     | 40,3 |      |
| 2016 (E2)   | 21,3±2,4         | 11,3±2,8 | 14,9±1,4            | 78 ± 14               |                         |      |     |      |      |
| 2017 (E1)   | 17,2±3,3         | 3,2±3,1  | 20,3±2,4            | 79 ± 1                |                         |      |     |      |      |
| 2017 (E2)   | 22,5±3,7         | 9,3±7,7  | 18,7±3,1            | 70 ± 12               |                         |      |     |      |      |
| <b>Período evaluado: 5 días (± 2 días alrededor de la fecha de aspersión)</b> |                  |          |                     |                       |                         |      |     |      |      |
| 2001 <sup>(1)</sup>   | 17,3±3,8         | 9,1±4,9  | 13,1±4,3            | 48 ± 31               | 7                       | 0    | 0   | 74,3 |      |
| 2002 <sup>(2)</sup>   | 21,1±1,4         | 14,6±2,4 | 8,5±2,1             | 37 ± 22               |                         | 19,2 | 1,8 | 0,7  |      |
| 2003 <sup>(3)</sup>   | 20,5±0,6         | 10,6±1,3 | 13,4±1,5            | 61 ± 27               |                         | 0,5  |     |      |      |
| 2011 <sup>(4)</sup>   | 17,9±3,5         | 8,0±4,9  | 14,4±1,8            | 67 ± 18               |                         |      |     |      |      |
| 2016 (E1)   | 17,3±3,8         | 9,1±4,9  | 13,1±4,3            | 61 ± 31               |                         |      |     | 40,3 |      |
| 2016 (E2)   | 20,6±3,4         | 9,4±5,3  | 16,0±2,9            | 78 ± 11               |                         |      |     |      |      |
| 2017 (E1)   | 16,7±2,4         | 4,0±2,8  | 18,2±3,8            | 73 ± 16               |                         |      |     |      |      |
| 2017 (E2)   | 22,3±3,5         | 9,1±5,6  | 18,0±3,8            | 75 ± 11               |                         |      |     |      |      |

\*=Temperatura mínima a 5 cm sobre el césped; 0=día de la aplicación, <sup>(1)</sup>=Deambrosi y Bonilla, 2002; <sup>(2)</sup>=Saldain y Deambrosi, 2003; <sup>(3)</sup>=Muerte de plantas de INIA Olimar por 0,7 l/ha de Aura® en la figura 1 ; <sup>(4)</sup>=Saldain y Sosa, 2012; E1=ensayo 1; E2=ensayo 2.

E2 en 07-nov-2016 y 10-nov-2017. Fechas de aspersión de herbicidas: 31-oct-2016 y 11-nov-2017 para E1 y el 07-dic-2016 y el 13-dic-2017 para E2. Las inundaciones se establecieron el 14-nov-2016 y 23-nov-2017 para E1 y el 09-dic-2016 y 18-dic-2017 para E2.

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Cuando ocurren días fríos y nublados simultáneamente, Aura® puede provocar

daño en el arroz, como se apreció en 2001-2002, 2002-2003 y 2003-2004. Las condiciones atmosféricas de esos años se toman como referencia para contextualizar los resultados obtenidos en este estudio (Cuadro 3). En ninguno de los ensayos se detectó reducción significativa del rendimiento de arroz debido al efecto de los tratamientos de herbicidas.

La detención del crecimiento observada en INIA Olimar debido al Aura® en E1 fue transitoria y solo se dio en el año

**Cuadro 4.** Efecto de la interacción entre año x variedad x tratamiento herbicida en algunas variables seleccionadas en los ensayos E1 en la UEPL.

| Año de siembra | Variedad                | Tratamiento herbicida | Dosis         | Densidad plantas |                        | Altura de planta |           | Fecha inicio de floración | Densidad panojas | Peso de 1000 granos | RSSL     |
|----------------|-------------------------|-----------------------|---------------|------------------|------------------------|------------------|-----------|---------------------------|------------------|---------------------|----------|
|                |                         |                       |               | Vha              | plantas/m <sup>2</sup> | cm/planta        | 30 DDA    |                           |                  |                     |          |
| 2016           | INIA Olimar             | Sin herbicida         | 0,00          | 178 a            | 12,0 a                 | 31,1 a           | 30-ene. a | 575 a                     | 28,2 a           | 10.205 a            |          |
|                |                         | Metamifox®            | 0,75          | 186 a            | 13,0 a                 | 32,5 a           | 28-ene. a | 497 a                     | 28,2 a           | 10.902 a            |          |
|                |                         | Metamifox®            | 1,50          | 140 a            | 12,4 a                 | 32,7 a           | 29-ene. a | 562 a                     | 28,4 a           | 9.755 a             |          |
|                |                         | Aura®                 | 0,50          | 188 a            | 12,6 a                 | 32,9 a           | 28-ene. a | 523 a                     | 28,7 a           | 10.514 a            |          |
|                |                         | Aura®                 | 1,00          | 170 a            | 11,8 a                 | 32,0 a           | 30-ene. a | 516 a                     | 28,3 a           | 10.729 a            |          |
|                |                         | INIA Merín            | Sin herbicida | 0,00             | 178 a                  | 12,4 a           | 32,8 a    | 3-feb. a                  | 621 a            | 27,6 a              | 11.735 a |
|                | Metamifox®              | 0,75                  | 191 a         | 11,4 a           | 30,7 a                 | 4-feb. a         | 513 a     | 27,6 a                    | 13.069 a         |                     |          |
|                | Metamifox®              | 1,50                  | 208 a         | 11,7 a           | 29,9 a                 | 4-feb. a         | 624 a     | 27,7 a                    | 12.431 a         |                     |          |
|                | Aura®                   | 0,50                  | 184 a         | 11,5 a           | 31,8 a                 | 5-feb. a         | 637 a     | 28,1 a                    | 12.738 a         |                     |          |
|                | Aura®                   | 10,00                 | 180 a         | 10,8 a           | 27,6 b                 | 5-feb. a         | 608 a     | 27,8 a                    | 10.824 a         |                     |          |
|                | Parao                   | Sin herbicida         | 0,00          | 293 a            | 11,7 a                 | 26,5 a           | 29-ene. a | 611 a                     | 28,7 a           | 12.394 a            |          |
|                |                         | Metamifox®            | 0,75          | 264 a            | 12,1 a                 | 26,7 a           | 26-ene. b | 464 a                     | 28,8 a           | 10.391 a            |          |
|                |                         | Metamifox®            | 1,50          | 265 a            | 11,6 a                 | 27,5 a           | 26-ene. b | 552 a                     | 28,7 a           | 10.936 a            |          |
|                |                         | Aura®                 | 0,50          | 253 a            | 12,3 a                 | 28,5 a           | 28-ene. a | 598 a                     | 28,8 a           | 11.114 a            |          |
|                |                         | Aura®                 | 1,00          | 267 a            | 10,7 a                 | 26,8 a           | 28-ene. a | 618 a                     | 28,9 a           | 11.820 a            |          |
|                |                         | 2017                  | INIA Olimar   | Sin herbicida    | 0,00                   | 187 a            | 20,5 a    | 47,3 a                    | 29-ene. a        | 701 a               | 28,5 a   |
|                | Metamifox®              |                       |               | 0,75             | 223 a                  | 20,5 a           | 46,7 a    | 30-ene. a                 | 651 a            | 28,5 a              | 10.546 a |
|                | Metamifox®              |                       |               | 1,50             | 203 a                  | 20,2 a           | 48,9 a    | 29-ene. a                 | 616 a            | 28,5 a              | 10.770 a |
| Aura®          | 0,50                    |                       |               | 163 a            | 17,1 b                 | 48,4 a           | 31-ene. a | 553 a                     | 29,0 a           | 9.528 a             |          |
| Aura®          | 1,00                    |                       |               | 157 a            | 16,9 b                 | 48,0 a           | 2-feb. b  | 525 b                     | 28,9 a           | 10.415 a            |          |
| INIA Merín     | Sin herbicida           |                       |               | 0,00             | 215 a                  | 15,9 a           | 45,2 a    | 9-feb. a                  | 688 a            | 26,7 a              | 12.508 a |
| Metamifox®     | 0,75                    |                       | 195 a         | 16,1 a           | 42,8 a                 | 8-feb. a         | 647 a     | 26,9 a                    | 11.167 a         |                     |          |
| Metamifox®     | 1,50                    |                       | 198 a         | 16,4 a           | 44,5 a                 | 8-feb. a         | 623 a     | 26,9 a                    | 10.768 a         |                     |          |
| Aura®          | 0,50                    |                       | 185 a         | 15,3 a           | 42,2 a                 | 9-feb. a         | 610 a     | 26,7 a                    | 10.846 a         |                     |          |
| Aura®          | 1,00                    |                       | 231 a         | 15,8 a           | 42,4 a                 | 9-feb. a         | 603 a     | 27,0 a                    | 11.366 a         |                     |          |
| Parao          | Sin herbicida           |                       | 0,00          | 163 a            | 15,8 a                 | 35,4 a           | 29-ene. a | 492 a                     | 27,0 a           | 9.691 a             |          |
|                | Metamifox®              |                       | 0,75          | 210 a            | 16,7 a                 | 35,6 a           | 29-ene. a | 538 a                     | 27,8 a           | 10.983 a            |          |
|                | Metamifox®              |                       | 1,50          | 193 a            | 16,7 a                 | 36,0 a           | 29-ene. a | 521 a                     | 27,8 a           | 11.437 a            |          |
|                | Aura®                   |                       | 0,50          | 233 a            | 15,7 a                 | 36,0 a           | 29-ene. a | 551 a                     | 28,1 b           | 10.678 a            |          |
|                | Aura®                   |                       | 1,00          | 228 a            | 15,5 a                 | 35,4 a           | 29-ene. a | 529 a                     | 27,4 a           | 10.672 a            |          |
|                | Dunnett <sub>0,05</sub> |                       |               |                  | 78                     | 2,4              | 3,4       | 2 días                    | 156              | 0,9                 | 2.363    |

DDA=días después de la aplicación; PMG= Peso 1000 granos; RSSL= rendimiento de arroz sano, seco y limpio. Comparaciones apareadas entre testigo y cada tratamiento herbicidas, dentro de variedad y año

2016-2017 (Cuadro 4). A pesar de ocurrir días más frescos que en la línea de base en torno a la fecha de aplicación de los tratamientos, estos se presentaron asociados a mayor heliofanía relativa (mayor radiación solar), reduciéndose la severidad del daño. En E2, no se detectaron diferencias significativas en rendimiento entre los tratamientos herbicidas ni interacción con las variedades (datos no mostrados).

## CONCLUSIONES

La selectividad del Aura® y del Metamifox® es adecuada en las variedades de arroz del subtipo *japónica* tropical. Si bien no se detectaron efectos adversos severos de la aplicación de Aura® ni en INIA Olimar (testigo susceptible) ni en INIA Merín, se debe extremar los cuidados con la dosis. El estado de desarrollo del arroz no puede ser menor a cuatro hojas y deben, en la medida de lo posible, prevalecer días cálidos y soleados sin encharcamiento ni estrés por déficit hídricos. Esto de manera que tanto el arroz como la maleza estén en activo crecimiento para reducir las chances de pérdidas de rendimiento que pueden ser significativas. El Metamifox mostró buena selectividad en los arroces del subtipo *índica*.

## BIBLIOGRAFÍA

**BASF.** Etiqueta registrada del herbicida Aura® (MGAP, 2015)

**Deambrosi, E.; Bonilla, O.** 2002. Resultados de producción arroz. In: Unidad de Producción Arroz-Ganadería (UPAG). Resultados 2001-2002. Montevideo (UY): INIA, 2002. pp.12-14. (INIA Actividades de Difusión, 293)

**Saldain, N.E.; 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 Nacional de la Asociación Mexicana de la Ciencia de la Maleza, 24. 2003, Manzanillo, Colima, México. Memoria. Manzanillo, Colima, ASOMECEIMA, 2003.

**Saldain, N.; Sosa, B.** 2012. Selectividad de los herbicidas usados en arroz en El Paso 144, INIA Olimar, INIA Tacuarí y Parao. In: INIA Treinta y Tres. Arroz: Resultados Experimentales 2011-2012. Treinta y Tres: INIA Cap. 5 p. 24-29 (INIA Actividades de Difusión, 686)

**Saldain, N.E.; Sosa, B.** 2018. ¿Cómo reducir los escapes de capín en sistemas intensivos en el uso de de arroces Clearfield®? In: Zorrilla, G.; Martínez, S.; Terra, J. A. Saravia, H. (Eds), Arroz 2018. Montevideo (UY): INIA, 2018. pp. 58-60. (INIA Serie Técnica, 246).



# 13. IMPACTO DE LA HISTORIA DE CULTIVO EN LAS ENFERMEDADES DE TALLO EN INIA MERÍN

S. Martínez<sup>1</sup>, F. Escalante<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:** *Nakataea oryzae*, *Rhizoctonia oryzae-sativae*, *Waitea oryzae*

## INTRODUCCIÓN

Las enfermedades de tallo y vaina, junto al Brusone, son las principales enfermedades del cultivo del arroz en Uruguay y gran parte del mundo. Existen varias especies de hongos que causan estas patologías y poseen diferente distribución en las diferentes regiones arroceras. Estos tienen en común que son patógenos de suelo y producen esclerocios que se acumulan en suelos con cultivos sucesivos. En Uruguay, las especies identificadas son *Nakataea oryzae*, agente causal de la podredumbre de tallo y *Rhizoctonia oryzae-sativae* y *Waitea oryzae*, agentes causales de las manchas de las vainas. La podredumbre del tallo es la más común y la que puede causar hasta 20% de pérdidas en rendimiento. No existen genes de resistencia que puedan ser incorporados en programas de mejoramiento genético. Sin embargo, se conocen diferencias en los niveles de tolerancia entre cultivares. Entre los cultivares señalados como más tolerantes se encuentra INIA Merín (Martínez *et al.*, 2018). Debido a la importancia de este cultivar en las últimas zafas es de interés obtener nueva información sobre su respuesta a las enfermedades más importantes en diversas situaciones productivas.

El objetivo de este trabajo fue analizar la respuesta de INIA Merín a las enfermedades de tallo y vaina y rendimiento en situaciones de rastrojo o retornos de praderas, utilizando como base del estudio el experimento de largo plazo de la Unidad Experimental Paso de la Laguna. Esta información permitirá actualizar

sugerencias y orientar líneas de investigación de manejo de las enfermedades de tallo y vaina en INIA Merín.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron las rotaciones de arroz continuo (R1-Az) y arroz y pastura corta (R3-Az), arroz y pastura larga, en dos fases luego de pastura y rastrojo (R4-Az1 y R4-Az2) y arroz, cultivos y pasturas en fase luego de pastura (R5-Az). Los muestreos al azar (100-120 tallos por parcela) se realizaron anualmente previo a cosecha y en cada parcela de arroz (n=27). Se evaluó incidencia (número de tallos) y severidad (escala 0-9) de podredumbre de tallo y mancha de tallo y vaina. Estos valores fueron utilizados para calcular niveles de incidencia (%), porcentaje de tallos muertos e índice de severidad. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el procedimiento GLIMMIX en SAS versión 9.4 (SAS Institute, Cary, NC). Para más datos sobre los sistemas de rotación consultar Macedo *et al.* (2017) y sobre manejo de enfermedades en INIA Merín a Martínez y Escalante (2020).

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

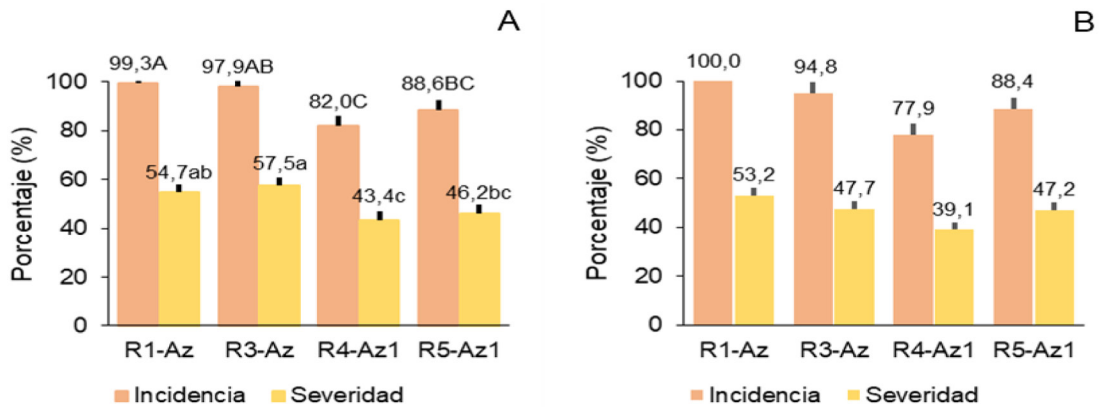
### Rotaciones con diferente largo de pasturas

La incidencia de podredumbre de tallo fue alta en todas las rotaciones y varió en 2020 (P=0,044), pero solo existió una tendencia en 2021 (P=0,067). Los mayores valores se

<sup>1</sup> Sebastián Martínez, Dr., Laboratorio de Patología Vegetal, INIA Treinta y Tres. smartinez@inia.org.uy

<sup>2</sup> Fernando Escalante, Téc. Agr., Asistente de Investigación Senior, INIA Treinta y Tres. fescalante@inia.org.uy





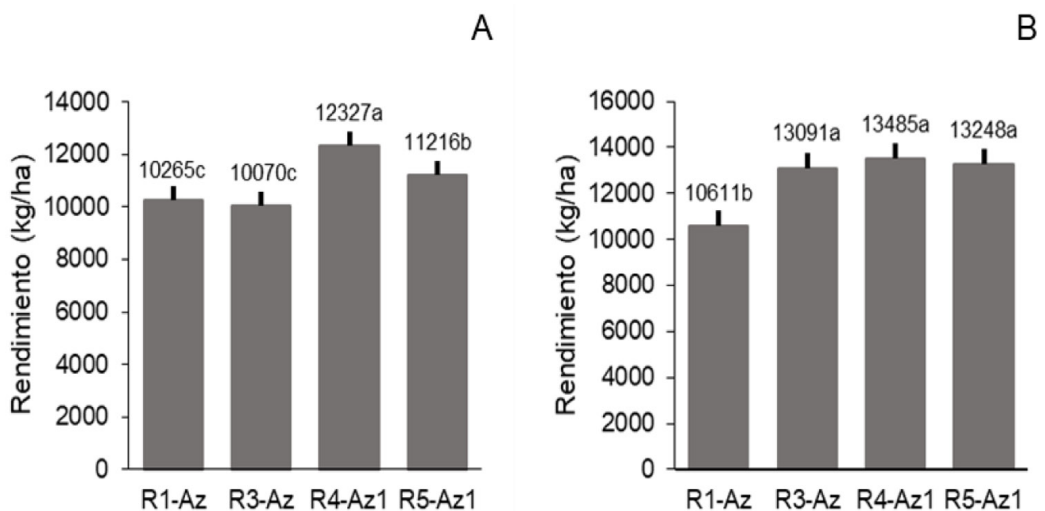
**Figura 1.** Incidencia y severidad de podredumbre de tallo de arroz en 2020 (A) y 2021 (B) para las rotaciones arroz continuo (R1-Az), arroz y pastura corta (R3-Az), arroz y pastura larga (R4-Az1) y arroz, pasturas y cultivos (R5-Az1). Letras diferentes indican diferencias estadísticas a  $P < 0,05$ .

observaron para arroz continuo y decreciendo de acuerdo con el número de años con pasturas en la rotación (Figura 1). La severidad varió entre rotaciones en 2020 ( $P=0,020$ ), pero solo existió una tendencia en 2021 ( $P=0,094$ ). La menor severidad se observó en las rotaciones más laxas (Figura 1). En 2020 el mayor valor de severidad se observó en la rotación arroz y pastura corta (R3-Az), debido al mayor valor de tallos dañados (3,8%) en esa rotación con respecto a arroz continuo (1,3%).

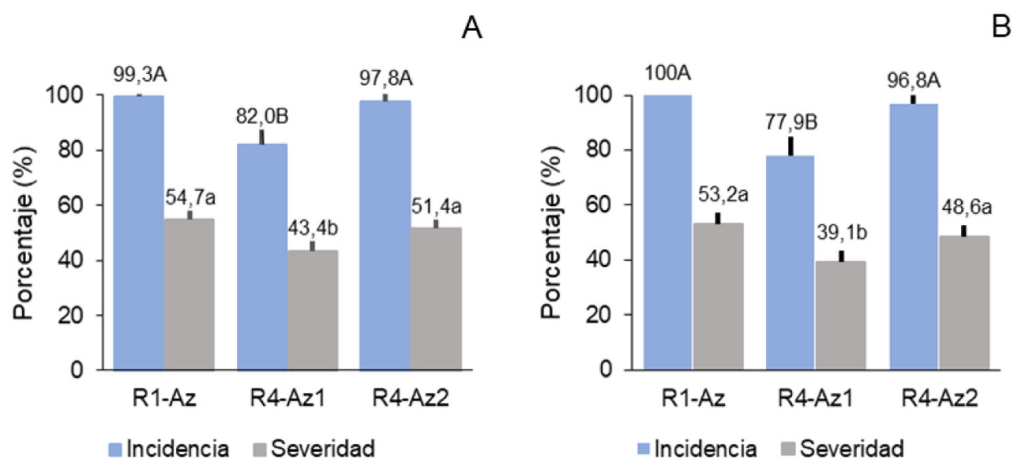
La incidencia de manchado varió en ambos años (2020:  $P=0,009$ ; 2021:  $P=0,0085$ ) en

todas las rotaciones estudiadas. Los mayores valores se observaron en arroz continuo, decreciendo de acuerdo con el número de años con pasturas en la rotación. Para severidad, las tendencias fueron similares (2020:  $P=0,016$ ; 2021:  $P=0,004$ ), con los mayores valores asociados a mayores incidencias y los valores bajos observados en las rotaciones más laxas (no mostrado).

Los rendimientos fueron altos y existieron diferencias entre rotaciones en ambos años. En 2020 ( $P=0,0002$ ) el mayor rendimiento fue para la rotación con pastura larga (R4-Az1),



**Figura 2.** Rendimiento de arroz en 2020 (A) y 2021 (B) para las rotaciones arroz continuo (R1-Az) y de arroz en rotación con pasturas: arroz y pastura corta (R3-Az), arroz y pastura larga (R4-Az1) y arroz, pasturas y cultivos (R5-Az1). Letras diferentes indican diferencias estadísticas a  $P < 0,05$ .



**Figura 3.** Incidencia y severidad de podredumbre de tallo de arroz en 2020 (A) y 2021 (B) para las rotaciones arroz continuo (R1-Az) y arroz y pastura larga en primer (R4-Az1) y segundo (R4-Az2) año de arroz. Letras diferentes indican diferencias estadísticas a  $P < 0,05$ .

seguido de arroz con dos años de pastura (R5-Az1) y no se encontraron diferencias entre arroz continuo y pastura corta (R3-Az) (Figura 3A). Para 2021 se encontraron diferencias ( $P = 0,0003$ ) entre arroz continuo (R1-Az) y las tres rotaciones sobre pasturas (Figura 3B).

### Efecto del rastrojo sobre el desarrollo de enfermedades

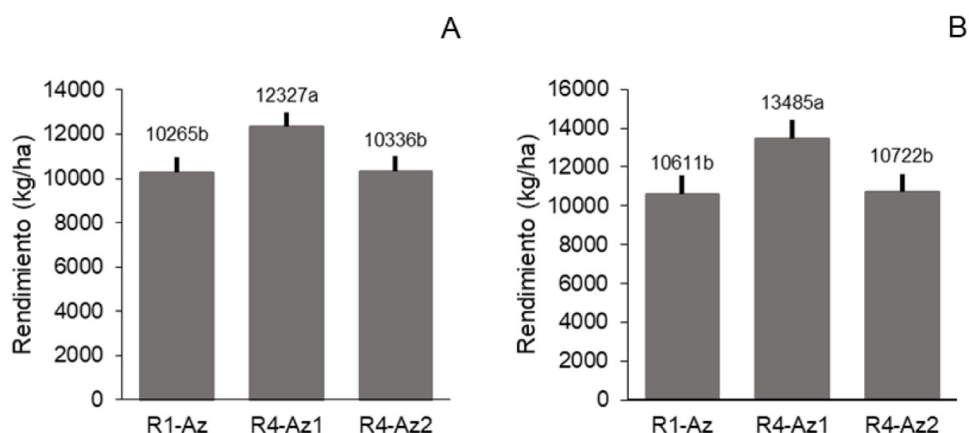
Para podredumbre de tallo se encontraron diferencias en incidencia (2020:  $P = 0,0096$ ; 2021:  $P = 0,042$ ) y severidad (2020:  $P = 0,0256$ ; 2021:  $P = 0,012$ ) con la misma tendencia. Los porcentajes más bajos se encontraron para

arroz luego de tres años de pasturas (R4-Az1), pero en el cultivo sobre rastrojo (R4-Az2) se observó una incidencia y severidad similares a las del arroz continuo (Figura 3).

Los rendimientos fueron diferentes en ambos años (2020:  $P = 0,0062$ ; 2021:  $P = 0,0005$ ) para arroz de primer año, no existiendo diferencias entre el arroz continuo (R1-Az) y arroz sobre rastrojo (R4-Az2) (Figura 4).

### CONCLUSIONES

El presente trabajo se realizó sobre un experimento de intensificación del cultivo de



**Figura 4.** Rendimiento de arroz en 2020 (A) y 2021 (B) para las rotaciones arroz continuo (R1-Az) y arroz y pastura larga en primer (R4-Az1) y segundo (R4-Az2) año de arroz. Letras diferentes indican diferencias estadísticas a  $P < 0,05$ .

arroz donde se alcanzan valores de incidencia y severidad de enfermedades de tallo y vaina de arroz altos sin uso de fungicida. Así, es posible estudiar la respuesta del cultivar INIA Merín a esas enfermedades bajo diferentes niveles de intensificación.

En general, se observó mayor incidencia y severidad de enfermedades de tallo y vaina en los sistemas más intensos, con menos años de pasturas. Incluso rotaciones cortas con pasturas (R3-Az) tuvieron valores de severidad de estas enfermedades similares al arroz continuo. La mayor incidencia en estos sistemas está dada por la acumulación de inóculo debido a la intensificación del cultivo que afecta la mayor severidad observada posteriormente. Además de estas enfermedades, otros factores de suelo y manejo a determinar en futuros trabajos podrían estar afectando el desarrollo y rendimiento alcanzado.

En los rastrojos se observó un aumento de la incidencia y posterior severidad con respecto al primer cultivo, la que alcanza valores similares al del arroz continuo. Si bien muchos factores están determinando el rendimiento final en esos rastrojos, las enfermedades de tallo son parte de esos factores limitantes.

## BIBLIOGRAFÍA

**Macedo, I.; Castillo, J.; Saldain, N.E.; Martínez, S.; Bordagorri, P.; Hernandez, J.; Terra, J.A.** 2017. Cerrando un ciclo de las rotaciones arroceras: rendimiento del cultivo de arroz y cultivos alternativos. In: Zorrilla, G.; Martínez, S.; Saravia, H. (Eds.) Arroz 2017. Montevideo (UY): INIA, 2017. p. 63-65. (INIA Serie Técnica; 233)

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

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

# 14. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL AGROECOSISTEMA DE ARROZ URUGUAYO

L. Bao<sup>1</sup>, S. Martínez<sup>2</sup>, M. Urrutia<sup>3</sup>, L. Seijas<sup>4</sup>, E. Castiglioni<sup>5</sup>

**PALABRAS CLAVE:** biodiversidad, bioindicadores, calidad de agua

## INTRODUCCIÓN

Los campos de arroz se consideran humedales artificiales y los servicios ecosistémicos que brindan estos cultivos incluyen el reciclaje de nutrientes, la generación de suelos y la biodiversidad, con contribuciones que varían según la región (Convención de Ramsar Humedales 2018). Alrededor de 100 sitios Ramsar en el mundo incluyen áreas de arroz y desempeñan importantes funciones ecológicas que sustentan la biodiversidad (Rizo-Patrón *et al.*, 2013).

Las fuentes de agua naturales albergan más del 6% de todas las especies de insectos del mundo y un número de ellos puede colonizar reservas de agua artificiales utilizadas para el cultivo de arroz (Dijkstra *et al.*, 2014). Los agroecosistemas arroceros de Uruguay podrían contrarrestar parcialmente la pérdida de hábitat para algunos organismos acuáticos y actuar como refugio viable para organismos que habitan ambientes naturales (Wakhid *et al.*, 2020).

Este trabajo representa el primer acercamiento al estudio de organismos acuáticos en cultivos de arroz en Uruguay y la información generada podría ayudar a definir grupos relevantes para los servicios ecosistémicos que aportan y proponer medidas de gestión que contribuyan a su conservación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio y muestreo

El muestreo se realizó en tres cultivos de arroz (febrero 2015) del Departamento Treinta y Tres (Cuadro 1). En cada localidad (sitio) se seleccionaron tres ubicaciones diferentes considerando la circulación del agua (fuente de agua), para muestrear la entrada (E) de agua al cultivo, la salida de agua desde el cultivo (S) y una zona de control (C), consistente en un humedal natural ubicado a una distancia de al menos 50 m del borde del cultivo. En cada cultivo y fuente de agua se colectaron los macroinvertebrados con una red *Surber* (30x30 cm) y se midieron las propiedades fisicoquímicas: oxígeno disuelto (DO), temperatura y conductividad. Los individuos colectados fueron contados y clasificados en especies o morfoespecies (insectos) y en familias (resto de los macroinvertebrados) y los grupos funcionales fueron adjudicados mediante claves.

### Análisis de los datos

Las propiedades fisicoquímicas según fuente de agua y sitio se analizaron mediante ANOVA (Tukey,  $P < 0,05$ ). Los grupos funcionales y las propiedades fisicoquímicas se analizaron mediante la prueba de Mantel (SAS Institute 2009). Se calcularon los estimadores de riqueza (software EstimateS 9.1.0). Se

<sup>1</sup> Leticia Bao, Dr., Entomología, Facultad de Agronomía, UDELAR. baoleticia@gmail.com

<sup>2</sup> Sebastián Martínez, Dr., Laboratorio de Patología Vegetal, INIA Treinta y Tres.

<sup>3</sup> Mónica Urrutia, Mag. UDELAR.

<sup>4</sup> Lucía Seijas Bach, Entomología, Facultad de Agronomía, UDELAR.

<sup>5</sup> Enrique Castiglioni, Centro Universitario Regional Este, CURE Rocha, UDELAR.

calcularon los índices de abundancia y riqueza para cada muestra según fuente de agua y los valores se analizaron mediante ANOVA (Tukey,  $P < 0,05$ ). La composición de especies se analizó y comparó entre localidades y fuentes de agua a través de un Análisis de Componentes Principales (PCA) con *Biplot* (software PAST).

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Las propiedades fisicoquímicas del agua variaron dentro de cada sitio y entre cada fuente de agua (Cuadro 1). Los valores de oxígeno disuelto (DO) presentaron diferencias estadísticas entre sitios ( $F=5,64$ ;  $P=0,011$ ) y entre fuentes de agua ( $F=4,94$ ;  $P=0,017$ ). Para conductividad los valores fueron diferentes solo entre sitios ( $F=123,1$ ;  $P=0,0001$ ), con valores más altos en La Charqueada.

Se recolectaron 2.820 macroinvertebrados ( $n=27$  muestras). Los insectos representaron 41,5% del total de macroinvertebrados recolectados y Maxillopoda (Crustacea, 22,5%), Branchiopoda (Crustacea, 18,1%) y Arachnida (8%) fueron las clases de macroinvertebrados más abundantes después de los insectos (Figura 1).

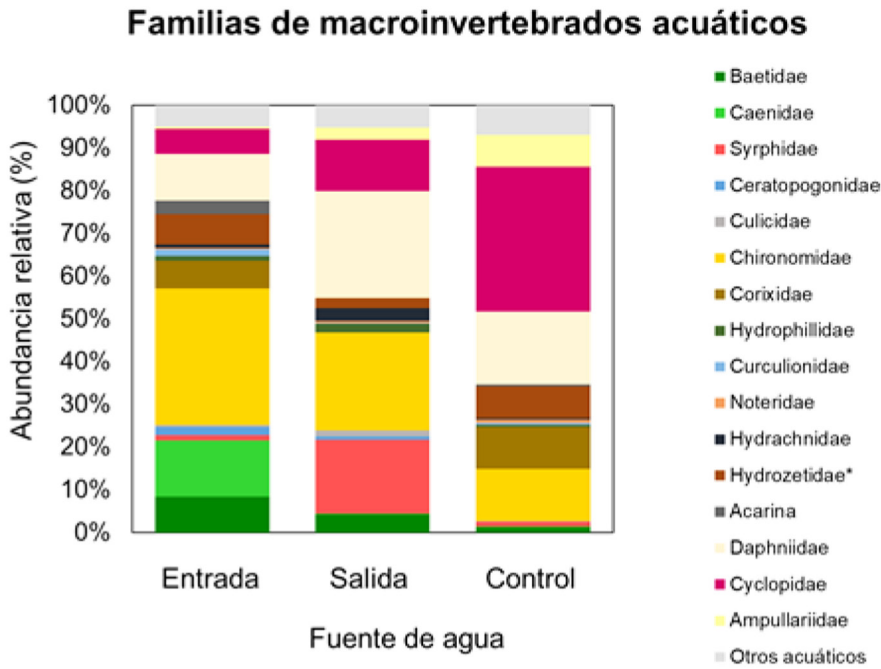
Se recolectaron 1.170 insectos, pertenecientes a 10 órdenes, 39 familias y 36 especies/ morfoespecies. Los órdenes más abundantes fueron Diptera (59,9%), Hemip-

tera (16,3%) y Ephemeroptera (14,0%). Chironomidae y Syrphidae fueron las principales familias de dípteros (43,9% y 13,8% de la abundancia total de insectos, respectivamente). Corixidae fueron los hemípteros más abundantes (15,0%), mientras que Ephemeroptera estuvo representada por Baetidae y Caenidae (7,8% y 6,2%, respectivamente). Los grupos de insectos más diversos fueron Coleoptera (12 familias y 16 morfoespecies) y Diptera (7 familias y 10 morfoespecies). La curva de acumulación de especies para insectos muestra que todavía hay especies pendientes de recolección. Los estimadores de riqueza indican que se muestrearon al menos el 58,8% de las especies esperadas (Jackknife 2: 58,8%, Chao 1: 59,8%, Jackknife 1: 66,4%, Bootstrap: 74,4%, correspondiente a un número estimado de especies de 49, 48, 44 y 39, respectivamente).

Las propiedades fisicoquímicas del agua se correlacionaron con grupos funcionales (Test de Mantel,  $r=0,48$   $P=0,019$ ), pero debido al número de muestras, no fue posible correlacionar cada propiedad con un grupo funcional en particular. El número total de artrópodos fue mayor en la salida de agua y la zona de control, con un menor recuento para la entrada ( $H=18,47$ ,  $P=0,0178$ ). A nivel de familias, también se encontraron diferencias entre fuentes de agua para las larvas de Syrphidae, con mayor abundancia en la salida ( $H=20,34$ ,  $P=0,006$ ). Si bien todos los grupos fueron registrados en todos los ambientes,

**Cuadro 1.** Propiedades fisicoquímicas del agua en diferentes localidades y en diferentes fuentes de agua (entrada, salida y control) en agroecosistemas arroceros en Treinta y Tres.

| Localidad (sitio)                          | Fuente de agua | Temperatura (°C) | DO (O <sub>2</sub> mg/l) | Conductividad (μS) |
|--|----------------|------------------|--------------------------|--------------------|
| La Charqueada<br>(33°11.824'S 53°50.301'W) | Entrada        | 26,57 ±0,64a     | 4,20±0,89 abc            | 163,67±10,02ab     |
|  | Salida         | 26,47±0,64a      | 6,27±0,89c               | 139,30±10,02a      |
|  | Control        | 30,10±0,64b      | 6,16±0,89c               | 180,50±12,27b      |
| El Tigre<br>(33°13.625'S 54°0.387'W)       | Entrada        | 27,53±0,57a      | 9,71±0,89b               | 89,73±3,79a        |
|  | Salida         | 29,63±0,57b      | 9,63±0,89b               | 94,73±3,79a        |
|  | Control        | 28,23±0,57ab     | 1,95±0,89a               | 102,63±3,79a       |
| Julio M. Sanz<br>(33°11.201'S 54°1.698'W)  | Entrada        | 26,50±0,11a      | 2,67±0,89ab              | 59,93±2,03a        |
|  | Salida         | 27,40±0,11b      | 5,06±0,89bc              | 60,95±2,03a        |
|  | Control        | 27,30±0,11b      | 2,21±0,89a               | 58,00±2,48a        |

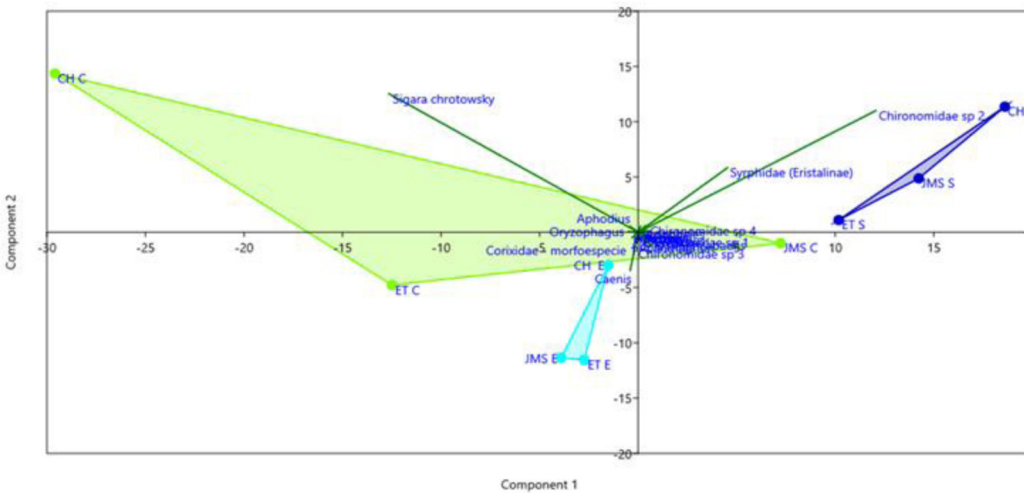


**Figura 1.** Abundancias relativas de macroinvertebrados acuáticos recolectados con una red *Surber* en el agroecosistema arroz, agrupado por fuente de agua.

algunos taxa fueron más abundantes en ciertas fuentes de agua. Los Ephemeroptera fueron más abundantes en las entradas de agua, mientras que los Syrphidae fueron más abundantes en las salidas y los Corixidae fueron más abundantes en las zonas control (Figura 1). El Análisis de Componentes Principales (PCA) presenta las muestras agrupadas

según el nivel de fuente de agua (Figura 2). Chironomidae sp. 2 y Syrphidae (Diptera) se asociaron con la salida de agua, mientras que *Caenis* (Ephemeroptera) se asoció con la muestras de entrada y corixidae (*Sigara chrostowskii*) a la zona de control.

De un total de 50 morfoespecies de macroinvertebrados, 36 correspondieron a



**Figura 2.** PCA con *Biplot* de la matriz de varianza-covarianza de distancias de *Bray-Curtis* para cada localidad y fuente de agua (Control: C en verde. Entrada: E en celeste y Salida: S en azul). Componente 1: 57,74% y Componente 2: 21,50% de varianza, respectivamente.



insectos, lo que representa una diversidad de insectos mayor a la registrada en cultivos de arroz de Brasil (34 morfoespecies, Mollozi *et al.*, 2007) y menor que cultivos orgánicos de arroz en Costa Rica (44 morfoespecies, Rizo-Patrón *et al.*, 2013). Sin embargo, hay que destacar que los valores de este trabajo corresponden a un muestreo en la etapa de llenado de grano por lo que no se conoce la fluctuación de la diversidad a lo largo del ciclo de cultivo.

## CONCLUSIONES

Las propiedades fisicoquímicas del agua influyeron en la composición de los gremios. Se encontraron diferentes composiciones de morfoespecies según localidad y fuente de agua. Los individuos de *Caenis* se asociaron con la entrada de agua, mientras que las larvas de Syrphidae y Chironomidae se asociaron con la salida. Algunas de estas especies podrían ser indicadores útiles de la calidad del agua. Los artrópodos fueron más abundantes en el agua de las zonas de control. Un muestreo más exhaustivo podría registrar más diversidad y potenciales bioindicadores. Los índices de riqueza registrados en este trabajo, incluso con un inventario de especies pendiente de registro, son más altos que los reportados para agroecosistemas arroceros de Brasil.

## BIBLIOGRAFÍA

- Dijkstra, K.D.; Monaghan, M.T.; Pauls, S.U.** 2014. Freshwater biodiversity and aquatic insect diversification. *Annual Review of Entomology*, 59:143-163.
- Mollozi, J.; Hepp, L.U.; Dias, A.D.S.** 2007. Influence of rice crop on the benthic community in Itaja Valley (Santa Catarina, Brazil). *Acta Limnologica Brasileira*, 19(4): 383-392.
- Rizo-Patrón, F.; Kumar, A.; McCoy Colton, M.B.; Springer, M.; Trama, F.A.** 2013. Macroinvertebrate communities as bioindicators of water quality in conventional and organic irrigated rice fields in Guanacaste, Costa Rica. *Ecological Indicators* 29: 6878.
- Wakhid, W., Rauf, A., Krisanti, M., Sumertajaya, M., Maryana, N.** 2020. Species richness and diversity of aquatic insects inhabiting rice fields in Bogor, West Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21 (1): 34-42.

# 15. RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE ARTROPOFAUNA EN CULTIVOS DE ARROZ CON Y SIN MANEJO DE INSECTICIDAS

V. Franco<sup>1</sup>, L. F. García Hernández<sup>2</sup>, S. Martínez<sup>3</sup>, C. Viera<sup>4</sup>

**PALABRAS CLAVE:** arañas, depredadores, Odonata, plagas

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de arroz en el Uruguay se caracteriza por estar inserto en un sistema de producción en rotación con pasturas e integrado con producción ganadera. Este sistema mejora las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, disminuye la presencia de malezas e insectos plaga, lo que permite reducir la aplicación de agroquímicos (Pittelkow *et al.*, 2016). En los últimos años, han ocurrido procesos de intensificación de este sistema de producción de arroz y con ello aumenta el riesgo de uso de insecticidas. Estos pueden tener efectos negativos, no solo en los insectos plaga sino también en la fauna benéfica, como los depredadores, alterando su función de controladores biológicos (Pekár, 2013). Dentro de estos depredadores de insectos se encuentran las arañas debido a su gran abundancia y estrategias de caza, las cuales juegan un papel importante en los agroecosistemas (Nyffeler, 2003). Otro grupo de depredadores muy común en los arrozales son las libélulas, las cuales son frecuentes por su asociación con sistemas inundables debido a que parte de su desarrollo se cumple en el agua (Jinguji *et al.*, 2013). El objetivo de este estudio fue determinar los cambios en la diversidad y riqueza de estos dos depredadores e insectos plagas en los cultivos de arroz, con y sin historial de insecticida, en diferentes zonas arroceras de Uruguay.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron los muestreos en cultivos de arroz del Este y Norte del Uruguay (Figura 1). Cada sitio de cultivo tuvo una intensidad de muestreo de 3 réplicas por sitio en un área de 100 m x 50 m (tamaño de la parcela). Para el muestreo se usó el método de Pérez-Gutiérrez *et al.* (2011), utilizando red entomológica en transectos de 50 m y 70 m en forma de «Z», a 20 m de distancia entre cada uno, realizando 50 oscilaciones dobles con la red. Una vez relevado el transecto se depositaron los especímenes en una bolsa con la siguiente información: número de colecta, fecha, localización georreferenciada, etapa fenológica del cultivo, número de parcela, número de transecto y ubicación. Las zonas muestreadas se ubicaron en distintos sitios con características climáticas similares, que difirieron en el uso de agroquímicos (tipos e intensidad de la aplicación).

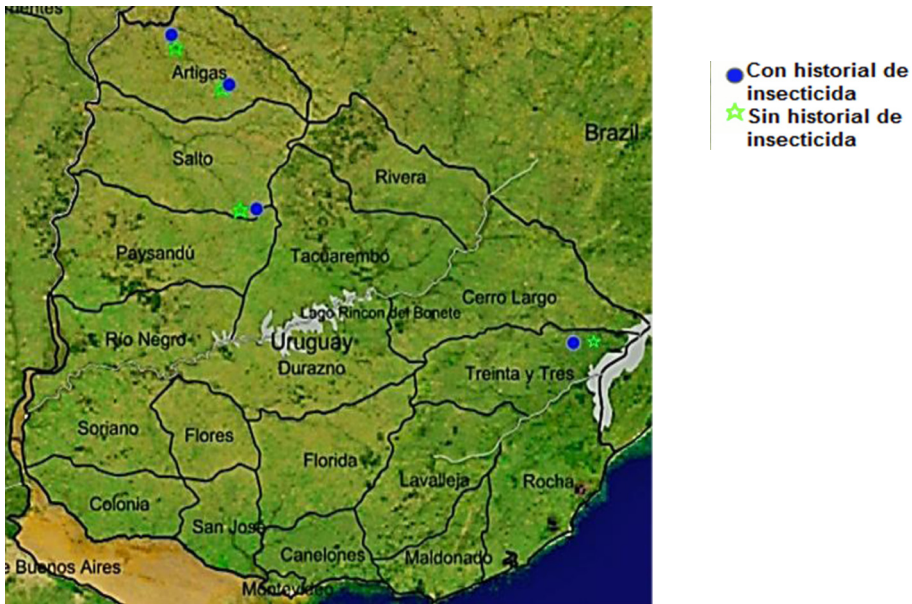
Una vez recolectados, fueron separados en morfoespecies e identificados al nivel taxonómico más bajo posible utilizando las claves de Betancurt *et al.* (2009) y Grismado *et al.* (2014). Una vez procesadas las muestras, se realizó un análisis de rarefacción para comparar la riqueza de los depredadores y las plagas en cultivos con y sin historial de insecticida, mediante los números de Hill, evaluándose la riqueza ( $q_0$ ) y diversidad ( $q_1$ ) que comparan las comunidades mediante el número de especies efectivas,

<sup>1</sup> Viviana Franco, Lic., Becaria INIA, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. vfranco@inia.org.uy

<sup>2</sup> Luis Fernando García Hernández. D. Sc., CURE Treinta y Tres, Treinta y Tres.

<sup>3</sup> Sebastián Martínez, D. Sc., Laboratorio de Patología Vegetal, INIA Treinta y Tres, Treinta y Tres.

<sup>4</sup> Carmen Viera. D. Sc., Laboratorio de Ecología del Comportamiento, IIBCE, Montevideo.

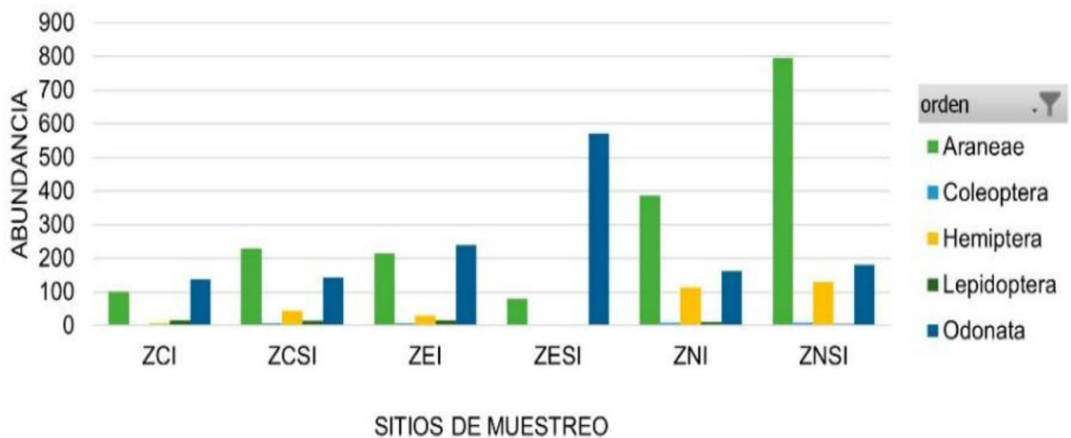


**Figura 1.** Localidades de muestreo: círculo azul para cultivos con historial de insecticida (Lambdacia-lotrina, dinotefuran y clorantraniliprole); la estrella verde señala cultivos de arroz sin historial de insecticida

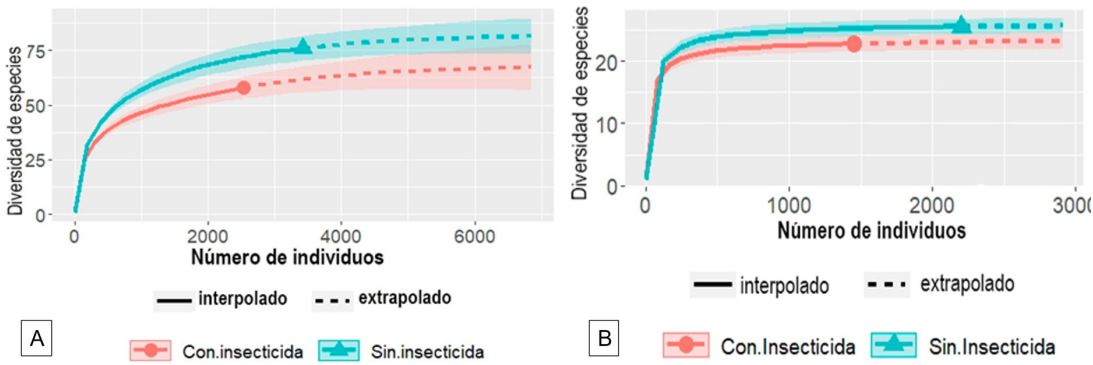
evaluando directamente la magnitud de la diferencia en la diversidad de dos o más comunidades. Además, se estimaron los intervalos de confianza al 95%, considerando significativamente diferentes cuando no hay solapamiento entre dichos intervalos (Chao *et al.*, 2014).

### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En total se colectaron 3.658 individuos, agrupados en 84 morfoespecies, pertenecientes a 17 familias de 5 órdenes (Figura 2). En el orden Araneae prevalecieron las



**Figura 2.** Abundancia de órdenes: depredadores (Araneae y Odonata) y plagas (Coleóptera, Hemíptera y Lepidóptera) colectadas en sistemas arroceros con y sin historial de insecticidas. ZCI: Zona centro con historial de insecticida, ZCSI: Zona centro sin historial, ZEI: Zona este con historial, ZESI: Zona este sin historial, ZNI: Zona norte con historial y ZNSI: Zona Norte sin historial



**Figura 3.** A) Curvas de riqueza( $q=0$ ) y B) Curvas de diversidad de Shannon( $q=1$ ) para cultivos de arroz con y sin historial de aplicación de insecticida.

arañas de la familia Thomisidae y Tetragnatidae y en el orden Odonata fueron Coenagrionidae y Lestidae. La abundancia de las plagas fue similar en cultivos con y sin historial de aplicación, mostrando que algunos artrópodos presentan resistencia a ciertos insecticidas (Gregor *et al.*, 2008). Se encontró mediante análisis de los números de Hill que no existen diferencias significativas entre las riquezas ( $q=0$ ) (Figura 3A) de los cultivos con y sin historial de uso de insecticidas. Esto muestra que tanto los insectos plaga como los artrópodos benéficos son similares entre las diferentes zonas y no disminuyen significativamente la presencia de algunas especies a pesar de la aplicación del insecticida. Ello podría estar asociado a la capacidad de dispersión. En lo que se refiere a la diversidad ( $q=1$ ), se encontraron diferencias significativas, teniendo mayor diversidad los cultivos con baja carga de insecticidas. Aquí, los cambios en la población pueden ser el resultado de la toxicidad directa o los efectos subletales que se manifiestan sobre las diferentes especies (Figura 3B)

Se puede inferir que los insecticidas, tienen efectos no letales sobre los depredadores. Sin embargo, se debería analizar la potencialidad de efectos subletales que afecten el comportamiento de captura de presas y la hoja de vida de los depredadores nativos. Esto altera el equilibrio biológico de los monocultivos y puede llegar a tener un

efecto no letal en algunas especies, como las arañas y los odonatos. Según Lacava *et al.* (2020), algunas arañas podrían ser tolerantes o resistentes a algunos plaguicidas utilizados en los cultivos convencionales que podrían ser utilizadas como control biológico, incluso en condiciones de cultivo convencional. Por otra parte, los odonatos, son más abundantes en cultivos de baja carga de insecticidas, demostrando una sensibilidad al uso intensivo de agroquímicos. Se necesitan evaluaciones sobre el potencial depredador de estos dos grupos, fundamentalmente de Odonata, para valorar la necesidad de aplicar insecticidas en algunas situaciones. Por otra parte, los campos con y sin historial de insecticida parecen no afectar las densidades ni la diversidad de insectos plaga, por lo tanto, debería revisarse también la necesidad de continuar aplicando agroquímicos en algunas situaciones comerciales.

**CONCLUSIONES**

La diversidad de artrópodos depredadores se ve afectada por el uso de insecticidas a largo plazo, por lo que su efecto sobre las plagas presentes en este sistema también podría verse disminuido.

La susceptibilidad de algunos grupos de artrópodos depredadores a la aplicación de insecticidas sugiere que podrían ser empleados como indicadores del estado sanitario del cultivo.

**BIBLIOGRAFÍA**

**Bentancourt, C.; Morelli, E.; Scatoni, I.** 2009. Insectos del Uruguay. Uruguay: Universidad de la República. 658 p.

**Chao, A.; Gotelli, N. J.; Hsieh, T. C.; Sander, E. L.; Ma, K. H.; Colwell, R. K.; Ellison, A.M.** 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84, p.45-67. Doi: <https://doi.org/10.1890/13-0133.1>

**Gregor, J.; Dominique, E.; Ogusuku, E.; Furlong, M.** 2008. Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 25(1):74-100.

**Grismado, C., Ramírez, M. J., & Izquierdo, M.** 2014. ARANEAE/ : Taxonomía, diversidad y clave de identificación de familias de la argentina. *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos*, 3(December), 55–93

**Jinguji, H.; Thuyet, D.Q.; Uéda, T.; Watanabe, H.** 2013. Effect of imidacloprid and fipronil pesticide application on *Sympetrum infuscatum* (Libellulidae: Odonata) larvae and adults. *Paddy Water Environm.* 11: 277-84. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10333-012-0317-3>

**Lacava, M.; Garcia, L.F.; Burla, J.P.; Tambasco, R.; Franco, V.; Viera, C.** 2020. Abundancia y fenología de artrópodos depredadores en soja: análisis preliminar. *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay*, 29:150-159. Doi: <https://doi.org/10.26462/29.2.12>

**Nyffeler, M. & K.D. Sunderland.** 2003. Composition, abundance and pest control potential of spider communities in agroecosystems: a comparison of European and US studies. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95:579–612.

**Pekár S.** 2013. Spiders (Araneae) in the pesticide world: an ecotoxicological review. *Pest Management Science*, 68(11):1438-46. Doi: <https://doi.org/10.1002/ps.3397>

**Pittelkow, C. M.; Zorrilla De San Martin, G.; Terra, J.A.; Riccetto, S.; Macedo, I.; Bonilla, C.; Roel, A.** 2016. Sustainability of rice intensification in Uruguay from 1993 to 2013. *Global Food Security*, 9:10-18. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.05.003>



# 16. TEST DE FRÍO: HERRAMIENTA PARA EVALUAR RESISTENCIA AL FRÍO DE CULTIVARES Y DE LOTES DE SEMILLA DE ARROZ

A. L. Pereira<sup>1</sup>, M. Oxley<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:** cold test, implantación, vigor

## INTRODUCCIÓN

El test de frío es un análisis ampliamente utilizado en laboratorio para clasificar el vigor de un lote de semillas, principalmente en maíz para el cual fue desarrollado. Presenta alta correlación con la emergencia en campo para semillas de maíz y soja. Sin embargo, también puede ser utilizado con otros fines como el de clasificar la tolerancia al frío de líneas avanzadas de mejoramiento genético o cultivares. Con el aumento de área sembrada en el mes de setiembre de variedades de ciclo largo como INIA Merín, donde las semillas permanecen en el suelo expuestas a condiciones adversas por las bajas temperaturas y en ocasiones de excesos hídricos, es necesario conocer a priori la habilidad de estos materiales de sobrevivir en el suelo, germinar e implantarse en estas condiciones.

El objetivo de este trabajo es verificar si el test de frío puede ser utilizado en arroz como forma de identificar diferencias genéticas en cuanto a la resistencia al frío en distintos cultivares o líneas promisorias, así como clasificar diferentes lotes de semilla.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en el laboratorio de semillas de la Unidad de Semillas en INIA Treinta y Tres. Se utilizaron tres lotes de alta germinación para los cultivares INIA Merín, INIA Olimar, El

Paso 144 e INIA Tacuarí como cultivar testigo resistente al frío. Se realizaron además del test de frío, los análisis de germinación, primer conteo de germinación e índice de velocidad de germinación. A continuación, se describe la metodología de cada análisis.

**Análisis de germinación** - se realizó con 200 semillas (cuatro repeticiones de 50) colocadas entre papel humedecido formando rollos. Los rollos fueron colocados en bolsas de nylon cerradas y se llevaron al germinador a 25 °C. Los conteos de plántulas fueron realizados a los cinco y catorce días luego de la instalación del análisis.

**Primer conteo de germinación (PCG)** - fue realizado conjuntamente al test de germinación y consta del registro del porcentaje de plántulas normales verificadas en el quinto día después de la instalación.

**Índice de velocidad de germinación (IVG)** - se sembraron 200 semillas y se contaron diariamente las plántulas que tenían un tamaño mínimo de 3 cm hasta el decimocuarto día. Con los datos diarios de las plántulas germinadas se calculó la velocidad de germinación utilizando la fórmula del índice de velocidad de germinación de Maguire, 1962 citado por Vieira *et al.*, 1994.

**Test de frío** - La instalación del análisis se realiza al igual que el test de germinación y se llevan al germinador a temperatura de 10 °C

<sup>1</sup> Ana Laura Pereira, D. Sc. INIA. Unidad de Semillas.

<sup>2</sup> Mabel Oxley, Licenciada en Laboratorio. INIA. Unidad de Semillas.



durante siete días. Finalizado el período de frío los rollos son colocados a una temperatura de 25 °C por cinco días. Los resultados se presentan en porcentaje de plántulas normales.

El diseño estadístico utilizado fue de tres bloques al azar, siendo colocada cada repetición estadística en diferentes estantes del germinador. Las medias fueron analizadas por el test de DMS al 5%.

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los resultados obtenidos para los tres lotes de semilla de cada uno de los cultivares INIA Olimar, INIA Merín, El Paso 144 y el testigo INIA Tacuarí son presentados en el cuadro 1. Se utilizaron lotes de alta germinación para todos los cultivares.

El cultivar INIA Tacuarí fue utilizado como testigo por ser un material resistente a condiciones de baja temperatura debido fundamentalmente a su origen templado. Esto queda claramente reflejado en el resultado obtenido, ya que luego de las condiciones de frío, la germinación no baja, permaneciendo en un valor promedio de 91%. Por otro lado, en los tres materiales de origen *índica* utilizados, se observa una reducción de la germinación, siendo más pronunciada para INIA Merín con una disminución del 14%.

Cuando se analiza dentro de cada cultivar, el test de frío no logra identificar diferencias de vigor en los lotes de semilla utilizados en INIA Merín, pero sí permite observar diferencias en la velocidad de germinación de los lotes. Lo contrario ocurre en los lotes utilizados en este ensayo para El Paso 144, donde el estrés por frío resultó efectivo para evaluar el vigor, pero no la velocidad de germinación. En el caso de INIA Olimar al haber diferencias en la germinación las diferencias en vigor observadas en todos los test son concordantes, aunque fue efectivo para verificar la caída de germinación con el test de frío de alrededor de 5%, al igual que dos de los lotes de El Paso 144.

Los resultados de este ensayo sugieren mayor susceptibilidad del cultivar INIA Merín al estrés por frío con relación a los otros dos cultivares. Aunque la semilla de los tres lotes del cultivar era de alta calidad fisiológica, determinada por la germinación, el PCG y el IVG, se deduce que la caída similar de germinación en los tres lotes se deba a una condición genética y no al vigor del lote de semilla. Se muestra también, que el test de frío en arroz puede ser utilizado para separar lotes de menor vigor que puedan ser afectados por condiciones de frío a la siembra, como lo ocurrido en los lotes de El Paso 144.

**Cuadro 1.** Resultados de germinación, primer conteo del análisis de geminación (PCG), test de frío en porcentaje e índice de velocidad de germinación (IVG) para lotes de los cultivares INIA Olimar, INIA Merín y El Paso 144.

| Cultivar     | Lote    | Germinación<br>% | Primer conteo<br>% | Test de frío<br>% | IVG     |
|--------------|---------|------------------|--------------------|-------------------|---------|
| INIA Olimar  | 1       | 86,2 e           | 83,8 d             | 80,7 bc           | 13,3 bc |
| INIA Olimar  | 2       | 91,8 dc          | 88,3 bcd           | 86,5 ab           | 12,9 dc |
| INIA Olimar  | 3       | 96,7 a           | 94,8 a             | 91,5 a            | 14,6 a  |
| INIA Merín   | 1       | 93 abcd          | 91,2 abc           | 78,8 c            | 12,4 dc |
| INIA Merín   | 2       | 90,8 d           | 87,8 dc            | 76 cd             | 12,8 dc |
| INIA Merín   | 3       | 92,2 bcd         | 89,3 abcd          | 78,8 c            | 13,8 ab |
| El Paso 144  | 1       | 96,5 ab          | 93,3 abc           | 90,3 a            | 13,9 ab |
| El Paso 144  | 2       | 95,5 abc         | 94 ab              | 90,5 a            | 14,3 a  |
| El Paso 144  | 3       | 95,5 abc         | 94,6 a             | 70,7 d            | 14,3 a  |
| INIA Tacuari | Testigo | 91,5 dc          | 89,8 abc           | 90,7 a            | 10,9 e  |

## CONCLUSIONES

El test de frío en arroz puede ser utilizado como una herramienta útil para evaluar la susceptibilidad de los distintos materiales al frío en la etapa de germinación, así como para clasificar el vigor de lotes de semilla. INIA Merín presenta mayor susceptibilidad al

estrés por frío que INIA Olimar y El Paso 144 en la etapa de germinación con la evaluación del test de frío.

## BIBLIOGRAFÍA

**Vieira, R. D.; Carvalho, N. M.** 1994. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: UNESP. 163 p.

# 17. TRATAMIENTO DE SEMILLAS EN INIA MERÍN

A. L. Pereira<sup>1</sup>, B. Sosa<sup>2</sup>, A. Pimienta<sup>3</sup>, M. Oxley<sup>4</sup>

**PALABRAS CLAVE:** aplicaciones en semillas, arroz, rendimiento

## INTRODUCCIÓN

La implantación es una etapa fundamental para el buen desarrollo y establecimiento de un cultivo. Lograr una buena implantación no asegura el rendimiento final, pero sí posibilita un buen comienzo del cultivo y llegar en tiempo y forma a manejos posteriores, así como obtener una mayor eficiencia de los insumos utilizados. En el caso del arroz, si se logra un nacimiento y desarrollo de plántulas homogéneo podrán realizarse más temprano las aplicaciones de herbicida y urea y también la entrada del agua al cultivo, repercutiendo en mayores rendimientos. Sumado a los manejos necesarios para una buena implantación, el tratamiento de semillas puede actuar como un seguro adicional para el éxito de la implantación. En el cultivo de arroz el porcentaje de recuperación de las semillas sembradas normalmente no supera el 60%, determinando un porcentaje muy bajo si es comparado con otros cultivos de verano. Existen en el mercado una diversidad de productos para el tratamiento de semillas que actúan a través de diferentes mecanismos, facilitando la germinación y el desarrollo inicial de las plántulas. Es importante conocer los distintos tipos y potenciales beneficios que aporta cada uno de ellos. En INIA Treinta y Tres se han realizado varios estudios para lograr mejorar la implantación con promotores de crecimiento y otros productos agregados a la semilla. En alguno de ellos se ha encontrado un efecto positivo en el crecimiento inicial de las plantas como en el caso del insecticida

thiametoxan e imidacloprid (Pereira *et al.*, 2008) y en otros trabajos no se ha encontrado respuesta. Dentro de esta diversidad de posibilidades, los productores que obtienen buenos resultados productivos utilizan una o varias combinaciones de estos productos sin conocer posibles sinergias o antagonismos entre los mismos.

El objetivo de este trabajo es evaluar la eficiencia de diferentes productos aplicados a la semilla de arroz en la implantación y rendimiento del cultivar de arroz INIA Merín.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la UEPL, Treinta y Tres, en las zafas 2018-19 y 2019-20. Los tratamientos experimentales constaron de tratamientos de semilla de arroz del cultivar INIA Merín con productos individuales y diferentes combinaciones de estos realizados el día previo a la siembra (Cuadro 1). La dosis de los productos aplicados fue de 70 cc, 50 cc y 800 cc cada 100 kg de semilla para los productos thiametoxam, tebuconazole y RadifanArrozZn 190 respectivamente. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con 4 repeticiones en parcelas de 10x1,53 m. Las siembras fueron realizadas en los días 24 de octubre de 2018 y 26 de octubre de 2019. Se utilizó semilla básica del cultivar INIA Merín con densidad de siembra de 130 kg/ha y distancia entre líneas de 17 cm. La fertilización fue corregida por el programa FertilizArr. Las variables analizadas

<sup>1</sup> Ana Laura Pereira, D. Sc. INIA. Unidad de Semillas. [apereira@inia.org](mailto:apereira@inia.org)

<sup>2</sup> Beto Sosa, Asistente de Investigación. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [bsosa@inia.org.uy](mailto:bsosa@inia.org.uy)

<sup>3</sup> Ariel Pimienta, Asistente de Investigación. Unidad de Semillas. [apimienta@inia.org](mailto:apimienta@inia.org)

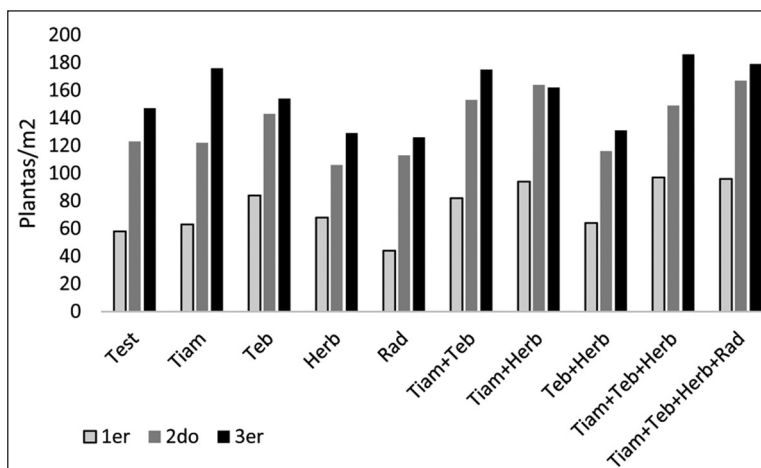
<sup>4</sup> Mabel Oxley, Licenciada en Laboratorio. INIA. Unidad de Semillas. [moxley@inia.org](mailto:moxley@inia.org)

**Cuadro1.** Tratamientos experimentales.

| Tratamientos   |
|--|
| 1. Testigo   |
| 2. tiametoxan  |
| 3. tebuconazole  |
| 4. <i>Herbaspirillum</i> sp.                                       |
| 5. Radifan   |
| 6. tiametoxan + tebuconazole                                       |
| 7. tiametoxan + <i>Herbaspirillum</i> sp.                          |
| 8. tebuconazole + <i>Herbaspirillum</i> sp.                        |
| 9. tiametoxan + tebuconazole + <i>Herbaspirillum</i> sp.           |
| 10 tiametoxan + tebuconazole + <i>Herbaspirillum</i> sp. + Radifan |

fueron emergencia de plántulas, días de emergencia a 100% de floración, altura de planta a cosecha, rendimiento y componentes de rendimiento. Para evaluar la emergencia se realizaron tres conteos de plantas a los 12, 18 y 25 días después de la siembra. Se contó el número de plantas en líneas de 1 m con tres repeticiones por cada parcela. Para el segundo conteo se contaron las plantas en las mismas

líneas. Se registró la fecha en que cada parcela llegaba a 100% de floración y se calcularon los días luego de emergencia para llegar al total de la floración. Para la altura de planta a cosecha se midieron 6 plantas por parcela. El ensayo se cosechó el 10 de abril con una cosechadora autopropulsada experimental.



| Tratamiento       | Conteos (plantas/m²) |        |        |
|-------------------|----------------------|--------|--------|
|                   | 1er                  | 2do    | 3er    |
| Testigo           | 58 bc                | 123 ab | 147 c  |
| Tiametoxan        | 63 abc               | 122 ab | 176 ab |
| Tebuconazole      | 84 ab                | 143 ab | 154 bc |
| Herbaspirillum    | 68 abc               | 106 c  | 129 c  |
| Radifan           | 44 c                 | 113 b  | 126 c  |
| Tiam+Teb          | 82 ab                | 153 ab | 175 ab |
| Tiam+Herb         | 94 a                 | 164 a  | 162 b  |
| Teb+Herb          | 64 c                 | 116 b  | 131 c  |
| Tiam+Teb+Herb     | 97 a                 | 149 ab | 186 a  |
| Tiam+Teb+Herb+Rad | 96 a                 | 167 a  | 179 ab |

**Figura 1.** Número de plantas/m² en conteos a los 12 (primer conteo), 18 (segundo conteo) y 25 (tercer conteo) días después de la siembra. Promedios seguidos de la misma letra en la columna no difieren por el test de DMS ( $P \leq 0,05$ ).

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

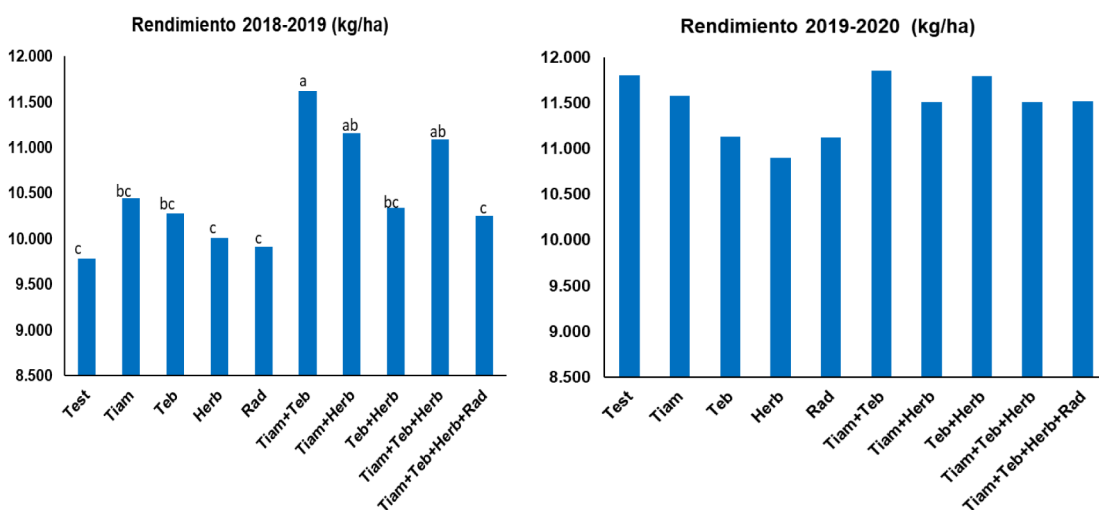
Los resultados de los dos conteos de plantas son presentados en la figura 1. En el primer conteo se obtuvieron en el promedio de los tratamientos entre 44 a 97 plantas/m<sup>2</sup>. Los tratamientos que presentaron mayores valores de plantas que el testigo fueron el tiam+herb, tiam+teb+herb y tiam+teb+herb+rad. En el segundo conteo, a la semana, estas diferencias no se mantuvieron ya que el número de plantas del testigo no difirió de los tratamientos que presentaban un número de plantas más alto en el primer conteo, pero sí fue superior al número de plantas de las semillas tratadas con *Herbaspirillum* sp. El número de plantas de los tratamientos en este conteo osciló entre 106 a 167. Ya en el último conteo volvieron a encontrarse diferencias en número de plantas con el testigo, siendo los que presentaron mayor número de plantas/m<sup>2</sup> los tratamientos con el insecticida tiametoxan.

Los tratamientos aplicados a la semilla no afectaron el ciclo de la planta de emergencia a floración, ni tampoco la altura de planta a cosecha para ninguna de las dos zafas.

El rendimiento obtenido con los distintos tratamientos para los dos años es presentado en la figura 2. En el primer año el mayor rendimiento de 11.624 kg/ha fue alcanzado con la semilla tratada con tiam+teb, no diferen-

ciándose de los tratamientos con tiam+herb y tiam+teb+herb. El testigo sin productos aplicados a la semilla, con 1.841 kg menos, obtuvo el valor más bajo de productividad de 9.783 kg. El producto común a los resultados más productivos fue el tiametoxan, coincidiendo con el mayor número de plantas/m<sup>2</sup> obtenido en estos tratamientos. Por otro lado, se observa que cuando se utiliza el producto individualmente, si bien no se diferencia de los tratamientos con tiam+herb y tiam+teb+herb, si tiene un menor rendimiento a cuando se le agrega el tebuconazole. Lo mismo sucede cuando se utiliza solamente el fungicida tebuconazole. Los productos aislados no se diferenciaron del testigo, aunque los tratamientos con fungicida e insecticida tendieron a ser más productivos. Estos resultados muestran un efecto sinérgico del fungicida y el insecticida que repercute en el rendimiento final. Los tratamientos de semilla donde se aplicaron solos el *Herbaspirillum* sp. y Radifan no se diferenciaron del testigo lo que indica la necesidad de colocar como base un fungicida e insecticida.

En este ensayo y para la zafra 2018-2019 se observó una relación positiva para la mayoría de los tratamientos entre el número de plantas logrado y el rendimiento. En el segundo año, zafra 2019-2020, si bien se encontraron pocas diferencias entre tratamientos en el primer conteo estas fueron disminuyendo en los conteos siguientes no



**Figura 2.** Rendimientos obtenidos en kg/ha para los diferentes tratamientos de semilla en las zafas 2018-2019 y 2019-2020.

generando diferencias en el rendimiento. Cabe resaltar que las condiciones de siembra y climáticas durante la implantación del segundo año fueron excelentes, con suficiente humedad para un nacimiento homogéneo y también en etapas posteriores del cultivo. En el primer año el rendimiento promedio estuvo una tonelada por debajo con 10.489 kg/ha. Cuando las condiciones de campo y el clima son muy buenas para el desarrollo del cultivo, principalmente durante la etapa de siembra e implantación, el tratamiento aplicado a la semilla no tiene efectos sobre la implantación y por ende sobre los rendimientos. Sin embargo, el año anterior donde las condiciones no fueron tan favorables y hubo falta de lluvias después de la siembra, pudo observarse diferencia en los rendimientos debido al tratamiento de semilla utilizado, donde se destaca el uso de tiametoxan con tebuconazole. Dentro de los factores que afectan el rendimiento, el peso de mil granos no varió entre los tratamientos en un mismo año, sin embargo, en el primer año el PMG fue más alto de 27,1 g y en el segundo de 25,6 g. El factor de mayor incidencia en el rendimiento fue el número de panojas por m<sup>2</sup> que fue más elevado en el segundo año presentando un promedio de 589 panojas/m<sup>2</sup> contra 563 panojas/ m<sup>2</sup>. Entre tratamientos en un mismo año el factor

de mayor variación fue también el número de panojas/m<sup>2</sup>.

## CONCLUSIONES

El tiametoxam y la combinación de tiametoxam con tebuconazole mejora la implantación con relación a la semilla no tratada, así como la adición de *Herbaspirillum* sp. a la combinación anterior o la utilización de los cuatros productos evaluados conjuntamente. La utilización de tiametoxam en combinación con tebuconazole o con *Herbaspirillum* sp. o en combinación con ambos productos permite incrementos de rendimiento a la semilla no tratada en años donde las condiciones de implantación no son muy favorables, lo que lleva a considerar el tratamiento de semillas como un seguro para mejorar la implantación y rendimientos.

## BIBLIOGRAFÍA

Pereira, A. L. Ávila, S., Deambrosi, E., 2008. Efecto de insecticidas curasemillas sobre la velocidad de emergencia y otros importantes caracteres iniciales de implantación en arroz. En: Actividades de Difusión 545. Arroz Resultados Experimentales 2007-2008. INIA Treinta y Tres. Cap 4:11-12



# 18. GANANCIA GENÉTICA DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE ARROZ DE INIA

E. Monteverde<sup>1</sup>, S. Scheffel<sup>2</sup>, I. Rebollo<sup>3</sup>, P. Blanco<sup>4</sup>, F. Molina<sup>5</sup>, F. Pérez de Vida<sup>6</sup>, J. E. Rosas<sup>7</sup>

**PALABRAS CLAVE:** BLUP, modelos mixtos, tendencia genética.

## INTRODUCCIÓN

La ganancia genética es el mejoramiento del valor genético promedio de una población como producto de la selección sostenida a lo largo de varios ciclos de mejoramiento para una característica o conjunto de características de interés. El mejoramiento genético es un proceso del que depende la adecuación de los cultivares a las necesidades productivas, comerciales y ambientales. Para cumplir ese rol de forma eficiente, los programas de mejoramiento deben monitorear periódicamente su desempeño para determinar si sus estrategias y estructuras son adecuadas y realizar los ajustes necesarios para el desarrollo de nuevos cultivares. Uno de los indicadores más utilizados para medir el desempeño de los programas de mejoramiento es la estimación de la ganancia genética por ciclo mediante el análisis de datos históricos de las líneas generadas en el programa. En este estudio se analizó la ganancia genética del Programa de Mejoramiento de Arroz de INIA (PMGA) para rendimiento y sanidad, tanto en los cultivares *indica* como *japónica* tropical, utilizando datos históricos del programa entre 1997-2020.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los datos disponibles en la base de datos del programa, la cual recopila toda la información disponible sobre ensayos durante el período 1997-2020 (Rebollo *et al.*, 2020). Los datos utilizados en este informe corresponden a rendimiento (kg/ha) y resistencia a enfermedades causadas por los hongos *Pyricularia oryzae*, *Sclerotium oryzae* y *Rhizoctonia oryzae-sativae*, en ensayos de evaluación final en la Unidad Experimental Paso de la Laguna, Treinta y Tres, para los genotipos *indica* y *japónica* tropical del PMGA.

Tanto para los datos *indica* como *japónica* se utilizaron todos los datos históricos disponibles para ajustar modelos mixtos para estimar el valor genético BLUP (Best Linear Unbiased Predictor) de cada línea. El modelo utilizado fue:  $Y_{ijkl} = \mu + g_i + a_j + ga_{ij} + e_{k(j)} + b_{l(k(j))} + \dots$  donde  $Y_{ijkl}$  es la variable de respuesta (rendimiento o resistencia a enfermedades),  $\mu$  es la media general,  $g_i$  es el efecto aleatorio del  $i$ -ésimo genotipo (línea) con  $g_i \sim N(0, A\sigma_g^2)$  donde  $A$  es la matriz de relacionamiento entre líneas estimada a partir de los datos de pedigrí,  $a_j$  es el efecto aleatorio del  $j$ -ésimo año de cosecha,  $ga_{ij}$  es el efecto aleatorio de la interacción entre el  $i$ -ésimo genotipo y el  $j$ -ésimo año de cosecha,  $e_{k(j)}$  es el efecto

<sup>1</sup> Eliana Monteverde, PhD. Departamento de Biología Vegetal, F. Agronomía, UDELAR. emonteverde@fagro.edu.uy

<sup>2</sup> Sheila Scheffel Ing. Agr. INIA. estudiante de maestría Cs. Agrarias F. Agronomía, UDELAR.

<sup>3</sup> Inés Rebollo, Ing. Agr. INIA. estudiante de maestría Cs. Agrarias F. Agronomía, UDELAR.

<sup>4</sup> Pedro Blanco MSc. INIA, Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz hasta junio 2018.

<sup>5</sup> Federico Molina, Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

<sup>6</sup> Fernando Pérez de Vida, PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

<sup>7</sup> Juan E. Rosas, Dr. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. jrosas@inia.org.uy

aleatorio del k-ésimo ensayo en el j-ésimo año,  $b_{l(k(j))}$  es el efecto aleatorio del l-ésimo bloque dentro del k-ésimo ensayo en el j-ésimo año,  $ijkl$  es el residual del modelo.

Los BLUPs correspondientes sólo a las líneas que fueron evaluadas en ensayos finales obtenidos a partir del modelo fueron utilizados como variable de respuesta en el modelo  $y_i = \mu + \beta r_i + \epsilon_i$  donde  $\beta$  es un coeficiente de regresión y  $r_i$  es el año calendario en que esa línea entró en los ensayos de evaluación avanzada. Se analizó tanto el promedio de los BLUPs de todas las líneas evaluadas cada año como el de las 3 mejores líneas de cada año.

### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los BLUPs promedio por año para las líneas *índica* mostraron una tendencia genética positiva para rendimiento y una tendencia genética negativa para resistencia a *Pyricularia oryzae*, aunque en ambos casos esta tendencia no fue significativamente diferente de cero ( $\alpha=0,05$ ). Para los índices de resistencia a enfermedades de tallo causadas por los hongos *Rhizoctonia oryzae-sativae* y *Sclerotium oryzae* de los genotipos *índica*, las pendientes de la regresión de los BLUPs promedio por año fueron muy cercanas a cero. En el caso de los genotipos *japónica* tropical la pendiente de rendimiento fue significativa ( $\alpha=0,05$ ) mostrando una ganancia genética promedio de 33,06 kg/ha por año. Asimismo, también se observa ganancia genética significativa ( $\alpha=0,05$ )

para el índice de resistencia a *Sclerotium* (Cuadro 1).

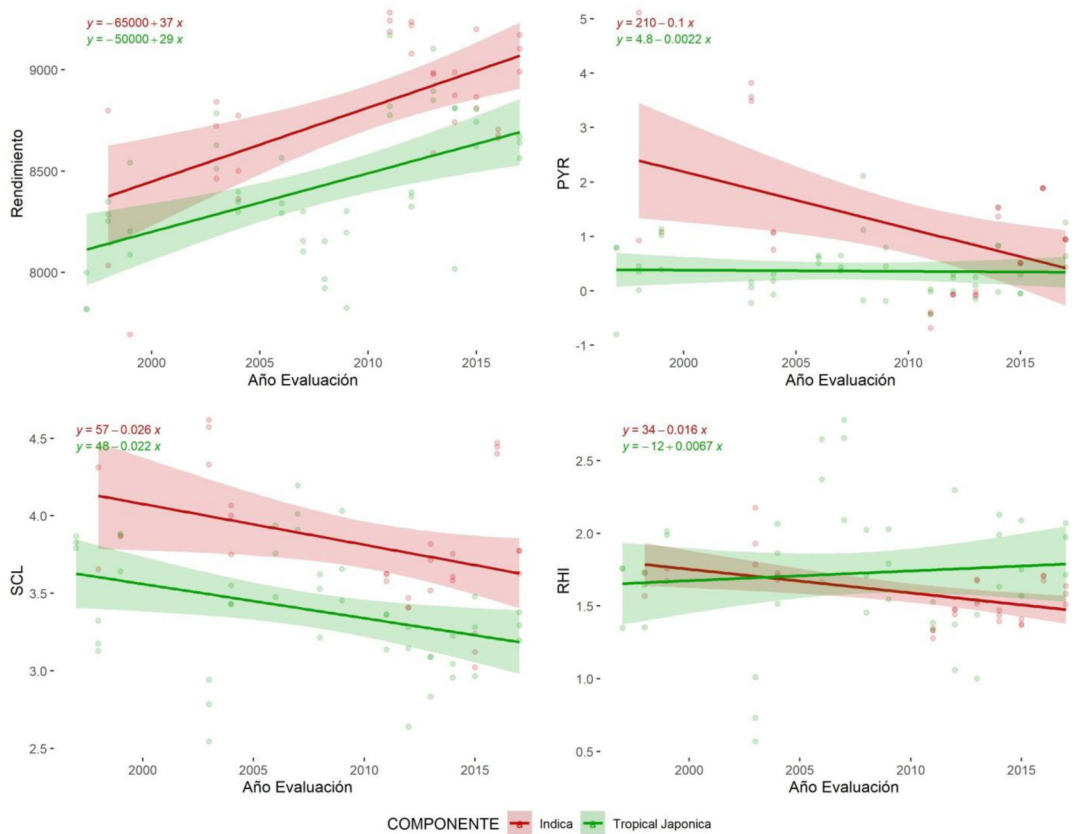
Tomando en cuenta los valores genéticos de las mejores 3 líneas que evaluadas en ensayos finales cada año, los genotipos *índica* presentaron una tendencia genética positiva para rendimiento (37 kg/ha por año) y negativa para los índices de resistencia a *Pyricularia* y enfermedades de tallo (Figura 1). En todos los casos estas tendencias fueron significativamente diferentes de cero ( $\alpha=0,05$ ). Para el caso de los 3 mejores genotipos *japónica* tropical evaluados cada año, se observa una tendencia genética positiva y significativa para rendimiento, con una ganancia estimada de 29 kg/ha por año. Para los índices de incidencia de enfermedades, la resistencia a *Sclerotium* fue la única que mostró una pendiente negativa significativamente diferente de cero ( $\alpha=0,05$ ). Si bien no se observa ganancia genética para *Pyricularia* y *Rhizoctonia* en los genotipos *japónica* tropical, los índices se mantienen en valores de incidencia aceptables durante todo el período estudiado (Figura 1).

### CONCLUSIONES

Existe una gran variabilidad en el desempeño de las líneas que llegaron a evaluación final para las características observadas. Sin embargo, cuando se toman en cuenta las mejores líneas en evaluación final para cada característica se observa un progreso genético lineal y consistente. El análisis estadístico de

**Cuadro 1.** Valores de pendientes, coeficientes de regresión y p-valores para las tendencias genéticas del promedio de los BLUPs del total de líneas *índica* y *japónica* tropical evaluadas en ensayos finales durante el período 1997-2020.

| Característica     | Intercepto |            | Pendiente  |            | P-valor pendiente ( $\beta = 0,05$ ) |            |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|--------------------------------------|------------|
|                    | <i>ind</i> | <i>jap</i> | <i>ind</i> | <i>jap</i> | <i>ind</i>                           | <i>jap</i> |
| Rendimiento        | -13.098    | -58.092    | 10,66      | 33,06      | 0,396                                | 0,001      |
| <i>Pyricularia</i> | 101,7      | 57         | -0,05      | -0,018     | 0,37                                 | 0,180      |
| <i>Rhizoctonia</i> | -6,65      | 23,3       | 0,00035    | -0,115     | 0,57                                 | 0,320      |
| <i>Sclerotium</i>  | -14,85     | 72,6       | 0,007      | -0,036     | 0,67                                 | 0,002      |



**Figura 1.** Tendencias genéticas de rendimiento (kg/ha) e índice de incidencia de enfermedades de hoja y tallo para las tres mejores líneas *indica* y *japónica* tropical evaluadas en ensayos finales durante el período 1997-2020. PYR: *Pyricularia oryzae*, RHI: *Rhizoctonia oryzae-sativae*, SCL: *Sclerotium oryzae*.

los datos históricos revela que el PMGA ha logrado mejoras para rendimiento y resistencia a enfermedades de hoja y tallo en genotipos *indica* y *japónica* tropical. Si bien es posible realizar ciertos ajustes en el programa, como por ejemplo aumentar la intensidad de selección en etapas intermedias, en general estos resultados avalan las decisiones de mejoramiento tomadas durante este período.

## REFERENCIAS

Rebollo, I.; Scheffel, S.; Iriarte, W.; Blanco, P.; Molina, F.; Peirez De Vida, F.; Rosas, J. 2020. Consolidación de los datos históricos del programa de mejoramiento de arroz en una base de datos. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. Eds. Arroz 2020. Montevideo (UY): INIA. p. 5-8. (INIA Serie Técnica 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

# 19. EVALUACIÓN FINAL DE CULTIVARES ÍNDICAS. INTERACCIÓN GENOTIPO \* AMBIENTE: FECHAS DE SIEMBRA

F. B. Pérez de Vida<sup>1</sup>

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

## INTRODUCCIÓN

El programa de mejoramiento genético de INIA realiza la evaluación de sus cultivares en 4 etapas de estructura piramidal -por el número de genotipos involucrados en cada etapa-; estas son evaluación preliminar, intermedia, avanzada y final. El grupo de cultivares evaluados surge entonces de la selección de aquellos más destacados en las etapas previas de evaluación. En la etapa final se evalúa la interacción genotipo por ambiente con diferentes fechas de siembra en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL), Treinta y Tres.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los cultivares evaluados se corresponden al subtipo *índica* en los objetivos de «desarrollo de cultivares de alta productividad», así como «cultivares de calidad consolidada» (similar a INIA Olimar, -SLI9125- o similar a El Paso 144 -SLI15029-) y «cultivares de calidad superior» (SLI13024A2, aromática), todos para tecnologías convencionales de control de malezas. La evaluación se realizó en la UEPL con dos ensayos contiguos y de diseño de bloques (n=4) completos al azar con fechas de siembra 15/10 y 5/11 (UEPL1 y UEPL2, respectivamente). Se instalaron sobre un retorno de pradera artificial de 3 años y laboreo de otoño. La fertilización basal fue de 8,5 un. N y 42,5 un. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por ha; la fertilización nitrogenada se realizó en cobertura (75 kg/ha de

N como aplicación única al macollaje en suelo seco) y fue la misma en ambos ensayos. La entrada de agua de riego como lámina permanente fue en estadio V4.

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se identifica como significativa la interacción cultivar \*ensayo, por lo cual se presentan los resultados de modo independiente en cada ensayo.

Los cultivares testigos INIA Olimar e INIA Merín -de excelente calidad y alta productividad-son las referencias en los objetivos planteados. En una fecha de siembra temprana, y en un año de muy alta productividad (media 12,5 t/ha), INIA Olimar e INIA Merín presentaron rendimientos de 12,4 y 13,9 t/ha, respectivamente. Los nuevos cultivares recientemente registrados y en validación comercial -SLI09197 y SLI09193, respectivamente- presentaron rendimientos acordes a sus antecedentes (Pérez de Vida 2020a, b; Pérez de Vida *et al.*, 2020). SLI09197 no se diferencia estadísticamente de INIA Merín, superando a INIA Olimar. Los cultivares de ciclos mayores capitalizaron las excelentes condiciones productivas del año, maximizando la producción en el grupo evaluado. SLI16270 y sus líneas experimentales (LE) hermanas -SLI16277, SLI16242, SLI16262- presentaron inusitados altos valores de porcentaje de granos yesados. Igualmente, inesperada fue la reacción de moderada

<sup>1</sup> Fernando Pérez de Vida, PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

**Cuadro 1.** Evaluación de cultivares en evaluación final, época 1, Paso de la Laguna.

| Cultivar (t/ha) | SL (t/ha) | SSL (%) | BT (%) | Ent Tot (%) | Yeso   | Pyri (días) | 50%f)  | Largo  | Ancho  | LA     |
|-----------------|-----------|---------|--------|-------------|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| INIA Merín      | 13,88     | 15,01   | 73,7   | 71,1        | 6,11   | 0           | 118    | 7,66   | 2,31   | 3,32   |
| SLI09197        | 13,44     | 14,08   | 71,0   | 68,2        | 7,44   | 0           | 113    | 7,69   | 2,26   | 3,41   |
| SLI16270        | 12,60     | 12,72   | 69,5   | 63,6        | 8,98   | 0(4)        | 114    | 7,58   | 2,33   | 3,25   |
| SLI17056        | 12,57     | 13,15   | 70,3   | 66,9        | 1,95   | 4           | 106    | 7,68   | 2,20   | 3,49   |
| SLI16242        | 12,56     | 13,01   | 71,2   | 67,4        | 9,45   | 0           | 111    | 7,79   | 2,30   | 3,38   |
| SLI17009        | 12,52     | 12,96   | 70,1   | 64,9        | 3,73   | 0           | 106    | 7,55   | 2,19   | 3,45   |
| SLI17036        | 12,42     | 12,89   | 69,7   | 65,7        | 0,33   | 0           | 107    | 7,58   | 2,08   | 3,64   |
| INIA Olimar     | 12,42     | 12,98   | 70,1   | 66,8        | 1,86   | 6           | 105    | 7,73   | 2,21   | 3,50   |
| SLI09193        | 12,37     | 12,96   | 70,6   | 66,9        | 2,67   | 0           | 101    | 7,71   | 2,26   | 3,41   |
| SLI13024A2      | 12,34     | 12,61   | 69,1   | 63,1        | 0,95   | 0           | 101    | 7,53   | 2,16   | 3,49   |
| SLI16277        | 12,18     | 12,63   | 70,2   | 66,6        | 7,26   | 0(4)        | 114    | 7,68   | 2,27   | 3,38   |
| SLI19125        | 12,17     | 12,80   | 70,3   | 67,9        | 1,66   | 0           | 105    | 7,78   | 2,24   | 3,47   |
| SLF16007        | 11,92     | 12,25   | 69,5   | 63,8        | 2,77   | 0           | 108    | 7,61   | 2,20   | 3,45   |
| SLI15029        | 11,78     | 12,43   | 70,5   | 68,4        | 2,78   | 0           | 114    | 7,48   | 2,33   | 3,20   |
| SLI16172        | 11,48     | 12,09   | 70,9   | 67,9        | 5,90   | 0           | 113    | 7,55   | 2,23   | 3,40   |
| SLI16262        | 11,42     | 11,56   | 69,4   | 64,6        | 9,13   | 0           | 114    | 7,73   | 2,33   | 3,32   |
| <b>Medias</b>   | 12,49     | 13,01   | 70,4   | 66,8        | 4,84   |             | 109    | 7,68   | 2,24   | 3,44   |
| RSquare         | 0,48      | 0,58    | 0,83   | 0,78        | 0,94   |             | 0,96   | 0,84   | 0,99   | 0,95   |
| RSquare Adj     | 0,28      | 0,41    | 0,77   | 0,69        | 0,91   |             | 0,95   | 0,78   | 0,98   | 0,93   |
| R MSqError      | 8,18      | 8,37    | 0,56   | 1,31        | 0,95   |             | 1,14   | 0,05   | 0,01   | 0,03   |
| CV              | 0,07      | 0,06    | 0,01   | 0,02        | 0,20   |             | 0,01   | 0,01   | 0,00   | 0,01   |
| Model           | 0,011     | 0,000   | 0,0004 | <,0001      | <,0001 |             | <,0001 | <,0001 | <,0001 | <,0001 |
| Cultivar        | 0,014     | 0,001   | 0,0006 | <,0001      | <,0001 |             | <,0001 | <,0001 | <,0001 | <,0001 |
| Bloque          | 0,086     | 0,043   | 0,0425 | 0,176       | 0,148  |             | 0,58   | 0,00   | <,0001 | <,0001 |
| MDS             | 1,16      | 1,19    | 0,79   | 1,86        | 1,35   |             | 1,63   | 0,07   | 0,01   | 0,04   |

resistencia (MR) a *Pyricularia* presentada por las dos primeras mencionadas, tras un historial de alta resistencia (HR) al patógeno. Similar resultado presentó SLI17056, de reacción MR (Cuadro 1).

En la segunda fecha de siembra en tanto, se destacó SLI09193 (12,84 t/ha), superando estadísticamente a INIA Merín (11,35 t/ha). En general los cultivares de ciclo intermedio presentaron mayor productividad en esta fecha de siembra; SLF16007 tuvo alto rendimiento (12,56 t/

ha), asociado a un ciclo intermedio (106 días) a 50% floración (50%f), siendo aprox. una semana más larga que INIA Olimar y SLI09193 (Cuadro 2).

Como se mencionó, la interacción cultivar\*época de siembra fue significativa ( $P=0,05$ ), lo cual se refleja en cambios importantes en el ranking de cultivares en ambos ensayos. Sin embargo, algunos presentaron mayor estabilidad como SLI09197, SLI17009, SLI09193 (Figura 1, Cuadro 3). INIA Merín, siendo el cultivar de mayor rendimiento en Época 1, pasa a la posición 13 en Época 2.

**Cuadro 2.** Evaluación de cultivares en Evaluación Final, época 2.

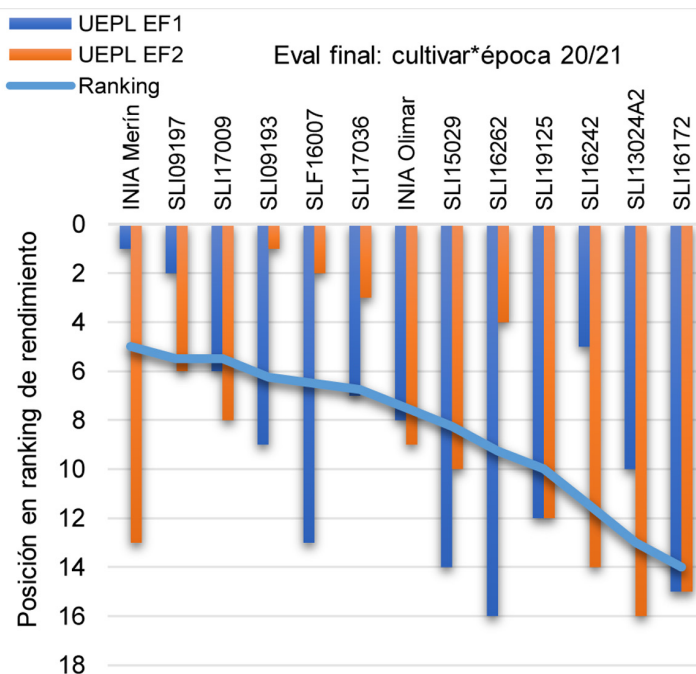
| Cultivar (t/ha)  | SL (t/ha) | SSL (%) | BT (%) | Ent Tot (%) | Yeso   | 50%f (días) | Largo  | Ancho  | LA     |
|------------------|-----------|---------|--------|-------------|--------|-------------|--------|--------|--------|
| SLI09193         | 12,84     | 13,55   | 71,2   | 67,8        | 4,87   | 97          | 7,73   | 2,25   | 3,43   |
| SLF16007         | 12,56     | 12,99   | 70,5   | 64,3        | 3,90   | 106         | 7,54   | 2,18   | 3,47   |
| SLI17036         | 12,25     | 12,71   | 70,1   | 65,4        | 3,67   | 100         | 7,64   | 2,08   | 3,66   |
| SLI16262         | 12,19     | 12,64   | 70,6   | 67,1        | 8,81   | 108         | 7,74   | 2,31   | 3,36   |
| SLI16270         | 12,10     | 12,43   | 69,4   | 64,2        | 5,62   | 108         | 7,56   | 2,30   | 3,28   |
| SLI09197         | 12,07     | 12,75   | 71,8   | 67,9        | 6,88   | 109         | 7,65   | 2,19   | 3,48   |
| SLI17056         | 11,94     | 12,49   | 70,4   | 67,1        | 4,95   | 96          | 7,75   | 2,20   | 3,52   |
| SLI17009         | 11,91     | 12,48   | 71,0   | 66,8        | 5,48   | 102         | 7,62   | 2,18   | 3,50   |
| INIA Olimar      | 11,81     | 12,38   | 70,6   | 67,1        | 5,15   | 99          | 7,71   | 2,21   | 3,48   |
| SLI15029         | 11,68     | 12,46   | 71,7   | 69,6        | 3,24   | 106         | 7,39   | 2,28   | 3,25   |
| SLI16277         | 11,58     | 12,08   | 70,5   | 66,7        | 6,70   | 106         | 7,67   | 2,25   | 3,41   |
| SLI19125         | 11,51     | 11,97   | 69,7   | 66,5        | 5,88   | 96          | 7,70   | 2,25   | 3,42   |
| INIA Merín       | 11,35     | 12,23   | 74,3   | 70,9        | 8,00   | 110         | 7,64   | 2,27   | 3,37   |
| SLI16242         | 11,26     | 11,69   | 71,6   | 67,5        | 9,88   | 106         | 7,74   | 2,30   | 3,37   |
| SLI16172         | 10,86     | 11,31   | 71,9   | 68,4        | 9,38   | 110         | 7,55   | 2,19   | 3,45   |
| SLI13024A2       | 9,80      | 9,93    | 68,2   | 62,5        | 1,94   | 92          | 7,58   | 2,16   | 3,51   |
| <b>Medias</b>    | 11,73     | 12,23   | 70,6   | 66,6        | 5,48   | 101         | 7,63   | 2,23   | 3,42   |
| RSquare          | 0,43      | 0,46    | 0,89   | 0,91        | 0,89   | 0,94        | 0,85   | 0,98   | 0,95   |
| RSquare Adj      | 0,2       | 0,2     | 0,84   | 0,87        | 0,85   | 0,92        | 0,79   | 0,97   | 0,93   |
| Root MeanSqError | 1,04      | 1,09    | 0,57   | 0,76        | 0,92   | 1,64        | 0,05   | 0,01   | 0,03   |
| CV               | 8,89      | 8,92    | 0,81   | 1,14        | 16,82  | 1,62        | 0,63   | 0,50   | 0,80   |
| Model            | 0,058     | 0,029   | <,0001 | <,0001      | <,0001 | <,0001      | <,0001 | <,0001 | <,0001 |
| Cultivar         | 0,067     | 0,033   | <,0001 | <,0001      | <,0001 | <,0001      | <,0001 | <,0001 | <,0001 |
| Bloque           | 0,23      | 0,20    | 0,14   | 0,40        | 0,03   | <,0001      | 0,05   | 0,01   | 0,19   |
| MDS              | 1,48      | 1,55    | 0,81   | 1,08        | 1,31   | 2,33        | 0,07   | 0,02   | 0,04   |

**Cuadro 3.** Rendimiento (t/ha) en evaluación final, UEPL, épocas 1, 2, y promedio en zafra 2020-2021.

| Cultivar*   | Rend Ep1 | Rend Ep2 | RankProm | Rend Prom |
|-------------|----------|----------|----------|-----------|
| INIA Merín  | 13,88    | 11,35    | 5        | 12,44     |
| SLI09197    | 13,44    | 12,07    | 5,5      | 12,43     |
| SLI17009    | 12,52    | 11,91    | 5,5      | 12,19     |
| SLI09193    | 12,37    | 12,84    | 6,25     | 12,12     |
| SLF16007    | 11,92    | 12,56    | 6,5      | 12,07     |
| SLI17036    | 12,42    | 12,25    | 6,75     | 12,00     |
| INIA Olimar | 12,42    | 11,81    | 7,5      | 11,94     |
| SLI15029    | 11,78    | 11,68    | 8,25     | 11,95     |
| SLI16262    | 11,42    | 12,19    | 9,25     | 11,67     |
| SLI19125    | 12,17    | 11,51    | 10       | 11,63     |
| SLI16242    | 12,56    | 11,26    | 11,5     | 11,52     |
| SLI13024A   | 12,34    | 9,80     | 13       | 10,84     |
| SLI16172    | 11,48    | 10,86    | 14       | 11,13     |

\* Solo cultivares con reacción HR a *Pyricularia*





**Figura 1.** Posición en el ranking de rendimientos de cultivares en ensayos de Evaluación Final en Épocas 1 y 2, en UEPL, zafra 2020-2021.

## CONCLUSIONES

En un año de muy alto potencial en ensayos de evaluación final en UEPL, con medias de 12,5 t/ha en época 1 y 11,8 t/ha en época 2, INIA Merín y SLI09197 obtuvieron los mayores rendimientos promedios. En estos cultivares, la época de siembra más temprana (fecha de mediados de octubre) permitió la obtención de 1,5 t/ha más respecto a la tardía de noviembre; más allá de esa caída del rendimiento son -junto a SLI17009- los mejores posicionados en el promedio de los dos ambientes (Figura 1). Dicho novel cultivar (promedio=12,2 t/ha) no se diferencia estadísticamente de las variedades de ciclo largo, aún con un ciclo 50%f (102-106) 7 días más breve que aquellas. De esta forma se suma a los genotipos promisorios de ciclos intermedios e intermedio-largo como SLI09193 (97-101 días a 50%f) y SLF16007 (106-107 días a 50%f) como opciones de desarrollo en ese segmento de alto interés comercial -con potencial agrónomicamente complementario a los cultivares de alta productividad, pero ciclos de mayor duración-. En similar sentido, SLI19125, sustancialmente derivada de INIA

Olimar no se diferencia estadísticamente de su progenitor en productividad, ciclo a floración (96-102 días a 50%f) y calidad molinera; en cambio su reacción a *Pyricularia* es de alta resistencia (0=HR), mientras INIA Olimar presenta su típica reacción de susceptibilidad (6=MS).

## BIBLIOGRAFÍA

- Pérez de Vida F. 2020a.** INIA Merín: ¿Cuándo sembrar para maximizar su potencial? In: Martínez, S.; Terra, J. A. Saravia, H. Eds. Arroz 2020. Montevideo: INIA, 2020. p. 23- 26. (INIA Serie Técnica; 257)
- Pérez de Vida F. 2020b.** Nuevo cultivar promisorio: SLI09197 alta productividad y resistencia a *Pyricularia*. In: Martínez, S.; Terra, J. A. Saravia, H. Eds. Arroz 2020. Montevideo: INIA, 2020. p. 27-30. (INIA Serie Técnica; 257)
- Pérez de Vida F., G. Carracelas , J. Vargas. 2020.** Interacción GxE: evaluación final de cultivares *indica* en localidades. In: Martínez, S.; Terra, J. A. Saravia, H. Eds. Arroz 2020. Montevideo: INIA, 2020. p. 39-42. (INIA Serie Técnica; 257).

## 20. SLF16007: NUEVO CULTIVAR PROMISORIO DE ALTA PRODUCTIVIDAD Y RESISTENCIA A *PYRICULARIA*

F. B. Pérez de Vida<sup>1</sup>

**PALABRAS CLAVE:** calidad molinera, estabilidad, *indica*, FLAR

### INTRODUCCIÓN

El cultivar SLF16007 es una línea promisoriosa del subtipo *indica* de granos largo-fino, con alta productividad, ciclo intermedio y de resistencia HR a *Pyricularia oryzae*. Su origen es a partir de una población de FLAR (FL12509-1P-4P, cruzamiento: FL05383-1P-8-2P-M-U3 / IR 80894-8-1-1-4 //IRGA 2852-20-4-3-3-CH), seleccionada en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL) tras su introducción en 2013 en generación F3. En 2016 ingresó en generación F7 a un ensayo preliminar (E1). En los años subsiguientes participó en las distintas etapas del flujo de germoplasma del PMGA (2017 en E2, 2018 en E3), siendo seleccionada para ingresar en evaluación final en 2019-2020 y 2020-2021 -en las tres unidades experimentales de INIA, UEPL, Paso Farias (UEPF) y Tacuarembó (Tbo). En estos dos últimos años fue evaluada en la Red Nacional de Evaluación de Cultivares (RNEC) (INIA-INASE 2020 y 2021) de modo que se avanzó a su etapa de cultivar comercializable. La producción de semilla comenzará en la zafra 2021-2022, tras una primera purificación mediante panículas por hilera en la pasada zafra 2020-2021.

### CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

#### Rendimiento

En 5 años de evaluación agronómica fue incluida en un total de 21 ensayos internos del PMGA -13 de microparcels (2,4 m<sup>2</sup>) y 8

ensayos de fajas (parcelas de 25 m<sup>2</sup>) en 2020-2021 (5 de ellos en campos comerciales)-, así como en 8 ensayos de RNEC.

La productividad promedio de SLF16007 en la serie de ensayos internos del PMGA fue 10,6 t/ha, mientras que INIA Olimar -de similar ciclo a floración y cultivar testigo en todos los ensayos mencionados- alcanzó 9,9 t/ha (diferencia significativa a P=0,05). Estos ensayos fueron sembrados entre el 27/set al 10/nov; en dichas condiciones, el mencionado rendimiento de SLF16007 se equiparó con el de SLI09197 (10,7 t/ha) e INIA Merín (10,1 t/ha).

En la zafra 2020-2021, en ensayos de fajas realizados en diversas zonas arroceras del país (Artigas (UEPF, Paso Farias), Tacuarembó (UETbo, Paso del Sauce), Rivera (Lapuente), Cerro Largo (Noblía y Río Branco), Treinta y Tres (Arrozal 33 y UEPL), Rocha (Ruta 14 y camino a Barrancas) el rendimiento de SLF16007 (12,0 t/ha) superó significativamente a INIA Olimar (11,1 t/ha). En esta serie de experimentos, SLF16007 fue superada por los cultivares de ciclo largo INIA Merín y SLI09197 (rendimientos de 12,6 y 12,7 t/ha, respectivamente).

En los ensayos realizados por la Red Nacional de Evaluación de Cultivares (RNEC) (INIA-INASE) el rendimiento medio de dos años de SLF16007 fue de 12,2 vs 11,8 en INIA Olimar; los rendimientos en las regiones Norte y Centro fueron muy similares, destacándose la novel línea en los ensayos del Este (INIA-INASE 2020, 2021).

<sup>1</sup> Fernando Pérez de Vida, PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

Los altos rendimientos obtenidos se asocian a un ideotipo moderno de plantas de altura intermedia (68 cm a la base de la panícula o 90 cm con hojas y panículas extendidas). La hoja bandera mide 26,0 cm, mientras que esta hoja en INIA Olimar registró 25,3 cm. El macollaje es abundante, erecto al igual que sus hojas superiores, intermedio en su arquitectura, y menos compacto que INIA Merín. La plasticidad en la construcción del rendimiento es destacada, obteniendo alta productividad mediante la compensación interna de sus componentes -con 550-600 tallos/m<sup>2</sup>, las panículas pueden llevar 120-130 granos totales, mientras que en condiciones que promuevan el macollamiento (700-800/m<sup>2</sup>), la inflorescencia será de menor desarro-

llo (80-100 granos totales/panícula) (Pérez de Vida *et al.*, 2020).

### Calidad molinera

La SLF16007 presenta parámetros de calidad molinera dentro del estándar requerido para su uso comercial, similar a los de las principales variedades en cultivo. En particular, los granos molinados son de aspecto cristalino con bajos porcentajes de Yesado (3,42%) y Área Yesada promedio (18,8%), similares a INIA Olimar (3,60% y 19,3%, respectivamente). En esta serie de ensayos, el porcentaje de granos enteros (61,1%) fue estadísticamente menor que el de INIA Olimar (63,2%). Asimismo esta

**Cuadro 1.** Aspectos de calidad de grano molinados\* y dimensiones en cultivares de arroz en 5 años de evaluación agronómica.

| Cultivar   | % BT    |     | % Ent   |     | % Yeso       |   | %Área yesada |   |   |
|--|---------|-----|---------|-----|--------------|---|--------------|---|---|
| INIA Merín   | 72,1    | A   | 65,9    | A   | 5,88         | A | 20,6         | B | C |
| INIA Olimar  | 69,5    | C   | 63,2    | C   | 3,60         | B | 19,3         | C | D |
| SLF16007   | 69,6    | C   | 61,1    | D   | 3,42         | B | 18,8         |   | D |
| SLI09193   | 69,9    | B C | 63,8    | B C | 4,35         | B | 21,7         | A | B |
| SLI09197   | 70,3    | B   | 64,7    | B   | 6,41         | A | 22,7         | A |   |
| Valores conectados con las mismas letras son estadísticamente iguales (P=0,05). (*molinillo experimental Zaccarias + analizador digital de imágenes Suzuki S21). |         |     |         |     |              |   |              |   |   |
|  | Pr > F  |     | Pr > F  |     | Pr > F       |   | Pr > F       |   |   |
| Cultivar   | <,0001* |     | <,0001* |     | <,0001*      |   | 0,00088*     |   |   |
| Bloque (Ensayo)  | 0,33    |     | 0,54    |     | 0,54         |   | <,0001*      |   |   |
| Ensayo [Año]   | 0,0336* |     | 0,0029* |     | 0,0029*      |   | <,0001*      |   |   |
| Localidad [Año]  | <,0001* |     | 0,0013* |     | 0,0013*      |   | 0,0013*      |   |   |
| Cultivar   | Largo   |     | Ancho   |     | Relación L/A |   |              |   |   |
| INIA Merín   | 7,01    | B   | 2,12    | A   | 3,31 C       |   |              |   |   |
| INIA Olimar  | 7,02    | B   | 2,04    | B   | 3,44 A       |   |              |   |   |
| SLF16007   | 7,07    | A B | 2,06    | B   | 3,43 A       |   |              |   |   |
| SLI09193   | 7,07    | A B | 2,10    | A   | 3,37 B       |   |              |   |   |
| SLI09197   | 7,11    | A   | 2,10    | A   | 3,38 B       |   |              |   |   |
| Valores conectados con las mismas letras son estadísticamente iguales (P=0,05). (* molinillo experimental Zaccarias + analizador digital de imágenes Suzuki S21) |         |     |         |     |              |   |              |   |   |
|  | Pr > F  |     | Pr > F  |     | Pr > F       |   |              |   |   |
| Cultivar   | 0,17    |     | <,0001* |     | <,0001*      |   |              |   |   |
| Bloque [Ensayo]  | <,0001* |     | 0,0007* |     | 0,0013*      |   |              |   |   |
| Ensayo [Año]   | <,0001* |     | <,0001* |     | <,0001*      |   |              |   |   |
| Localidad [Año]  | <,0001* |     | <,0001* |     | <,0001*      |   |              |   |   |

**Cuadro 2.** Días desde siembra a 50% de floración.

| Cultivar    |     | Días a 50% de floración |
|-------------|-----|-------------------------|
| INIA Merín  | A   | 110                     |
| SLI09197    | A B | 107                     |
| SLF16007    | B C | 104                     |
| INIA Olimar | C   | 102                     |
| SLI09193    | D   | 98                      |

variedad presenta similar relación largo: ancho de granos molinados con el novel cultivar SLF16007 (Cuadro 1).

**Ciclo**

En UEPL, el ciclo desde siembra a floración en SLF16007 se puede considerar como de tipo intermedio -estadísticamente similar a INIA Olimar- (siendo 2 días más largo respecto a esta variedad y 6 días más precoz que INIA Merín).

Resultados en RNEC (INIA-INASE 2020, 2021) indican que la diferencia a 50% de floración entre ambos cultivares (SLF16007 e INIA Olimar) es de 2 días (118 vs. 116 días de siembra a floración), mientras que la duración del período de llenado de granos sería 4 días mayor en SLF16007.

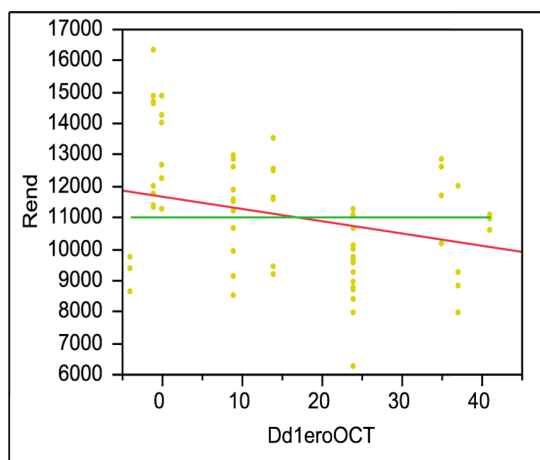
**Reacción a enfermedades a hongos**

El comportamiento frente a *Pyricularia* de SLF16007 ha sido reportada como de reacción HR (altamente resistente) frente a infecciones en hojas, así como en cuellos y panículas (Martínez y Escalante, com. pers., 2021); INIA Olimar presenta reacción de MS (moderadamente susceptible) a este patógeno en iguales condiciones de cama de infección en UEPL. En la pasada zafra 2020-2021, en condiciones de campo (UEPL) se dieron factores ambientales favorables para la aparición de síntomas tardíos de esta enfermedad (cuello) en diversos cultivares, que no se apreciaron en SLF16007.

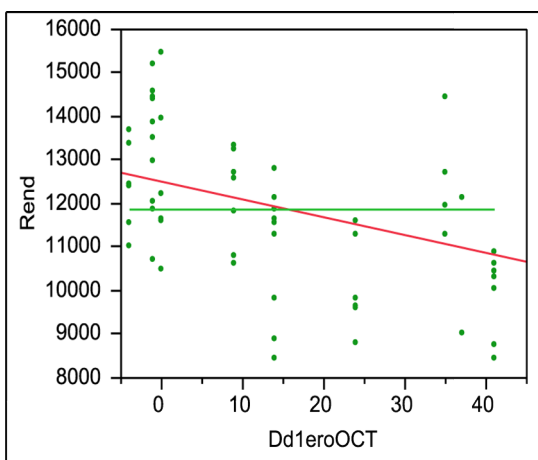
La reacción frente a enfermedades de tallos es muy similar a la incidencia con que se presentan en INIA Olimar; es muy escasa la incidencia de *Rhizoctonia* (IGS: 0,4 y 0,1, en la variedad y SLF 16007 respectivamente), mientras podredumbre de tallo alcanza valores mayores (IGS: 60,6 y 58,0, respectivamente) (INIA-INASE 2021).

**Respuesta a fechas de siembra**

SLF16007 presenta una respuesta a fecha de siembra similar a la que se registra para INIA Olimar en esta serie de datos disponibles. Sus máximos rendimientos se obtienen en fechas tempranas de octubre, registrándose



INIA Olimar: Rend = 11649 - 39,3\*Dd1eroOCT



SLF16007: Rend = 12494 - 40,5\*Dd1eroOCT

**Figura 1.** Rendimiento (kg/ha) de SLF16007 e INIA Olimar según fecha de siembra (días a partir de 1 de octubre). La línea verde en cada cultivar indica el valor promedio de rendimiento en la serie de experimentos. La línea roja es el ajuste de la regresión de la ecuación

una reducción de aprox. 40 kg/ha/día para ambos cultivares con el atraso en la fecha de siembra. Sin embargo, el intercepto de la ecuación, indicativo del potencial en siembras tempranas resulta superior en SLF16007 (12,49 t/ha) respecto a INIA Olimar (11,65 t/ha) (interceptos en ambas líneas de regresión (rojas) en Figura 1).

## CONCLUSIONES

El avance de SLF16007 en el flujo de germoplasma -y primera fase de multiplicación de semillas- se encuadra en el desarrollo de «cultivares de alto potencial», componente 1 del actual Proyecto de Mejoramiento Genético en su fase 2018-2023. SLF16007 es un cultivar de ciclo intermedio con potencial de rendimiento superior a INIA Olimar y similar a INIA Merín, según la información generada durante 5 años de evaluación; su reacción a *Pyricularia* es altamente resistente.

## BIBLIOGRAFÍA

**INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria); INASE (Instituto Nacional de Semillas).** 2020. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de arroz: zafra 2019-2020. Montevideo (Uruguay): INASE; INIA, 2020. 88 p.

**INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria); INASE (Instituto Nacional de Semillas).** 2021. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de arroz: zafra 2020-2021. Montevideo (Uruguay): INASE; INIA, 2021. 87 p.

**Pérez de Vida, F.; Carracelas, G.; Vargas, J.** 2020. Interacción G\*E: Evaluación final de cultivares *indica* en localidades. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.). Arroz 2020. Montevideo (UY): INIA, 2020. p. 39-42. (INIA Serie Técnica; 257). doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

# 21. EVALUACIÓN DE CULTIVARES RESISTENTES A LAS IMIDAZOLINONAS EN ENSAYOS DE FAJAS

F. Molina<sup>1</sup>, C. Marchesi<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:** adaptación, germoplasma elite, rendimiento.

## INTRODUCCIÓN

Una de las etapas más importantes en el desarrollo de variedades es la evaluación final de los materiales. Paralelamente a los ensayos de evaluación final en INIA Treinta y Tres (Paso de la Laguna), se instalaron ensayos en fajas en diferentes localidades. Esta información en conjunto con los ensayos de la Red de Evaluación de Cultivares es relevante para identificar los mejores materiales y observar el comportamiento en un rango más amplio de ambientes. Por otro lado, en la Unidad Experimental Paso de la Laguna, los suelos tienen una elevada intensidad de uso. Esto determina, en ocasiones, que el potencial de los cultivares esté limitado por dicho factor. Los cultivares más destacados de estos ensayos en conjunto con la información histórica del programa son determinantes sobre qué cultivares avanzan a la etapa de multiplicación para ser validados a escala comercial, previo a su registro.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra 2020-2021 se instalaron ensayos IMI (imidazolinonas) en fajas en cuatro localidades (Séptima baja en Treinta y Tres, 18 de Julio en Rocha, Laguna Merín en Río Branco, y Paso Farías, Artigas) abarcando un espectro amplio y diverso de suelos, clima y manejos. En las diferentes localidades, la siembra se realizó sobre suelos con laboreo anticipado de verano y movido en primavera previo a la siembra. A continuación, se presentan los datos más relevantes de la instalación y manejo de las fajas (Cuadro 1). En todos los casos, los cultivos en las fajas fueron manejadas por los productores igual que en sus chacras comerciales.

Se sembraron 10 parcelas de 3 metros de ancho por 10 metros de largo con 3 repeticiones en cada localidad. La cosecha de parcelas se realizó con una cosechadora automotriz (Fotón). Luego de la cosecha se procesaron

**Cuadro 1.** Manejo de los ensayos por localidad.

|               | Paso Farías- Artigas   | Laguna Merin- RB   | Séptima- TyT  | 18 de Julio- Rocha  |
|---------------|--|--|---|---|
| Antecesor     | Retorno sin pradera  | Año intermedio   | Retorno de 4 años de pradera  | Retorno de 2 años   |
| Siembra       | 30 de set.   | 13 de oct.   | 26 de set.  | 25 de set.  |
| Fertilización |  |  |   |   |
| Basal         | 6 kg/ha de N + 30 kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 108 kg/ha de K <sub>2</sub> O | 65 kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 60 kg/ha de K <sub>2</sub> O | 5 kg/ha de N + 25 kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 73 kg/ha de K <sub>2</sub> O | 14,4 kg/ha de N + 62 kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 120 kg/ha de K <sub>2</sub> O |
| Macollaje     | 44 kg/ha de N  | 69 kg/ha de N  | 78 kg/ha de N   | 92 kg/ha de N   |
| Primordio     | 32 kg/ha de N  | 23 kg/ha de N  | 28 kg/ha de N   | 41 kg/ha de N   |
| Fungicida     | 0  | Si   | 0   | Si  |

<sup>1</sup> Federico Molina, PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

<sup>2</sup> Claudia Marchesi, PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.



las muestras de los diferentes materiales para determinar calidad molinera.

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

**Cultivares:** Se incluyeron 8 materiales de los cuales 2 son *japónica tropical* (CL1339 y CL1092) y 6 de tipo *índica* CL 1294, CL1202, CL1289, CL1119, CL1493 y 7009FP. De forma adicional se incluyeron a Guri INTA CL y Memby Pora como testigos varietales CL. Se utilizó una densidad equivalente a 130 kg/ha de semillas (corregidos por peso de 1.000 granos y % de germinación).

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

La productividad media de los ensayos fue muy alta pero diferente significativamente entre localidades. El rendimiento medio en Treinta y Tres fue 12,4 t/ha mientras que en Rocha fue 12,7 t/ha, no siendo diferentes estadísticamente. Mientras que en Río Branco el rendimiento fue 11 t/ha y en Artigas 9,6 t/ha. Estas dos últimas localidades difirieron entre sí y con Treinta y Tres y Rocha. Se detectó interacción cultivar por localidad, por lo

que el rendimiento se presenta por localidad (Cuadro 2).

Tomando como testigo comercial a Gurí INTA CL en cada localidad su rendimiento en promedio estuvo por debajo de varios cultivares, aunque con valores absolutos muy altos. Se destacan algunos cultivares, como es el caso de CL1202, rindiendo más que Gurí INTA CL en todas las localidades, con un rendimiento máximo de 14.575 kg/ha en Rocha. El cultivar CL1493 rindió 5% más que Gurí INTA CL en promedio, pero presentó algunos problemas que se detallan más adelante. La productividad de CL1294 si bien no difirió con el testigo Gurí INTA CL, fue levemente inferior en Río Branco y Rocha y superior en Artigas y Treinta y Tres, logrando en promedio 5% más de rendimiento que el testigo comercial. CL1339, como tradicionalmente sucede en materiales de tipo *japónica tropical*, no tiene buena adaptación al norte, sin embargo, se destacó en las tres localidades de la zona este.

En el cuadro 3 se presentan algunas variables agronómicas y de calidad. La altura corresponde solamente a dos localidades y no se detectó interacción cultivar x localidad, por lo que se presenta la información por cultivar. Todos los cultivares tiene un porte intermedio, a excepción de CL1202,

**Cuadro 2.** Rendimiento de los cultivares en las cuatro regiones y rendimiento relativo a la variedad testigo Gurí INTA CL.

| Material   | Río Branco |        | Séptima, TyT |        | 18 Julio, Rocha |        | Paso Farías, Art. |        | Rend. rel. |     |     |     |
|------------|------------|--------|--------------|--------|-----------------|--------|-------------------|--------|------------|-----|-----|-----|
|            |            | % Gurí | kg/ha        | % Gurí | kg/ha           | % Gurí | kg/ha             | % Gurí | % Gurí     |     |     |     |
| CL1202     | a          | 113    | 11.871       | bc     | 100             | 14.575 | a                 | 114    | 9.999      | ab  | 110 | 109 |
| Memby Porá | ab         | 104    | 13.153       | a      | 111             | 11.341 | d                 | 89     | 10.556     | a   | 116 | 105 |
| CL1493     | b          | 100    | 12.758       | ab     | 108             | 12.962 | bc                | 101    | 9.966      | ab  | 110 | 105 |
| CL1294     | b          | 96     | 13.118       | a      | 111             | 12.546 | cd                | 98     | 10.195     | ab  | 112 | 104 |
| CL1339     | ab         | 105    | 12.303       | abc    | 104             | 14.273 | ab                | 112    | 8.537      | c   | 94  | 104 |
| 7009 FP    | b          | 100    | 12.404       | abc    | 105             | 12.137 | cd                | 95     | 9.788      | ab  | 108 | 102 |
| Gurí       | b          | 100    | 11.862       | bc     | 100             | 12.796 | cd                | 100    | 9.080      | bc  | 100 | 100 |
| CL1092     |            |        | 12.520       | ab     | 106             | 12.482 | cd                | 98     | 8.522      | c   | 94  | 99  |
| CL1119     | c          | 81     | 12.457       | abc    | 105             | 12.088 | cd                | 94     | 9.722      | abc | 107 | 97  |
| CL1289     | b          | 98     | 11.243       | c      | 95              | 11.597 | cd                | 91     | 9.379      | abc | 103 | 97  |
| CV (%)     |            |        | 5,8          |        |                 | 6,75   |                   |        | 7,52       |     |     |     |
| MDS(kg/ha) |            |        | 1.233        |        |                 | 1.512  |                   |        | 1.234      |     |     |     |

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

| Material     | Altura (cm) | Scle (IS) | Rhiz (IS) | Pyri (*) | Entero (%) | Yeso (%) |
|--------------|-------------|-----------|-----------|----------|------------|----------|
| CL1092       | 92          | 4,0       | 4,0       | R        | 71,3       | 2,7      |
| CL1119       | 87          | 4,7       | 4,7       | R        | 67,2       | 2,9      |
| CL1202       | 96          | 3,0       | 4,3       | R        | 67,1       | 2,8      |
| CL1289       | 84          | 5,0       | 5,0       | R        | 69,1       | 2,1      |
| CL1294       | 84          | 3,7       | 4,0       | R        | 67,8       | 2,9      |
| CL1339       | 76          | 3,3       | 2,7       | S        | 70,5       | 2,5      |
| CL1493       | 91          | 4,0       | 2,7       | S        | 66,0       | 9,0      |
| Gurí INTA CL | 88          | 3,7       | 3,7       | S        | 68,3       | 2,8      |
| Memby Porá   | 85          | 4,0       | 4,0       | S        | 68,6       | 3,2      |
| 7009 FP      | 84          | 5,0       | 5,0       | S        | 68,3       | 2,2      |
| CV (%)       | 5,3         | 33        | 41        |          | 2,4        | 48       |
| MDS(kg/ha)   | 5,4         | ns        | ns        |          | 1,6        | 1,7      |

(\*) Pyri: *Pyricularia*, R. resistente, S. susceptible.

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

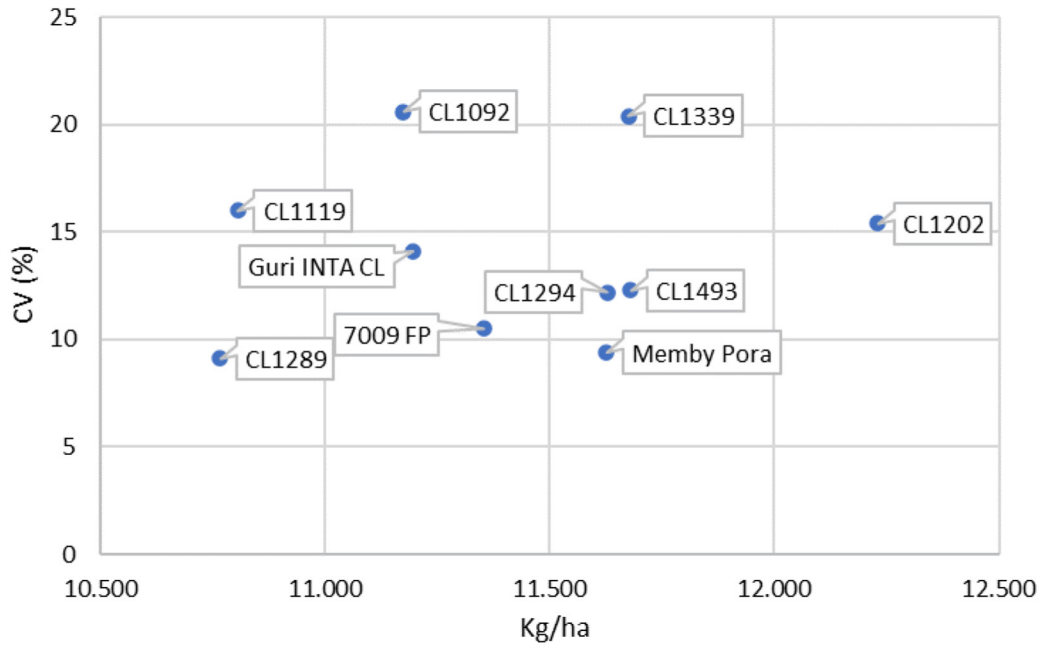
el cual es un cultivar de mayor porte, logrando 96 cm. A pesar de su porte, no se ha registrado vuelco en ningún año de evaluación. Dentro de las enfermedades más importantes no se encontraron diferencias significativas tanto para *Rhizoctonia* como para *Sclerotium*. Cabe resaltar que esta información se registró solamente en Rocha donde el productor aplicó dos fungicidas. La evaluación de *Pyricularia* en hoja se realizó en cama de infección, donde se discriminan los materiales en susceptibles o resistentes. Cinco líneas fueron resistentes, entre ellas, CL1294 y CL1202. Dichos materiales están en validación y han mostrado resistencia a *Pyricularia* en al menos 3 años. Los valores de entero son extremadamente altos y muy relacionado al uso de un pulidor Zaccarias el cual es diferente al que normalmente era usado en años anteriores (Satake). Sin embargo, se observa un gradiente y diferencias entre cultivares (Cuadro 3). Por otra parte, los análisis de calidad industrial fueron procesados de forma automática mediante el S21. En promedio de las localidades los valores fueron bajos, de todas formas, el cultivar CL1493 mostró valores muy altos (9%) por lo que se descartará para la próxima zafra.

## Estabilidad

La performance de los materiales en diferentes ambientes se puede cuantificar de varias maneras, una de las formas más sencillas y prácticas es a través del coeficiente de variación (CV) y la variable en cuestión. Como se puede ver en la figura 1, el cultivar de mayor rendimiento (CL1202) no necesariamente es el más estable para estas 4 localidades, aunque su CV no fue de los más altos. Las dos líneas japónicas tienen una variabilidad más alta, probablemente explicada por su performance en Río Branco y Artigas, donde no tiene las mejores condiciones para expresar su potencial. La CL 1294 mostró equilibrio relativo al posicionarse en la media de rendimiento del gráfico y con un CV relativamente bajo.

## CONCLUSIONES

La evaluación a escala pre comercial es un insumo importante para el programa de mejoramiento y permite detectar fortalezas y debilidades de los materiales antes de su validación a escala comercial. El rendimiento fue muy alto en las 4 localidades. El nuevo cultivar de ciclo largo y resistente a *Pyricularia*, CL1202,



**Figura 1.** Estabilidad de los genotipos en función del rendimiento y coeficiente de variación.

mostró altísimo potencial, alcanzando 14,6 t/ha en Rocha con condiciones climáticas excepcionales. Dicho cultivar también fue el de mayor rendimiento medio de las 4 localidades.

El CL1294, también resistente a *Pyricularia*, pero de ciclo intermedio-corto rindió 4% más que el testigo Guri INTA CL.

## 22. EVALUACIÓN DE CULTIVARES TIPO JAPONICA EN ENSAYOS DE FAJAS

F. Molina<sup>1</sup>, C. Marchesi<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:** adaptación, germoplasma elite, rendimiento

### INTRODUCCIÓN

Al igual que los materiales resistentes a las imidazolinonas, se están evaluando una serie de materiales *japónica tropical* que actualmente también se encuentran en la Red Nacional de Evaluación de Cultivares. Una de las etapas más importantes en el desarrollo de variedades es la evaluación final de los materiales. Esta información en conjunto con los ensayos internos en Paso de la Laguna es sumamente importante para poder identificar los materiales superiores y observar el comportamiento en un rango más amplio de ambientes. Los cultivares más destacados de estos ensayos en conjunto con la información histórica del programa son determinantes en la identificación

de cultivares para avanzar a la etapa de multiplicación y ser validados a escala comercial, previo a su registro.

### MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra 2020-2021 se instalaron ensayos en fajas en tres localidades (Séptima baja de Treinta y Tres, 18 de Julio, Rocha, y Paso del Sauce, Tacuarembó) abarcando un espectro amplio y diverso de suelos, clima y manejos. En las diferentes localidades, la siembra se realizó sobre un suelo con laboreo de verano y movido en primavera con diferente intensidad. A continuación, se presentan los datos más relevantes de la instalación y manejo de las fajas (Cuadro 1). En todos

**Cuadro 1.** Manejo de los ensayos por localidad.

|               | Paso del Sauce<br>Tacuarembó  | Séptima baja<br>Treinta y Tres  | 18 de Julio<br>Rocha  |
|---------------|---|---|---|
| Antecesor     | Retorno de 10 años  | Retorno Pradera de 4 años   | Retorno de 2 años   |
| Siembra       | 20 de oct.  | 26 de set.  | 25 de set.  |
| Fertilización |   |   |   |
| Basal         | 5 kg/ha de N +<br>25 kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +<br>73 kg/ha de K <sub>2</sub> O | 5 kg/ha de N +<br>25 kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +<br>73 kg/ha de K <sub>2</sub> O | 14,4 kg/ha de N +<br>62 kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +<br>120 kg/ha de K <sub>2</sub> O |
| Macollaje     | 78 kg/ha de N   | 78 kg/ha de N   | 92 kg/ha de N   |
| Primordio     | 28 kg/ha de N   | 28 kg/ha de N   | 41 kg/ha de N   |
| Fungicida     | 0   | 0   | Si  |

<sup>1</sup> Federico Molina, PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

<sup>2</sup> Claudia Marchesi, PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

los casos, los cultivos en las fajas fueron manejadas por los productores igual que en la chacra comercial. Se sembraron 8 parcelas de 3 metros de ancho por 10 metros de largo con 3 repeticiones en cada localidad. La cosecha de parcelas se realizó con una cosechadora automotriz (Fotón). Luego de la cosecha se procesaron las muestras de los diferentes materiales para determinar calidad molinera.

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

**Cultivares:** Se incluyeron 8 materiales de los cuales 2 son testigos *japónica tropical* (INIA Tacuarí y Parao), 5 líneas *japónica tropical* y un material *japónica templado* tipo Carnaroli. Se utilizó una densidad equivalente a 140 kg/ha de semillas (corregidos por peso de 1.000 granos y % de germinación).

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

La productividad media de los ensayos fue alta en las tres localidades, pero diferente significativamente. El rendimiento medio en Treinta y Tres fue 11 t/ha mientras que en Rocha fue 12,2 t/ha y en Tacuarembó 9,6 t/ha. Se detectó interacción cultivar por localidad

en el análisis conjunto, por lo que se presenta la información de rendimiento por localidad (Cuadro 2).

Tomando como testigo comercial a INIA Tacuarí en términos estadísticos, no se detectaron diferencias para la localidad de Rocha dentro del subgrupo *japónica tropical* de grano largo. El material más productivo para dicha localidad fue L12091 con 10% por encima del testigo. En Treinta y Tres, al igual que en Rocha, el material más productivo fue L12091 con 17% más de rendimiento que el testigo seguido por Parao con 9%. El cultivar L12091, al igual que los demás cultivares *japónica tropical*, obtuvieron mayores rendimientos que INIA Tacuarí en Tacuarembó. Sin embargo, cabe aclarar que el cultivar INIA Tacuarí vio afectado su rendimiento por problema de pájaros en esta última localidad. El cultivar Carnise (tipo Carnaroli) obtuvo valores interesantes de rendimiento en función del tipo de grano y potencial de este tipo de cultivares en nuestro país. Asimismo, se destacó el cultivar L12091 con 23% más de rendimiento que INIA Tacuarí en el promedio de las localidades.

En el cuadro 3 se presentan algunas variables agronómicas y de calidad. La altura corresponde solo a dos localidades y no se detectó interacción cultivar x localidad por lo que se presenta la información por cultivar. Todos los cultivares tienen un porte intermedio, excepto L12148 que es más

**Cuadro 2.** Rendimiento de los cultivares en las tres regiones y rendimiento relativo a la variedad testigo INIA Tacuarí

| Material     | 18 Julio, Rocha |           | Séptima, TyT |           | P. del Sauce, Tbó |           | Rend. Rel.<br>% Tacuarí |
|--------------|-----------------|-----------|--------------|-----------|-------------------|-----------|-------------------------|
|              | kg/ha           | % Tacuarí | kg/ha        | % Tacuarí | kg/ha             | % Tacuarí |                         |
| L11357       | 12451           | ab 103    | 11163        | bc 104    | 10465             | a 145     | 117                     |
| L12091       | 13280           | a 110     | 12562        | a 117     | 10306             | a 143     | 123                     |
| L12117       | 12833           | ab 106    | 11326        | bc 105    | 10078             | a 139     | 117                     |
| L12148       | 13078           | ab 108    | 11351        | bc 105    | 10022             | a 139     | 117                     |
| L11836       | 12480           | ab 103    | 11399        | bc 106    | 9542              | a 132     | 114                     |
| INIA Tacuarí | 12090           | b 100     | 10765        | c 100     | 7232              | b 100     | 100                     |
| Parao        | 12898           | ab 107    | 11739        | ab 109    | 9759              | a 135     | 117                     |
| Carnise      | 8374            | c 69      | 8180         | d 76      | 9423              | a 130     | 92                      |
| CV (%)       | 5,58            |           | 4,75         |           | 9,69              |           |                         |
| MDS (kg/ha)  | 1190            |           | 920          |           | 1824              |           |                         |

**Cuadro 3.** Características agronómicas y calidad molinera de distintos cultivares de arroz. Media de las localidades de Treinta y Tres y Rocha.

| Material     | Altura (cm) | Pyri (*) | B. Total (%) | Entero (%) | Yeso (%) | Macha (%) | Largo (mm) | Ancho (mm) |
|--------------|-------------|----------|--------------|------------|----------|-----------|------------|------------|
| L11357       | 82          | R        | 73,7         | 66,8       | 3,4      | 0,14      | 7,10       | 2,01       |
| L12091       | 84          | R        | 71,8         | 66,7       | 2,5      | 0,06      | 7,12       | 2,02       |
| L12117       | 81          | S        | 73,1         | 68,3       | 3,4      | 0,08      | 6,68       | 2,11       |
| L12148       | 75          | S        | 73,1         | 69,2       | 2,3      | 0,07      | 6,83       | 2,11       |
| L11836       | 87          | R        | 73,5         | 67,8       | 5,8      | 0,11      | 6,61       | 2,01       |
| INIA Tacuarí | 86          | S        | 74,0         | 71,1       | 2,8      | 0,16      | 6,39       | 1,97       |
| Parao        | 83          | S        | 72,4         | 67,7       | 5,7      | 0,15      | 6,98       | 2,15       |
| Carnise      | 85          | S        | 71,6         | 61,7       | 52,7     | 0,08      | 6,84       | 2,95       |
| CV (%)       | 5,4         |          | 0,7          | 1,6        | 15       | 58        | 0,8        | 2,0        |
| MDS (kg/ha)  | 2,6         |          | 0,57         | 1,23       | 1,7      | 0,07      | 0,03       | 0,03       |

(\*) Pyri. *Pyricularia*, R. resistente, S. susceptible.

bajo. La susceptibilidad a *Pyricularia* fue evaluada en la cama de infección en Paso de la Laguna y solo 3 cultivares (L11357, L12091 y L11836) se comportaron como resistentes. Los demás se comportaron como susceptibles con diferente grado de afección. En cuanto a calidad molinera, los valores de blanco total y entero están muy por encima de la base de comercialización, no detectándose problemas. El porcentaje de yeso discriminó algo más a los cultivares, en particular a Carnise. Dicho material es yesoso o «perlado», propio de estos cultivares tipo Carnaroli de origen italiano. Dentro de las dimensiones de granos pulidos, el cultivar L12091, que se destacó en productividad, es considerablemente más largo que INIA Tacuarí con 7,12 mm de largo y sin presentar problemas de quebrado.

De forma complementaria a la información de ensayos en macro parcelas de campos de productores en el cuadro 4 se resumen la información obtenida de Paso de la Laguna para dichos cultivares presentado la media de 4 años (zafra 2017-2018 a 2020-2021). Se muestran las variables más importantes para los cultivares que estuvieron en evaluación en fajas y validación. En este caso el cultivar Carnise no fue incluido.

Como se aprecia en el cuadro 4, los cultivares evaluados en Paso de la Laguna obtuvieron rendimientos entre 3 y 8 % por encima de

Parao, material *japónica tropical* usado como testigo de alto potencial. El rendimiento de INIA Tacuarí no se usó como referencia ya que en algunos años presentó daño por pájaros en Paso de la Laguna. Todos los materiales poseen ciclos más largos que INIA Tacuarí, por lo que se catalogarían como ciclos intermedios. L12148 al igual que en los ensayos en fajas posee menor porte que los demás cultivares. Los cultivares muestran buenos valores en calidad molinera y al momento de realizar el reporte se realizó una evaluación primaria de calidad culinaria, encontrándose que los materiales no presentan ningún problema de soltura o textura.

## CONCLUSIONES

La evaluación a escala pre comercial es un insumo importante para el programa de mejoramiento y permite detectar fortalezas y debilidades de los materiales antes de su validación a escala comercial. Las dos localidades en el este del país permitieron sumar información de muy buena calidad, reflejada en los bajos coeficientes de variación para rendimiento. A modo de resumen, con la información generada, L12091 y L11357 continuarán las siguientes etapas de evaluación basado en su buena performance en productividad, resistencia a *Pyricularia*, tipo de planta, ciclo y calidad.



**Cuadro 4.** Promedio de ensayo de evaluación interna Paso de la Laguna para las variables más destacadas. Zafra 2017-2018 a 2020-2021.

| Cultivar     | Rend. (kg/ha) | % Parao | C. Flor. (días) | Altura (cm) | Sci. (1) | Rhizo. (1) | B. Tot. (%) | Entero (%) | Yesa. (%) |
|--------------|---------------|---------|-----------------|-------------|----------|------------|-------------|------------|-----------|
| L11357       | 10991         | 108     | 104             | 81          | 3,4      | 3,1        | 72,3        | 64,8       | 6,1       |
| L11836       | 10430         | 103     | 99              | 90          | 2,9      | 2,7        | 72,5        | 64,7       | 6,0       |
| L12091       | 10636         | 105     | 102             | 82          | 3,4      | 2,6        | 70,3        | 65,1       | 4,8       |
| L12117       | 10396         | 103     | 100             | 79          | 2,9      | 3,1        | 71,2        | 66,9       | 5,0       |
| L12148       | 10658         | 105     | 104             | 77          | 3,2      | 3,3        | 71,5        | 66,5       | 5,2       |
| INIA Tacuarí | 8717          | 86      | 97              | 87          | 4,0      | 3,3        | 72,0        | 67,0       | 6,1       |
| Parao        | 10138         | 100     | 104             | 83          | 3,3      | 2,5        | 70,9        | 66,1       | 7,1       |
| L9884        | 9685          | 96      | 104             | 93          | 2,9      | 2,2        | 71,7        | 68,3       | 2,8       |

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

## BIBLIOGRAFÍA

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

**Marchesi, C.** 2021. Resultados de la Red de Evaluación de Cultivares de Arroz. Zafra 2020-2021. INASE-INIA, INIA Tacuarembó, Uruguay

**Molina, F. 2020.** Evaluación avanzada de cultivares japónica tropicales. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.) Arroz 2020. Montevideo (UY): INIA, 2020. p. 19-22. (INIA Serie Técnica; 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

## 23. DESARROLLO DE CULTIVARES DE CALIDAD ESPECIAL: GRANOS MEDIOS (TIPO «CALROSE»)

F. B. Pérez de Vida<sup>1</sup>

**PALABRAS CLAVE:** calidad molinera, *japónica* templado, rendimiento, RVA

### INTRODUCCIÓN

El proyecto de mejoramiento genético (PMGA) de INIA en su formulación 2018-2023, definió como un componente de sus actividades el desarrollo de cultivares de calidades especiales (granos cortos, medios, largo-ancho, aromáticos). El uso comercial de estas categorías de cultivares es aún muy acotada en el país; sin embargo, representan potenciales mercados de buenos valores de precios, aunque de dimensión menor (nichos de mercado). En el mercado mundial, las exportaciones de arroces en el segmento de granos medios y cortos son un 4% del volumen total (1,75 millones de toneladas (base elaborado)) y un 6,6% del valor de comercialización (A. Durand, com. pers.). Surge así una estimación de aprox. 700 USD/t (base elaborado) como el precio de comercialización promedio en los últimos 5 años -con variaciones significativas según el país productor-. La fuente principal de germoplasma para este objetivo ha sido tradicionalmente la base genética *japónica* templado, lo cual provee en general una buena adaptación a las condiciones templadas de gran parte del área arroceras nacional (principalmente Este y Centro del país).

En la actualidad, el PMGA dispone de un grupo de cultivares en estadio de evaluación avanzada (hasta 4 años en ensayos parcelarios) cuyos resultados -agronómicos (productividad, ciclo, sanidad) y de calidad molinera- son discutidos en este artículo.

### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### Históricos

A partir de una serie de poblaciones desarrolladas mediante cruzamientos locales -y tras el proceso de selección y evaluación- se avanzaron líneas experimentales de granos medios de tipo Calrose (Cuadro 1). Luego de 4 años de ensayos experimentales, -en su mayoría realizados en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL)- se selecciona un grupo que presenta muy adecuada adaptación con rendimiento medio de 9,75 t/ha, con ciclos de siembra a floración en el rango de 95 a 115 días. El objetivo general de identificación de cultivares en este segmento con alta productividad (+9 t/ha), resistencia a *Pyricularia* (altamente resistentes, HR (nota 0-1) se alcanza con diversos genotipos (Cuadro 1, indicados con subrayado). Sin embargo, la mayor productividad resultó en cultivares con reacción de moderada resistencia, (MR, nota 3-4). Considerando a las variedades de Sunrice (Australia) codificadas como RP1 y RP2 como típicas del segmento de referencia, se aprecia que un conjunto de líneas experimentales del PMGA son categorizadas como similares en sus dimensiones de granos y aspectos de calidad industrial a los cultivares testigo. En este sentido, la calidad de la pasta de almidón, evaluada por RVA, contenidos de amilosa y proteína (C. Quirk, com. pers., 2020) indica la adaptación de estos cultivares a la calidad esperada en el segmento (Cuadro 2).

<sup>1</sup> Fernando Pérez de Vida, PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

**Cuadro 1.** Evaluación de cultivares de grano medio (tipo Calrose) 2017-2018 a 2020-2021, UEPL.

| Cultivar   | Rendimiento | Molino |      |       | Ciclo<br>c50F | Pyri |       | Medidas de granos |       |         |
|------------|-------------|--------|------|-------|---------------|------|-------|-------------------|-------|---------|
|            | SL          | %BT    | %Ent | %Yeso |               | Prom | 20/21 | Largo             | Ancho | Rel L:A |
| SLI17123   | 9,08        | 70,7   | 69,4 | 4,41  | 109           | 1    | 0     | 6,08              | 2,83  | 2,15    |
| SLI17127   | 9,25        | 70,1   | 68,5 | 4,98  | 115           | 1    | 4     | 6,02              | 2,91  | 2,07    |
| SLI17135   | 8,36        | 69,7   | 68,7 | 3,94  | 107           | 0    | 0     | 6,11              | 2,82  | 2,16    |
| SLI17142   | 10,03       | 69,9   | 68,8 | 4,45  | 111           | 2    | 0(4)  | 6,10              | 2,88  | 2,11    |
| SLI17144   | 9,39        | 69,6   | 66,0 | 6,33  | 99            | 1    | 0     | 5,97              | 3,10  | 1,93    |
| SLI17150   | 8,44        | 69,3   | 67,9 | 5,49  | 110           | 1    | 0(3)  | 6,06              | 3,09  | 1,96    |
| SLI17153   | 9,01        | 70,5   | 69,2 | 4,59  | 103           | 0    | 0(4)  | 6,10              | 2,98  | 2,05    |
| SLI17158   | 9,57        | 69,9   | 67,6 | 5,09  | 107           | 0    | 0     | 6,08              | 2,85  | 2,14    |
| SLI17160   | 9,82        | 70,7   | 68,9 | 4,80  | 105           | 0    | 0     | 6,08              | 2,90  | 2,10    |
| SLI17162   | 9,11        | 70,5   | 69,2 | 4,84  | 102           | 0    | 0     | 6,01              | 2,91  | 2,07    |
| SLI17164   | 9,46        | 70,9   | 69,5 | 6,41  | 104           | 2    | 4     | 5,85              | 2,96  | 1,98    |
| SLI17165   | 9,71        | 71,1   | 69,0 | 4,60  | 102           | 0    | 0     | 6,08              | 2,95  | 2,06    |
| SLI17175   | 8,63        | 70,6   | 68,6 | 6,22  | 104           | 0    | 0     | 6,07              | 2,95  | 2,05    |
| SLI17210   | 9,33        | 70,9   | 69,4 | 4,26  | 113           | 1    | 0     | 6,08              | 2,94  | 2,06    |
| SLI17215   | 9,25        | 70,7   | 68,3 | 4,09  | 104           | 1    | 4     | 6,03              | 2,74  | 2,20    |
| SLI14184-1 | 9,72        | 73,9   | 68,3 | 7,82  | 109           | 3    | 5     | 5,90              | 2,66  | 2,22    |
| SLI14184-2 | 10,13       | 73,6   | 67,4 | 9,62  | 106           | 3    | 5     | 5,98              | 2,76  | 2,17    |
| SLI14184-3 | 10,48       | 73,8   | 68,6 | 7,05  | 107           | 3    | 5     | 6,06              | 2,74  | 2,22    |
| SLI14202-4 | 11,40       | 73,1   | 66,9 | 8,22  | 114           | 2    | 4     | 5,78              | 2,63  | 2,20    |
| SLI14202-6 | 11,16       | 73,8   | 67,4 | 7,17  | 114           | 2    | 4     | 5,76              | 2,66  | 2,17    |
| SLI14209-3 | 11,05       | 73,9   | 68,1 | 9,33  | 114           | 0    | 0-4   | 5,83              | 2,67  | 2,18    |
| SLI14222-2 | 10,58       | 73,4   | 68,2 | 8,82  | 106           | 2    | 4     | 5,95              | 2,71  | 2,20    |
| SLI14222-5 | 10,44       | 74,4   | 67,9 | 10,42 | 102           | 2    | 4     | 6,11              | 2,61  | 2,34    |
| SLI14226-1 | 10,64       | 74,5   | 70,5 | 6,61  | 109           | 0    | 3-4   | 6,01              | 2,71  | 2,22    |
| SLI14233-1 | 10,13       | 73,9   | 70,2 | 8,33  | 111           | 0    | 3-4   | 6,03              | 2,71  | 2,22    |
| SLI14233-3 | 10,75       | 74,4   | 69,6 | 7,32  | 110           | 0    | 3-4   | 5,89              | 2,79  | 2,11    |
| SLI14233-5 | 10,66       | 74,9   | 71,6 | 6,17  | 109           | 0    | 3-4   | 6,02              | 2,64  | 2,28    |
| RP2        | 9,44        | 71,0   | 69,9 | 5,83  | 98            | 0    | 0     | 6,05              | 2,87  | 2,11    |
| RP1        | 9,12        | 70,8   | 64,9 | 10,73 | 102           | 7    | 7     | 5,76              | 2,78  | 2,07    |
| Medias     | 9,75        | 71,9   | 68,6 | 6,4   | 107           | 1    | 2,4   | 6,00              | 2,82  | 2,13    |

**Cuadro 2.** Parámetros de calidad de almidón de cultivares de grano medio (tipo Calrose).

| Cultivar   | RVA  |        |       |        |       | PTime | Pasting | Amyl% | NIR Prtn% |
|------------|------|--------|-------|--------|-------|-------|---------|-------|-----------|
|            | Peak | Trough | Brkdn | F Visc | Stbck |       |         |       |           |
| SLI17123   | 3128 | 1395   | 1733  | 2519   | -609  | 6,0   | 68,1    | 18,6  | 5,9       |
| SLI17127   | 2883 | 1353   | 1530  | 2574   | -309  | 6,0   | 67,4    | 18,3  | 6,4       |
| SLI17135   | 3388 | 1611   | 1777  | 2893   | -495  | 5,9   | 68,9    | 19,5  | 6,4       |
| SLI17142   | 3094 | 1523   | 1571  | 2802   | -292  | 6,1   | 68,0    | 19,3  | 6,2       |
| SLI17144   | 2992 | 1641   | 1351  | 3160   | 168   | 6,1   | 68,1    | 20,9  | 6,5       |
| SLI17150   | 2905 | 1410   | 1495  | 2778   | -127  | 5,9   | 69,7    | 20,4  | 7,0       |
| SLI17153   | 3186 | 1505   | 1681  | 2759   | -427  | 5,9   | 67,4    | 20,4  | 6,5       |
| SLI17158   | 2980 | 1450   | 1530  | 2766   | -214  | 5,9   | 68,9    | 19,3  | 6,4       |
| SLI17160   | 3153 | 1470   | 1683  | 2650   | -503  | 5,9   | 66,5    | 20,5  | 6,0       |
| SLI17162   | 3427 | 1608   | 1819  | 2857   | -570  | 6,0   | 68,8    | 19,4  | 6,9       |
| SLI17164   | 2842 | 1337   | 1505  | 2541   | -301  | 6,1   | 68,1    | 19,4  | 6,2       |
| SLI17165   | 3232 | 1516   | 1716  | 2780   | -452  | 5,9   | 68,1    | 20,0  | 6,3       |
| SLI17175   | 3123 | 1474   | 1649  | 2732   | -391  | 5,9   | 68,1    | 20,5  | 6,7       |
| SLI17210   | 3099 | 1424   | 1675  | 2566   | -533  | 6,1   | 68,1    | 19,1  | 6,6       |
| SLI17215   | 2772 | 1573   | 1199  | 3253   | 481   | 6,1   | 67,4    | 22,0  | 6,3       |
| SLI14184-1 | 3075 | 1731   | 1344  | 3509   | 434   | 5,9   | 68,1    | 21,9  | 6,3       |
| SLI14184-2 | 2891 | 1581   | 1310  | 3354   | 463   | 5,8   | 68,8    | 22,5  | 6,4       |
| SLI14184-3 | 3050 | 1659   | 1391  | 3426   | 376   | 5,8   | 68,8    | 22,0  | 5,9       |
| SLI14202-4 | 3005 | 1677   | 1328  | 3439   | 434   | 5,9   | 66,5    | 22,3  | 5,7       |
| SLI14202-6 | 2971 | 1570   | 1401  | 3147   | 176   | 5,8   | 66,5    | 22,6  | 6,0       |
| SLI14209-3 | 2855 | 1570   | 1285  | 3052   | 197   | 5,9   | 66,4    | 21,6  | 6,4       |
| SLI14222-2 | 3091 | 1715   | 1376  | 3401   | 310   | 5,9   | 68,2    | 21,7  | 6,7       |
| SLI14222-5 | 3089 | 1684   | 1405  | 3341   | 252   | 5,8   | 68,9    | 21,9  | 6,4       |
| SLI14226-1 | 2979 | 1643   | 1336  | 3423   | 444   | 5,9   | 69,6    | 21,3  | 6,2       |
| SLI14233-1 | 2894 | 1617   | 1277  | 3456   | 562   | 5,9   | 67,3    | 22,3  | 6,0       |
| SLI14233-3 | 3012 | 1637   | 1375  | 3300   | 288   | 5,9   | 67,3    | 22,5  | 6,6       |
| SLI14233-5 | 3040 | 1684   | 1356  | 3481   | 441   | 5,9   | 68,0    | 20,9  | 6,5       |
| RP2        | 3281 | 1723   | 1558  | 3180   | -101  | 6,1   | 68,1    | 20,8  | 6,2       |
| RP1        | 3194 | 1831   | 1363  | 3311   | 117   | 6,1   | 67,3    | 20,5  | 6,5       |
| C289       | 2955 | 1600   | 1355  | 2920   | -35   | 6,1   | 68,1    | 18,4  | 7,0       |

## Resultados zafra 2020-2021

La evaluación avanzada de este grupo comprendió las localidades de Treinta y Tres (UEPL) y Tacuarembó (UETbo) con sendos ensayos de diseño de bloques completos al azar con fechas de siembra tempranas (15/10 y 30/9, respectivamente). De modo concordante al comportamiento general en esta zafra, la productividad promedio fue destacada (10,7 t/ha). En dicho análisis, los cultivares SLI17142 (10,2 t/ha), SLI17144 (10,8 t/ha), SLI17158 (10,3 t/ha), SLI17164 (10,1 t/ha), SLI17165 (10,5 t/ha) presentaron alta productividad (diferencias n.s.). En UEPL los rendimientos fueron mayores (11,2 t/ha) asociados al logro de stand de plantas en el rango óptimo (+200 pl/m<sup>2</sup>) y la formación de una canopia sin limitantes para la expresión del potencial. La interacción cultivar\*localidad fue significativa ( $P=0,0156$ ) dado por el cambio de ranking en cultivares como SLI17158 y SLI17162 que presentaron su mayor productividad en el ensayo de la región Centro (UETbo) (Figura 1).

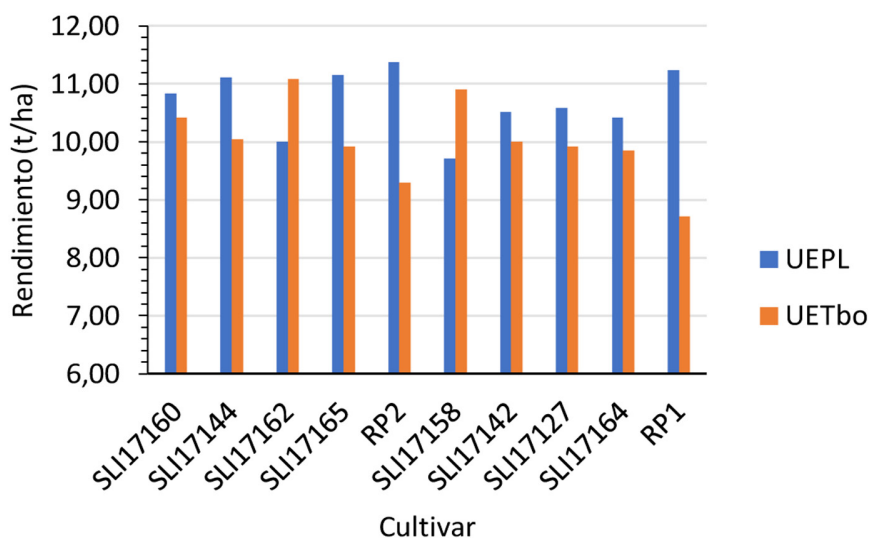
Por otra parte, un grupo más restringido de estos cultivares en ensayos regionales abarcando 3 regiones arroceras y con formato de macroparcelas presentó muy alto potencial de rendimiento; en algunos sitios estos fueron similares a los obtenidos con INIA Merín (testigo de alto potencial). En la zona

Este -en las localizaciones UEPL y camino a Barrancas/Ruta15, Rocha) los cultivares SLI17142, SLI17144, SLI17158 y SLI17164 alcanzaron rendimientos en el rango 11,6 a 13,5 t/ha (Figura 2).

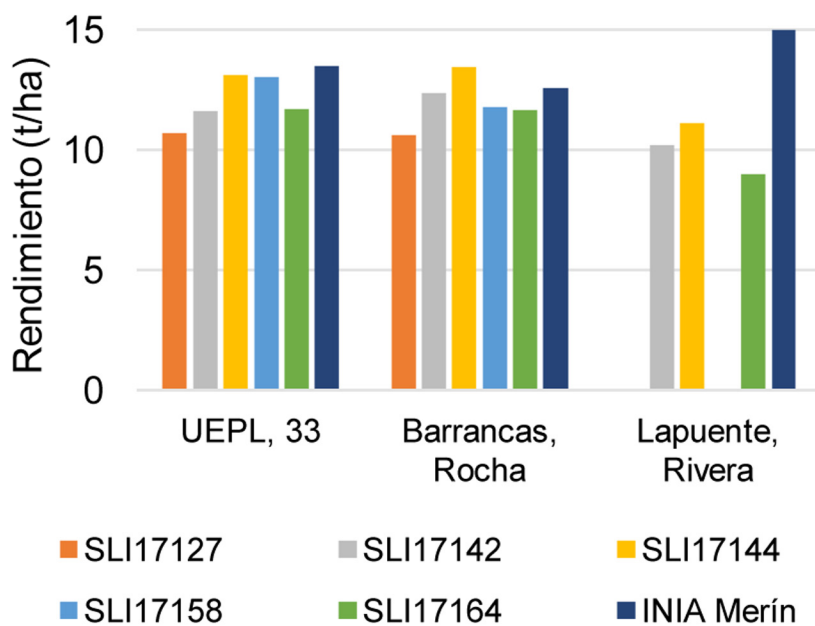
En particular, los cultivares SLI17127, SLI17142 y SLI17158 fueron incluidos en la Red Nacional de Evaluación de cultivares (INIA/INASE) (RNEC) en 2020-2021. La productividad media de estos cultivares fue acorde a los antecedentes disponibles (Cuadro 1 y Figura 3). Como esperable para el subtipo *japónica* (incluido INIA Tacuarí, testigo en dichos ensayos) su adaptación es menor en la zona norte del país (UEPF). Los cultivares de tipo Calrose alcanzan similar productividad a INIA Tacuarí en las zonas Centro y Este.

## CONCLUSIONES

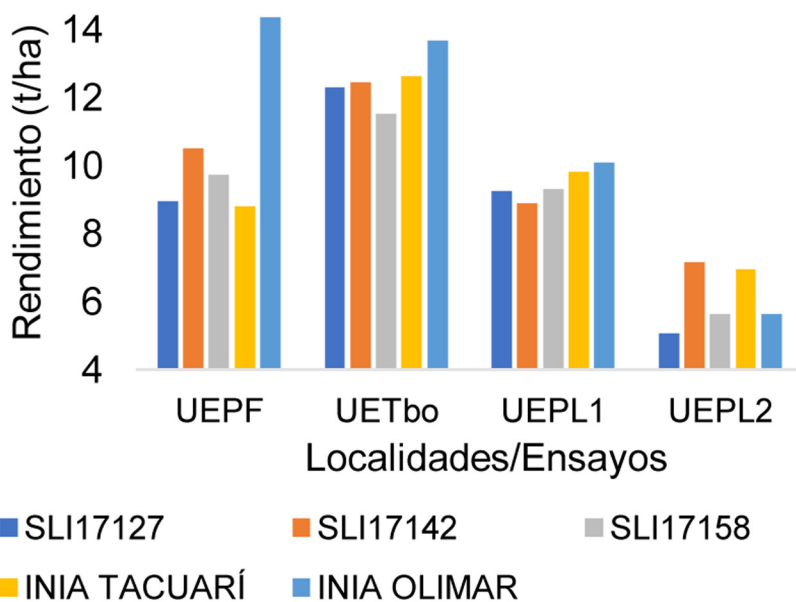
El PMGA dispone de cultivares para el segmento de granos medios tipo Calrose, de productividad física y calidad acorde con potencial para constituirse en una opción económica competitiva con los tradicionales cultivares de grano largo-fino. En la zafra 2021-2022 se dispondrán las primeras etapas de purificación y producción de semillas con miras a su seguimiento en etapas de validación comercial en zafras subsiguientes.



**Figura 1.** Rendimiento (t/ha) de cultivares de grano medio tipo Calrose en UEPL (Paso de la Laguna, Treinta y Tres) y UETbo (Paso del Sauce, Tacuarembó), zafra 2020-2021.



**Figura 2.** Rendimiento (t/ha) de cultivares de granos medio y testigo (INIA Merín) en ensayos de fajas regionales, zafra 2020-2021.



**Figura 3.** Rendimiento (t/ha) de cultivares de granos medio y testigos (INIA Olimar y INIA Tacuarí) en RNEC, zafra 2020-2021.

**BIBLIOGRAFÍA**

**Durand, A.** Informe técnico interno en Red Tecnológica del Arroz de Uruguay «Consolidación de la red tecnológica de arroz para la mejora de la com-

petitividad del sector a través de la incorporación de nuevos cultivares de alto valor comercial al sistema productivo nacional» (sin publicar)



## 24. PERFIL AMILOGRÁFICO Y CALIDAD CULINARIA EN LÍNEAS PROMISORIAS

M. Villalba<sup>1</sup>, A. Billiris<sup>2</sup>, M. López<sup>3</sup>, F. Pérez de Vida<sup>4</sup>

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

### INTRODUCCIÓN

El estudio se realizó mediante la colaboración de LATU/Latitud como resultante de la etapa de pos-proyecto «Red Tecnológica del arroz: articulando producción, calidad y mercados potenciando la sinergia de la cadena agroindustrial»; así mismo se realizaron evaluaciones sensoriales de la cocción llevada a cabo en el laboratorio de calidad molinera y culinaria de INIA Treinta y Tres. Se analizaron los comportamientos culinarios de líneas experimentales avanzadas del subtipo *indica*, resultantes del flujo de material genético en dos componentes del Proyecto de Mejoramiento Genético de INIA (2018-2023): C1) desarrollo de cultivares de alto potencial y C2) desarrollo de cultivares de calidad consolidada. En el primer componente se plantea el avance de cultivares de muy alto potencial productivo de calidad estándar; mientras que en el segundo caso se procura la obtención de nuevos cultivares con características agronómicas mejoradas (por ejemplo, resistencia a *Pyricularia*) en un contexto genético y de calidad similar a las variedades consolidadas en el mercado (por ejemplo, INIA Olimar). En este artículo se reportan los resultados obtenidos.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Los análisis correspondientes fueron realizados por el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU/Latitud) acorde al

protocolo definido para el mencionado proyecto «Red Tecnológica», con un Rapid Visco Analyzer (RVA, Perten). Los parámetros evaluados con el RVA se relacionan a aspectos del comportamiento culinario del almidón de las muestras y tienen correlación con atributos sensoriales como pegajosidad, brillo, integridad de grano y elasticidad. Se utilizaron muestras de arroz cosechadas en ensayos de evaluación final en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL, Treinta y Tres) realizados en las zafas 2019-2020 y 2020-2021, en fechas de siembra de mediados de octubre. Las condiciones de manejo fueron similares para todos los cultivares, realizándose la cosecha con humedad en el rango de 18-21%. Los cultivares utilizados fueron las variedades comerciales: INIA Merín e INIA Olimar, como cultivares testigos comerciales y referencias en los mencionados componentes del proyecto de desarrollo de cultivares. Las líneas experimentales incluidas relacionadas a cada componente fueron: para C1, SLI09193, SLF16007, SLI17009; mientras que SLI19125 representa un cultivar obtenido en el contexto de C2, siendo sustancialmente derivada de INIA Olimar por el método de retrocruzas con el mencionado cultivar. Este grupo de cultivares ha sido seleccionado por su alta productividad, ciclo intermedio y alta resistencia a *Pyricularia*.

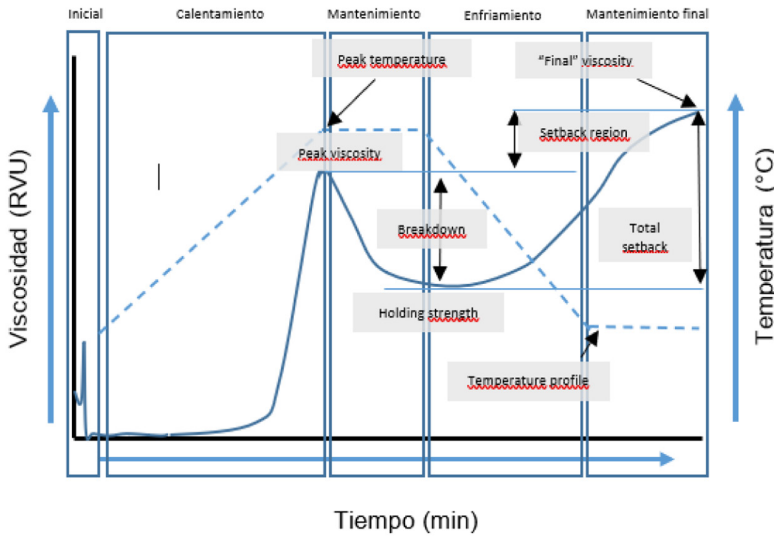
A modo descriptivo del valor informativo del procedimiento realizado con el RVA se

<sup>1</sup>Mario Villalba, Auxiliar de Laboratorio, INIA Treinta y Tres.

<sup>2</sup>Alejandra Billiris, Ph.D. Laboratorio LATU/Latitud.

<sup>3</sup>Martín López, Ing. Quím., estudiante de M.Sc., Laboratorio LATU/Latitud.

<sup>4</sup>Fernando Pérez de Vida, Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.



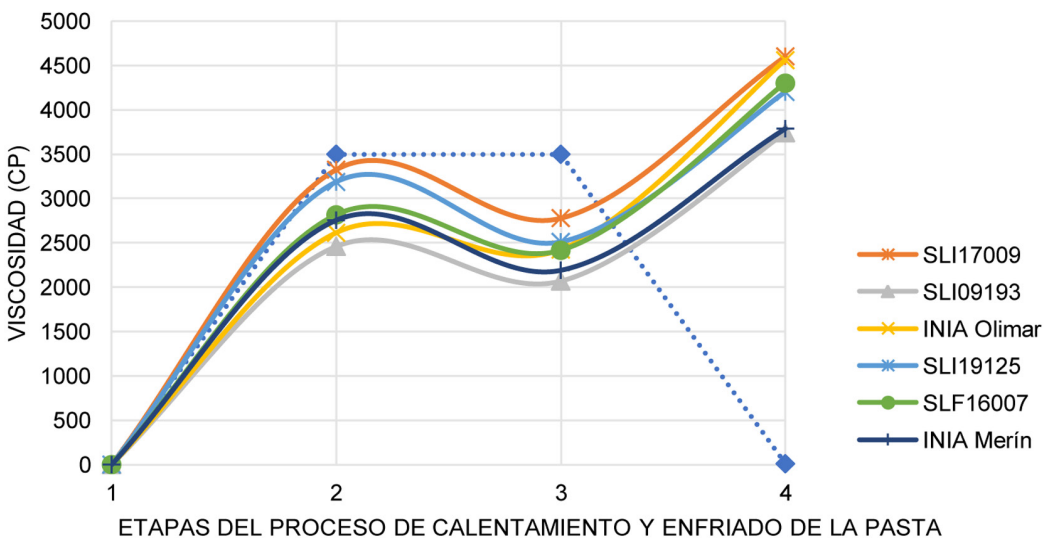
**Figura 1.** Variaciones en viscosidad de una pasta de arroz sometida a rotación mediante paletas durante un ciclo de calentamiento y enfriado (total 19 minutos).

transcribe lo que se publicara en esta serie por Pérez de Vida *et al.* (2020): «se evaluaron los parámetros descritos en figura 1, que representa la evolución de la viscosidad en una pasta de arroz, resultante de un ciclo de calentamiento creciente hasta la temperatura pico (95°C) de la pasta, su mantenimiento y posterior enfriamiento gradual (líneas punteadas en Figura 1). Estos parámetros se relacionan a aspectos del comportamiento culinario del almidón de las muestras»

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### Peak (Viscosidad pico)

Los cultivares SLI17009 y SLI19125 fueron los cultivares con mayores valores de viscosidad pico -parámetro positivamente relacionado a la integridad del grano cocido-, mientras que SLI09193 e INIA Olimar resultaron los menores (Figura 2). En una evaluación



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

similar realizada en 2020 INIA Olimar presentó un valor superior al obtenido en este estudio (Pérez de Vida *et al.*, 2020).

### Trough y Breakdown

En este estadio los cultivares INIA Merín y SLI09193 presentan valores inferiores de viscosidad respecto a INIA Olimar y a las nuevas líneas experimentales (SLF16007, SLI17009 y SLI19125). El parámetro breakdown evalúa la diferencia entre la viscosidad pico (máxima alcanzada en el calentamiento hasta 95 °C) y la viscosidad en trough en etapa de calentamiento sostenido, antes del enfriamiento de la pasta de arroz. El pico de viscosidad («Peak») es alcanzado cuando los gránulos de almidón se hidratan completamente adquiriendo mayor volumen hasta el punto de colapsar (Shafie, 2016); a partir de ese momento la viscosidad de la pasta se reduce hasta el valor hold o trough. Los cultivares que presentan los valores mayores de breakdown, presentarían mayor brillo como arroz cocido. En este caso los cultivares SLI19125, INIA Merín, SLI17009 resultan con los valores mayores.

### Viscosidad final

Resultante del enfriamiento, comienza a darse un reagrupamiento de las moléculas de amilosa y amilopectina lo cual incrementa el tamaño de las partículas de la pasta y por ende impone una mayor resistencia a la rotación que se cuantifica como un incremento de la viscosidad (Shafie, 2016). La viscosidad final es el parámetro más utilizado para definir la calidad particular de un producto, dado que indica la capacidad del material para formar una pasta viscosa o gel después de la cocción y enfriamiento. En el grupo de cultivares evaluados los mayores valores registrados corresponden a INIA Olimar (4561), su LE derivada SLI19125 (4202), así como SLF16007 (4301) y SLI17009 (4604); por otra parte, SLI09193 e INIA Merín presentan valores inferiores en torno a 3700 cP, indicando una retrogradación intermedia.

## CONCLUSIONES

En los parámetros del RVA medidos en este estudio se apreciaron diferencias que no pueden ser evaluadas de modo estadístico. Sin embargo, las diferencias entre los cultivares comerciales INIA Olimar e INIA Merín conciben con resultados obtenidos previamente (Pérez de Vida *et al.*, 2020); siendo las viscosidades pico, through y final donde se aprecian con mayor magnitud. La alta viscosidad final de INIA Olimar hace referencia a una mayor integridad de los granos, así como su menor breakdown se asocia a menor brillo al final de la cocción. En el caso de las líneas experimentales con relación genética con Olimar, SLI17009 alcanza un valor similar de viscosidad final a la variedad testigo y progenitor; mientras que SLI19125 siendo sustancialmente derivada de INIA Olimar presentó un perfil -aunque con mayor breakdown que su progenitor- con una retrogradación de los gránulos de almidón durante el enfriado de la pasta resultando una alta viscosidad final. Por otra parte, en el caso de SLI09193 presentó un perfil amilográfico con mayores similitudes al de INIA Merín. SLF16007 como línea promisoría por su alto valor agronómico, agrega un interesante perfil con escasas diferencias al de INIA Olimar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Juliano, B.** 1996. Rice quality screening with the Rapid Visco Analyser. In: Walker C.E., Hazelton J.L. (eds). Applications of the Rapid Visco Analyser. Proceedings AACC RVA symposium, Nashville, 1994. Newport Scientific, Warriewood, NSW, pp 19-24.
- Shafie, B.; Cheng, S. C.; Lee, H. H.; Yiu, P. H.** 2016. Characterization and classification of whole-grain rice based on rapid visco analyzer (RVA) pasting profile. *International Food Research Journal* 23(5): 2138-2143.
- Pérez de Vida F., Billiris A., López, M.** 2020. Interacción G\*E: Perfil amilográfico en variedades comerciales. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.). Arroz 2020. Montevideo (UY): INIA, 2020. p. 39-42. (INIA Serie Técnica; 257). doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

# 25. GENÉTICA DE LA RESPUESTA A TEMPERATURA Y RADIACIÓN EN ETAPA REPRODUCTIVA EN GERMOPLASMA DE ARROZ DE INIA

I. Rebollo<sup>1</sup>, I. Aguilar<sup>2</sup>, J. E. Rosas<sup>3</sup>

**PALABRAS CLAVE:** QTL, single-step GBLUP, tolerancia a baja radiación, tolerancia al frío

## INTRODUCCIÓN

Una de las principales fuentes de inestabilidad del rendimiento en el cultivo de arroz en Uruguay es la ocurrencia de bajas temperaturas y baja radiación en el período crítico de floración. El programa de mejoramiento genético de arroz de INIA (PMGA) tiene como objetivo no solo desarrollar variedades con mayor rendimiento, sino también más tolerantes a bajas temperaturas para brindar estabilidad en el rendimiento. Actualmente, la tolerancia a bajas temperaturas en etapa reproductiva a campo se evalúa usando épocas de siembra tardías en los ensayos de evaluación final. Existen también métodos para fenotipado de tolerancia a frío en etapa reproductiva en condiciones controladas en cámara refrigerada, pero no se ha estudiado la correlación genética entre la tolerancia en condiciones de campo y en cámara. Por otra parte, la combinación de objetivos de mejoramiento de herencia compleja como el rendimiento y la tolerancia a frío en etapa reproductiva requiere evaluar si abordajes como el mapeo asociativo y la selección genómica podrían contribuir a mejorar estas características en forma más eficiente. Este trabajo tiene como objetivo general estudiar la genética del rendimiento y tolerancia a baja radiación y temperatura (en cámara y campo) en etapa reproductiva en germoplasma adaptado del PMGA. En particular se busca determinar las correlaciones genéticas entre estos

rasgos e identificar las regiones del genoma que los explican.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos de campo corresponden a los últimos 23 años de ensayos de evaluación fenotípica del PMGA sistematizados para su análisis conjunto (Rebollo *et al.* 2020), seleccionándose para este análisis 655 ensayos en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL, Treinta y Tres, 33,27 E, 54,17 S) con diseño experimental de bloques completos al azar con 2 (etapas tempranas) o 3 repeticiones (etapas avanzadas). Se utilizó la información de pedigrí de las líneas, de rendimiento y la fecha de 50% de floración de cada parcela (F50). A partir de los datos agroclimáticos de la UEPL se computó para cada parcela, la media de las temperaturas mínimas durante el período comprendido entre 15 días antes y 15 días después de la F50 y la acumulación de heliofanía en el período de 20 días antes y 20 días después de la F50. Los datos de cámara de frío corresponden al peso de granos llenos de 314 líneas *indica* y 320 de tipo *japónica tropical* sometidas a dos tratamientos: frío (5 °C ± 0,5, 24 horas) y ambiente (24 °C promedio). La información genotípica utilizada corresponde a 50.854 SNP de 395 líneas avanzadas *indica* y 23.614 SNP de 570 líneas avanzadas tipo *japónica*, ambas representativas del germoplasma avanzado del PMGA. Se ajustó el siguiente modelo:

<sup>1</sup> Inés Rebollo, Ing. Agr. INIA, estudiante de maestría Cs. Agrarias F. Agronomía, UDELAR.

<sup>2</sup> Ignacio Aguilar, Ph.D. INIA, Programa Nacional de Producción de Leche.

<sup>3</sup> Juan E. Rosas, Dr. INIA, Programa Nacional de Arroz. jrosas@inia.org.uy

$$y_{ijk} = \mu + ID_i + \beta_{ti}t_j + \beta_{ri}r_k + e_{ijk}$$

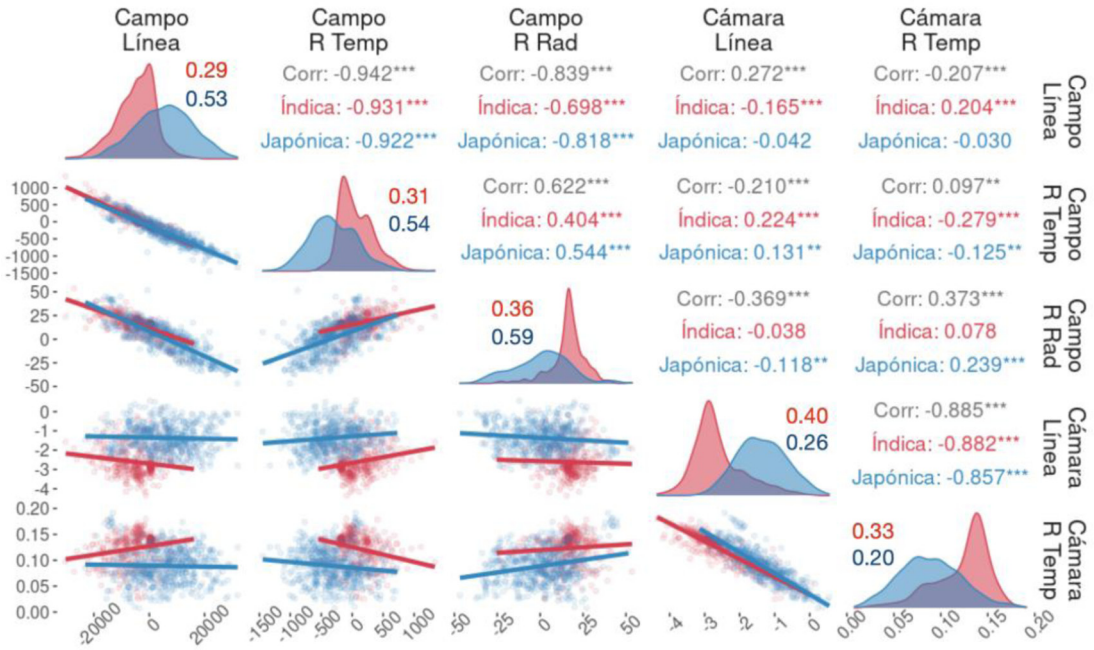
donde  $y_{ijk}$  es el valor fenotípico observado (rendimiento en kg/ha para campo y peso de granos en g para cámara),  $\mu$  la media general,  $ID_i$  es el efecto del intercepto de la  $i$ -ésima línea,  $\beta_{ti}$  el coeficiente de regresión para temperatura (en °C) de la  $i$ -ésima línea,  $\beta_{ri}$  es el coeficiente de regresión para radiación (en horas de sol, solamente para campo) de la  $i$ -ésima línea, la  $Var(ID_i, \beta_{ti}, \beta_{ri}) = H \otimes \Sigma$ ,  $H$  es la matriz de relaciones entre las líneas que combina la información genotípica y la de pedigrí,  $\Sigma$  es la matriz de varianzas y covarianzas genéticas entre los efectos  $ID_i, \beta_{ti}, \beta_{ri}$  y  $e_{ijk}$  el efecto residual con  $e \sim N(0, \sigma_e^2)$ . La estimación de varianzas y covarianzas así como el ajuste de los modelos se realizó en el programa BLUPF90 con adaptaciones para contemplar las generaciones de autofecundación en la matriz de parentesco propias de la especie. Se calculó la heredabilidad generalizada para cada carácter. La asociación marcador-carácter se estudió con el siguiente modelo mixto:  $y = Xb + Zu + e$ , donde  $y$  es el vector de efectos predichos por el paso anterior para los caracteres línea, respuesta a temperatura y respuesta a radiación,  $b$  un vector de efectos fijos (la media general y el efecto de cada SNP en forma individual),  $u$  es un vector de efectos genotípicos aleatorios con  $e \sim N(0, G\sigma_g^2)$ , es un vector de efectos residuales con  $e \sim N(0, \sigma_e^2)$ ,  $X$  y  $Z$  son matrices de incidencia que relacionan con  $y$  con  $b$  y con  $u$ , respectivamente, y  $G$  es la matriz de relaciones genotípicas realizadas. Se definió como QTL a uno o más SNP significativos a menos de 1 Mpb entre sí. Para calcular la varianza explicada por los SNP más significativos se ajustó un modelo mixto igual al definido para el mapeo asociativo donde  $b$  incluye inicialmente a los SNP más significativos de todos los QTL identificados y una selección *backwards* eliminando SNP no significativos ( $P$ -valor  $> 0,05$ ) hasta que todos los SNP incluidos en  $b$  fueron significativos. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de este último modelo se utilizó como estimador de la proporción de la varianza fenotípica explicada por los SNP significativos.

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

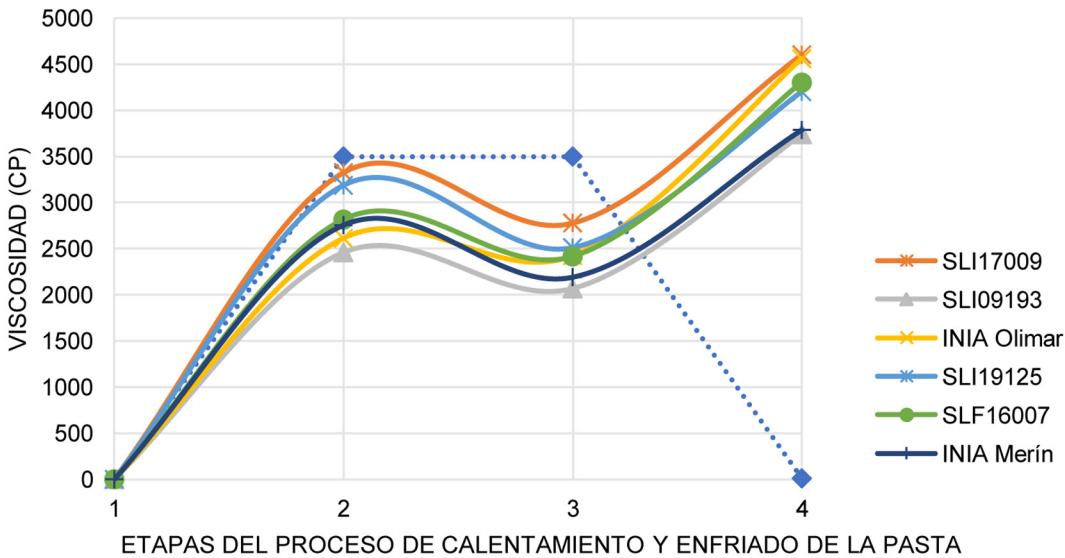
Tanto en campo como en cámara, la varianza genética capturada por el efecto línea es lo que captura la mayor proporción de la varianza (87.990.000 kg<sup>2</sup> y 95.705.000 kg<sup>2</sup> para campo y 1,233 g<sup>2</sup> y 0,97 g<sup>2</sup> para cámara para *índica* y *japónica* respectivamente. El efecto línea en este modelo de regresión representa el desvío de cada línea con respecto a la media general del rendimiento cuando las variables regresoras temperatura y radiación valen cero. El efecto de respuesta general del rendimiento por °C en campo representó una varianza de 137.760 kg<sup>2</sup> para *índica* y 151.600 kg<sup>2</sup> para *japónica* mientras que la varianza de la respuesta a cada hora de sol fue de 157,23 kg<sup>2</sup> para *índica* y 171,56 kg<sup>2</sup> para *japónica*. En cámara, la varianza por respuesta del peso de granos por °C fue de 0,002 g<sup>2</sup> para ambas subespecies. A su vez, se observó que en términos genéticos, el efecto línea covaría de forma negativa tanto con la respuesta a temperatura (-3.323.900 kg<sup>2</sup> en campo y -0,042154 g<sup>2</sup> en cámara) como a radiación (-97,133 kg<sup>2</sup>). Esto significa que las líneas con mayor rendimiento en general son las más estables frente a cambios de temperatura y radiación. La covarianza genética entre la respuesta a cada cambio en temperatura y radiación es positiva (2.945,6 kg<sup>2</sup> para *índica* y 3,191 kg<sup>2</sup> para *japónica*), lo que implica que en general las líneas con sensibilidad a un factor son también sensibles al otro. En la figura 1 se pueden observar los valores predichos para las líneas genotipadas, sus correlaciones y heredabilidades. En la figura 2 se presentan los gráficos de respuesta en campo frente a la temperatura y radiación que se pueden generar a partir de los valores predichos por el modelo de regresión aleatoria utilizado para algunas variedades y líneas avanzadas a modo de ejemplo.

Se identificaron regiones genómicas asociadas a todas las características en ambas subespecies. Existen regiones genómicas compartidas entre los distintos efectos y subespecies (Cuadro 1). Se encontraron valores





**Figura 1.** Distribución de los valores fenotípicos predichos para las desviaciones del rendimiento promedio en el efecto línea en condiciones de campo (Campo Línea) y campo (Cámara Línea), la respuesta a temperatura en campo (Campo R Temp) y cámara (Cámara R Temp) y la respuesta a radiación en campo (Campo R Rad) y sus heredabilidades (diagonal), correlaciones (arriba de la diagonal) y gráficos de dispersión (abajo de la diagonal) para ambas subespecies: *indica* (rojo) y *japónica* (azul).



**Figura 2.** Respuesta a la temperatura promedio durante el período de 15 días antes y 15 días después de floración, en condiciones promedio de radiación (A) y a la acumulación de radiación durante los 20 días antes y 20 días después de floración, en condiciones promedio de temperatura (B) de algunas variedades y líneas avanzadas seleccionadas.



**Cuadro 1.** Número total de regiones cromosómicas identificadas (diagonal) y número de regiones en común entre las variables (fuera de la diagonal) y número de SNP significativos luego de ajustar el modelo con los SNP más significativos de cada QTL y el R<sup>2</sup> del modelo únicamente con los significativos.

|                |        | Índica |      |      |        |      | Japónica |      |      |        |      |      |
|----------------|--------|--------|------|------|--------|------|----------|------|------|--------|------|------|
|                |        | Campo  |      |      | Cámara |      | Campo    |      |      | Cámara |      |      |
|                |        | Línea  | Temp | Rad  | Línea  | Temp | Línea    | Temp | Rad  | Línea  | Temp |      |
| Índica         | Campo  | Línea  | 30   | 2    | 3      | 0    | 0        | 0    | 0    | 1      | 2    | 1    |
|                |        | Temp   |      | 29   | 3      | 0    | 1        | 0    | 0    | 1      | 0    | 1    |
|                |        | Rad    |      |      | 35     | 0    | 0        | 0    | 0    | 1      | 1    | 0    |
| Índica         | Cámara | Línea  |      |      | 17     | 2    | 0        | 0    | 0    | 0      | 0    |      |
|                |        | Temp   |      |      |        |      | 13       | 0    | 0    | 0      | 0    |      |
| Japónica       | Campo  | Línea  |      |      |        |      | 12       | 2    | 0    | 0      | 1    |      |
|                |        | Temp   |      |      |        |      |          | 7    | 0    | 0      | 0    |      |
|                |        | Rad    |      |      |        |      |          |      | 14   | 1      | 0    |      |
| Japónica       | Cámara | Línea  |      |      |        |      |          |      |      | 3      | 1    |      |
|                |        | Temp   |      |      |        |      |          |      |      |        |      | 4    |
| n SNP          |        |        | 16   | 17   | 26     | 8    | 12       | 11   | 9    | 14     | 3    | 4    |
| R <sup>2</sup> |        |        | 0,70 | 0,66 | 0,73   | 0,28 | 0,54     | 0,46 | 0,42 | 0,49   | 0,10 | 0,22 |

altos para la proporción de la varianza explicada por los SNP más significativos de cada QTL, con un mínimo de 0,10 para el efecto de las líneas *japónica* en cámara y un máximo de 0,73 para la respuesta a radiación de *índica* en campo (Cuadro 1).

## CONCLUSIONES

El estudio fue posible gracias a la disponibilidad de una base de datos de información fenotípica de campo unificada y al banco de datos de información climática de INIA, lo que subraya la importancia de contar con adecuadas herramientas de gestión de datos. Los resultados indican que, en el rango de variabilidad genética de materiales adaptados a las condiciones locales de Uruguay, la respuesta al frío en el ensayo de cámara no es un buen predictor de la respuesta a bajas temperaturas

en condiciones de campo. Esto no descarta su utilidad como método de *screening*. Dada la proporción de la varianza explicada por los SNP identificados en el análisis de mapeo asociativo para los rasgos estudiados, la incorporación de esos marcadores en un panel de genotipado de baja densidad puede ser una estrategia útil para aumentar la ganancia genética en estas características.

## BIBLIOGRAFÍA

Rebollo, I.; Scheffel, S.; Iriarte, W.; Blanco, P.; Molina, F.; Peirez De Vida, F.; Rosas, J. 2020. Consolidación de los datos históricos del programa de mejoramiento de arroz en una base de datos. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.) Arroz 2020. Montevideo (UY): INIA. p. 5-8. (Serie Técnica 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

# 26. PRECISIÓN DE SELECCIÓN TEMPRANA USANDO MODELOS MIXTOS EN EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ARROZ DE INIA

S. Scheffel<sup>1</sup>, F. Molina<sup>2</sup>, F. Pérez de Vida<sup>3</sup>, J. E. Rosas<sup>4</sup>

**PALABRAS CLAVE:** BLUE, BLUP, valor genético

## INTRODUCCIÓN

La precisión de selección de líneas experimentales en etapas tempranas de evaluación tiene gran impacto en la eficiencia de los programas de mejoramiento genético, ya que determina la intensidad de selección que puede aplicarse y por ende la cantidad de recursos requeridos para obtener líneas avanzadas significativamente superiores. Seleccionar en el primer ensayo de evaluación de rendimiento (E1) es desafiante dada la limitada representación de ambientes, lo que dificulta la estimación de efectos y componentes de varianza de los factores ambientales y su interacción con los efectos genotípicos. El análisis conjunto de múltiples ensayos y zafra permite una mejor estimación de estos efectos y componentes de varianza. Por otra parte, el uso de modelos mixtos que consideran el efecto genotípico (de las líneas) como aleatorio genera un acercamiento hacia la media de las predicciones lineales de estos efectos (*best linear unbiased prediction*, BLUP) que en general mejora la precisión de la estimación del valor genético. El Programa de Mejoramiento Genético de Arroz de INIA (PMGA) completó recientemente la consolidación de una base de datos en la que se integra

toda la información generada por el programa desde 1996-1997 a 2019-2020. Los datos consolidados facilitan la realización de análisis conjuntos usando información de varios ensayos y zafra.

Este trabajo tiene por objetivo evaluar la precisión de las estimaciones y predicciones del valor genético del análisis conjunto de múltiples ensayos y años.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos utilizados provienen de la base de datos unificada del PMGA, la cual cuenta con toda la información disponible de los ensayos de evaluación fenotípica del programa desde 1996-1997 a 2019-2020 (Rebollo *et al.*, 2020). Se ajustaron modelos para estimar los valores genéticos de las líneas simulando diferentes disponibilidades de información al momento de seleccionar líneas en E1: 1) contando solamente con información de un ensayo (E), 2) contando con datos de todos los ensayos de una misma zafra (Z), 3) contando con todos los ensayos de cinco años incluyendo la zafra de evaluación y los cuatro anteriores (C5) y 4) con el conjunto total de los 23 años disponibles (CT). Se ajustó un modelo E por cada ensayo para estimar el valor genético de los genotipos modelados como efecto

<sup>1</sup> Sheila Scheffel, Ing. Agr. INIA. Estudiante de maestría Cs. Agrarias, F. Agronomía, UDELAR. [sscheffel@inia.org.uy](mailto:sscheffel@inia.org.uy)

<sup>2</sup> Federico Molina, Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

<sup>3</sup> Fernando Pérez de Vida, Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

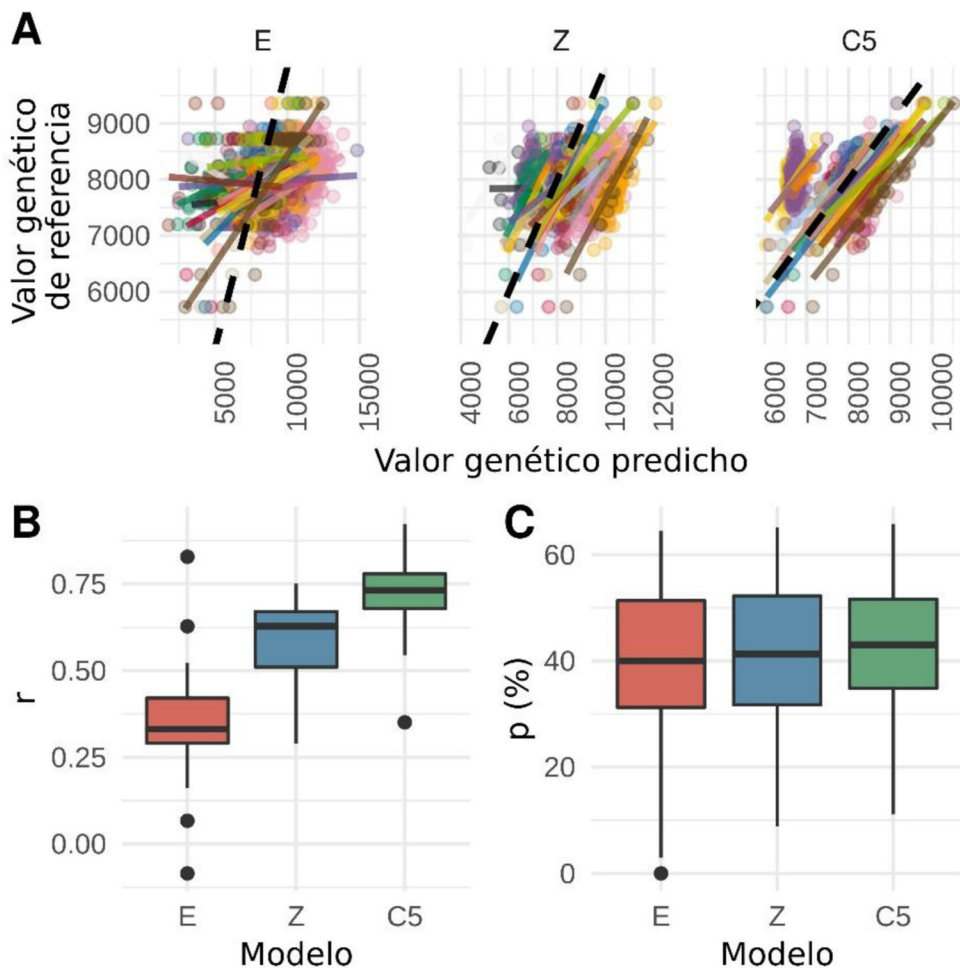
<sup>4</sup> Juan E. Rosas, Dr. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [jrosas@inia.org.uy](mailto:jrosas@inia.org.uy)

fijo (BLUE):  $y_{ij} = \mu + g_i + b_j + \varepsilon_{ij}$ , donde  $y_{ij}$  es rendimiento,  $\mu$  es el efecto fijo de la media general,  $g_i$  es el efecto fijo de genotipo,  $b_j$  es el efecto fijo de bloque, y  $\varepsilon_{ij}$  es el residual. El modelo Z fue:  $y_{ijkl} = \mu + g_i + b_{j(k)} + e_k + l_l + (ge)_{ik} + \varepsilon_{ijkl}$ , donde  $y_{ijkl}$  es rendimiento,  $\mu$  es la media general,  $g_i$  es el efecto de genotipo,  $b_{j(k)}$  el efecto bloque anidado en ensayo,  $e_k$  el efecto ensayo,  $l_l$  el efecto localidad,  $(ge)_{ik}$  es la interacción genotipo por ensayo, y  $\varepsilon_{ijkl}$  es el residual del modelo, todos los efectos

fueron aleatorios. Los modelos C5 y CT se ajustaron con los mismos efectos aleatorios:

$$y_{ijklm} = \mu + g_i + b_{j(k)} + e_{k(m)} + l_l + z_m + (ge)_{ik} + (gz)_{im} + \varepsilon_{ijklm}$$

donde  $y_{ijklm}$  es rendimiento,  $\mu$  es la media general,  $g_i$  es el efecto aleatorio de genotipo,  $b_{j(k)}$  el efecto bloque anidado en ensayo,  $e_{k(m)}$  el efecto ensayo anidado en zafra,  $l_l$  el efecto localidad,  $z_m$  el efecto zafra,  $(ge)_{ik}$  la interacción genotipo por ensayo,  $(gz)_{im}$  la interacción



**Figura 1.** Relación entre los valores genéticos de referencia y los estimados o predichos por los modelos utilizando información de cada ensayo por separado (E), análisis multi ensayo por zafra (Z), análisis multi año con 5 años incluyendo la zafra de evaluación (C5). A) Regresión del valor genético de referencia en función del valor genético predicho por cada modelo. Los colores representan los años de evaluación (1997-2020), las líneas enteras la tendencia de regresión para cada año, y las líneas punteadas una relación 1:1. B) Valores de correlación ( $r$ ) entre valores genéticos de referencia y los estimados o predichos por cada modelo. C) Porcentaje ( $p$ ) de las mejores líneas seleccionadas de acuerdo con el valor genético de referencia que coinciden con las mejores líneas seleccionadas de acuerdo con cada modelo, aplicando la misma intensidad de selección.

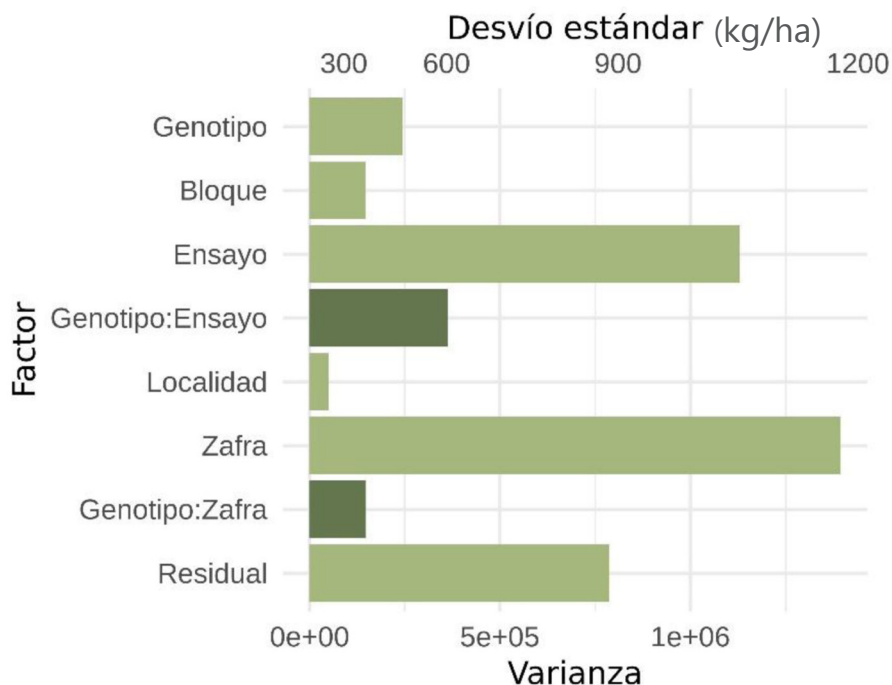
genotipo por zafra, y  $\varepsilon_{ijklm}$  es el residual del modelo. Para los efectos aleatorios se asume  $\sim N(0, \sigma^2)$  con varianzas independientes e idénticamente distribuidas.

El valor genético de referencia se definió como el BLUP obtenido con el modelo CT para aquellas líneas presentes en tres o más años en evaluaciones a campo. Como estimadores de la precisión de selección para cada modelo y zafra de evaluación se calculó: a) la correlación (r) entre los valores genéticos de referencia y los obtenidos con los modelos evaluados y b) el porcentaje (p) de líneas seleccionadas por cada modelo de líneas que coinciden con las que efectivamente fueron seleccionadas (población de referencia).

### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Las precisiones de predicción del valor genético se muestran en la figura 1A, donde se grafica la relación entre el valor genético de referencia (BLUP con CT) y los valores genéticos predichos por E (BLUE), Z y C5

(BLUP). A medida que los modelos usan más información, los valores genéticos predichos se encogen hacia la media, una propiedad característica de los BLUPs, la cual aumenta la precisión de la estimación (Piepho *et al.*, 2008). También a medida que aumenta el uso de información, r y p son más altos y menos dispersos, aunque p de forma menos pronunciada (Figura 1B y 1C). Esta mejora progresiva en la predicción del valor genético se debe también a un más adecuado modelado del efecto ambiental y de la interacción entre genotipo y ambiente, ambos factores clave para estimar en forma más precisa los valores genéticos (van Eeuwijk *et al.*, 2016). En el modelo CT (Figura 2) la variación atribuida al ambiente está representado por los factores ensayo y zafra, cuya contribución al desvío estándar es mayor a 2.000 kg/ha, y la de los factores que representan la interacción genotipo por ambiente (Genotipo por Ensayo y Genotipo por Zafra) suma más de 900 kg/ha. En el modelo E la información disponible no permite modelar ninguno de estos efectos, mientras que en el modelo Z se puede modelar el efecto de ensayo y su interacción



**Figura 2.** Distribución de varianzas y desvíos estándar en el total de los datos (1997-2020) ajustados en el modelo conjunto (CT).

con genotipo, y en el modelo G5 se pueden modelar todos los efectos.

## CONCLUSIONES

La precisión lograda en la estimación de los valores genéticos de las líneas en evaluación temprana fue mayor a medida que se incorporó la modelación de los efectos ambientales correspondientes a ensayo, año y de la interacción del genotipo con estos factores. Esto se corresponde con la alta proporción de la variación fenotípica que corresponde a efectos ambientales y de interacción genotipo por ambiente.

Caracterizar estos efectos ambientales y su interacción con el genotipo es clave para predecir el comportamiento de las líneas experimentales en futuros ambientes. Esto será abordado en futuros trabajos incorporando al modelo covariables climáticas en las etapas críticas de construcción del rendimiento. Por otra parte, los modelos utilizados en este trabajo asumen covarianzas nulas entre genotipos, por lo que incorporar las relaciones

de parentesco entre ellos podría disminuir la varianza residual y mejorar aún más las precisiones de predicción.

## BIBLIOGRAFÍA

**Piepho, H.; Mohring, J.; Melchinger, A.; Buchse, A.** 2008. BLUP for phenotypic selection in plant breeding and variety testing. *Euphytica*, v. 161, n. 1-2, p. 209-228. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9449-8>

**Rebollo, I.; Scheffel, S.; Iriarte, W.; Blanco, P.; Molina, F.; Pérez De Vida, F.; Rosas, J.** 2020. Consolidación de los datos históricos del Programa de Mejoramiento Genético de Arroz en una base de datos. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.) *Arroz 2020*. Montevideo: INIA. p. 5-8. (Serie Técnica 257). doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>.

**Van Eeuwijk, F.; Bustos-korts, D., Malosetti M.** 2016 What should students in plant breeding know about the statistical aspects of genotype × environment interactions? *Crop Science*, v. 56, no. 5, p. 2119–40. Doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.06.0375>

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

## Resumen y conclusiones

G. Zorrilla<sup>1</sup>, S. Cedréz<sup>2</sup>, A. Rovira<sup>2</sup>, A. Gussoni<sup>2</sup>, M. Sanguinetti<sup>3</sup>, M. E. Bica<sup>4</sup>, L. Carmona<sup>5</sup>

**PALABRAS CLAVE:** difusión productor-a-productor, manejo integrado arroz, reducción de brechas

### INTRODUCCIÓN

Con la cosecha de la zafra 2020-2021 se cerró el trabajo de campo de este proyecto que lidera la ACA, con participación del INIA y la Gremial de Molinos, asesoramiento del FLAR y financiación del Programa de Bienes Públicos Sectoriales para la Competitividad, de la Agencia Nacional para el Desarrollo (ANDE). Su objetivo era generar y fortalecer estrategias de transferencia tecnológica para reducir las brechas de rendimiento e incrementar la competitividad de los productores arroceros mediante un esfuerzo de extensión sectorial e interinstitucional. En este artículo se resumen las principales conclusiones a las que arribó el proyecto, lo cual se complementa con otros tres artículos que detallan los resultados y aprendizajes obtenidos en cada una de las regiones (norte, centro, este) en que se distribuyeron las actividades.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto fue conducido por un Comité Técnico en donde estaban representadas todas las instituciones que lo integran. En dicho ámbito se discutió cual debía ser la propuesta tecnológica a validar. Se sintetizaron un conjunto de prácticas de manejo

del cultivo para la mejora del resultado físico y económico, surgidas de recomendaciones de la investigación nacional y del conocimiento disponible internacionalmente. Dicha propuesta fue llevada a áreas demostrativas en campos de productores referentes en todo el país. Para la zafra 20-21 se repitieron casi todos los productores que participaron en la zafra anterior. Las áreas demostrativas tuvieron una media de 25 ha y las áreas testigo de 36 ha. Los técnicos del proyecto dieron seguimiento a dichas áreas durante toda la zafra, colaborando con el productor y levantando la información que se presenta a continuación (ver artículo en Revista Arroz 101 por más detalles). Esa red de productores referentes y áreas demostrativas era la plataforma para promover reuniones de productores en cada una de ellas y generar una comunicación horizontal productor-a-productor. Esto fue posible y muy exitoso el primer año, pero la pandemia del COVID-19 hizo imposible mantener las actividades presenciales en 2020-2021. Las plataformas digitales permitieron continuar con la comunicación y difusión de resultados, pero se perdió un componente importante de contacto directo entre productores.

### RESULTADOS

En el cuadro 1 se presentan los promedios generales de rendimientos de las dos zafras del proyecto. Nuevamente en la zafra 20-21

<sup>1</sup> Gonzalo Zorrilla, M Sc., Coordinador Técnico del Proyecto.

<sup>2</sup> Selva Cedréz, Alejandro Rovira y Augusto Gussoni, Ing. Agr. Técnicos regionales zonas este, norte y centro.

<sup>3</sup> María Noel Sanguinetti, Ec., Coordinadora General del Proyecto, Gerente ACA (hasta abril 2021).

<sup>4</sup> María Eugenia Bica, Ing. Agr., Técnica Asociación Cultivadores de Arroz.

<sup>5</sup> Luis Carmona, PhD, Consultor de Agronomía del FLAR.



se obtuvieron excelentes resultados físicos, que incluso superaron los del primer año, de la mano de una oferta ambiental superior. Para dos años y casi 1600 ha de áreas demostrativas y testigo monitoreadas por el proyecto, la media general fue de 211,4 bls/ha o 10.570 kg/ha. Esto confirma que existe tecnología disponible para rendimientos superiores a 10 t/ha, los cuales asegurarían un buen resultado económico en la mayoría de los escenarios posibles. El año anterior existía una gran diferencia entre la media de toda la chacra de los productores referentes y el rendimiento de las áreas demostrativas, indicando la existencia de una brecha importante «dentro de las chacras». Los resultados de 20-21 muestran que esa brecha interna desapareció entre estos productores, ya que el rendimiento general fue casi igual a la de las áreas testigo y sólo 4 bolsas/ha por debajo de las áreas demostrativas.

En el cuadro 2 se resumen las diferencias de costos e ingresos entre el manejo aplicado en las áreas demostrativas y el de las áreas testigo con el manejo del productor. Para este análisis los técnicos regionales registraron todos los manejos diferentes entre las dos áreas de cada productor y en función de ellos, las diferencias de costos a favor de una u otra. La

suma de esas diferencias es la que se expresa en el cuadro. Para los ingresos se utilizó el rendimiento de arroz sano, seco y limpio de cada área y el precio provisorio del acuerdo ACA-GMA al 30 de junio de cada año (USD 10,3/bls en 2020 y USD 12,3/bls en 2021).

Las diferencias de costos fueron pequeñas en la primera zafra, siendo unos 14 dólares menos con el manejo propuesto en las áreas demostrativas. El rendimiento también fue algo menor y por lo tanto el margen quedó en promedio 9 dólares por debajo. En la zafra 2020-2021 los costos volvieron a ser menores en 34 dólares en las áreas demostrativas, pero esta vez los rendimientos fueron mayores y por lo tanto el margen neto fue de 84 dólares a favor del manejo del proyecto. Considerando los montos totales de costos e ingresos del negocio arrocero, estos valores son poco significativos. El mensaje principal que surge de estos resultados es que las propuestas de mejora de manejo que trae el proyecto no implican aumentos de costos, lo cual suele ser asociado a mejoras tecnológicas. Las propuestas son principalmente de mejora de procesos, utilizando similares o menos recursos que los que está manejando el productor.

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

| Zafra     | Área (ha)      |                  | Rendimientos SSL (bls/ha) |          |                 |          |
|-----------|----------------|------------------|---------------------------|----------|-----------------|----------|
|           | Total parcelas | Parcela proyecto | Parcela testigo           | Brecha 1 | Total productor | Brecha 2 |
| 2019-2020 | 671            | 207,5            | 209,8                     | - 2,3    | 183,3           | 24,2     |
| 2020-2021 | 924            | 215,6            | 211,4                     | 4,2      | 211,2           | 4,4      |
|           | 1.595          |                  | 211,4                     |          |                 |          |

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

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

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

| Zafra     | Resultados económicos - USD/ha         |  |             |
|-----------|--|--|-------------|
|           | Diferencia costos demostrativa-testigo | Diferencia ingresos demostrativa-testigo | Margen neto |
| 2019-2020 | - 14,1                                 | - 23,4                                   | - 9,4       |
| 2020-2021 | - 33,9                                 | 50,0                                     | 83,9        |

**Cuadro 3.** Detalle de actividades de difusión realizadas durante los 2 años del proyecto.

| Actividad           | Tipo       | Zafra     | Fecha      | Cantidad | Promedio de participantes |
|---------------------|------------|-----------|------------|----------|---------------------------|
| Días de campo       | Presencial | 2019-2020 | nov-dic 19 | 16       | 19                        |
|                     | Presencial | 2019-2020 | feb 20     | 10       | 28                        |
|                     | Virtual    | 2020-2021 | feb 21     | 3        | 56                        |
| Jornadas resultados | Virtual    | 2019-2020 | julio 20   | 3        | 98                        |
|                     | Virtual    | 2020-2021 | julio 21   | 3        | 75                        |

## ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN

Toda la plataforma de áreas demostrativas en campos de productores se utilizó para un intenso programa de difusión, el cual se pudo desarrollar adecuadamente el primer año, pero como se dijo previamente, fue severamente afectado por la pandemia en 2020-2021. El cuadro 3 resume el total de actividades realizadas durante ambos años.

## CONCLUSIONES

Se confirmó la disponibilidad de tecnología para producir más de 10 toneladas por ha sin incremento de costos, o sea mejores resultados con los mismos recursos. Los rendimientos de los productores referentes demuestran que se puede cerrar la brecha interna de rendimiento en las chacras de cada productor. El sistema de transferencia fue eficaz y logró acceder a productores que están poco conectados con los mecanismos tradicionales de comunicación tecnológica. El impacto real llegará si lo ocurrido con los productores referentes se expande a una buena parte de los productores del país y especialmente a aquellos que se encuentran por debajo de la media nacional. Este proyecto demostró la efectividad de esta estrategia y marcó un camino posible. Lograr el cambio en un número importante de productores es una meta de largo aliento, que requiere un programa de mediano-largo plazo.

## «10 PUNTOS PARA 10 TONELADAS POR HA»

La validación de dos años en 15 predios de productores en todos los rincones arroceros del país permitió consolidar una lista de 10 puntos que son indispensables para lograr los altos rendimientos. Cada punto tiene distintas aristas y cada productor tendrá mayor o menor dificultad para lograrlo, pero es importante tener claras las metas:

- 1. Laboreo anticipado y taipas previas** – chacras prontas al 15 de setiembre.
- 2. Siembras de calidad y en fecha óptima** – 20 setiembre al 30 de octubre, semilla certificada, a 2,5 cm de profundidad, 100 – 130 kg/ha para meta de 200 plantas/m<sup>2</sup>.
- 3. Variedad de alto potencial y resistente a Brusone** – cuidar el balance de ciclos y fechas de siembra entre las mismas.
- 4. Fertilización basal para altos rendimientos** – Criterios objetivos (análisis de suelos y FertilizArr), combinado con conocimiento y criterio agronómico del productor y su técnico.
- 5. Herbicidas pre-emergentes cerca de la emergencia y post-emergentes antes de la inundación en V3** – Glifosato + clomazone cerca del punto de aguja y post emergente según malezas, con plantas pequeñas y justo antes de inundación.
- 6. Urea de macollaje para altos rendimientos en V3 pre-inundación** – Criterios objetivos (análisis de suelos y FertilizArr), combinado con conocimiento y criterio agronómico del productor y su técnico.

7. **Inundación temprana en V3-V4** – inmediatamente después a herbicida post y urea de macollaje. Riego rápido. Considerar diferencias de tiempos entre emergencia y V3, según región y clima de la zafra.
8. **Urea de primordio para altos rendimientos** - Criterios objetivos (análisis de suelos y FertilizArr), combinado con conocimiento y criterio agronómico del productor y su técnico.
9. **Fungicida según recomendaciones por variedad** – no aplicar para brusone en variedades resistentes, monitorear para enfermedades del tallo en pre-floración, evitar insecticidas preventivos.
10. **Cosecha en momento apropiado de madurez según variedad** – evitar retrasos prolongados, retiro de agua según recomendación por variedad, especialmente en aquellas susceptibles a deterioro de la calidad del grano.

## BIBLIOGRAFÍA

Cedrés, S.; Zorrilla, G.; Rovira, A.; Gussoni, A.; Sanguinetti, M.; Carmona, L. 2020. Fortalecimiento de las estrategias de transferencia para reducir las brechas de rendimiento en el sector arrocero. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.) Arroz 2020. Montevideo (UY): INIA, 2020. p. 71-73. (INIA Serie Técnica; 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

## 28. FORTALECIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE TRANSFERENCIA PARA REDUCIR LAS BRECHAS DE RENDIMIENTOS EN EL SECTOR ARROCERO. Resumen zona este

S. Cedréz<sup>1</sup>, G. Zorrilla<sup>2</sup>, A. Rovira<sup>3</sup>, A. Gussoni<sup>4</sup>, M. Sanguinetti<sup>5</sup>, M. E. Bica<sup>6</sup>, L. Carmona<sup>7</sup>

**PALABRAS CLAVE:** difusión productor-a-productor, manejo integrado arroz, reducción de brechas

### INTRODUCCIÓN

Se presenta un breve resumen de los resultados del proyecto para la zona este durante dos zafra (2019-2020 y 2020-2021). Cada una de las instituciones participantes cumplió un rol importante y fue determinante a la hora de lograr los objetivos que se habían planteado. Merece una mención especial la participación de los productores referentes en la zona este que con dedicación, responsabilidad y generosidad llevaron a la práctica cada una de las propuestas y abrieron las puertas de sus chacras. Dichos productores fueron: Alfredo Furtado, Diego Ferreira y Raúl Mario Servetto, Hernán Zorrilla, Javier Castiglioni y Alfonso Gómez.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Los aspectos generales tanto de la metodología de implementación como de seguimiento de las parcelas fueron detallados en el artículo «Resumen y conclusiones» del proyecto (G. Zorrilla *et al.*, 2021) en esta misma publicación. Específicamente en la zona este se trabajó con los mismos 5 productores los dos años. La localización de los productores

fue la siguiente: Rincón de Ramírez, Charqueada, Cebollatí y uno que en 2019 estuvo en Los Arroyitos y cambió para Los Ajos en 2020. Las áreas afectadas al proyecto (parcela + testigo) sumaron 269 ha y 326 ha en el primer y segundo año, respectivamente. En el primer año solamente una de las parcelas correspondió a un rastrojo de arroz, pero en el segundo año fueron tres con ese antecedente. No obstante, se pudo cumplir con la premisa de preparación anticipada, ya que los rastrojos fueron preparados en invierno o sembrados en directo.

### RESULTADOS

En el cuadro 1 se presenta cómo fue el cumplimiento de cada uno de los 10 puntos clave incluidos en las propuestas de manejo. La definición de cada uno de los 10 puntos se detalla en el artículo «Resumen y conclusiones» del proyecto (G. Zorrilla *et al.*, 2021) en esta misma publicación. Desde el primer año se pudo dar un buen cumplimiento a los manejos propuestos y aun así, en el segundo año se mejoró en varios puntos, sobre todo en el momento de implementación de los manejos que es la llave de lo que se llama «agricultura de procesos».

<sup>1</sup> Selva Cedréz, Ing. Agr. Técnica regional zona este.

<sup>2</sup> Gonzalo Zorrilla, M Sc., Coordinador Técnico del Proyecto.

<sup>3</sup> Alejandro Rovira, Ing. Agr. Técnico regional zona norte.

<sup>4</sup> Augusto Gussoni, Ing. Agr. Técnico regional zona centro.

<sup>5</sup> María Noel Sanguinetti, Ec., Coordinadora General del Proyecto, Gerente ACA (hasta abril 2021).

<sup>6</sup> María Eugenia Bica, Ing. Agr., Técnica Asociación Cultivadores de Arroz.

<sup>7</sup> Luis Carmona, PhD, Consultor de Agronomía del FLAR.

**Cuadro 1.** Nivel alcanzado en cada uno de los manejos propuestos para el cultivo de arroz en la zona este durante el proyecto

| Puntos de manejo                                  | Zafra 2019-2020  | Zafra 2020-2021  |
|---|--|--|
| 1. Preparación anticipada                         | 56% del área   | 88% del área   |
| 2. Siembra temprana y de calidad                  | 22% del área   | 89% del área   |
| 2.1 Siembra sobre taipas                          | 26% del área   | 100% del área  |
| 3. Variedad de alto potencial                     | 100% INIA Merín  | 89% INIA Merín,<br>11% INTA Gurí CL                        |
| 4. Fertilización basal para alto potencial        | 100% del área con análisis de suelo y criterios del programa FertilizArr de INIA |  |
| 5. Control de malezas en pre emergencia           | 56% del área   | 100% del área  |
| 5.1 Evaluación para control malezas post en V3-V4 | 54% del área control en V4 o antes   | 86% del área control en V4 o antes                         |
| 6. Urea de macollaje en V3-V4                     | 74% del área con N en V4 o antes (Dosis según FertilizArr)                       | 85% del área con N en V4 o antes (Dosis según FertilizArr) |
| 7. Inicio de riego V3-V4                          | 74% del área   | 85% del área   |
| 8. Urea de primordio                              | Dosis determinada por programa FertilizArr                                       |  |
| 9. Control de enfermedades                        | 0% de área con fungicida   | 46% de área con fungicida                                  |
| 10. Condiciones de cosecha                        | Cosecha en seco 100%   | Cosecha en seco 100%                                       |
| 10.1 Condiciones adecuadas de humedad             | 100% dentro del momento adecuado   | 60% dentro del momento adecuado                            |

108

En la primera zafra el rendimiento promedio de las áreas demostrativas fue de 26 bolsas/ha más que el rendimiento promedio del productor (Cuadro 2). En la segunda zafra esta diferencia se invierte y el promedio del productor fue 6 bolsas/ha más. Esto se explica en gran parte porque en el segundo año un 46% del área demostrativa correspondía a rastrojo de arroz (con un rendimiento de 22 bolsas/ha menos que el área de retornos), mientras que en el primer año el rastrojo representaba 17%. Esta suba en la proporción de rastrojos también fue determinante al momento de analizar la diferencia entre zafras.

Mientras que el rendimiento promedio de los productores subió 20 bolsas/ha en el segundo año, el rendimiento de las áreas demostrativas y áreas testigo bajó 12 y 11 bolsas/ha respectivamente.

Los manejos comprendidos en la propuesta de las áreas demostrativas no significaron grandes diferencias en costos con respecto a los manejos de los testigos (Cuadro 3). Las principales diferencias que se repiten en ambas zafras son un menor gasto en preparación de suelo, menor gasto en semilla y mayor gasto en urea de macollaje. En el total de costos, el manejo

**Cuadro 2.** Rendimiento promedio de arroz en áreas demostrativas, áreas testigos y general del productor para los dos años de proyecto. Variación entre zafras.

|                        | Área demostrativa SSL | Área testigo SSL | Total productor SSL |
|------------------------|-----------------------|------------------|---------------------|
| Zafra 2019-2020        | 215 bl/ha             | 222 bl/ha        | 189 bl/ha           |
| Zafra 2020-2021        | 203 bl/ha             | 211 bl/ha        | 209 bl/ha           |
| Variación entre zafras | -12 bl/ha             | -11 bl/ha        | +20 bl/ha           |

**Cuadro 3.** Estructura de costos diferenciales entre las áreas demostrativas y las áreas testigo para las dos zafas de proyecto.

| Costos diferenciales área demostrativa vs. área testigo |            |             |                  |
|---|------------|-------------|------------------|
|   | 2019-2020  | 2020-2021   | Promedio 2 zafas |
| Preparación de suelos                                   | -16 USD/ha | -22USD/ha   | -19 USD/ha       |
| Herbicida pre siembra                                   |            | +5 USD/ha   | +3 USD/ha        |
| Semilla   | -11 USD/ha | -16 USD/ha  | -14 USD/ha       |
| Fertilización basal                                     | +1 USD/ha  | -34 USD/ha  | -17 USD/ha       |
| Herbicida pre emergente                                 | + 8 USD/ha |             | +4 USD/ha        |
| Herbicida pos emergente                                 | -7 USD/ha  |             | -4 USD/ha        |
| Urea de macollaje                                       | +29 USD/ha | +8 USD/ha   | +19 USD/ha       |
| Urea de primordio                                       | -19 USD/ha | -1,5 USD/ha | -10 USD/ha       |
| Fungicida   | -14 USD/ha | -1 USD/ha   | -7 USD/ha        |
| TOTAL   | -28 USD/ha | -62 USD/ha  | -45 USD/ha       |

propuesto por el proyecto significó un ahorro de 28 y 62 dólares por hectárea para el primer y segundo año respectivamente. Estas reducciones de costos fueron menores que la reducción de ingresos que significaron los menores rendimientos obtenidos en las áreas demostrativas, por lo cual el margen bruto fue algo menor en ellas.

## COMENTARIOS Y DESAFÍOS

Los resultados promedio de la aplicación de la propuesta tecnológica para la zona este no generaron incrementos de rendimientos ni mejora de resultados económicos, aunque en el análisis por productor, hay casos en que sí las hubo. La razón principal está en que estos productores ya estaban cumpliendo con manejos de alta productividad, con resultados por encima de la media de la región y del país. De cualquier manera, se cumplió el objetivo del proyecto de disponer de áreas comerciales donde demostrar la tecnología de altos rendimientos a otros productores y especialmente a aquellos rezagados en sus resultados productivos. Dicha tecnología ya es manejada por estos productores lo cual se demuestra en el excelente rendimiento de las parcelas testigo y los rendimientos promedio de sus chacras.

No obstante, hay algunos factores claramente identificados tanto en la zona este como en el resto del país, que serían los que están marcando diferencias entre productores y sus posibilidades. El ejemplo más claro que surgió en cada uno de los días de campo fue el de acceso a la tierra. En este aspecto, un proyecto de transferencia articulado interinstitucionalmente puede tener efectos positivos aportando información consistente e ideas para las negociaciones entre el productor y el dueño de la tierra.

Desde el punto de vista tecnológico queda planteado otro desafío que consiste en encontrar estrategias de manejo para los rastrojos, de manera que estos no signifiquen una limitante en el rendimiento promedio del productor. En este sentido habría que profundizar sobre la alternativa de la siembra directa, cuya planificación comienza en la cosecha del cultivo anterior.

La estrategia de transferencia de productor a productor resultó muy eficiente y no sólo captó un alto número de participantes, sino también que se acercaron productores que no solían aparecer en otro tipo de jornadas o actividades de difusión. El mayor desafío sin dudas es seguir adelante con este tipo de proyectos. Fijar metas de largo plazo para llegar a todos los rincones del país y acercar la tecnología a cada uno de los productores.



# 29. FORTALECIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE TRANSFERENCIA PARA REDUCIR LAS BRECHAS DE RENDIMIENTOS EN EL SECTOR ARROCERO. Resumen zona centro

A. Gussoni<sup>1</sup>, G. Zorrilla<sup>2</sup>, S. Cedréz<sup>3</sup>, A. Rovira<sup>3</sup>, M. Sanguinetti<sup>4</sup>, M. E. Bica<sup>5</sup>, L. Carmona<sup>6</sup>

**PALABRAS CLAVE:** evolución tecnológica, producir más con menos, validación manejos

Por más información sobre el proyecto, forma de trabajo y propuestas tecnológicas ver artículo Resumen y Conclusiones de G. Zorrilla y otros en esta misma publicación.

## INTRODUCCIÓN

Luego de dos zafras (2019-2020 y 2020-2021) finalizó el proyecto de transferencia de tecnología en el sector arrocero uruguayo, el cual fue liderado por la Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA), con participación de entidades relacionadas al sector como el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), la Gremial de Molinos Arroceros (GMA), del exterior con su asesoría técnica y experiencia en proyectos similares el Fondo Latinoamericano para Arroz con Riego (FLAR) y la financiación de Agencia Nacional para el Desarrollo (ANDE). Reafirmando el carácter interinstitucional que se le dio al proyecto, se cumplieron gran parte de los objetivos planteados, «producir más, con menos» mejorando el margen económico del productor, a través de una agricultura de procesos, con manejos integrados, mejorando la eficiencia en el uso de los recursos disponibles. En la última zafra y a causa de la pandemia faltó una parte fundamental, que fue la presencialidad en los sitios seleccionados, lo cual

fue parcialmente subsanado por los eventos virtuales para la difusión de los resultados obtenidos. En este artículo se resumen los principales resultados para la zona centro del país, comprendiendo los departamentos de Rivera, Tacuarembó y Cerro Largo.

## METODOLOGÍA

En ambas zafras las propuestas tecnológicas surgidas del comité técnico, integrado por las instituciones anteriormente mencionadas, fueron implementadas en las áreas demostrativas en las chacras de los productores referentes (más detalles sobre propuestas tecnológicas, ver artículo de G. Zorrilla). Los productores referentes fueron los mismos en los dos años y el área total entre áreas demostrativas y testigo en 2020-2021 fue de 540 ha, aproximadamente el 20% de la intención de siembra de dichos productores. Esto demuestra su confianza y compromiso, pues no había ningún rédito económico por llevar adelante los manejos planteados. En 2020-2021 se incorporaron algunos productores asociados por su interés en participar del proyecto a los cuales se les hizo la propuesta técnica, pero el seguimiento fue por cuenta del técnico del molino al cual remite su producción.

<sup>1</sup> Augusto Gussoni, Ing. Agr. Técnico regional zona centro.

<sup>2</sup> Gonzalo Zorrilla, M Sc., Coordinador Técnico del Proyecto.

<sup>3</sup> Selva Cedréz y Alejandro Rovira, Ing. Agr. Técnicos regionales zonas este y norte.

<sup>4</sup> María Noel Sanguinetti, Ec., Coordinadora General del Proyecto, Gerente ACA (hasta abril 2021).

<sup>5</sup> María Eugenia Bica, Ing. Agr., Técnica Asociación Cultivadores de Arroz.

<sup>6</sup> Luis Carmona, PhD, Consultor de Agronomía del FLAR.

## RESULTADOS

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

### 1 - Validación manejos para altos rendimientos

Las propuestas de manejo planteadas por el proyecto permitieron validar 10 puntos claves de manejo que aseguran altos rendimientos, «10 PUNTOS PARA 10 TONELADAS POR HA». Existió un impacto productivo diferencial según productor, determinado por la implementación o no de los manejos propuestos. La *evolución tecnológica* (manejos asimilados por el productor en el 2<sup>do</sup> año, según resultados obtenidos del 1<sup>er</sup> año del proyecto) permitió además de obtener muy buenos rendimientos, capitalizar en gran parte las condiciones muy favorables del clima, o sea el efecto año.

En esta segunda zafra se priorizó el *laboreo anticipado* en todo el sistema de producción, comenzando antes la preparación de la tierra, contratando maquinaria y personal en los casos que fue necesario, permitiendo llegar al momento de la siembra con la mayor parte del área pronta para ello. Relacionado al punto anterior, el 100% del área de los productores referentes se completó en la *fecha óptima de siembra* antes de fin de octubre, para lo cual el comienzo a fines de setiembre y la contratación de sembradoras extra fueron claves. En cuanto a la *densidad de siembra* para una población de 200 plantas/m<sup>2</sup>, el proyecto ajustó al alza y el productor en toda su área ajustó a la baja en relación con el 1<sup>er</sup> año. El *posicionamiento del herbicida pre emergente* fue 5 días antes de emergencia en el 2<sup>do</sup> año frente a 9 días en el 1<sup>er</sup> año (promedio parcela testigo y proyecto). La recomendación de *fertilización basal* fue según resultados del análisis de suelo y el programa FertilizArr de INIA, donde el criterio agronómico y experiencia del productor complementaron el dato. Las unidades de N y P fueron 20 % menos en las áreas proyecto que en el testigo y la aplicación de K fue similar entre ambas, con

tendencia a que el productor va adoptando el criterio propuesto por el proyecto.

Los productores aumentaron casi un 20 % las unidades de *N aplicadas* a macollaje respecto a las parcelas testigo en el 2<sup>do</sup> año, ajustándose bastante a las recomendaciones del proyecto. *El riego en estados fenológicos tempranos, V3-4 (3 hojas-1er macollo)* y el llenado de la chacra lo más rápido posible, fue una de las recomendaciones de manejo más asimilados por los productores en este 2<sup>do</sup> año en toda su área y probablemente uno de los que más incidió en los rendimientos. El inicio de riego fue en promedio en V4 en el área proyecto y testigo frente a V5 y V7 en el 1<sup>er</sup> año respectivamente. Para ello se tomaron medias relacionadas a la adecuación de la chacra para comenzar el riego por separado, independiente de la siembra, con contratación de personal adicional para esta labor y maquinaria si fuera necesario.

Respecto al uso de *fungicidas*, no hubo diferencias entre las parcelas (proyecto y testigo), pero sí entre un año y otro. En el 1<sup>er</sup> año, 1 de 6 parcelas fueron aplicadas para tallo y en el 2<sup>do</sup> año 5 de 6 parcelas se aplicaron. Considerando que INIA Merín fue el cultivar más utilizado y que el mismo es resistente a *Pyricularia* y tolerante a enfermedades del tallo, independientemente de las razones, esto marca una tendencia que amerita un análisis más profundo. Un cultivo sembrado en fecha, con una población óptima, bien nutrido, con riego temprano y con una altura de lámina de agua adecuada, tendrá una probabilidad de incidencia de enfermedades del tallo muy baja. En cuanto a las demás recomendaciones planteadas, dosis de N a primordio, no uso de insecticidas preventivos y momento de cosecha, no hubo inconvenientes de su aplicación y no se encontraron diferencias que hayan incidido en los resultados.

### 2- Resultados económicos/productivos

El rendimiento promedio de Uruguay en la zafra 2020-2021 medido en bolsas de 50 kg sanas, secas y limpias (ssl) por hectárea, fue el más alto de la historia, aproximadamente 189 bolsas, esto es 9.450 kg/ha. En el cuadro 1 se observan las variedades e híbridos

**Cuadro 1.** Rendimientos en bolsas ssl/ha «Proyecto transferencia» 20/21.

| Productor    | Varietad                    | Proyecto | Testigo | Productor | Proy-test | Proy-prod |
|--------------|-----------------------------|----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Promedio     |                             | 223      | 216     | 212       | 6         | 11        |
| J. Pintos    | INIA Merín                  | 239      | 234     | 228       | 5         | 11        |
| P. Corá      | INIA Merín                  | 218      | 192     | 185       | 25        | 33        |
| P. García    | INIA Merín/<br>INTA Gurí CL | 211      | 204     | 210       | 7         | 1         |
| G. Pereira   | INIA Merín                  | 219      | 207     | 198       | 12        | 21        |
| Hnos. Colpo  | INIA Merín                  | 208      | 202     | 202       | 6         | 6         |
| F. Extremera | Titán CL                    | 240      | 258     | 248       | -18       | -8        |

utilizados por cada productor para realizar las comparaciones, los rendimientos obtenidos en las áreas demostrativas, áreas testigo y el promedio de toda la chacra del productor, además las diferencias en bolsas ssl/ha entre proyecto y testigo y entre proyecto y promedio productor.

Los rendimientos promedio obtenidos fueron altos, por encima de 215 bolsas/ha sanas, secas y limpias. Las diferencias de 7 bolsas del proyecto frente al testigo y de 11 al manejo promedio productor son razonables, teniendo en cuenta el tamaño de las áreas evaluadas, 2,7 y 4,9 % por debajo del manejo proyecto respectivamente.

El cuadro 2 compara los rendimientos obtenidos y las diferencias entre áreas demostrativas, testigos y total del productor entre las zafas 2019-2020 y 2020-2021. Los datos determinan que uno de los objetivos del proyecto que era disminuir la brecha de rendimiento interna de las chacras se logró en estos productores referentes, ya que la diferencia

entre área demostrativa y testigo disminuyó en un 33% y frente a la chacra del productor un 61%. Eso también se ve en la disminución de la brecha entre el área testigo y la chacra del productor con una disminución del 79%.

En el cuadro 3 se compara el rendimiento del productor referente del proyecto, con respecto a la zona en las últimas 3 zafas, donde se observa que las diferencias de rendimiento aumentaron. Antes del proyecto 3 bolsas, 6 bolsas luego del 1<sup>er</sup> año del proyecto y 23 bolsas al finalizar el mismo. Esto demuestra más allá del efecto año, el gran impacto en producción que tuvo el proyecto de transferencia en los productores referentes.

En el cuadro 4 se presentan las diferencias en costos ingresos y márgenes en USD/ha obtenidos al valorizar las diferencias de manejo del proyecto frente al manejo testigo. Los dos años del proyecto determinaron una disminución en los costos, un rendimiento obtenido mayor y por ende un margen neto mayor.

**Cuadro 2.** Rendimiento promedio en bolsas ssl/ha zafas 19-20 y 20-21.

| Productor       | Proyecto | Testigo | Productor | Proy-test | Proy-prod | Test-prod |
|-----------------|----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Zafra 2019-2020 | 201      | 192     | 173       | 9         | 28        | 19        |
| Zafra 2020-2021 | 223      | 216     | 212       | 6         | 11        | 4         |
|                 |          |         | 33%       | 61%       | 79%       |           |

**Cuadro 3.** Rendimientos del productor, la zona y diferencia en bolsa ssl/ha.

|                 | Productor | Zona | Productor-zona |
|-----------------|-----------|------|----------------|
| Zafra 2018-2019 | 168       | 165  | 3              |
| Zafra 2019-2020 | 173       | 167  | 6              |
| Zafra 2020-2021 | 212       | 189  | 23             |

**Cuadro 4.** Diferencia de costos, ingresos y margen neto promedio de todos los productores en USD/ha.

|                 | Diferencia Costos | Diferencia Ingresos | Margen Neto |
|-----------------|-------------------|---------------------|-------------|
| Zafra 2019-2020 | -13               | 87                  | 100         |
| Zafra 2020-2021 | -15               | 79                  | 94          |

## CONCLUSIONES

Según los resultados económicos/productivos obtenidos en estos dos años para la zona arrocerá del centro del país, el proyecto marcó el camino demostrando que, con las tecnologías disponibles, realizando una agricultura de procesos, con manejos integrados y más eficientes en la utilización de los recursos, con una buena planificación, gestión y sobre todo

ejecución de las labores, se pueden obtener con los mismos recursos, mejores resultados.

El gran desafío es poder ampliar estos resultados en la mayor cantidad de área en todo el Uruguay, apostar fuerte a un sistema de transferencia de tecnología, la transferencia lleva tiempo, pero lo más difícil ya está hecho, que es la obtención de datos y captar la atención del principal actor de todo esto, que es el productor.

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

## Resumen zona norte

A. Rovira<sup>1</sup>, G. Zorrilla<sup>2</sup>, S. Cedréz<sup>3</sup>, A. Gussoni<sup>4</sup>, M. Sanguinetti<sup>5</sup>, M. E. Bica<sup>6</sup>, L. Carmona<sup>7</sup>

**PALABRAS CLAVE:** áreas demostrativas, difusión tecnología, productor-a-productor

### INTRODUCCIÓN

El proyecto plantea potenciar la difusión y transferencia de tecnología en el sector arrocero, en un enfoque interinstitucional, siendo los objetivos principales, mejorar el resultado económico de las empresas y reducir la brecha de rendimiento, mediante la instalación de áreas demostrativas en chacras comerciales y la realización de diversas actividades de difusión, promoviendo la transferencia de productor a productor.

El presente artículo, resume los resultados obtenidos en la zona norte, para la zafra 2020-2021 y plantea conclusiones de cierre de proyecto, sobre la base de la información obtenida en las dos zafras de duración del mismo. Por más información general del proyecto, resultados a nivel país y resultados de otras zonas, se recomienda la lectura de los artículos de G. Zorrilla, S. Cedréz y A. Gussoni en esta misma publicación.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se definió entre todas las instituciones participantes (Comité Técnico), una propuesta tecnológica base, a ser implementada en las áreas demostrativas («10 Puntos para 10 t/ha», ver detalle en artículo de G. Zorrilla).

Para la zafra 2020-2021 se trabajó en la

zona norte en cuatro chacras comerciales de productores referentes, siendo tres de ellos los mismos que en la zafra anterior, incorporándose uno nuevo. En las chacras de dichos productores se instalaron las áreas demostrativas con el manejo proyecto propuesto, existiendo como contrapartida en cada sitio, un área testigo con manejo habitual del productor. Fueron un total de 8 parcelas demostrativas y testigo, con un área promedio por parcela de 29 ha y una superficie total de 232 ha de cultivo. Durante toda la zafra se realizó la implementación, monitoreo y seguimiento de las prácticas de manejo recomendadas, así como el relevamiento y análisis de toda la información pertinente. Problemas de riego, sobre el fin del ciclo del cultivo, determinaron que se tuviera que descartar un sitio para el análisis final de la información.

### RESULTADOS

Los principales indicadores de manejo promedio de las áreas proyecto para la zafra 2020-2021 son los siguientes: 100% del área fue laboreo anticipado; 25% del área fue rastrojo y 50% retorno sobre praderas; 100% del área se sembró antes del 15 de octubre con la variedad INIA Merín en todos los sitios; la densidad de siembra fue de 107 kg/ha, obteniéndose una población de 202 plantas/m<sup>2</sup>; 50% del área se aplicó con herbicida en

<sup>1</sup> Alejandro Rovira, Ing. Agr. Técnico regional zona norte.

<sup>2</sup> Gonzalo Zorrilla, M Sc., Coordinador Técnico del Proyecto.

<sup>3</sup> Selva Cedréz, Ing. Agr., Técnico Regional zona este.

<sup>4</sup> Augusto Gussoni, Ing. Agr. Técnico regional zona centro.

<sup>5</sup> María Noel Sanguinetti, Ec., Coordinadora General del Proyecto, Gerente ACA (hasta abril 2021).

<sup>6</sup> María Eugenia Bica, Ing. Agr., Técnica Asociación Cultivadores de Arroz.

<sup>7</sup> Luis Carmona, PhD, Consultor de Agronomía del FLAR.

preemergencia; la fertilización basal fue de 8-43-22 unidades por ha de NPK; se aplicaron 238 kg/ha de urea, 178 kg/ha al macollaje y 60 kg/ha al primordio; el inicio del riego fue a los 16 días después de emergencia, estado fenológico V3,9; se aplicó fungicida en el 25% del área, no se utilizó insecticida en ninguna de las parcelas y el rendimiento promedio obtenido fue de 222 bolsas sanas secas y limpias por hectárea.

En cuanto a los resultados físicos y económicos de las áreas proyecto y testigo en la zafra 2020-2021, se observa que: las parcelas proyecto rindieron 20 bolsas/ha más que las parcelas testigo, 222 bolsas/ha vs. 202 bolsas/ha, representa un 10% más de rendimiento; las parcelas proyecto rindieron 29 bolsas/ha más que la media de la zona, 222 bolsas/ha vs. 193 bolsas/ha, representa un 15% más de rendimiento; el resultado económico parcial, sobre costos variables, fue de 216 USD/ha a favor de las áreas proyecto contra las áreas testigo, dicha diferencia se explica en un 89% por mayor rendimiento y en un 11% por menor costo de producción.

En el cuadro 1 se resume la información de los rendimientos obtenidos en las dos zafras del proyecto. Se observa un mejor rendimiento en todos los grupos de comparación en la za-

fra 2020-2021 que en la 2019-2020, explicado esto en parte por una mejor oferta climática. Sin embargo, el rendimiento promedio de los productores referentes es el que mayor aumento registra al comparar ambas zafras, 28 bolsas/ha más, lo cual representa un incremento de rendimiento de 15%, siendo que el incremento de rendimiento de la zona norte fue un 6% y de las áreas demostrativas un 9%. Una parte importante de este incremento de rendimiento de estos productores referentes se explica por ajustes de los factores de manejo interno de las chacras, agricultura de procesos, no implicando un mayor costo de producción.

En el cuadro 2, se muestra que la brecha entre el rendimiento promedio de las áreas demostrativas y el de los productores referentes en toda su área de cultivo se reduce en 56% entre una zafra y otra, siendo que los productores referentes se despegan del rinde promedio de la zona en 22 bolsas/ha, valor muy superior al de la zafra anterior.

En el cuadro 3, se presenta la evolución de los indicadores de manejo promedio de la zona que registran mayores cambios, al comparar la zafra 2018-2019 pre-proyecto y la zafra 2020-2021 de finalización del mismo. Se nota un aumento importante del laboreo

**Cuadro 1.** Rendimientos promedio de las áreas demostrativas, de todas las chacras de productores referentes y de toda la zona norte para dos zafras (2019-2020 y 2020-2021). Valores en bolsas/ha de arroz sano seco y limpio.

|                                 | Zafra<br>2019-2020 | Zafra<br>2020-2021 | Diferencia<br>2020-2021 –<br>2019-2020 | Dif. % |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|--|--------|
| Promedio áreas demostrativas    | 203                | 222                | 19                                     | 9      |
| Promedio productores referentes | 187                | 215                | 28                                     | 15     |
| Promedio zona norte             | 182                | 193                | 11                                     | 6      |

**Cuadro 2.** Brechas de rendimiento (bls/ha arroz sano seco y limpio).

| Comparación                                       | 2019-2020 | 2020-2021 | Brecha<br>2020-2021 –<br>2019-2020 | Dif. % |
|---|-----------|-----------|------------------------------------|--------|
| Rend. áreas demostrativas<br>vs. prod. referentes | 16        | 7         | -9                                 | -56    |
| Rend. productores referentes<br>vs. zona norte    | 5         | 22        | 17                                 | 340    |



**Cuadro 3.** Evolución de indicadores de manejo del cultivo zona norte. Valores en base a información presentada por la industria en Talleres Tecnológicos-INIA.

|  | Zafra 2018-2019 | Zafra 2020-2021 |
|--|-----------------|-----------------|
| % Laboreo anticipado                             | 30-40           | 60-70           |
| % Rastrojo                                       | 70              | 41              |
| Urea en cobertura (kg/ha)                        | 137             | 182             |
| Inicio de riego – fenología/días post-emergencia | V7 / +25        | Disminuye       |
| Rendimiento (bolsas sanas secas y limpias/ha)    | 158             | 193             |

anticipado, una reducción también importante del área de rastrojo cultivada, un aumento sustancial de la dosis de urea en cobertura y una tendencia clara a iniciar los riegos más temprano.

### CONCLUSIONES CIERRE DE PROYECTO

Haciendo foco en el manejo de las chacras, las principales conclusiones de estos dos años de proyecto son:

- en la construcción de altos rendimientos, además del clima y la genética, el manejo interno de las chacras juega un rol fundamental, con planificación y gestión bajo el enfoque de una agricultura de procesos, se puede reducir las brechas de rendimiento y obtener un mejor resultado económico,
- el proyecto deja mensajes muy claros de pautas de manejo para acceder a rendimientos de 10.000 kg/ha o más, siendo los más relevantes al comparar con el manejo promedio de la zona: la siembra temprana asociada al laboreo anticipado y el inicio del riego temprano asociado al uso de altas dosis de nitrógeno en cobertura,
- el enfoque de sistemas de producción integrados, con rotaciones estructuradas

con la actividad ganadera surge como un punto clave en el cual hay que trabajar para levantar limitantes, principalmente poder acceder a una siembra temprana y de calidad,

- se comienzan a mover positivamente, a nivel zonal, varios indicadores relevantes de manejo.

Desde la óptica de la extensión rural, las principales conclusiones que deja el proyecto son:

- se valida el método de extensión empleado,
- se accede, pandemia mediante, a un nuevo escenario de complementariedad de actividades de difusión, presenciales y virtuales,
- en las actividades presenciales, se logra captar la atención de productores a los que no se llega mediante los canales tradicionales de difusión,
- las áreas demostrativas de validación de manejos del cultivo en chacras comerciales, asociadas a un enfoque de difusión y transferencia de tecnología «de productor a productor», en un marco interinstitucional, confirman a nivel sectorial y nacional ser un método muy potente de extensión rural, que debería continuar.

### **INIA Dirección Nacional**

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

### **INIA La Estanzuela**

Ruta 50, Km 11  
Colonia  
Tel.: 598 4574 8000  
Fax: 598 4574 8012  
[iniale@le.inia.org.uy](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto:iniatbo@tb.inia.org.uy)

### **INIA Treinta y Tres**

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

[www.inia.uy](http://www.inia.uy)