



**INSTITUTO  
NACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN  
AGROPECUARIA**

**URUGUAY**



# **ARROZ 2023**

Diciembre, 2023

**SERIE  
TÉCNICA**

# **267**

**INIA**

---

# ARROZ 2023

**Editores:** José Terra \*

Sebastián Martínez \*\*

Ignacio Macedo \*\*\*

Clara Villalba \*\*\*\*

---

\* Ing. Agr. Ph.D. INIA. Director Sistema Arroz-Ganadería.

\*\* Ing. Agr. Dr. INIA. Sistema Arroz-Ganadería.

\*\*\* Ing. Agr. Ph.D. INIA. Sistema Arroz-Ganadería.

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

**Título:** ARROZ 2023

**Editores:** José Terra, Sebastián Martínez, Ignacio Macedo, Clara Villalba

Serie Técnica N° 267

© 2023, INIA

**doi:** <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.267>

**e-ISBN** 978-9974-38-501-6

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

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

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

# Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

## **Integración de la Junta Directiva**

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

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



**Ministerio  
de Ganadería,  
Agricultura y Pesca**

**Ing. Agr. Martín Gortari**

**Ing. Agr. Rafael Normey**



**Ing. Agr. Alejandro Henry**

**Ing. Agr. Diego Bonino**





# CONTENIDO

	Página
PRÓLOGO .....	1
1. INDICADORES TECNOLÓGICO-PRODUCTIVOS DE LA ZAFRAARROCERA 2022-2023 ...	4
2. EVALUACIÓN FINAL DE CULTIVARES <i>ÍNDICA</i> EN ÉPOCAS DE SIEMBRA .....	7
3. EVALUACIÓN FINAL DE CULTIVARES <i>JAPÓNICA</i> TEMPLADO .....	12
4. EVALUACIÓN DE CULTIVARES <i>ÍNDICA</i> EN MULTIAMBIENTES .....	16
5. EVALUACIÓN DE CULTIVARES RESISTENTES A LAS IMIDAZOLINONAS EN ENSAYOS EN FAJAS .....	21
6. USO DEL PELETIZADO DE SEMILLA PARA SIEMBRAS TEMPRANAS EN ARROZ ...	25
7. DIVERSIDAD DE PLANTAS ATÍPICAS EN SEMILLA CERTIFICADA DE ARROZ URUGUAYO .....	29
8. SLI09193: MANEJO DE POBLACIÓN Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA .....	32
9. IMPACTO DE LAS FASES ENSO EN LA PRODUCTIVIDAD DE ARROZ. I .....	36
10. IMPACTO DE LAS FASES ENSO EN LA PRODUCTIVIDAD DE ARROZ. II .....	40
11. TRAYECTORIAS DE LA EFICIENCIA DE USO DE NUTRIENTE (EUN) EN EL SISTEMAARROZ-GANADERÍA URUGUAYO: UN ANÁLISIS POR REGIÓN .....	44
12. BALANCES DE NITRÓGENO DE LARGO PLAZO: UNA MIRADA A LAS PRINCIPALES REGIONES PRODUCTORAS DEL SISTEMAARROZ-GANADERÍA URUGUAYO .....	48
13. BALANCE HÍDRICO Y EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO Y DE FÓSFORO EN AGUA EN DOS ROTACIONES CONTRASTANTES .....	52
14. HUELLA ECOTOXICOLÓGICA DE ROTACIONES DE ARROZ CON DIFERENTES GRADOS DE INTENSIFICACIÓN .....	57
15. EMISIONES DE METANO Y POBLACIONES MICROBIANAS ASOCIADAS EN CULTIVO DE ARROZ BAJO DISTINTOS SISTEMAS DE ROTACIÓN .....	61
16. COMUNIDADES MICROBIANAS DEL SUELO EN SISTEMAS DE ROTACIÓN DE ARROZ. I: COMUNIDADES FÚNGICAS .....	66
17. COMUNIDADES MICROBIANAS DEL SUELO EN SISTEMAS DE ROTACIÓN DE ARROZ. II: COMUNIDADES BACTERIANAS .....	70
18. RESULTADOS PRODUCTIVOS DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN ARROZ- GANADERÍA (UPAG) II: EJERCICIO 2022-2023 .....	74
19. VENTAJAS ECONÓMICAS DE LA DIVERSIFICACIÓN AGRÍCOLA-GANADERA EN LA REGIÓN ARROCERA TRADICIONAL .....	78

20.	+ ARROZ + MARGEN DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA REDUCIR LAS BRECHAS DE RENDIMIENTOS Y MEJORAR LOS INGRESOS DE LA PRODUCCIÓN ARROCERA. RESUMEN DE CUATRO AÑOS (2019-2023).....	82
21.	+ ARROZ + MARGEN: RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA ZAFRA 2022-2023 PARA LA ZONA CENTRO Y NORTE .....	86
22.	+ ARROZ + MARGEN: RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA ZAFRA 2022-2023 .. PARA LA ZONA ESTE .....	90

# PRÓLOGO

La Serie Técnica n.º 267 resume información tecnológica y científica de los sistemas de producción de arroz, en el marco de un récord de rendimiento en un año de sequía extrema en todo el territorio nacional que provocó severos impactos en el sector agropecuario. La publicación reporta los resultados generados por los equipos de investigación del INIA y de otras instituciones en diversos proyectos conjuntos, para consulta y referencia de productores, profesionales y estudiantes.

Durante 2023 se realizaron varias actividades de difusión en el Sistema Arroz-Ganadería. Por un lado, el tradicional taller de análisis tecnológico-productivo de la zafra, por otro lado, el seminario técnico sobre la sostenibilidad ambiental de los sistemas de producción de arroz, los días de campo de arroz y de la Unidad de Producción Arroz-Ganadería (UPAG) y, por último, la tradicional jornada anual de arroz, que se focalizó en las contingencias y previsiones para un probable año «Niño» 2023-2024. La Serie Técnica n.º 267 refleja varios de los contenidos reportados en estas actividades.

La zafra 2022-2023 fue la tercera consecutiva con rendimientos medios superiores a 9 t/ha, marcando un récord de productividad de 9540 kg/ha. Si bien fue una zafra con costos altos, los precios tonificados del arroz permitieron buenos resultados económicos. Casi toda el área fue sembrada en la época ideal, donde predominaron los cultivares INIA Merín e INTA Gurí CL, con manejos precisos que permitieron capitalizar las

excelentes condiciones climáticas para la expresión del potencial de rendimiento más allá de las dificultades de riego asociados a la sequía generalizada.

Durante 2022-2023 se liberó el cultivar CL1294 con el Consorcio Nacional de Semilleristas de Arroz y se inició la validación comercial de la línea SLF16007, de origen FLAR, y la CL19231, abriendo nuevas posibilidades. Se consolidó y estabilizó la UPAG 2 y se publicaron sus resultados. Se publicaron diversos trabajos técnicos y científicos que incluyeron temáticas como el impacto del Programa de Mejoramiento de Arroz, las brechas y el potencial de rendimiento, el balance y la eficiencia del uso de nitrógeno, la prevalencia de enfermedades en los sistemas, la biodiversidad de microorganismos, y la sostenibilidad ambiental de los sistemas. Se articularon acciones y actividades con la Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA), los departamentos técnicos de los molinos y otros actores del sistema de ciencia y tecnología, además de los tomadores de decisión de políticas públicas. Se iniciaron nuevos proyectos con socios privados para seguir afianzando la soja en las rotaciones arroceras. Se siguió apoyando y participando activamente en el proyecto de transferencia de tecnología «Más arroz, más margen» -liderado por la ACA, con participación del GMA-FLAR-INIA-, cuyos resultados finales de cuatro años están incluidos en esta publicación. También se hizo lo propio con el Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria 381 (FPTA) liderado por la ACA y el Instituto Plan Agropecuario (IPA).

Luego de cinco años al frente del Programa y en momentos de recambio en su dirección, queremos agradecer el apoyo y la interacción permanente con la ACA, los departamentos técnicos de los molinos, otras gremiales y los CAR y GT, a la investigación en ciencia y tecnología como herramienta estratégica para la competitividad y el desarrollo de estos sistemas productivos.



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

Esperamos que los contenidos de esta publicación técnica sean una herramienta útil para productores, técnicos y otros actores relevantes para apuntalar la toma de decisiones a diferentes niveles en las regiones donde se desarrollan los sistemas de producción arroceros.

Buena lectura y los mayores éxitos para la zafra 2023-2024.



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

# 1. INDICADORES TECNOLÓGICOS- PRODUCTIVOS. ZAFRA ARROCERA 2022-2023

F. Molina<sup>1</sup>, J. Terra<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:** manejo, rendimiento, variedades.

## INTRODUCCIÓN

En la zafra 2022-2023 el sector arrocero uruguayo alcanzó un récord de rendimiento (9580 kg/ha), superando las 9 t/ha por tercer año consecutivo. El Taller Anual de Evaluación de Zafra es un activo sectorial donde se comparte y documenta, desde 2004, información detallada de las principales variables tecnológicas y productivas de la zafra. El resumen con la información consolidada es publicado en la Serie Técnica anual «Arroz» del INIA. Del mismo modo, las trayectorias tecnológicas quedan registradas en los informes detallados que amplían el artículo de resumen y se publican en la web del INIA.

La información presentada corresponde a datos proporcionados por seis industrias arroceras de Uruguay (Adecoagro, Arrozal 33, Casarone, Coopar, Dambo y Saman) que, en su conjunto, representaron el 78 % del área sembrada. Desde hace dos años la información de Arrozal 33 está incluida a la de Samán.

El objetivo de cada año es consolidar la información recabada de los molinos y contar con registros e indicadores objetivos de las variables productivas más relevantes de cada zafra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las industrias o empresas arroceras reportan anualmente sus datos en un formulario con las variables productivas y tecnológicas más relevantes. Entre estas se destacan el rendimiento, la calidad industrial, el uso del suelo, la época de siembra y de cosecha, las variedades sembradas, el uso de fitosanitarios por principio activo, la aplicación y dosis de fertilizantes, el riego, etc. La información es resumida para generar coeficientes e indicadores a nivel nacional y, cuando corresponde, se la discrimina por zona 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

El uso del suelo durante los últimos cinco años ha tenido algunos cambios relevantes, entre los que se destaca el aumento del área de arroz sembrado sobre rastrojos de soja (20 % en 2022) y una menor área sembrada sobre rastrojos de arroz (30 %), respecto a los valores históricos. En la actualidad, la soja se muestra como una opción agrícola

<sup>1</sup> F. Molina, *Ph. D.*, investigador adjunto, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, [fmolina@inia.org.uy](mailto:fmolina@inia.org.uy)

<sup>2</sup> J. Terra, *Ph. D.*, investigador principal referente, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, [jterra@inia.org.uy](mailto:jterra@inia.org.uy)



válida para diversificar e intensificar los sistemas arroceros, con un impacto positivo como antecesor del cultivo de arroz y reducción de algunos costos. El área de arroz sembrado sobre laboreo de verano se mantuvo en valores similares a la zafra pasada (32 %), mientras que el área sembrada sobre praderas tuvo un leve retroceso a 23 %. En síntesis, el 43 % del área del cultivo se realiza sobre uno de estos antecesores (soja o pradera) que, en general, están asociados a ambientes de alto potencial.

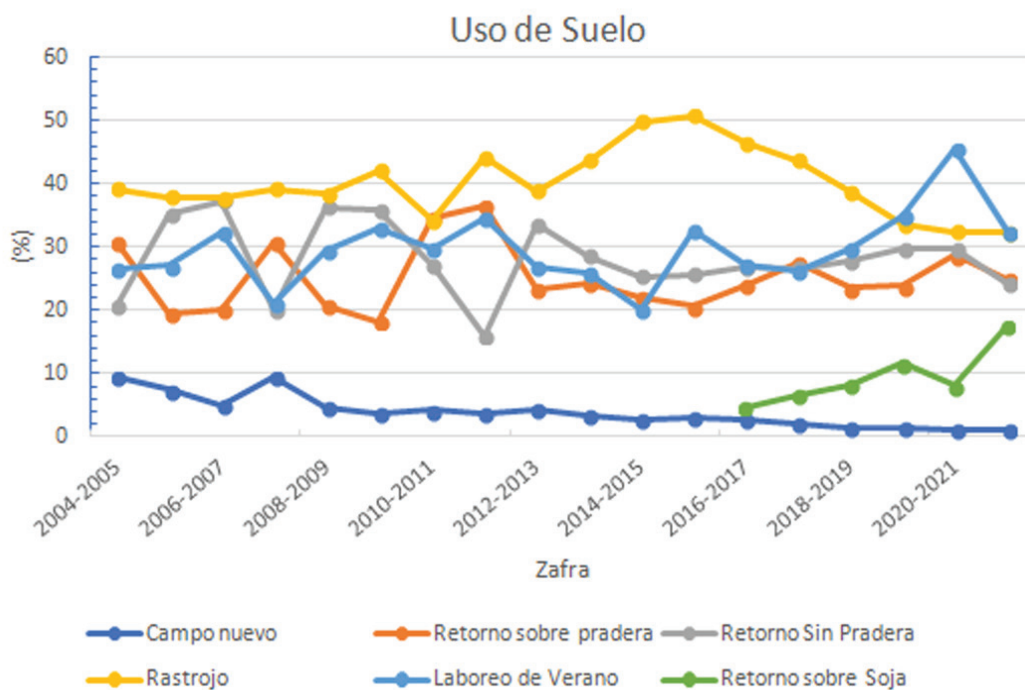
Analizado por regiones, se observó que la mayor parte del área de arroz sobre soja fue en el este (92 %). Mientras que en promedio el área sembrada sobre rastrojos de arroz fue 30 %, en la zona norte representó 58 %, en el centro 48 % y en el este 23 %. Asimismo, en el norte fue donde se sembró la mayor proporción de arroz sobre rastrojos de dos o más años (13,4 %). Estos valores son relevantes para caracterizar los sistemas y entender la interacción con los resultados productivos (Figura 1).

La fertilización basal el cultivo mantiene la tendencia de años anteriores (Figura 2). El

potasio se está usando generalizadamente y fue el de mayor dosis basal aplicada (43 kg/ha de  $K_2O$ ). El fósforo, aplicado ampliamente en las chacras, continúa la tendencia a la baja de su dosis (39 kg/ha de  $P_2O_5$ ). Actualmente, el balance del nutriente se encuentra próximo a la neutralidad, considerando la extracción del grano con el rendimiento actual, por lo que es razonable que la dosis se estabilice en los próximos años. Por último, el uso de nitrógeno basal es testimonial y con dosis baja de 7 kg/ha de N.

La aplicación de nitrógeno posemergencia se realiza predominantemente fraccionada entre inicio de macollaje y primordio. La dosis media aplicada en 2022-2023 no aumentó significativamente y tiende a estabilizarse en 91 kg/ha de N (Figura 3). Esto probablemente se deba al alto costo de la urea en la zafra pasada y a la baja probabilidad de respuesta de las variedades sembradas a dosis mayores a las usadas actualmente, que son más del doble de las usadas veinte años atrás.

La superficie sembrada con la variedad INIA Merín tuvo un ligero incremento, hasta



**Figura 1.** Evolución del uso de suelo por antecesor del cultivo de arroz en las últimas zafras.

### Fertilización basal zona este

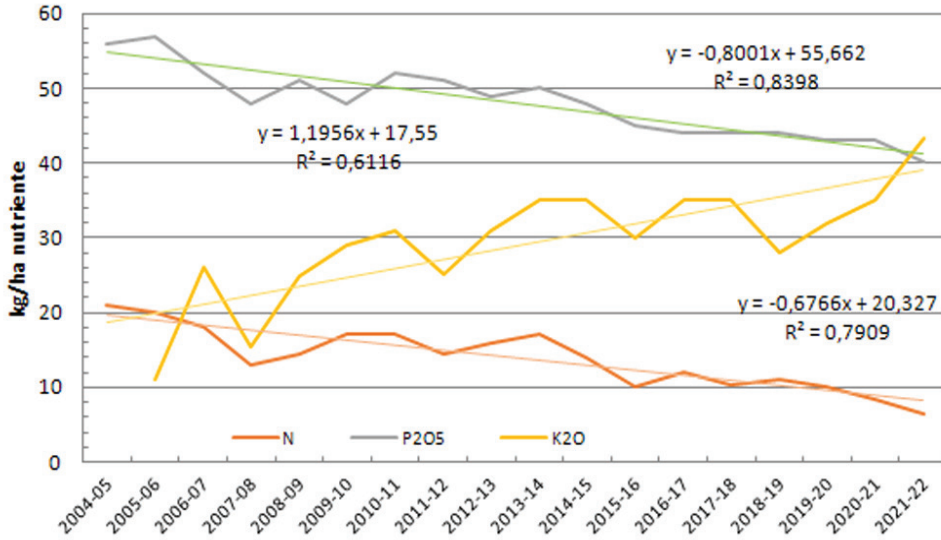


Figura 2. Evolución de las dosis de potasio (K<sub>2</sub>O), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y nitrógeno (N) basal en el cultivo de arroz en la zona este de Uruguay.

### Coberturas N zona Este

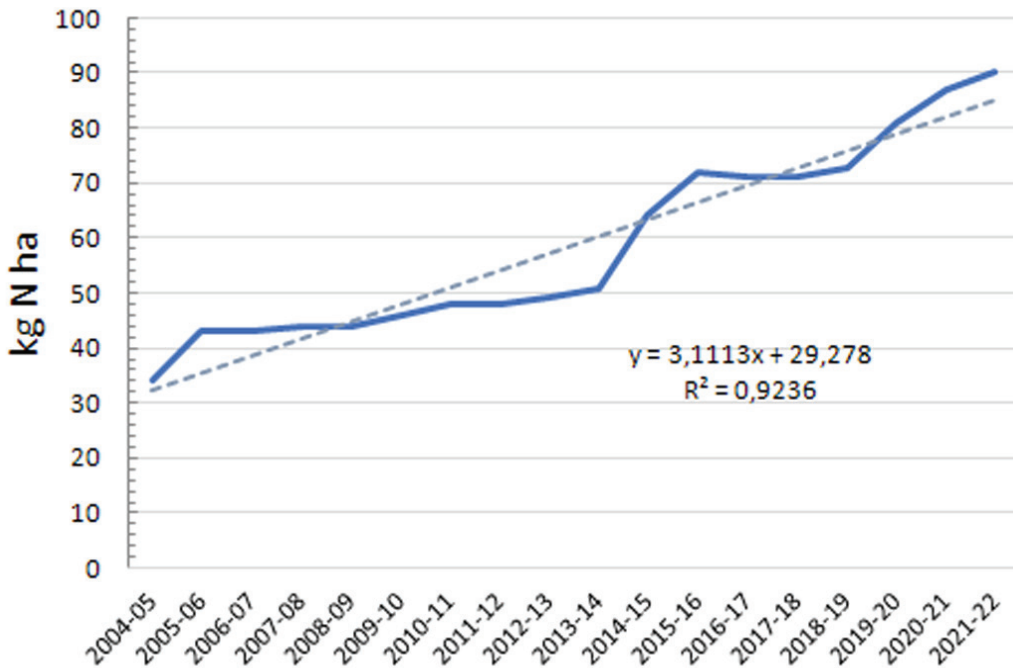
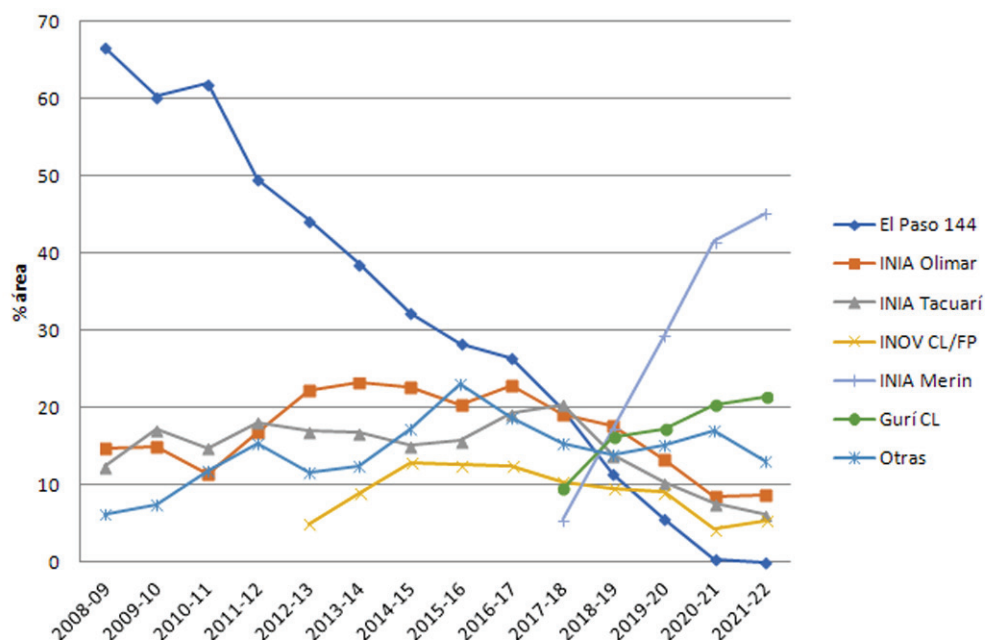


Figura 3. Evolución de las dosis de N utilizadas en las coberturas de urea posemergencia del cultivo de arroz en la zona este de Uruguay

### Área sembrada por variedad



**Figura 4.** Evolución de la proporción de área sembrada por los principales cultivares de arroz en Uruguay

6

alcanzar aproximadamente 50 % del área arrocerá, pero su expansión tiende a estabilizarse (Figura 4). Más allá de su excelente potencial de rendimiento, estabilidad, sanidad y calidad industrial, el ciclo extendido de ese cultivar, la disponibilidad de agua y la necesidad de cosecha temprana probablemente marquen un pico del área sembrada con ese cultivar. El cultivar Gurí INTA CL se consolidó como la segunda variedad más sembrada alcanzando un 22 % del área, con excelentes resultados productivos ayudados por una serie de años climáticamente favorables y sin complicaciones sanitarias. Destaca también, a pesar del declive de área, el excelente resultado productivo de la variedad INIA Olimar, particularmente en la zona norte. Dentro de la calidad americana, INIA Tacuarí continúa bajando en área, donde representó solo 3 %, concentrada en la zona este y particularmente en Rocha.

El área de arroz aplicada con fungicidas se ha mantenido relativamente estable en los últimos años en el orden de 75 % (Figura 5). Estas aplicaciones han sido focalizadas

en control de hongos del tallo, para el caso de INIA Merín, ya que es una variedad resistente a *Pyricularia*. En el caso de Gurí INTA CL, por tratarse de una variedad susceptible a *Pyricularia*, se aplica al menos un fungicida preventivo. Para la próxima zafra, en caso de que se cumplan los pronósticos de un año Niño, es probable que el área aplicada aumente, especialmente en las variedades susceptibles a *Pyricularia*.

El uso de insecticidas -siempre riesgoso y no deseable en nuestros sistemas- se mantiene en valores relativamente bajos, donde solamente el 11 % del área del país es aplicada. Sin embargo, la zona norte se mantiene con valores relativamente altos (52 %), como ha sido reportado habitualmente. Como ya se ha mencionado en otras oportunidades, dicha práctica está asociada a factores culturales pero también a una condición agroecológica diferente al resto del país. Es fundamental mantenerse con valores bajos e incluso reducir el uso de insecticidas en el cultivo para mantener el equilibrio natural de los agroecosistemas

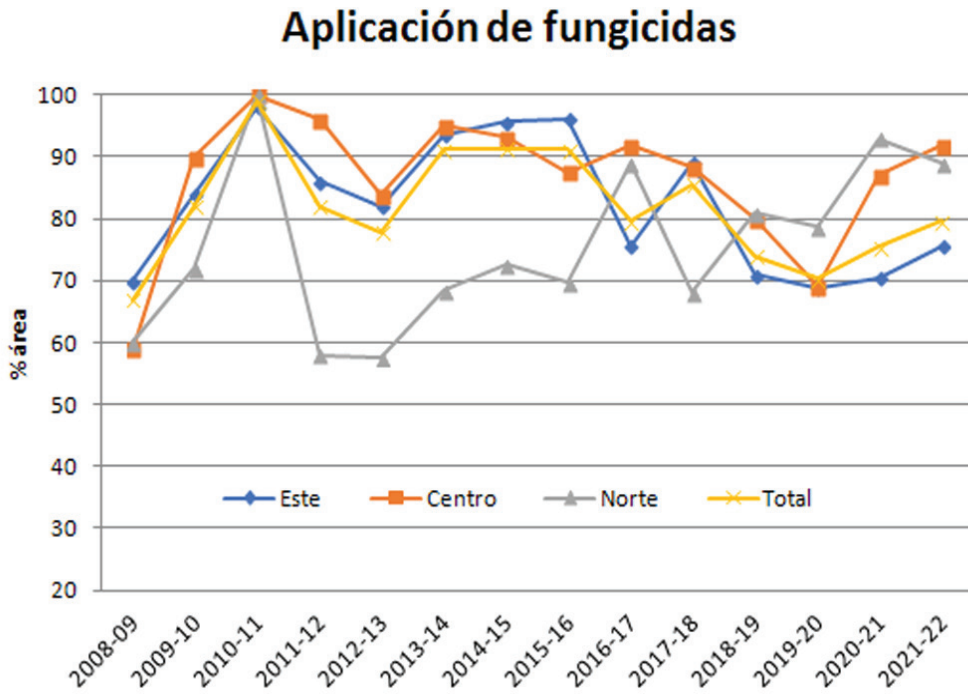


Figura 5. Evolución del área aplicada con fungicidas en el cultivo de arroz por zona productiva.

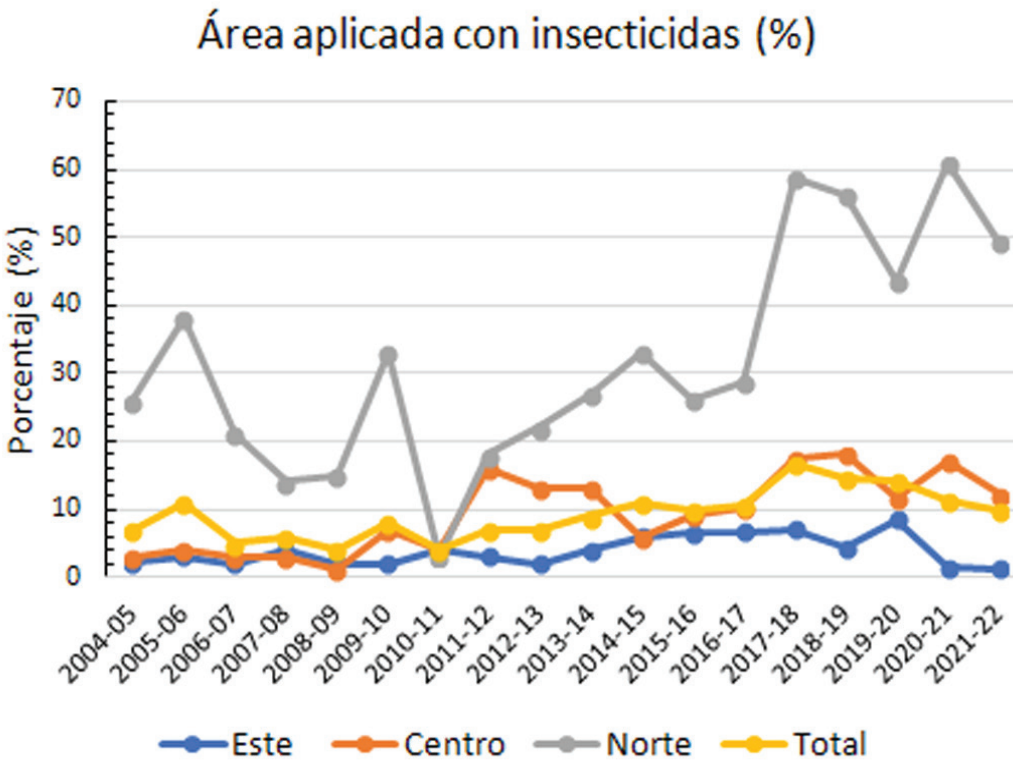
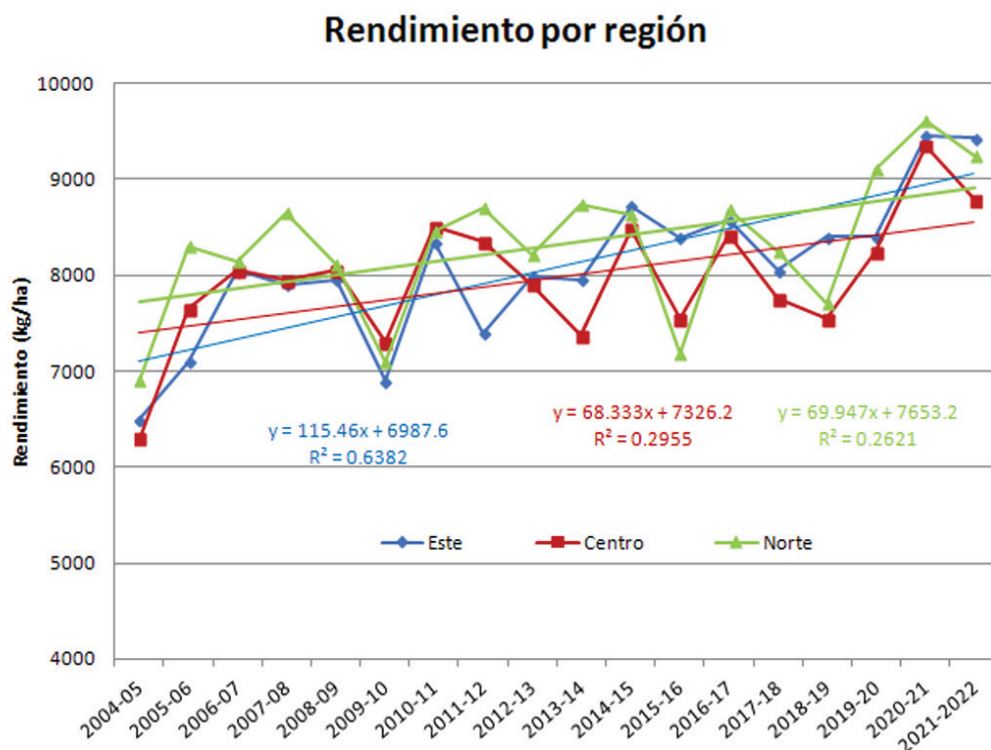


Figura 6. Evolución del área aplicada con insecticidas en el cultivo de arroz por zona productiva.



**Figura 7.** Evolución del rendimiento del cultivo de arroz en las tres zonas productivas (este, centro y norte) del país.

y reducir el riesgo de contaminantes en el grano.

El rendimiento medio del área relevada fue 9647 kg/ha, muy similar al promedio nacional manejado por la Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA) y la Gremial de Molinos Arroceros (GMA), 9580 kg/ha, y superó el récord anterior de 9450 kg/ha de 2020-2021. La mayor productividad fue observada en la zona este (9702 kg/ha) y la menor en el centro (9402 kg/ha); mientras que en el norte fue intermedia (9617 kg/ha). Los altos rendimientos medios obtenidos estuvieron sustentados en cultivos sembrados en tiempo y forma, en época óptima, capitalizando el manejo agronómico realizado por los productores y la excelente oferta climática para el desarrollo y crecimiento del cultivo. Para la próxima zafra, el sector tiene el desafío de mantener los niveles de productividad por encima de 9 t/ha en un escenario climático que se pronostica más limitante respecto a las tres zafas anteriores.

## CONCLUSIONES

En las últimas dos décadas el rendimiento del cultivo de arroz se incrementó 100 kg/ha/año, superando durante tres años seguidos la barrera de las 9 t/ha. El uso y la combinación adecuada de la genética, tecnologías y manejo del cultivo en tiempo y forma por parte de los productores para capitalizar las condiciones ambientales prevalentes, fueron buena parte de la explicación de los resultados alcanzados en las últimas tres zafas. Destacan el fuerte recambio varietal, la consolidación de INIA Merín, el incremento de la fertilización nitrogenada y potásica, la reducción del área de rastrojos y el incremento de la soja en la rotación. El gran desafío es sostener rendimientos en la franja de 9 t/ha en la próxima zafra Niño.

## AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a los molinos arroceros, sus productores y los departamen-



tos técnicos por compartir la información para el taller y estos documentos.

## BIBLIOGRAFÍA

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

**Molina, F.; Terra, J. A.; Roel, A.** 2019. Evolución de algunas variables tecnológicas en el cultivo de arroz en Uruguay. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H. (Eds.). Arroz 2019. Montevideo, Uruguay: 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. Arroz103-WEB.pdf (aca.com.uy).

## 2. EVALUACIÓN FINAL DE CULTIVARES *INDICA* EN ÉPOCAS DE SIEMBRA

F. Pérez de Vida<sup>1</sup> F. Bello<sup>2</sup>, J. Vargas<sup>3</sup>, M. Villaba<sup>4</sup>

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

### INTRODUCCIÓN

La etapa de evaluación final de cultivares es la culminante en el flujo de germoplasma en el proyecto de Mejoramiento Genético del INIA. El conjunto del material genético se dispone en un formato piramidal en el que es evaluado y seleccionado durante tres a cuatro años; al final de ese período, se conforma un grupo de cultivares élite, dada su saliente *performance*. Al igual que en años precedentes, en la zafra 2022-2023 se realizó la evaluación agronómica, molinera y culinaria del grupo de cultivares élite en un ambiente representativo de la principal región arrocerca del país (la cuenca de la Laguna Merín). Se realizaron dos ensayos en la Unidad Experimental de Paso de la Laguna (UEPL, Treinta y Tres), en dos fechas de siembra contrastantes. De esta manera, se valora la interacción entre genotipos y ambientes.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación comprendió dos ensayos en la UEPL sembrados el 5 de octubre de 2022 (época 1) y el 8 de noviembre de 2022 (época 2) sobre un retorno de pradera sembrada de tercer año, en la que se realizó un laboreo de verano y posterior siembra de

trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum* L.) (18 kg/ha, en líneas). El suelo es de la Unidad La Charqueada y la fertilización basal se realizó acorde al análisis de suelo, en el que se aplicaron 2 unidades (un.) de nitrógeno (N), 16 un. de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (P) y 24 un. de K<sub>2</sub>O (K) por ha. La nutrición adicionada se completó con 101 un. de nitrógeno en macollaje (25 de noviembre de 2022, 220 kg de urea verde en seco), sin aplicación en primordio. El control de malezas se realizó con una mezcla aplicada en preemergencia de clomazone (0,5 l/ha) y glifosato (3,0 l/ha). El riego se estableció de modo definitivo el 30 de noviembre de 2022.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones en la UEPL. La unidad experimental fue la parcela de 5 hileras de 4 m, siendo el área de cosecha de 2,5 m<sup>2</sup>. Para el análisis estadístico se realizó una corrección espacial considerando filas y columnas de parcelas (Berberian, 2016).

Junto a las líneas experimentales (LE) élites se evalúan como testigos las variedades INIA de mayor uso actualmente: INIA Olimar, INIA Merín y las más recientemente lanzadas INIA Cuareim (anterior denominación SLI09197) y SLI09193. Las LE élites evaluadas en este trabajo fueron un grupo de cultivares del subtipo *índica* obtenidas en

<sup>3</sup> F. Pérez de Vida, *Ph. D.*, investigador principal, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, fperez@inia.org.uy

<sup>4</sup> F. Bello, Téc. en Producción Agrícola-Ganadera, asistente de investigación, INIA, fbello@inia.org.uy

<sup>5</sup> J. Vargas, Téc. en Sistemas de Producción Arroz-Pasturas, asistente de investigación, INIA, jvargas@inia.org.uy

<sup>6</sup> M. Villaba, Bach. Estudiante Licenciatura en Ciencias Biológicas, laboratorista asistente, INIA, mvillaba@inia.org.uy

**Cuadro 1.** Rendimiento según época de siembra, ranking de cultivares y ciclo a floración (UEPL).

Cultivar	Época 1			Época 2				
	Rend (kg/ha)	VR	Ranking	Rend (kg/ha)	VR	Ranking	Ranking Ep1c50fi prom	
SLI09193AC6	16 954	115	1	9844	96	20	11	117
SLF19020	16 907	114	2	10 884	106	7	5	119
SLF19111	16 429	111	3	8962	87	27	15	118
SLF19063	16 366	111	4	9967	97	17	11	119
SLI17009	16 193	109	5	9507	93	23	14	119
SLF19019	15 977	108	6	11 505	112	2	4	118
SLI19137	15 857	107	7	9873	96	18	13	119
SLI18217	15 580	105	8	10 945	107	6	7	118
SLF19015	15 376	104	9	10 605	103	11	10	118
INIA Merín	15 148	102	10	10 807	105	9	10	127
SLI09193	15 075	102	11	10 513	102	13	12	117
SLI09193AC3	14 988	101	12	11 280	110	3	8	119
SLF16083	14 882	101	13	10 154	99	16	15	122
SLF16009	14 713	99	14	8868	86	28	21	119
SLF19022	14 707	99	15	10 573	103	12	14	118
INIA Olimar	14 659	99	16	11 234	109	4	10	118
INIA Cuareim	14 507	98	17	10 833	105	8	13	124
SLF18393	14 486	98	18	10 444	102	14	16	118
SLI09193BC6	14 314	97	19	9846	96	19	19	117
SLI19123	14 272	96	20	9182	89	25	23	119
SLF16001	14 123	95	21	8674	84	30	26	119
SLF18378	14 122	95	22	10 251	100	15	19	118
SLI19156	13 917	94	23	9019	88	26	25	116
SLI19128	13 914	94	24	10 740	105	10	17	117
SLF19016	13 641	92	25	11 793	115	1	13	118
SLI15040	13 427	91	26	8719	85	29	28	127
SLI19125	12 649	85	27	9653	94	21	24	121
SLF16086	12 645	85	28	9454	92	24	26	123
SLI13340A3	12 442	84	29	7101	69	32	31	116
SLF16007	12 169	82	30	9587	93	22	26	119
SLF16088	11 679	79	31	11 171	109	5	18	121
SLI13024A2	11 181	76	32	7455	73	31	32	116
Media	14 795			10 272				
<i>Root MeanSq</i>								
<i>Error</i>	1174			998				
CV (%)	8,0			10,1				
MDS (kg/ha)	1933			1643				
<i>R Square</i>	0,79			0,79				
<i>R Square Adj</i>	0,53			0,54				
<b>Analysis of variance</b>	F Ratio	Source	Prob>F	F Ratio	Source	Prob>F		
	3,0876	Cultiv	<,0001*	3,2158	Cultiv	0,0023		
	Prob>F	Fila	0,4575	Prob > F	Fila	<,0001		
	0,0001*	Colum	0,0316*	<,0001	Colum	0,3341		

Nota: VR es valor relativo al rendimiento obtenido en los cultivares testigos INIA Olimar, INIA Merín, INIA Cuareim y SLI09193.

cruzamientos locales como las derivadas de SLI09193 (INIA Cuaró/FL00144-1P-24-1P), SLI13340a3 y SLI13024 (aromática, F<sub>1</sub>[Dom-siah/INIA Olimar]/L2908), líneas obtenidas por retrocruzas sobre el padre recurrente El Paso 144 como SLI15040, así como varias líneas derivadas de INIA Olimar por igual método: SLI191123, SLI19125, SLI19128, SLI19137 ((El Paso 144/pi2)/Olimar//Olimar//Olimar////Olimar). Por otra parte, se incluyeron LE seleccionadas de poblaciones FLAR: SLF16001, SLF16007, SLF16009 (FL05383-1P-8-2P-M-U3/IR80894-8-1-1-4 // IRGA2852-20-4-3-3-CH); cinco LE de la población FL16592-2P (SLF19015, SLF19016, SLF19019, SLF19020, SLF19022); entre otras.

## RESULTADOS

Los rendimientos obtenidos en estos experimentos de la zafra 2022-2023 presentaron una media general de 12 500 kg/ha, siendo 14 795 kg/ha en fecha de siembra de inicios de octubre y 10 272 kg/ha en la segunda fecha (noviembre). El coeficiente de variación resultante en ambos ensayos (8-10 %) indica una relativa uniformidad en el área experimental. Los rendimientos experimentales superaron al rendimiento medio nacional (9,5 t/ha) y en la región este (9,70 t/ha), por entre 5 y 1 t/ha.

En un año agrícola con particularidades climáticas signadas por altas temperaturas, demanda atmosférica y radiación (Alfonzo y Oxley, 2023), algunos de los cultivares más destacados en siembra temprana fueron los de ciclos intermedios (117 a 119 días a 50 % de floración, Olimar=118 días). Los cultivares SLI09193AC6, SLF19020, SLF19111, SLF19063 y SLI17009 se posicionan en el top cinco, con rendimientos de entre 9 y 15 % superiores al promedio de los testigos (14 847 kg/ha) en el ensayo sembrado la primera semana de octubre. En particular, el cultivar SLI17009 (INIA Olimar/FL09978-2P-1SR-M-1SR-1P) que es un cultivar de ciclo intermedio -similar al Olimar- se destacó en la zafra por su alta productividad también en ensayos de la Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Arroz (INIA-INASE) con 11,9

t/ha, mientras que INIA Merín e INIA Olimar rindieron 12,0 y 11,8 t/ha respectivamente (diferencias ns.). Por su parte, SLI 17009 es altamente resistente a *Pyricularia* (reacción HR=0).

Por otra parte, cultivares de productividad destacada en años previos presentaron rendimientos inferiores a sus antecedentes. Es el caso, en particular, de SLF16007, que con 12,1 t/ha ocupó el lugar 30 del ranking en época 1. Sin embargo, en ensayos contiguos este cultivar presenta rendimientos en el rango de 14,0-14,2 t/ha, superiores o similares a los testigos Merín y Cuareim. En un experimento de manejo de densidades de siembra y nutrición nitrogenada con siembra el 24/10 se alcanzó un rendimiento promedio de 14,2 t/ha. Posiblemente, algunos problemas asociados a la implantación de sus parcelas expliquen las diferencias en productividad.

Los cultivares aromáticos SLI13024 y SLI13340a3 presentaron los menores rendimientos, lo que confirma un potencial menor a los cultivares no aromáticos de este grupo. Sin embargo, su productividad es de interés (11,1 y 12,4 t/ha respectivamente en época 1), si se considera el valor que aporta el carácter aromático y su excelente calidad molinera (porcentaje de granos yesados de 0,1 y 2,1 % respectivamente) y reacción HR frente a *Pyricularia*.

En términos generales, la calidad molinera del grupo fue muy adecuada en cuanto a blanco total (BT) y granos enteros (ENT), sin embargo, algunos cultivares presentaron valores de granos seyados (YES) excesivamente altos, entre ellos Merín y los cultivares SLI15040 (derivado de El Paso 144 con resistencia HR a *Pyricularia*), SLF16083, SLF16086 y SLF16088. Esta condición de mayores valores de granos yesados fue general en la región este del país en condiciones comerciales y se expresa en el presente experimento (época 1) en una media de 6,8 %. Las altas temperaturas nocturnas en algunos períodos (11-20 de marzo) en aproximadamente el último tercio del llenado de granos de cultivares de ciclo mayor, pudieron afectar el correcto compactamiento del almidón y dar lugar a valores mayores a los esperados en porcentaje de granos yesados.

**Cuadro 2.** Parámetros de calidad molinera, dimensiones de granos molinados y resistencia a enfermedades (*Rhizoctonia*, *Sclerotium* y *Pyricularia*) en época 1 (UEPL).

Cultivar	BT	ENT	YES	AreaYes	Largo	Ancho	LA	Rhz	Scl	Pyri
INIA Cuareim	69,6	65,2	6,5	13,7	7,68	2,25	3,42	4,57	1,76	0
INIA Merín	71,4	65,3	14,9	21,9	7,50	2,27	3,31	2,11	2,30	0
INIA Olimar	69,5	65,9	5,2	11,6	7,69	2,17	3,54	5,27	2,37	6
SLI09193	69,1	66,9	2,9	8,5	7,72	2,21	3,49	2,27	2,99	0
SLF16007	69,5	63,0	8,3	19,9	7,51	2,15	3,49	5,00	2,24	0
SLF16001	68,3	63,0	4,3	13,3	7,58	2,15	3,51	3,65	1,59	0
SLF16009	68,9	62,1	5,2	14,6	7,46	2,16	3,45	2,66	2,38	0
SLF16083	69,9	63,9	9,8	16,0	7,44	2,20	3,38	3,84	2,67	0
SLF16086	69,3	64,3	10,1	15,5	7,46	2,18	3,42	3,00	2,03	0
SLF16088	70,2	64,1	13,4	21,5	7,45	2,20	3,39	2,04	4,38	0
SLF18378	70,7	65,8	6,5	18,0	7,54	2,12	3,55	4,27	1,60	0
SLF18393	69,7	64,7	7,2	16,8	7,47	2,13	3,51	4,04	1,43	0
SLF19015	69,3	64,9	6,6	13,6	7,65	2,11	3,63	5,03	1,12	0
SLF19016	68,8	61,7	6,5	13,8	7,41	2,12	3,49	3,42	2,65	0
SLF19019	69,3	65,9	5,1	11,1	7,67	2,14	3,58	1,90	2,59	0
SLF19020	68,2	62,3	6,1	12,3	7,42	2,12	3,49	3,08	1,28	0
SLF19022	69,5	66,1	5,0	11,1	7,75	2,12	3,66	3,93	1,34	0
SLF19063	70,1	66,6	3,2	7,9	7,50	2,12	3,54	2,45	1,62	0
SLF19111	68,8	62,4	4,5	11,9	7,54	2,08	3,62	3,62	1,65	0
SLI09193AC3	70,2	66,4	7,9	16,1	7,63	2,23	3,41	4,21	1,66	0
SLI09193AC6	70,1	66,7	6,1	13,5	7,54	2,24	3,37	4,17	1,75	0
SLI09193BC6	68,9	66,7	5,6	13,9	7,55	2,20	3,43	4,17	2,51	0
SLI13024A2	68,4	62,8	0,4	0,1	7,50	2,23	3,36	3,45	1,36	0
SLI13340A3	68,5	61,6	0,6	2,1	7,41	2,23	3,32	2,33	1,66	0
SLI15040	69,3	65,8	9,9	31,7	7,45	2,32	3,22	1,93	3,49	0
SLI17009	69,5	61,7	6,0	13,0	7,58	2,09	3,62	3,55	1,67	0
SLI18217	70,2	66,6	3,2	6,6	7,81	2,25	3,47	2,81	1,99	0
SLI19123	69,4	65,4	5,0	11,0	7,72	2,18	3,53	4,27	1,51	3
SLI19125	70,6	67,0	4,7	13,8	7,67	2,20	3,48	3,76	1,14	0
SLI19128	69,5	66,7	6,9	18,3	7,66	2,22	3,46	4,15	1,35	4
SLI19137	70,0	64,4	9,4	20,5	7,60	2,30	3,31	4,19	2,45	0
SLI19156	70,6	66,8	7,8	16,8	7,65	2,26	3,38	3,22	1,78	0
Media	70,2	64,9	6,8	15,9	7,51	2,20	3,41	4,65	2,43	
Root Mean Sq Error	0,7	1,4	1,4	2,6	0,11	0,01	0,06	1,04	0,95	
CV(%)	0,01	0,02	0,21	0,16	0,01	0,01	0,02	0,22	0,39	
MDS	1,11	2,29	2,36	4,31	0,18	0,02	0,09	1,72	1,56	
RSquare	0,8	0,8	0,9	0,9	0,72	0,98	0,90	0,63	0,60	
RSquare Adj	0,5	0,6	0,8	0,8	0,38	0,97	0,77	0,19	0,13	
Observations	95,0	95,0	95,0	95,0	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	

Analysis of Variance

Source	F Ratio	F Ratio	F Ratio	F Ratio	F Ratio	F Ratio	F Ratio	F Ratio	F Ratio
Model	3,01	3,35	8,92	9,61	2,13	52,34	7,27	1,42	1,28
Error	Prob>F	Prob>F	Prob>F	Prob>F	Prob>F	Prob>F	Prob>F	Prob>F	Prob>F
C. Total	0,0002*	<,0001*	<,0001*	<,0001*	0,0061*	<,0001*	<,0001*	0,12	0,21
Source	Prob>F	Prob>F	Prob>F	Prob>F	Prob>F	Prob>F	Prob>F	Prob>F	Prob>F
Cultivar	0,0009*	<,0001*	<,0001*	<,0001*	0,0027*	<,0001	<,0001*	0,10	0,69
Fila	0,0444	0,638	0,440	0,956	0,77	0,0025	0,85	0,39	0,07
Columna	0,202	0,174	0,512	0,578	0,67	0,0069	0,35	0,19	0,72

Nota: BT: blanco total (%); ENT: granos enteros (%); YES: granos yesados (%); AreaYes: area yesada (%); Largo y Ancho (mm); Rhz: rhizoctinia; Scl: Sclerotium (reacciones en campo); Pyri: reacción a Pyricularia (cama de infección); 0=HR,3-4=MR, 6=MS (S. Martinez, com. pers.)



**Cuadro 3.** Rendimiento SSL (kg/ha) en cultivares de mayor productividad en época 1.

Cultivar	Cruzamiento	Rend SSL	VR
SLI09193AC	INIA Cuaró/FL00144-1P-24-1P	17 669	116
SLF19020	FL16592-2P	17 141	112
SLF19063	FL16618-6P	17 109	112
SLF1911	FL16592-2P	16 743	110
SLF19019	FL16592-2P	16 585	109
SLI17009	INIA Olimar/rd10.5	16 465	108
SLI18217	INIA Caraguata/INIA Cuaró	16 251	107
SLI19137	((ep144/pi2)/Olimar)//Olimar///Olimar////Olimar	16 027	105
SLF19015	FL16592-2P	15 798	104
INIA Olimar		15 217	100
INIA Merín		15 124	99
INIA Cuareim	INIA Cuaró/FL00144-1P-24-1P	14 930	98
SLI09193	INIA Cuaró/FL00144-1P-24-1P	15 718	103

Nota: VR: valor relativo a promedio de rendimiento SSL de variedades testigos.

Las noveles LE de mayor rendimiento presentan también una adecuada calidad molinera, la que redundará en valores superiores de rendimiento sano, seco y limpio (SSL) con valores entre 5 y 16 % superiores al promedio de los cultivares testigos (15 247 kg/ha).

## CONCLUSIONES

En condiciones de fechas de siembra temprana e intermedia (principios de octubre y principios de noviembre) en la UEPL se obtuvieron rendimientos entre 14 756 y 10 272 kg/ha para este grupo de cultivares *indica*. El rendimiento en la primera fecha de siembra es similar al potencial biológico promedio del ambiente arrocerero uruguayo (14 t/ha), particularmente asociado a condiciones ambientales muy favorables que pautaron la zafra récord en el país.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alfonzo, M. y Oxley, A.** 2023 Resumen de las variables climáticas influyentes en la zafra arrocerera 2022-2023. Arroz 2023. Montevideo, Uruguay: Asociación de Cultivadores de Arroz. Revista ACA n.º 107. pp. 44-50.
- Berberian, N.** 2016. Comparación de modelos de análisis y simulación de diseños experimentales en el cultivo de arroz [en línea]. Tesis de maestría. Montevideo, Uruguay: Facultad de Agronomía, Udelar. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/27670/1/BerberianBakerdjianNataliaMadeline.pdf>
- Pérez De Vida, F.** 2021. SLF16007: nuevo cultivar de alta productividad y resistencia a *Pyricularia*. Arroz 2021. Montevideo, Uruguay: INIA. pp. 74-78. (INIA Serie Técnica; 262). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.262>

# 3. EVALUACIÓN FINAL DE CULTIVARES JAPÓNICA TEMPLADO

F. Pérez de Vida<sup>7</sup>, F. Bello<sup>8</sup>, J. Vargas<sup>9</sup>, M. Villaba<sup>10</sup>

**PALABRAS CLAVE:** rendimiento, peso de 1000 granos, resistencia a *Pyricularia*.

## INTRODUCCIÓN

La etapa de evaluación final de cultivares es la culminante en el flujo de germoplasma en el proyecto de Mejoramiento Genético del INIA. El conjunto del material genético se dispone en un formato piramidal en el que es evaluado y seleccionado durante tres a cuatro años; al final de ese período, se conforma un grupo de cultivares élite, dada su saliente *performance*. En la zafra 2022-2023 se desarrolló la evaluación agronómica, molinera y sanitaria de un grupo de cultivares élite de granos especiales -granos largo-ancho, medios tipo EEA404 y medios tipo Calrose (Johnson 1958)- en un ambiente representativo de la principal región arrocerá del país, la cuenca de la Laguna Merín.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolló un ensayo en la Unidad Experimental de Paso de la Laguna (UEPL, Treinta y Tres), en fecha de siembra 24 de octubre de 2022, sobre un retorno de pradera sembrada de tercer año en la que se realizó un laboreo de verano y posterior siembra de trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum* L.) con 18 kg/ha, en líneas. El suelo es de

la Unidad La Charqueada y la fertilización basal se realizó acorde al análisis de suelo, en el que se aplicaron 2 un. (unidades) de nitrógeno (N), 16 un. de  $P_2O_5$  (P) y 24 un. de  $K_2O$  (K) por ha. La nutrición adicionada se completó con 101 kg de nitrógeno en macollaje (25 de noviembre, 220 kg de urea verde en seco), sin cobertura de nitrógeno a primordio. El control de malezas se realizó con una mezcla aplicada en preemergencia de clomazone (0,5 l/ha) y glifosato (3,0 l/ha). El riego se estableció de modo definitivo el 30 de noviembre de 2022.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue la parcela de 5 hileras de 2,5 m y el área de cosecha de 2,5 m<sup>2</sup>.

El grupo de cultivares evaluados comprende a genotipos de granos especiales de tipo largo-ancho (testigos: Cammeo y Samba), granos medios (testigo: EEA404) y granos tipo Calrose (testigo: RP2, cultivar de Sunrice, Australia).

## RESULTADOS

El rendimiento medio obtenido en este ensayo con genotipos *japónica templado* fue de 9597 kg/ha, inferior al obtenido en ensa-

<sup>1</sup> F. Pérez de Vida, Ph. D., investigador principal, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, fperez@inia.org.uy

<sup>2</sup> F. Bello, Téc. en Producción Agrícola-Ganadera, asistente de investigación, INIA, fbello@inia.org.uy

<sup>3</sup> J. Vargas, Téc. en Sistemas de Producción Arroz-Pasturas, asistente de investigación, INIA, jvargas@inia.org.uy

<sup>4</sup> M. Villaba, Bach. Estudiante Licenciatura en Ciencias Biológicas, laboratorista asistente, INIA, mvillaba@inia.org.uy

yos contiguos e igual fecha de siembra en los que se evaluaron granos de tipo largo-fino del subtipo *indica* (en el orden de 13 000-14 000 kg/ha).

El grupo de cultivares de mayor peso de 1000 granos molinados (P1000b) (promedio 27,3 g de tipo largo-ancho) y el grupo de cultivares con granos medios de menor peso (25,1 g) presentaron rendimientos similares (9883 y 9786 kg/ha respectivamente), algo inferiores a los obtenidos en cultivares de granos medio de tipo Calrose (P1000b de 20,8 g y rendimiento medio de 10 013 kg/ha).

Sin embargo, dichos promedios contienen altos rendimientos junto con reacción de alta resistencia (HR) a *Pyricularia*, por ejemplo, entre cultivares de granos largo-ancho de mayor P1000b como SLI18500 (12 144 kg/ha), SLI19234 (10 630 kg/ha), SLI18501 (11 157 kg/ha). El SLI18496 (11 042 kg/ha) presenta reacción de moderada susceptibilidad (MS) a *Pyricularia*. Todos esos casos superan ampliamente lo obtenido por los cultivares testigo en ese segmento (Cammeo y Samba, 7800 kg/ha). Por otra parte, entre los más destacados en productividad se encuentran los cultivares de granos medios tipo Calrose: SLI14233-3 (10 780 kg/ha) y SLI17158 (10 304 kg/ha). Un caso particular es el de SLI14233-3, que alcanzó rendimientos del orden de 12 900 kg/ha en un experimento contiguo con dosis de nitrógeno que variaron de 0 a 147 kg/ha de N. En la evaluación nacional de cultivares del INIA e INASE rindió 10 686 y 11 177 kg/ha en Tacuarembó y en la UEPL, respectivamente (INIA-INASE, 2022).

En las condiciones particulares de la zafra 2022-2023, los cultivares testigos presentaron P1000b algo inferiores a lo esperable (29-32 g). No se dispone de una clara explicación de esto, dado que en condiciones comerciales los P1000b en dichos cultivares fueron más próximos a lo acostumbrado. Es posible que la mayor fertilización nitrogenada utilizada (220 kg de urea por ha en macollaje, con lo que se obtuvo un Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada [NDVI] de 0.80 a elongación de entrenudos) promoviera una

fosa de mayor tamaño que no fuera plenamente llenada en condiciones ambientales signadas por altas temperaturas diurnas (promedio de 31,5 °C) en los primeros 40 días de llenado de granos, y nocturnas (promedio 17,9 °C) en los últimos 15 días previos a la madurez fisiológica. En dicho contexto ambiental, algunas líneas experimentales (SLI19234, SLI19627, SLI19634, SLI19229, SLI19228, SLI19696, SLI18500, SLI18494) presentaron valores similares o superiores de P1000b a los testigos mencionados.

## CONCLUSIONES

Se han logrado avances en el desarrollo de cultivares de granos especiales de tipo largo-ancho pesado con altos rendimientos, ciclos cortos-intermedios y resistencia HR a *Pyricularia* en hojas. En el segmento de granos medios (tipo EEA404) sería posible identificar LE que superen a la tradicional variedad en esos aspectos. En el caso de cultivares de tipo Calrose (granos medios, de menor peso de granos), tal como se presentara el año precedente (Pérez de Vida, 2022), hay cultivares que podrían dar lugar al desarrollo de este tipo de nicho de mercados.

## BIBLIOGRAFÍA

- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria); INASE (Instituto Nacional de Semillas).** 2022. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de arroz: zafra 2020-2021. Montevideo, Uruguay: INASE; INIA. pp. 87.
- Pérez De Vida, F.** 2022. Desarrollo de cultivares de calidad especial: granos medios (tipo Calrose). Arroz 2021. Montevideo, Uruguay: INIA. pp. 87-91. (INIA Serie Técnica; 262).
- Johnson, T. H.** 1958. Registration of Rice Varieties. *Agronomy Journal*. 50,11: 694-700. <https://doi.org/10.2134/agronj1958.00021962005000110021x>

**Cuadro 1.** Rendimiento físico y sano, seco y limpio, y parámetros de calidad molinera en cultivares.

Cultivar	Cruzamiento	Rendimiento (kg/ha)	SSL (kg/ha)	BT	ENT% YES	PB	
Perla				69,5	54,8	3,1	8,9
Cameo		7365	7588	70,3	63,7	2,8	6,2
Samba		8203	8307	69,2	61,4	2,5	7,9
SLI19234	Sap 135/Samba	10 630	10 505	67,9	60,1	8,3	20,8
SLI19696	Sap135/Perla	8211	6857	70,6	65,6	2,5	10,7
SLI19229	Sap135/M202	10 771	11 317	72,1	67,7	7,8	11,8
SLI19634	Sap135/Fado	9538	10 313	74,0	70,2	4,3	9,2
SLI19228	Sap135/Fado	9313	9842	72,7	67,0	5,9	13,0
SLI19627	Sap135/Fado	9119	9713	73,3	68,6	5,3	11,8
SLI18495	BC1F3/Cuaró//Tetep///SAMBA	9679	10 142	71,2	67,4	6,0	12,0
SLI18500	BC1F3/Cuaró//Tetep///SAMBA	12 144	13 102	73,3	70,6	3,8	9,1
SLI18159	BENGAL/SAP135	9045	9414	72,3	68,3	10,3	25,1
SLI18169	C289/S201	8809	9351	71,8	68,6	3,6	10,6
SLI18104	BENGAL/SAP135	8981	9471	71,7	67,2	2,1	11,5
EEA404		5449	5862	72,9	69,6	4,1	6,0
SLI18494	BC1F3/Cuaró//Tetep///SAMBA	9334	10 105	73,4	71,3	2,6	5,8
SLI18496	BC1F3/Cuaró//Tetep///SAMBA	11 042	11 857	72,7	70,0	3,1	7,8
SLI18491	BC1F3/Cuaró//Tetep///SAMBA	10 017	10 882	73,8	71,5	2,5	6,2
SLI18508	BC1 Samba/L5502//Samba	10 351	10 990	71,2	68,8	2,1	6,5
SLI18515	BC1 Samba/L5502//Samba	10 736	11 285	70,3	67,8	1,9	7,7
SLI18501	BC1F3/Cuaró//Tetep///SAMBA	11 157	11 794	71,6	67,9	3,5	7,7
SLI19219	F1(BC1F3/Cuaró)/Tetep//Samba	9996	10 295	69,4	64,5	5,3	10,7
SLI19610	F1(BC1F3/Cuaró)/Tetep//Samba	10 497	11 038	70,7	67,6	3,7	8,1
SLI19330	F1 (BC1F3 / Cuaró x Tetep)/Samba	8042	8323	70,2	65,0	2,1	5,7
RP2		8014	8464	72,0	70,5	9,3	12,0
SLI14184-3	C289 (Koshikari/Tacuari) / EEA-404	10 493	11 408	73,8	72,1	5,4	10,5
SLI14202-6	C289 (Koshikari/Tacuari) / Tacuarí	10 182	10 384	72,0	65,0	9,5	9,5
SLI14209-3	C289 (Koshikari/Tacuari) / Tacuarí	11 133	11 626	72,9	70,1	12,0	9,7
SLI14233-3	C289 / C214 (Sasanishiki/L1172)	10 780	11 916	75,2	73,9	4,0	7,0
SLI17142	Bengal/M202	9557	10 101	70,1	69,3	4,2	8,0
SLI17144	Bengal/M202	9398	9602	69,8	66,1	9,8	18,8
SLI17158	Orion/M202	10 304	11 048	71,8	70,7	5,2	10,4
SLI17165	Orion/M202	9223	9830	71,9	69,8	6,2	9,3
Media		9597		71,7	68	5,1	10,24
CV%		11,5		0,17	0,34	3,97	2,33
Cultivar	Prob. > F	<,0001		<,001	<,001	<,001	<,0001
Bloque	Prob. > F	0,1234		<,001	0,008	<,001	<,0001

Nota: BT: blanco total, ENT: entero, YES: yeso, PB: panza blanca.

**Cuadro 2.** Dimensiones de granos, peso de 1000 granos blanco (molinados), reacción a enfermedades a hongos (*Rhizoctonia* spp., *Sclerotium* spp., *Pyricularia*) y ciclo a 50 % de floración en cultivares japónica templado.

Cultivar	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L/A	P1000B	P1000B (g)	C50f(d)	Rhiz	Sci	Pyri
Perla	6,65	3,24	1,90	2,05	26,5	(VR*)				
Cameo	7,26	3,06	1,94	2,37	26,2	<b>26,1</b>	91	2,0	5,0	0
Samba	7,36	2,82	1,85	2,57	25,6		94	1,0	4,0	5
SLI19234	7,13	3,00	1,94	2,38	28,7	110	93	1,0	3,0	0
SLI19627	7,11	3,09	2,08	2,30	28,0	107	94	2,0	5,0	0
SLI19634	7,08	3,09	1,96	2,29	27,7	106	95	3,0	6,0	0 (2)
SLI19229	7,29	2,93	1,94	2,49	27,2	104	95	3,0	6,0	0
SLI19228	7,20	3,02	2,17	2,38	27,1	104	95	2,0	5,0	0
SLI19696	6,88	3,29	0,03	2,09	26,9	103	94	2,0	5,0	0
SLI18500	7,67	2,94	1,94	2,61	26,6	102	96	3,0	6,0	0
SLI18494	7,50	2,93	1,98	2,56	26,2	101	98	7,0	6,0	0
SLI18496	7,35	2,96	1,94	2,48	25,5	98	96	3,0	7,0	5
SLI18491	7,56	2,85	1,94	2,65	25,4	97	100	1,0	5,0	0
SLI18501	7,44	2,94	1,96	2,53	25,4	97	94	2,0	5,0	0 (2)
SLI18159	7,40	2,82	1,96	2,62	25,3	97	93	2,0	5,0	0
SLI18495	7,42	2,90	1,92	2,56	25,3	97	94	3,0	5,0	0
SLI18515	7,38	2,92	2,04	2,52	25,2	97	94	2,0	4,0	0
SLI19330	7,29	2,85	2,13	2,56	25,0	96	93	4,0	6,0	0
SLI18169	7,27	2,84	1,96	2,56	24,9	96	101	2,0	4,0	5
SLI18104	7,50	2,78	1,88	2,70	24,9	95	94	2,0	6,0	4
SLI18508	7,41	2,86	1,94	2,59	24,7	95	94	2,0	4,0	0
SLI19610	7,36	2,89	2,10	2,55	24,3	93	93	4,0	6,0	0
SLI19219	7,19	2,85	2,10	2,52	23,9	92	94	3,0	6,0	0
EEA404	7,21	2,70	1,96	2,67	21,7	83	107	7,0	4,0	3-4
RP2	6,10	2,86	1,79	2,13	20,1	77	95	3,0	6,0	0
SLI14184-3	6,39	2,71	1,90	2,36	18,8	72	107	2,0	4,0	4
SLI14202-6	5,97	2,75	1,93	2,17	20,8	80	108	2,0	3,0	0
SLI14209-3	6,43	2,78	1,92	2,31	21,2	81	110	2,0	3,0	2
SLI14233-3	6,42	2,85	2,00	2,25	21,8	83	108	2,0	5,0	0
SLI17142	6,09	2,85	1,98	2,14	18,9	73	108	2,0	4,0	0
SLI17144	5,94	3,04	1,96	1,96	21,9	84	101	6,0	4,0	0 (2)
SLI17158	6,25	2,92	1,90	2,14	21,5	82	105	1,0	4,0	0
SLI17165	6,11	2,94	1,94	2,08	21,1	81	101	7,0	5,0	0 (2)
Media	7,01	2,91		2,41	24,3					
CV%	0,024	0,007	0,016	0,024	0,015					
Cultivar	<,001	<,0001	<,0001	<,001	<,0001					
Bloque	0,948	0,0315	0,0023	0,658	0,2558					

Nota: VR: valor relativo de peso de 1000 granos molinados relativo a promedio de cultivares testigos.



# 4. EVALUACIÓN DE CULTIVARES ÍNDICA EN MULTIAMBIENTES

F. Pérez de Vida<sup>11</sup>, F. Bello<sup>12</sup>, C. Marchesi<sup>13</sup>, J. Vargas<sup>14</sup>, M. Villaba<sup>15</sup>

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

## INTRODUCCIÓN

La etapa de evaluación final de cultivares es la culminante en el flujo de germoplasma en el proyecto de Mejoramiento Genético del INIA. El conjunto del material genético se dispone en un formato piramidal en el que es evaluado y seleccionado durante tres a cuatro años; al final de ese período, se conforma un grupo de cultivares élite (en evaluación final), dada su saliente *performance*. Un grupo adicional de cultivares puede constituir un set en evaluación avanzada. Al igual que en años precedentes, en la zafra 2022-2023 se realizó la evaluación agronómica, molinera y culinaria de un grupo de cultivares destacados en dos ambientes representativos de las principales regiones arroceras del país, la cuenca de la Laguna Merín, en el este (Unidad Experimental Paso de la Laguna [UEPL] Treinta y Tres) y en el norte del país (Unidad Experimental Paso Farías [UEPF] Artigas). Se realizaron dos ensayos en cada sitio con fechas de siembra tempranas. De esta manera, se valora la interacción de genotipos y de ambientes y, en particular, la adaptación general de los cultivares más avanzados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación comprendió un grupo de 50 líneas experimentales (LE) y cuatro cultivares testigos comerciales en dos ensayos en la UEPL y la UEPF, sembrados el 5 de octubre de 2022 y el 28 de setiembre de 2022 respectivamente. En la UEPL los ensayos se realizaron sobre un campo con retorno de 3-4 años con pradera sembrada de tercer año, en la que se realizó un laboreo de verano y posterior siembra de trébol alejandrino (18 kg/ha, en líneas). El suelo es de la Unidad La Charqueada; la fertilización basal se realizó acorde al análisis de suelo, aplicándose 2 unidades (un.) de nitrógeno (N), 16 un. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (P) y 24 un. K<sub>2</sub>O (K) por ha. La nutrición adicionada se completó con 101 un. de N en macollaje (25 de noviembre, 220 kg de urea verde en seco), sin aplicación en primordio. El control de malezas se realizó con una mezcla aplicada en preemergencia de clomazone (0,5 l/ha) y glifosato (3,0 l/ha). El riego se estableció de modo definitivo el 30 de noviembre. En la UEPF el ensayo se realizó sobre un retorno sin pradera y laboreo de verano. La fertilización con nitrógeno se realizó con aplicación en seco al macollaje (73,6 un./ha) y a primordio (25,3 un./ha). El riego definitivo se estableció el 10 de

<sup>11</sup> Fernando Pérez de Vida, *Ph. D.* Investigador principal referente, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, fperezdevida@inia.org.uy

<sup>12</sup> F. Bello, Téc. en Producción Agrícola-Ganadera, asistente de investigación, INIA, fbello@inia.org.uy

<sup>13</sup> C. Marchesi, *Ph. D.*, investigadora adjunta, INIA, cmarchesi@inia.org.uy

<sup>14</sup> J. Vargas, Téc. en Sistemas de Producción Arroz-Pasturas, asistente de investigación, INIA, jvargas@inia.org.uy

<sup>15</sup> M. Villaba, Bach. Estudiante Licenciatura en Ciencias Biológicas, laboratorista asistente, INIA, mvillaba@inia.org.uy

noviembre. El control de malezas se logró con dos aplicaciones de herbicidas, glifosato (2 l/ha) y clomazone (0,9 l/ha), que fueron realizadas el 3 de octubre, más una mezcla múltiple con cihalofop (1,5), penoxsulam (0,2) clomazone (0,3) y pyrazolofurom (50) aplicada el 8 de noviembre.

Las condiciones ambientales implicaron modificaciones en los ciclos de los cultivares en ambos sitios. El 50 % de floración en INIA Merín se registró del 6 al 8 de febrero en la UEPL (126 días), mientras que fue del 16 al 19 de enero en la UEPF (111 días). Para SLI09193 las fechas de floración fueron del 29 al 30 de enero (116 días) y del 11 al 13 de enero (106 días), respectivamente.

En ambos casos el diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. En la UEPL la unidad experimental fue la parcela de 5 hileras de 4 m, y el área de cosecha fue de 2,5 m<sup>2</sup>, y en la UEPF el área de cosecha fue de 2,4 m<sup>2</sup>.

## RESULTADOS

El rendimiento general obtenido en estos cuatro ensayos -que involucran a 50 LE y cuatro variedades testigo (INIA Olimar, SLI09193, INIA Cuareim e INIA Merín)- fue de 12,2 t/ha, en la zafra de rendimiento récord del país (9,6 t/ha).

Los cultivares testigos presentaron un rendimiento relativo acorde con sus antecedentes, donde los de mayor ciclo productivo (Merín, Cuareim) rindieron significativamente más que Olimar; por otra parte, SLI09193 (11,95 t/ha), como es esperable, presentó una productividad intermedia a la de aquellos y no se diferenció estadísticamente de Merín (13,05 t/ha) pero sí de Cuareim (13,28 t/ha) (Cuadro 1).

En la figura 1 se aprecia el comportamiento relativo de los cultivares evaluados según su ranking en cada sitio experimental. Algunos cultivares presentaron una menor producción en ambos sitios de modo consistente; los cultivares SLI13024 y SLI13340a3 (aromáticos), con medias de 9 y 8 t/ha (Cuadro 1) así como las LE de origen *japónica* (Tacuarí/M-202, SLI19161 y SLI19168, aproximadamente

10,2 t/ha, datos no mostrados) presentaron un menor potencial relativo.

Por otra parte, los cultivares de mayor productividad en la UEPL -SLF19017, SLF19019, SLF19020, SLF19063 y SLI09193AC6- se ubican en las posiciones 37 a 45 en el ranking de UEPL, lo que indica una marcada interacción genotipo por ambiente (G\*E).

SLF18388 y SLF18390 presentaron un rendimiento promedio similar (diferencias estadísticamente no significativas) a Merín; junto a esta y Cuareim fueron los cultivares con mayor estabilidad en un alto plano de rendimiento (13-13,4 t/ha) en el promedio de ambos sitios. En ese grupo de mayor productividad promedio se encuentran los cultivares SLI17009, SLI19137 y SLF19022 (13,09-13,07 t/ha), con la particularidad de presentar ciclos a floración significativamente menores (117-119 días a 50 % de floración) a las variedades de ciclo largo (123-124 días).

Por otra parte, SLF16007 -con 12,2 t/ha en el promedio de ambos sitios- no difiere estadísticamente de los cultivares más productivos y se ubica en la mediana de la tabla de ranking promedio. Como se menciona en el artículo «Evaluación final de cultivares *índica* en épocas de siembra» de esta publicación, fue un cultivar que no capitalizó de modo eficiente el ambiente productivo que se presentó en la UEPL, y ocupó así el lugar 23 del ranking conjunto de ambas localidades. Su rendimiento se ubicó en el promedio del ensayo en la UEPL mientras que en la UEPF supera el promedio en 0,7 t/ha.

Como se indica en el artículo previo referido de esta Serie Técnica, la calidad molinera del grupo, en términos generales, fue muy adecuada en cuanto a blanco total (BT) y granos enteros (ENT); sin embargo, algunos cultivares presentaron valores de granos yesados (YES) excesivamente altos, entre ellos Merín y los cultivares SLI15040 (derivado de El Paso 144 con resistencia HR a *Pyricularia*), SLI161242B (acorde con sus antecedentes) y SLF18390. En el conjunto de estos ensayos se evidencia nuevamente la incidencia de porcentaje de granos yesados en Merín, en una situación atípica destacada por ser unos de los valores más altos

**Cuadro 1.** Rendimiento y calidad molinera de cultivares en evaluación final y avanzada.

Cultivar		Rend (t/ha)	Vr Merín	SSL (t/ha)	Vr Merín	BT	ENT	YES	c50 FI
SLF18388	A B	13,37	102	13,78	103	70,9	62,8	5,0	120
INIA Cuareim	A	13,28	102	13,95	104	71,0	67,3	5,0	123
SLF18390	A B C D	13,19	101	13,22	99	71,0	59,1	9,1	118
SLI17009	A B C D E	13,09	100	13,68	102	71,9	66,0	3,7	117
SLI19137	A B C D E	13,07	100	13,39	100	70,9	65,1	8,3	119
SLF19022	A B C D E	13,07	100	13,62	102	70,0	66,2	3,3	117
INIA Merín	A B C	13,05	100	13,42	100	71,3	66,7	10,4	124
SLF19017	A B C D E F	13,00	100	12,91	96	70,3	61,5	5,6	117
SLF19020	A B C D E F	12,91	99	13,29	99	69,6	64,6	4,1	116
SLF19111	A B C D E F G	12,84	98	13,14	98	69,8	62,9	3,3	117
SLF16083	A B C D E F G H	12,68	97	13,12	98	71,0	66,1	6,1	121
SLF16009	A B C D E F G H	12,67	97	13,01	97	69,8	63,8	3,5	117
SLI15040	A B C D E F G	12,65	97	12,73	95	70,4	65,2	12,8	124
SLI18075	A B C D E F G H	12,63	97	12,91	96	71,0	63,8	9,5	119
SLI19123	A B C D E F G H	12,57	96	13,09	98	70,3	65,9	3,5	117
SLF19019	A B C D E F G H	12,54	96	12,99	97	70,1	65,2	4,4	117
SLI16242B	A B C D E F G H	12,53	96	12,67	94	71,6	63,0	11,1	119
SLF19015	A B C D E F G H	12,45	95	12,81	95	69,5	64,5	4,8	117
SLI18089	A B C D E F G H	12,40	95	12,65	94	71,7	62,5	9,4	117
SLI09193AC6	A B C D E F G H	12,39	95	12,63	94	69,9	65,5	10,5	116
SLI18317	A B C D E F G H	12,37	95	12,41	93	72,2	55,2	4,5	117
SLF18370	A B C D E F G H	12,34	94	12,96	97	71,0	68,3	3,9	117
SLF19063	A B C D E F G H	12,33	94	12,96	97	70,5	67,4	2,8	117
SLF18398	A B C D E F G H	12,32	94	12,63	94	70,6	61,7	5,3	118
SLF18393	A B C D E F G H	12,27	94	12,71	95	70,8	65,7	7,3	117
SLF16007	A B C D E F G H	12,21	94	12,55	94	70,0	63,4	4,5	118
SLF18394	A B C D E F G H	12,21	94	12,57	94	70,5	63,5	6,9	117
SLI09193BC6	A B C D E F G H	12,19	93	12,69	95	69,7	67,0	5,2	117
SLI19128	A B C D E F G H	12,12	93	12,56	94	70,1	66,1	5,8	117
SLF19058	A B C D E F G H	12,12	93	12,05	90	69,7	56,5	6,6	117
SLF19102	A B C D E F G H	12,09	93	12,40	92	70,1	63,0	5,4	119
SLF18378	A B C D E F G H	11,99	92	12,67	94	71,9	67,8	5,0	116
SLI09193	B C D E F G H	11,95	92	11,91	89	69,8	64,2	6,5	116
SLF18397	A B C D E F G H	11,89	91	12,03	90	70,7	63,8	8,4	116
SLI18217	B C D E F G H	11,81	90	12,36	92	70,4	66,6	2,8	117
SLF19016	B C D E F G H	11,78	90	12,02	90	69,6	63,9	5,1	117
SLI18074	B C D E F G H	11,77	90	12,12	90	71,1	63,5	7,3	119
SLF16001	B C D E F G H	11,67	89	12,00	89	69,3	64,5	3,3	118
SLI09193AC3	C D E F G H	11,60	89	12,18	91	71,1	67,5	6,4	117
SLF16088	D E F G H	11,59	89	11,81	88	70,9	65,0	9,4	120
SLI18077	D E F G H	11,57	89	11,74	88	70,9	60,8	8,3	120
SLI18088	E F G H	11,52	88	11,89	89	70,9	63,0	6,0	123
SLF16086	D E F G H	11,52	88	11,82	88	70,1	65,7	8,2	121
SLF19021	E F G H	11,40	87	11,37	85	69,8	56,4	5,5	118
INIA Olimar	H	11,32	87	11,76	88	70,2	65,3	4,6	118
SLI19125	F G H	11,31	87	11,87	88	70,9	67,1	3,1	120
SLI19156	G H	11,24	86	11,49	86	70,5	66,7	11,2	115
SLI13024A2	I	9,01	69	9,06	67	68,8	60,3	0,5	115
SLI13340A3	I	8,05	62	8,08	60	68,7	60,0	1,2	115
Media		12,19		12,46		70,5	64,2	6,4	119
CV (%)		12,0		12,0		1,01	3,0	3,8	1,0
RSquare		0,79		0,79		0,62	0,87	6	0,80
RS Adj		0,69		0,69		0,44	0,81	5	0,72
RMSq Error		1,46		1,52		0,9	2,1	2,4	1,44

Nota: SSL: rendimiento en sano, seco y limpio; BT: blanco total (%); ENT: granos enteros (%); YES: granos yesados; VR Merín: valores relativos al obtenido por Merín.

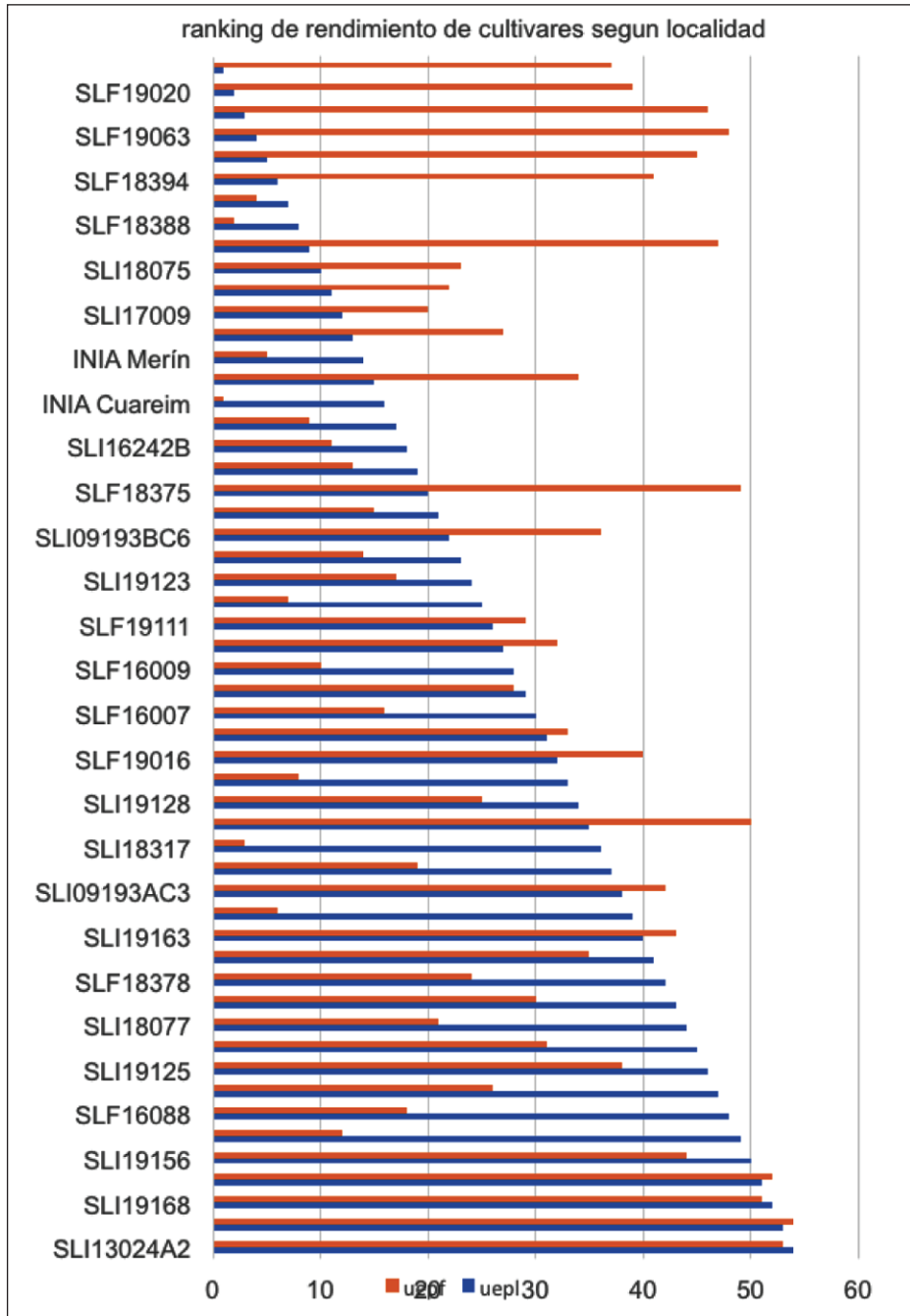


Figura 1. Ranking de rendimiento de cultivares en evaluación final y avanzada.

encontrados en el grupo evaluado. Por otra parte, los cultivares aromáticos SLI13024 y 13340a3 se destacan por presentar -como ha sido reportado en previas publicaciones- valores mínimos de granos yesados, aun en el ambiente norte del país.

**CONCLUSIONES**

En condiciones de fechas de siembra temprana y dos localidades extremas en cuanto a condiciones ambientales (temperatura y radiación) se evaluó un set elite de cultivares. El comportamiento diferencial según

ambientes en algunos cultivares es indicativo de una interacción significativa G\*E; al menos cinco cultivares de muy buen comportamiento en la UEPL (SLF19017, SLF19020, SLF19063, SLF19019 y SLI09193AC6) se posicionan en el último tercio del ranking en la UEPF. Los cultivares más estables a través de estos ambientes, junto a Merín y Cuareim resultan SLI17009, SLF18388 y SLF18390. En función de esta información, así como de la que surge del análisis de datos internos del proyecto de mejoramiento genético (Pérez de Vida, 2021) y de la Red Nacional de Evaluación de Cultivares (INIA-INASE, 2023) de las dos zafas previas, el cultivar SLI17009 será ingresado a las primeras etapas de producción de semilla y, consecuentemente, a la etapa de «validación 0», de acuerdo con el convenio entre el INIA y el Consorcio Nacional de Productores Semilleristas de

Arroz (Convenio de validación, licencia temprana y producción de semilla de cultivares de arroz). SLI17009 presenta reacción HR a *Pyricularia*, ciclo intermedio y características culinarias superiores a INIA Merín.

## BIBLIOGRAFÍA

- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria); INASE (Instituto Nacional de Semillas).** 2023. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de arroz: zafra 2022-2023. Montevideo, Uruguay: INASE; INIA. pp. 87.
- Pérez De Vida, F.** 2021. Evaluación final de cultivares Índica. Interacción genotipo\*ambiente: fechas de siembra. Arroz 2021. Montevideo, Uruguay: INIA. pp.71-74. (INIA Serie Técnica; 262).

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

F. Molina<sup>16</sup>, C. Marchesi<sup>17</sup>

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

## INTRODUCCIÓN

En la búsqueda por obtener materiales adaptados y evaluados en varios ambientes, el Programa de Mejoramiento de Arroz del INIA ha desarrollado como estrategia, desde hace varios años, evaluar los materiales en macroparcelas. 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, junto con los ensayos de la Red de Evaluación de Cultivares, es sumamente importante para poder identificar los mejores materiales y observar el comportamiento en un rango más amplio de ambientes. Los cultivares más destacados de estos ensayos y la información histórica del Programa son determinantes en qué cultivares avanzan a la etapa de multiplicación para ser validados a escala comercial, previo a su registro.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra 2022-2023 se instalaron ensayos en fajas IMI (imidazolinonas) en cinco localidades (Vergara, Treinta y Tres; 18 de Julio, Rocha; Isidoro Noblía, Cerro Largo; Pueblo del Barro, Tacuarembó; y Paso Farías, Artigas) abarcando una amplia diversidad de suelos, clima y manejos. En

las diferentes regiones, la siembra se realizó sobre suelo movido en primavera con diferente intensidad y laboreo de verano. A continuación se presentan los datos más relevantes de la instalación y el manejo de las fajas (Cuadro1). En todos los casos, las fajas fueron manejadas por los productores de la misma manera que la chacra comercial. Se sembraron 13 parcelas de 3 metros de ancho por 10 metros de largo con tres repeticiones en cada localidad. La cosecha de parcelas se realizó con una cosechadora automotriz (FOTON). Luego de la cosecha se procesaron las muestras de los diferentes materiales para determinar la 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).

## RESULTADOS

La productividad media de los cinco ensayos fue muy alta y significativamente diferente entre algunas localidades. Al mismo tiempo se detectó interacción localidad por cultivar, por lo que se presenta la información de cada localidad en el cuadro 2. El rendimiento medio de la zona este se ubicó entre 13 y 13,5 t/ha, mientras que para el centro y

<sup>16</sup> F. Molina, *Ph. D.*, investigador adjunto, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, [fmolina@inia.org.uy](mailto:fmolina@inia.org.uy)

<sup>17</sup> C. Marchesi, *Ph. D.*, investigadora adjunta, INIA, [cmarchesi@inia.org.uy](mailto:cmarchesi@inia.org.uy)

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

	Paso Farías, Artigas	Pueblo del Barro, Ta- cuarembó	Isidoro Noblia Cerro Largo	Vergara, Treinta y Tres	18 de Julio, Rocha
<b>Antecesor</b>	Retorno 4 años	Retorno 4 años pradera	Retorno de 2 años con LV	Retorno de 15 años	Rastrojo de pradera con LV
<b>Siembra</b>	28 de set	13 de oct.	18 de oct.	29 de set.	28 de set.
<b>Fertilización</b>					
Basal (kg/ha)	5 N+25 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +55 K <sub>2</sub> O	4 N+19 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +94 K <sub>2</sub> O	15 N+75 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +75 K <sub>2</sub> O	6 N+45 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +15 K <sub>2</sub> O	8 N + 40 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +40 K <sub>2</sub> O
Macollaje	75 N	73 N	70 N	46 N	69 N
Primordio	25 N	28 N	37 N	23 N	32 N

*Cultivares:* Se incluyeron 13 materiales de los cuales Gurí INTA CL es el testigo y 12 líneas del programa de tipo *índica*: CL1294, CL1202, CL19220, CL19219, CL1931, CL 19258, CL19273, CL19265, CL19244, CL19246, CL19263 y 7009FP. Se utilizó una densidad equivalente a 130 kg/ha de semillas (corregidos por peso de 1000 granos y porcentaje de germinación) para las variedades.

norte el rendimiento fue de 9,7 y 9,9 t/ha respectivamente. El testigo comercial Gurí INTA CL obtuvo un promedio de 12,1 t/ha, y alcanzó su máximo potencial en la zona de 18 de Julio con 14,5 t/ha. Un grupo de seis líneas (CL19258, CL19220, CL19263, CL19219, CL19273 y CL19244) rindieron en torno a las 12 t/ha. El material que alcanzó el valor más

alto de rendimiento (16 t/ha) fue CL19265 en Rocha y se ubicó como uno de los materiales más productivos de las cinco localidades. La línea CL19231 fue la más productiva (13 t/ha) en el promedio de las localidades, con muy buen comportamiento en la zona este.

El material CL19231 formó parte de los ensayos en fajas de la zafra pasada (Molina,

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

Cultivar	kg/ha						Media
	18 de Julio	Vergara	Noblia	Paso Farías	Tacuarembó	Media	
CL19231	14 829 ab	15 160 a	13 163 ns	11 542 ab	9884 ns	12 916	
CL19265	15 952 a	13 363 abcd	12 341 ns	10 817 bcd	9807 ns	12 456	
CL19258	14 339 abc	14 260 abc	12 513 ns	10 130 cde	9917 ns	12 232	
<b>GURI INTA CL</b>	<b>14 531 abc</b>	<b>14 323 abc</b>	<b>12 827 ns</b>	<b>9435 efg</b>	<b>9453 ns</b>	<b>12 114</b>	
CL19220	13 866 abcd	13 352 abcd	11 843 ns	11 058 abc	10 034 ns	12 031	
CL19263	13 513 bcd	12 758 bcd	13 278 ns	9946 def	10 192 ns	11 937	
CL19273	14 821 abc	13 228 abcd	12 918 ns	9383 efg	9148 ns	11 900	
CL19219	12 543 cd	12 145 d	12 996 ns	12 048 a	9690 ns	11 884	
CL19244	12 477 cd	13 351 abcd	13 158 ns	10 168 cde	10 205 ns	11 872	
CL1202	10 962 d	15 078 a	14 413 ns	8574 g	8930 ns	11 592	
CL19246	13 992 abc	12 543 bcd	13 122 ns	9056 fg	8988 ns	11 540	
CL1294	10 961 d	12 711 bcd	13 857 ns	9330 efg	9660 ns	11 304	
7009FP	14 636 abc	12 283 cd	12 629 ns	7077 h	9659 ns	11 257	
Media	13 603	13 504	13 069	9890	9659		
MDS kg	2292	2045	ns	1033	ns		
CV (%)	9,12	9,02	6,41	5,8	6,41		

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05).



2022). Al analizar la información en forma conjunta (dos años) para la variable rendimiento, nuevamente CL19231 mostró ser el más productivo de los cultivares (no se presenta tabla).

En el cuadro 3 se presentan algunas variables agronómicas y de calidad. La variable altura y componentes del rendimiento corresponde solamente a las tres localidades de la zona este, mientras que las demás variables fueron obtenidas de las cinco localidades. El número de plantas obtenido en todos los casos fue entre 100 y 360 pl./m<sup>2</sup>. Este número se encuentra dentro de los rangos establecidos como deseables, lo cual permite construir un rendimiento potencial alto. Todos los cultivares tienen un porte intermedio, a excepción de CL1202 y CL19265, los que son levemente más altos. Dentro de las enfermedades más importantes evaluadas, no se encontraron diferencias significativas para *Rhizoctonia* y

*Sclerotium*, si bien las diferencias son significativas, los valores de infección son bajos. En los ensayos no se detectó *Pyricularia*, lo que coincide con los resultados encontrados en las evaluaciones de inoculación artificial, donde todos los materiales son resistentes a *Pyricularia* en hoja, a excepción de Gurí INTA CL.

Los valores de entero son altos y muy relacionado con el uso de un pulidor Zacarias, que es diferente al que normalmente se utilizaba en años anteriores (Satake). Sin embargo, se puede observar un gradiente y diferencias entre cultivares (Cuadro 3). En este sentido, se destacan los cultivares CL19231 y CL19258 con valores por encima de 65 % de granos enteros. Por otra parte, los análisis de calidad industrial fueron procesados de forma automática, mediante el S21. El yeso de las cinco localidades fue algo superior en el norte y centro, pero los materiales mantuvieron valores razonables. 7009FP se destacó

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

Línea	Entero (%)*	Yeso (%)*	Grano pulido 1000 (mm)		gr (gm)*	Altura (cm)	Scle (IS)	Rhiz (IS)	pl/m <sup>2</sup>	pan/m <sup>2</sup>	Gr. Tot pan	Ester (%)
			Largo*	Ancho*								
7009FP	63,7	3,8	7,1	2,0	27,4	87	2,0	2,6	363	651	74	15
GURI INTACL	63,8	6,1	6,8	2,0	25,9	90	2,1	1,9	320	618	82	12
CL1202	61,8	7,1	7,0	2,2	28,6	100	1,7	1,3	303	463	105	12
CL1294	62,9	6,7	7,0	2,0	27,3	87	1,5	2,3	383	494	88	10
CL19219	63,9	9,0	6,8	2,1	26,2	91	1,7	1,2	254	536	109	12
CL19220	63,8	8,5	6,8	2,1	27,1	95	1,4	1,9	310	606	104	15
CL19231	65,6	7,4	6,9	2,1	26,9	91	1,8	2,6	328	591	97	8
CL19244	63,0	7,2	6,8	2,1	27,2	94	1,7	2,4	298	669	86	15
CL19246	64,5	7,0	6,8	2,1	26,7	94	1,6	0,8	269	584	95	13
CL19258	65,9	6,2	6,9	2,1	26,9	90	1,7	1,9	284	616	105	12
CL19263	64,0	6,3	6,8	2,1	25,7	95	1,1	1,8	310	616	106	10
CL19265	64,6	7,4	6,7	2,1	26,2	97	1,8	1,1	288	581	107	11
CL19273	63,0	7,8	6,9	2,1	26,8	91	1,6	1,7	262	666	97	13
CV (%)	2,8	17,9	0,86	0,69	2,44	5,7	31,9	95,3	17,35	12,8	17,6	32,4
DMS (%)	1,3	0,9	0,056	0,0137	0,64	4,5	0,21	ns	47,4	72,7	16,3	4,07

Nota: (\*) Promedio de las cinco localidades.

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

por mantener valores bajos de entero en todas las localidades.

De las variables de componente de rendimiento (panojas, granos y esterilidad) se destacan los bajos valores de esterilidad obtenidos en CL19231, siendo el más bajo (8 %). Claramente, la combinación de dichos componentes, con el bajo porcentaje de esterilidad, son parte de la explicación de los resultados en productividad obtenidos para este material.

## CONCLUSIONES

Los valores de rendimientos obtenidos son los más altos encontrados en estos ensayos, principalmente en el este. El potencial de los nuevos cultivares se ve reflejado en los altos rendimientos obtenidos en casi todas las localidades, aunque Guri INTA CL ha logrado muy buenos rendimientos. Cabe mencionar que las dos últimas zafras no se

han registrado problemas de *Pyricularia*, lo cual limita la diferenciación de los cultivares resistentes. Los nuevos materiales ofrecen una opción de potencial con resistencia a *Pyricularia* y ciclo variado según las necesidades del productor. La evaluación en fajas y la validación precomercial terminan siendo muy importantes a la hora de avanzar un material. Particularmente, en la zafra 2023-2024 se incorporará a validación el material CL19231, para el que está previsto sembrar entre 300 y 400 ha constituidas por chacras de 20 a 30 ha en todo el país.

## BIBLIOGRAFÍA

**Molina, F.; Marchesi, C.** 2022. Evaluación de cultivares resistentes a las imidazolinonas en ensayos de fajas. In: Terra, J.A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B. (Eds.). Arroz 2021. Montevideo: Uruguay: INIA. pp. 79-82. (INIA Serie Técnica; 262).

# 6. USO DEL PELETIZADO DE SEMILLA PARA SIEMBRAS TEMPRANAS EN ARROZ

A. L. Pereira<sup>18</sup>, M. Oxley<sup>19</sup>, A. Pimienta<sup>20</sup>, B. Sosa<sup>21</sup>, E. Stinger<sup>22</sup>

**PALABRAS CLAVE:** carbonato de calcio, tratamiento de semilla, implantación, rendimiento.

## INTRODUCCIÓN

Las últimas tres zafas de arroz alcanzaron los rendimientos promedio nacionales más altos desde que se comenzó a analizar el rendimiento de la producción arrocería en Uruguay. Si bien parte de este logro se debe a mejoras en la genética y en el manejo, una de las principales razones fueron las excelentes condiciones climáticas que permitieron realizar casi la totalidad de la siembra del cultivo en fecha óptima, preferentemente la primera quincena de octubre. Para lograr que INIA Merín -cultivar de ciclo largo, que ocupa alrededor de la mitad del área de siembra en el país- sea sembrado en su mayoría en esta fecha, los productores han anticipado el inicio de la siembra a partir de mediados de setiembre (Molina et al., 2021). En estas siembras anticipadas a la fecha óptima, donde normalmente la temperatura del suelo aún es muy baja, con probabilidad de excesos hídricos por lluvias y baja evapotranspiración, se ha visto una disminución en la germinación e implantación de los cultivos. En la zafra 2019-2020 se observó una mayor susceptibilidad

frente a estas condiciones en el cultivar INIA Merín con relación a otros cultivares, lo que ha llevado en muchas situaciones a la necesidad de resembrar.

Este trabajo busca contribuir a la búsqueda de soluciones para este problema, ya que su objetivo es definir si el recubrimiento de la semilla (peletizado) mejora la *performance* de los productos aplicados a la semilla, para lo que se evaluó la implantación y el crecimiento inicial en plántulas del cultivar INIA Merín y su posterior rendimiento en grano en siembras muy tempranas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue realizado en la Estación Experimental del Este (INIA, Treinta y Tres) en Paso de la Laguna y fue repetido en dos zafas consecutivas: 2021-2022 y 2022-2023.

Los tratamientos consistieron en seis combinaciones de productos aplicadas a la semilla sin el uso de peletizado con carbonato de calcio, y luego las mismas seis combinaciones con peletizado; en total se

<sup>18</sup> A. L. Pereira, D. Sc., investigadora adjunta, Unidad de Semillas, INIA, [apereira@inia.org.uy](mailto:apereira@inia.org.uy)

<sup>19</sup> M. Oxley, Téc. en Sistemas Arroz-Pasturas, asistente de investigación en sostenibilidad ambiental, Unidad de Semillas, INIA, [moxley@inia.org.uy](mailto:moxley@inia.org.uy)

<sup>20</sup> A. Pimienta, Téc. Agropecuario, asistente de investigación, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, [apimienta@inia.org.uy](mailto:apimienta@inia.org.uy)

<sup>21</sup> B. Sosa, Téc. Agropecuario, asistente de investigación, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, [bsosa@inia.org.uy](mailto:bsosa@inia.org.uy)

<sup>22</sup> E. Stinger, Ing. Agr., responsable técnico en semillas, SAMAN, [stinger@saman.com.uy](mailto:stinger@saman.com.uy)

**Cuadro 1.** Tratamientos aplicados a la semilla.

Tratamientos sin peletizado	Tratamientos con peletizado (P)
1. Testigo comercial* (TC)	7. Testigo comercial+P
2. Testigo comercial+Giberelina	8. Testigo comercial+Giberelina+P
3. Testigo comercial+G2301	9. Testigo comercial+G2301pro+P
4. Metalaxyl+Fludioxinil+Tiametoxan+Gib+Raiza	10. Metalaxyl+Fludioxinil+Tiam+Gib+Raiza+P
5. Testigo comercial+RISE-P	11. Testigo comercial+RISE-P+P
6. Testigo	12. Testigo+P

Nota: TC: Riceseed (Tebuconazole+Thiametoxan+Zn). Todos los tratamientos llevan polímero.

ensayaron 12 tratamientos (Cuadro 1). El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de la unidad experimental (parcela) de cada tratamiento de semilla fue de 15 m<sup>2</sup> (10 m de largo por 1,53 m de ancho). Este diseño se repitió en dos épocas de siembra para cada zafra.

Los distintos productos se aplicaron a la semilla el día previo a la siembra de cada ensayo (Cuadro 2). La siembra fue en directa sobre un laboreo de verano con aplicación previa de glifosato y un graminicida el primer año, mientras que en el segundo año se utilizó glifosato y un herbicida de hoja ancha. Las fechas de siembra en la primera zafra fueron el 6 y el 22 de octubre de 2021, y en la segunda zafra el 16 de setiembre y el 14 de octubre de 2022, a una densidad de siembra de 130 kg/ha del cultivar INIA Merín, lo que corresponde a 480 semillas viables/m<sup>2</sup>. Las precipitaciones en el primer año impidieron

realizar la siembra en setiembre, como estaba definido.

La fertilización se realizó en las dos zafas utilizando lo recomendado por el programa Fertiliz-Arr y se controlaron malezas post-siembra con herbicidas recomendados para el cultivo.

Las fechas de inundación para el primer año fueron el 17 y el 30 de noviembre para las dos siembras consecutivas y para el segundo año el 8 y el 18 de noviembre.

Se evaluó la implantación realizando dos o tres conteos de plantas sucesivos en tres líneas de 1 m para cada parcela. El rendimiento final se evaluó cosechando toda la parcela excepto los bordes, en un total de 9,3 m<sup>2</sup>, y se midieron los componentes del rendimiento cosechando dos líneas de 30 cm por parcela.

El análisis estadístico se realizó a través del análisis de varianza por la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) al 0,05.

**Cuadro 2.** Productos y dosis utilizadas en el tratamiento de semilla de las diferentes empresas

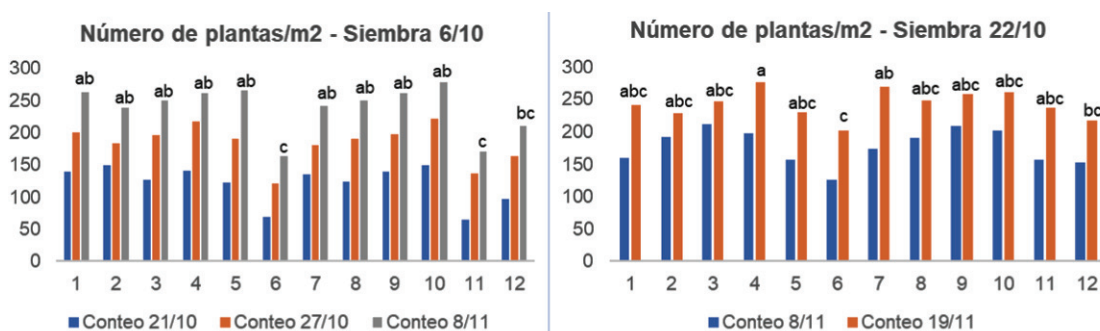
Empresa	Producto		Dosis en 100 kg de semilla
	Nombre comercial	Principio activo	
Lanafil	Giberelan 36	Giberelina	19,4 ml
Barraca Erro	G2301	Bioestimulante	2 l
Tafirel	Metaflux	Metalaxyl+Fludioxinil	100 cc
Lage	RISE-P	Bacillus amyloliquefaciens	60 g
Cibeles	Riceseed	Tebuconazole+Thiametoxan+Zinc	500 cc
Agrofuturo	Raiza	Aa+N+extractos de algas	20 ml

## RESULTADOS

Los resultados de implantación de la zafra 2021-2022 son presentados en la figura 1 para las dos épocas de siembra. Se observa en la primera época que todos los tratamientos tuvieron una mayor implantación en el último conteo que el testigo absoluto (6), y lograron superar la población objetivo de 200 pl./m<sup>2</sup>, excepto los tratamientos con peletizado del testigo (12) y el testigo comercial con Rise-P (11). En la segunda época de siembra todos

los tratamientos, incluso el testigo, superaron las 200 pl./m<sup>2</sup>. Sin embargo, los tratamientos con met+flud+tiam+gib+raiza (4) y el testigo comercial con peletizado tuvieron una implantación significativamente mayor que el testigo absoluto (6).

Los rendimientos son presentados en el cuadro 3. En la siembra temprana durante el primer año ningún tratamiento se diferenció del testigo absoluto (6), que obtuvo un rendimiento de 11 342 kg/ha. El buen ma-collamiento en este tratamiento de 500 pa-



**Figura 1.** Número de pl./m<sup>2</sup> en las siembras de 6/10 y 22/10 de la zafra 2021-2022 para los distintos tratamientos de semilla.

**Cuadro 3.** Rendimiento en kg/ha de los distintos tratamientos en las zafra 2021-2022 y 2022-2023 en las dos épocas de siembra

Tratamientos de semilla	Rend. (kg/ha) 2021-2022		Rend. (kg/ha) 2022-2023	
	6 oct.	22 oct.	16 set.	14 oct.
1 Testigo comercial	11 786	11 285 abc	13 411 a	12 470 abc
2 TC+Gib	11 030	11 347 abc	12 465 abc	12 238 abc
3 TC+G2301	10 772	11 588 ab	12 694 abc	<b>13 236 a</b>
4 Met+Flud+Tiam+Gib	11 196	<b>11 938 a</b>	12 597 abc	<b>13 283 a</b>
5 TC+RiseP	11 535	11 374 abc	12 080 abcd	12 630 abc
6 Testigo	11 342	11 064 bc	11 330 cd	11 625 c
7 TC+P	11 546	11 258 abc	<b>12 899 ab</b>	<b>13 216 c</b>
8 TC+Gib+P	11 371	11 117 abc	12 114 abcd	<b>13 106 ab</b>
9 TC+G2301+P	11 061	10 951 bc	<b>12 757 ab</b>	12 059 abc
10 Met+Flu+Tiam+Gib+Raiza+P	11 891	<b>11 964 a</b>	12 428 abc	12 505 abc
11 TC+RiseP+P	11 204	11 782 ab	11 976 bcd	11 934 bc
12 Testigo+P	10 605	10 624 c	11 015 d	12 177 abc
DMS	609	860	1406	1248

Nota: Medias seguidas por diferente letra en una misma columna difieren significativamente para  $p < 0,05$ .

nojas/m<sup>2</sup> compensó la baja implantación en comparación con los demás tratamientos. El número de panojas/m<sup>2</sup> estuvieron entre 500 y un máximo de 583 y no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. En los demás componentes del rendimiento tampoco hubo diferencias entre el testigo y los demás tratamientos.

En la siembra del 22 de octubre de la zafra 2021-2022 los tratamientos que superaron el rendimiento del testigo fueron los de met+flud+tiam+gib+raiza con y sin peletizado (10 y 4). Esto coincidió en el tratamiento 4 con la mayor implantación lograda. Sin embargo, dentro de los componentes del rendimiento no se detectaron diferencias con el testigo absoluto (6).

Las implantaciones obtenidas en el segundo año del ensayo fueron más bajas que en el primer año. Para la siembra del 16 de setiembre ningún tratamiento logró alcanzar las 200 pl./ha. Si bien se encontraron algunas diferencias entre tratamientos, estas no estuvieron claramente relacionadas con los resultados de rendimiento. Las condiciones climáticas del año, con temperaturas más bajas que el promedio desde la siembra hasta la primera quincena de octubre, sumado a escasas precipitaciones en ese período, atrasaron la emergencia de plantas alrededor de un mes después de la siembra. Esto aproximó a la emergencia de la segunda siembra (14 de octubre) donde la población de plantas logradas en el promedio del ensayo tendió a superar a la primera, que se ubicó alrededor de las 200 pl./ha.

Estas menores implantaciones, sin embargo, no afectaron los rendimientos, ya que se encontraron valores similares e incluso superiores a los del año anterior (Cuadro 3). En la primera siembra (16 de setiembre) solamente tres tratamientos superaron el rendimiento del testigo, siendo estos el 1, 7 y 9. Para la siembra del 14 de octubre, los tratamientos que presentaron rendimientos significativamente superiores al testigo fueron el 3, 4, 7 y 8. En ambas fechas, el macollaje de las plantas logró compensar las bajas implantaciones y en ningún tratamiento hubo diferencias con el testigo absoluto. Para la primera siembra se obtuvieron valores entre 566 y 740 panojas/m<sup>2</sup>, correspondientes a los

tratamientos 12 y 4 respectivamente, y fueron los únicos que presentaron diferencias estadísticas. En la segunda siembra no se encontraron diferencias entre tratamientos y los valores oscilaron entre 598 y 718 panojas/m<sup>2</sup>. Para los demás componentes del rendimiento no hubo diferencias significativas con relación al testigo, pero se observó una tendencia a un mayor número de granos en casos donde el macollaje fue menor.

En cuanto a los resultados de los rendimientos promedio de los tratamientos con y sin peletizado, fueron de 11 281 y 11 355 kg/ha respectivamente para el primer año, y de 12 349 y 12 505 kg/ha para el segundo. Estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Es importante destacar que el ensayo fue realizado en dos zafras de excelentes condiciones climáticas para el desarrollo del cultivo, lo que favoreció que el testigo sin tratamiento de semilla compensara la menor implantación con el macollaje. A pesar de estas condiciones, algunos tratamientos lograron superar el rendimiento del testigo absoluto.

## CONCLUSIONES

En años donde las condiciones del clima son favorables a la implantación y al posterior macollaje, como en el primer año de este ensayo, el agregado de productos para el tratamiento de semilla no redundó en aumentos del rendimiento. Sin embargo, en años donde las condiciones climáticas no son favorables, es en esta etapa donde se ven los mayores incrementos de rendimiento por el uso de productos aplicados a la semilla, para lo cual se recomienda el uso de un fungicida (tebuconazole o metsulfuron+fludioxinil) y de un insecticida (tiametoxan).

El uso de peletizado en la semilla no mejoró la implantación ni el rendimiento para ninguno de los tratamientos ni fechas de siembra estudiadas.

## BIBLIOGRAFÍA

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



# 7. DIVERSIDAD DE PLANTAS ATÍPICAS EN SEMILLA CERTIFICADA DE ARROZ URUGUAYO

C. Tarán<sup>23</sup>, A. L. Pereira<sup>24</sup>, J. E. Rosas<sup>25</sup>

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

## INTRODUCCIÓN

Para concretar óptimos rendimientos en arroz es necesario usar semillas de calidad comprobada. Los arroceros uruguayos siembran el 95 % del área con semilla certificada, que es producida siguiendo exigentes controles. Uno de los parámetros que se verifica en los lotes de semilla es la pureza varietal, donde se observa la presencia de plantas atípicas y mezclas varietales. Estas plantas difieren en al menos una característica del cultivar, y si su atipicidad es originada por factores genéticos, son consideradas contaminantes y deben ser eliminadas de los semilleros para evitar que aumenten su frecuencia.

Si bien hay presencia de plantas atípicas en semilleros certificados, éstas no llegan a superar el umbral admitido. Para mantener un control efectivo del problema es crucial conocer los posibles factores que le dan origen y caracterizar la variabilidad en las categorías del proceso de certificación de semilla. El Instituto Nacional de Semillas (INASE) se encarga en Uruguay de verificar, mediante ensayos anuales de campo, la identidad y la pureza varietal de los lotes de semilla certificada. Estos ensayos son llamados *Post Control* (PC) y consisten en sembrar todos los lotes de semillas certificadas producidos en nuestro país. El esquema de certificación inicia con las categorías prebásica y básica (B) y continúa con las categorías certificada 1 (C1) y certificada 2 (C2).

Hasta el momento nunca se ha evaluado a nivel molecular si hay diferencia en los niveles de pureza genética a lo largo de este proceso. También se desconoce si las plantas atípicas encontradas surgen por cruzamientos entre el cultivar y otros genotipos, o por mezclas físicas de otros cultivares. Conocer esto permitiría identificar puntos críticos de generación y diversificación de las plantas atípicas y, con base en ello, mejorar las estrategias de control (Peske et al., 2019).

Este trabajo, que se enmarca en un proyecto de Maestría en Biotecnología (Facultad de Ciencias, Udelar) en colaboración entre el INIA y el INASE, tiene como objetivo caracterizar genotípica y fenotípicamente a las plantas atípicas encontradas en semilleros de arroz uruguayos y estudiar su variación a lo largo del proceso de producción de semilla certificada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en la zafra 2021-2022 en los semilleros de arroz del INIA en Paso de la Laguna de categorías madre (M) y B, y en el ensayo PC en el campo experimental del INASE Treinta y Tres, categorías B, C1 y C2.

En el estadio de grano lechoso se identificaron plantas atípicas en los cultivares INIA Merín, INIA Tacuarí, EEA 404, SLI 9193, SLI 9197, SLI 13352A2, Cammeo y Gurí INTA

<sup>23</sup> C. Tarán, Ing. Agr., técnica de Evaluación y Registro de Cultivares, INASE, ctaran@inase.uy

<sup>24</sup> A. L. Pereira, D. Sc., investigadora adjunta, Unidad de Semillas, INIA, apereira@inia.org.uy

<sup>25</sup> J. E. Rosas, Ph. D., investigador adjunto, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, jrosas@inia.org.uy



CL. La identificación de las atípicas se realizó con base en las descripciones varietales (INASE, 2022) poniendo énfasis a los caracteres poco afectados por el ambiente (UPOV, 2021). Las plantas que no se ajustaron a dicha descripción se consideraron atípicas. La identificación de atípicas en semilleros del INIA fue realizada previo al raleo; en los ensayos PC la identificación de atípicas se realizó en lotes de semillas comerciales que presentaron raleos en chacra.

En total se observaron 39 plantas atípicas, de las cuales se tomó una muestra de hoja para el análisis genotípico. Además, como referencia, se colectaron tres plantas representativas de cada cultivar como testigos o línea de base de la diversidad genotípica.

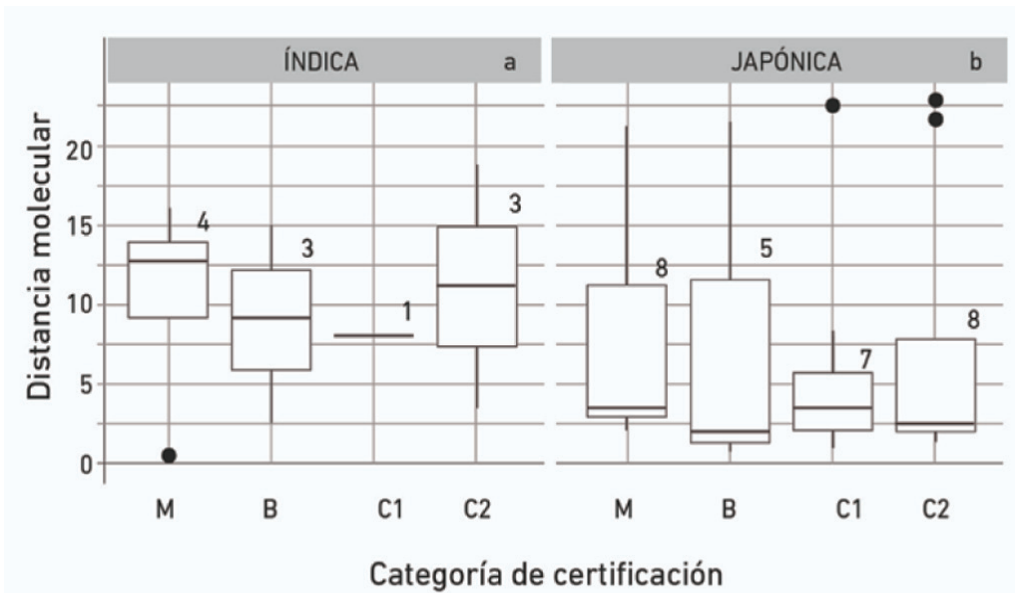
Las muestras de hojas que fueron colectadas de las atípicas y de los testigos se liofilizaron en el Laboratorio de Biotecnología del INIA Treinta y Tres. La extracción de ADN y el genotipado se realizó por servicio externo (Agriplex Genomics, EE. UU.). El genotipado se realizó con un panel de cerca de 1000 marcadores de tipo polimorfismo de un solo nucleótido (SNP) RiCA 1K v4 (Arbeláez et al., 2019).

Para cada categoría de certificación se calcularon las distancias genotípicas y

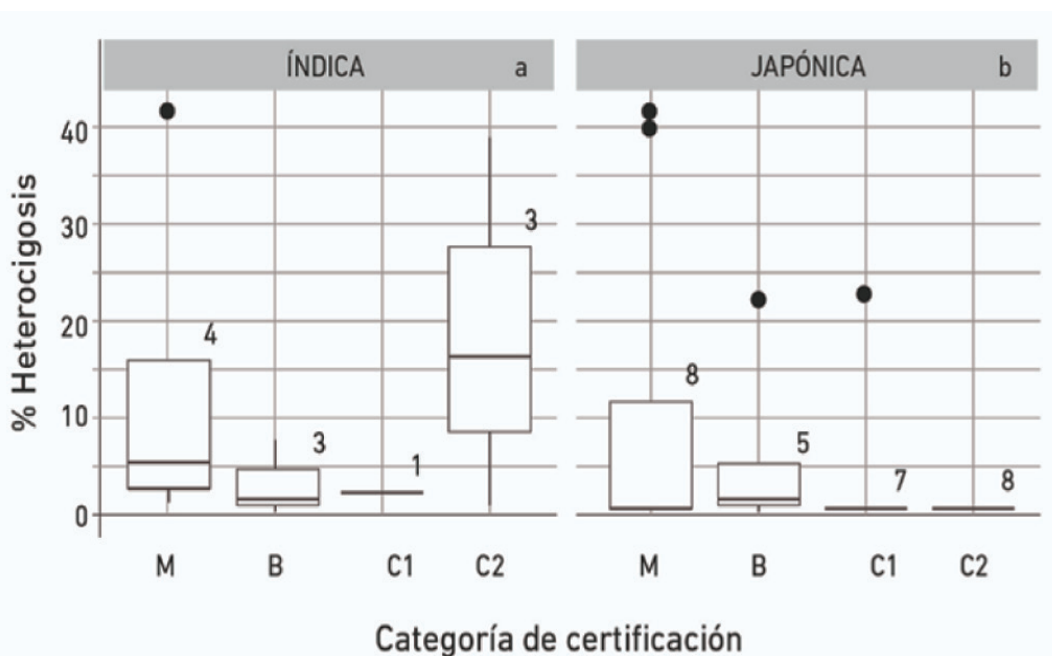
fenotípicas entre las plantas atípicas y los correspondientes testigos del cultivar, como indicadores de pureza genética. Para el cálculo de las fenotípicas se utilizó el software GAIA (GEVES, 2003). Para cada planta se calculó el porcentaje de heterocigosis como el número de marcadores heterocigotas sobre el total, multiplicado por cien, como indicador de posibles cruzamientos recientes. Se graficaron los valores de distancia y heterocigosis en función de las categorías y las subespecies a las que pertenecen los cultivares. Con estas variables se ajustaron modelos de regresión para probar heterogeneidad de varianzas.

**RESULTADOS**

No se encontró evidencia significativa en la variación fenotípica y genotípica de las plantas atípicas con respecto al cultivar, ni de heterocigosis a lo largo de las distintas categorías de semilla certificada, ni entre las subespecies *índica* y *japónica* ( $\alpha = 0,05$ ). Las distancias moleculares promedio entre las plantas atípicas y sus respectivos cultivares no fue significativamente diferente entre subespecies ni entre categorías (Figura 1). Sin embargo, se observó dentro de *japónica*



**Figura 1.** Distancia molecular promedio de las plantas atípicas respecto al testigo según la categoría de certificación de semillas (M: Madre, B: Básica, C1: Certificada 1, C2: Certificada 2) y según la subespecie a la cual pertenecen los cultivares (a, *índica*, b, *japónica*)



**Figura 2.** Porcentaje de heterocigosis de las plantas atípicas según la categoría de certificación de semillas (M: Madre, B: Básica, C1: Certificada 1, C2: Certificada 2) y según la subespecie a la cual pertenecen los cultivares (a, *índica*, b, *japónica*)

mayor dispersión en las categorías M y B (Figura 1b).

Con respecto al porcentaje de heterocigosis, si bien no varió significativamente entre categorías, se observó mayor heterocigosis en *índicas* que en *japónicas* (Figura 2), además de una alta dispersión de valores en la categoría C2 de *índicas* (Figura 2a). Esto sugiere que las atipicidades presentes en *índica* se originarían más frecuentemente por cruzamientos entre cultivares más diversos entre sí, mientras que en *japónica* se originarían más frecuentemente por mezcla varietal, lo que podría deberse a que la arquitectura de planta de cultivares *japónica* deja más en evidencia la presencia de plantas atípicas, lo que facilita su raleo.

## CONCLUSIONES

Los resultados permiten concluir en forma preliminar que no hay variación significativa de la diversidad de las plantas atípicas a lo largo del proceso de certificación de semillas en nuestro país. Esto sugiere que el control

de atípicas es adecuado ya que logra mantener el nivel de pureza varietal. La mayor diversidad genotípica y el mayor grado de heterocigosis observado en las atípicas encontradas en cultivares *índica* plantean interrogantes que deberán ser estudiadas en futuros trabajos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arbelaez, J. D.; Dwiyantri, M.; Tandayu, E., et al.** 2019. 1k-RiCA (1K-Rice Custom Amplicon) a novel genotyping amplicon-based SNP assay for genetics and breeding applications in rice. *Rice*, 12(1):55. <https://doi.org/10.1186/s12284-019-0311-0>
- GEVES (Groupe d'Étude et de contrôle des Variétés Et des Semences).** 2003. Gaia general presentation. La Minière: GEVES. 13 p.
- INASE (Instituto Nacional de Semillas).** 2022. Descripción de cultivares de arroz. Consultado el 27 de diciembre de 2021. Recuperado de: <https://v.calameo.com/?bkcode=0029931830353771c0b87>

**Peske, S.; Barros, A.; Schuch, L.** 2019. Producción de semillas. En Peske S., Villela F., Meneghello G (Eds.), *Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos*. 4. ed. Pelotas: Becker e Peske. pp.13-101.

**UPOV (Unión para la Protección de Obtenciones Vegetales).** 2021. Adición a las técnicas moleculares. Consultado el 27 de enero de 2022. Recuperado de: [https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/es/tc\\_57/tc\\_57\\_8\\_add.pdf](https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/es/tc_57/tc_57_8_add.pdf)

# 8. SLI09193: MANEJO DE POBLACIÓN Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA

C. Marchesi<sup>26</sup>, A. Ferreira<sup>27</sup>

**PALABRAS CLAVES:** arroz, *indica*, densidad, nitrógeno.

## INTRODUCCIÓN

SLI09193 es un cultivar de subtipo *indica* recientemente liberado por INIA para su uso comercial. Sus características agronómicas de mayor valor son un ciclo intermedio -similar al de INIA Olimar-, con reacción de alta resistencia frente a *Pyricularia oryzae*, en un contexto de alto rendimiento potencial. Como parte del paquete de ajustes de manejo se trabajó en generar información acerca de su óptimo desde el punto de vista de la densidad de siembra y la nutrición nitrogenada. En particular, el ajuste de variables culturales hace a la eficiencia productiva de un cultivar de alto rendimiento. El cultivar SLI09193 tiene un ciclo diferente a los más recientemente liberados (INIA Merín e INIA Cuareim) por lo que es de interés evaluar más en detalle el efecto de estas variables de manejo, entre otras.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra 2022-2023 se llevaron adelante tres ensayos, en Paso de la Laguna (PL), Treinta y Tres (33° S 54° O); en Pueblo del Barro (PB), Tacuarembó (32° S 55° O); y en Paso Farías (PF), Artigas (30° S 57° O), donde se evaluó la posible interacción de la densidad de siembra y la estrategia de fertilización nitrogenada en el crecimiento y producción de grano del cultivar SLI09193. El diseño experimental fue factorial de las dos variables, en bloques completos al azar, con tres repeticiones. El factor densidad de siembra fue con dos niveles (325 o 500 se-

millas viables/m<sup>2</sup>), y los tratamientos de dosis total de nitrógeno (N) en cuatro niveles. La determinación de los niveles de fertilización estuvo dada por el valor del análisis de suelo (potencial de mineralización de nitrógeno [PMN] a la siembra) y la recomendación de Fertiliz-Arr («indicador») como tratamiento de referencia, a partir del cual se establecieron dos niveles adicionales con +/-50 %, además de un tratamiento «testigo» sin N agregado.

El cultivar de referencia utilizado en dicha recomendación fue el INIA Olimar, dado su similar ciclo y comportamiento en rendimiento. La dosis total de N (kg/ha) estuvo compuesta por un fraccionamiento a macollaje y primordio (Cuadro 1). Se evaluó implantación, biomasa e índice verde (NDVI) en diferentes momentos del ciclo del cultivo entre macollaje y 50 % floración (50 % F). La biomasa se evaluó mediante cortes a ras de 1 metro lineal de cada parcela, y posterior secado en estufa. El NDVI se midió utilizando un Greenseeker (Trimble Inc.), haciendo una medida integral de cada parcela. A cosecha, utilizando una máquina autopropulsada de 2 m de ancho operativo, se evaluó rendimiento en grano (secado hasta 13 % de humedad), componentes de rendimiento e índice de cosecha (IC). Las demás variables de manejo estuvieron contempladas para lograr el máximo potencial del cultivar, dadas las condiciones de cada sitio (Cuadro 1). Las cosechas se realizaron entre el 8 y el 23 de marzo de 2023. Los análisis estadísticos se realizaron mediante modelos mixtos en los que *densidad* y *N* se establecieron como variables fijas, mientras que *sitio* y *bloque* como

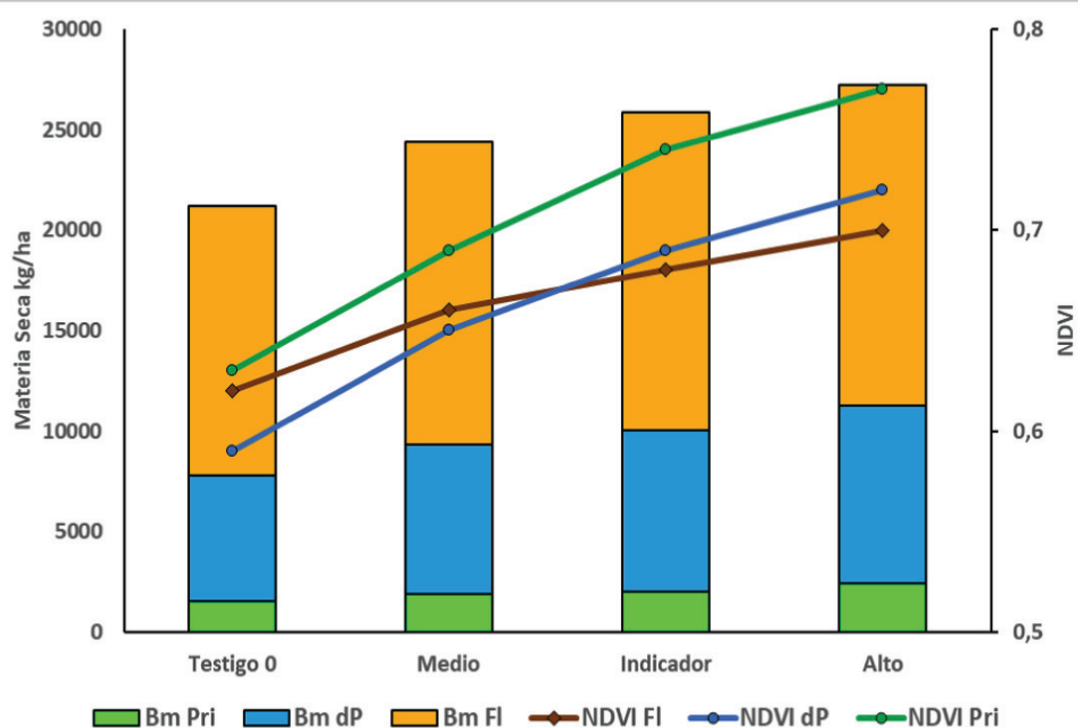
<sup>26</sup> C. Marchesi, Ph. D., investigadora adjunta, INIA, cmarchesi@inia.org.uy

<sup>27</sup> A. Ferreira, técnica arrocera, asistente de investigación, INIA, aferreira@inia.org.uy

**Cuadro 1.** Manejo de los experimentos en Paso de la Laguna, Pueblo del Barro y Paso Farías, zafra 2022-2023.

	Paso de la Laguna	Pueblo del Barro	Paso Farías
Densidad de siembra	325 o 500 sv*/m <sup>2</sup>	325 o 500 sv/m <sup>2</sup>	325 o 500 sv/m <sup>2</sup>
PMN	11	15	14
Nitrógeno (kg/ha)	Macollaje-primordio	Macollaje-primordio	Macollaje-primordio
Testigo sin N	0-0	0-0	0-0
Medio	33-11	31-11	31-10
Indicador	65-21	62-21	61-20
Alto	98-32	93-32	92-30
Fecha de siembra	14/10	13/10	28/09
Inundación	28/11	29/11	09/11
Fecha de cosecha	23/03	21/03	08/03

Nota: \*sv: semillas viables.



**Figura 1.** Biomasa acumulada (kg/ha) e índice verde (NDVI) de SLI09193 entre primordio y 50 % de floración, zafra 2022-2023.

aleatorias, utilizando Infostat (Di Rienzo et al., 2015).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Densidad de siembra y fertilización nitrogenada

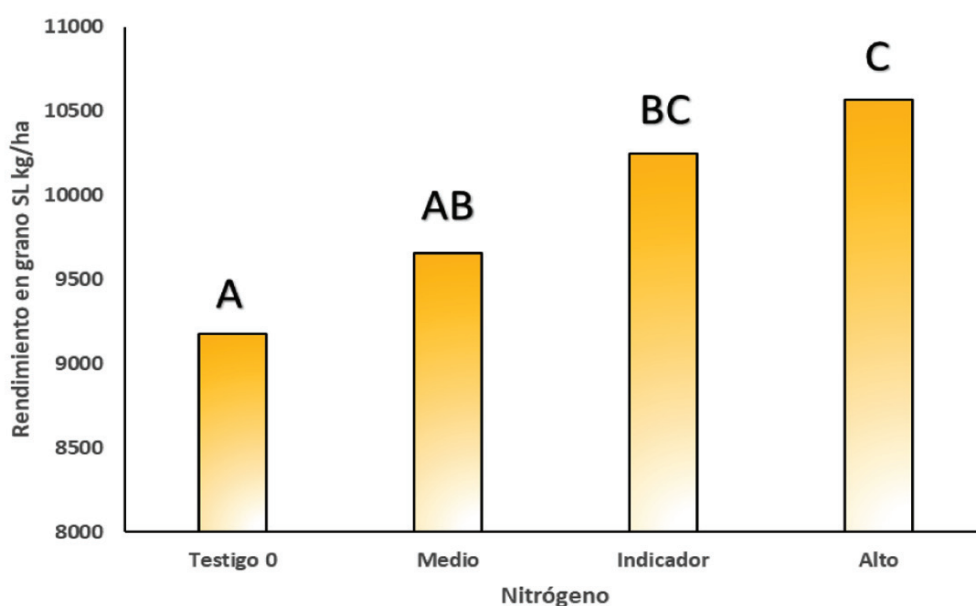
Las implantaciones de los ensayos de PF y PB fueron excelentes, ya que se logró obtener elevados números de plantas recuperadas para ambas densidades (D2-353 vs. D1-274 y D2-327 vs. D1-264 pl./m<sup>2</sup>, ns y  $p < 0,0422$ , respectivamente). En PL las poblaciones logradas fueron menores, pero dentro de los rangos que se busca obtener (250 vs. 185 pl./m<sup>2</sup>,  $p < 0,0006$ ). Solo la biomasa al primordio mostró diferencias por

densidad (1832 vs. 2094 kg/ha MS,  $p < 0,05$ ), mientras que todas las evaluaciones de biomasa y NDVI mostraron diferencias por N, y no hubo interacción entre la densidad y el N en ningún caso. La biomasa aumenta en mayor o menor medida según los tratamientos de N aplicados, mientras que la evolución del índice verde del cultivo muestra una respuesta continua al agregado de N en todos los estadios evaluados (primordio, 15 y 20 días después de primordio [dP] y 50 % F, figura 1 y cuadro 2). En el caso de biomasa la respuesta se estabiliza en las dosis determinadas por «indicador» desde un estadio reproductivo temprano (dP), lo que indica una saturación luego de cierta dosis de N, sobre la cual no hay incrementos relevantes de biomasa (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Resultado del análisis estadístico para la biomasa e índice verde de SLI09193 desde primordio a 50 % floración, zafra 2022-2023.

	Fertilización nitrogenada				Prob > $\alpha$	DMS Fisher
	Testigo 0	Medio	Indicador	Alto		
Bm FI	a	ab	b	b	*	1855
Bm dP	a	b	bc	c	***	928
Bm Pri	a	b	b	c	***	272
NDVI FI	a	b	c	d	***	0,02
NDVI dP	a	b	c	d	***	0,02
NDVI Pri	a	b	c	d	***	0,02

Nota: Letras diferentes dentro de las filas implican diferencias estadísticas según prueba de Fisher a 5 %.



**Figura 2.** Rendimiento en grano seco y limpio de SLI09193, zafra 2022-2023.

El rendimiento en grano presenta muy buenas productividades en todos los tratamientos, con un promedio de 10 t/ha. La respuesta al N agregado fue creciente y significativa ( $p < 0,0001$ ; DMS=598 kg/ha), pero no indeterminada; no hay diferencias entre el tratamiento «indicador» (dosis total recomendada según análisis de suelo y Fertiliz-Arr) y la dosis alta (Figura 2), por lo que no se justifica aumentar el uso de fertilizante nitrogenado más allá de la recomendación vigente.

De los componentes de rendimiento evaluados (número de panojas, granos llenos por panoja, Peso de 1000 granos y porcentaje de esterilidad), solo el número de granos mostró una diferencia según nitrógeno a favor de «indicador» y medio vs. alto ( $p < 0,0234$ ). No hubo diferencias importantes en el IC (datos no mostrados).

## CONCLUSIONES

El cultivar *indica* de ciclo intermedio, SLI09193, se comporta como otros cultivares de similares características; su biomasa y rendimiento en grano no responde en forma importante a la densidad de siembra, siempre y cuando la población lograda se

encuentre por encima de las 180 pl./m<sup>2</sup>. En cambio, sí hay una clara respuesta al agregado de N, no siendo esta diferencial según la población lograda (no hay interacción entre densidad y N).

La respuesta al agregado de N se confirma tanto en biomasa desarrollada, como en el índice verde (NDVI) del cultivo, así como en el rendimiento en grano seco y limpio (SL). Esta es importante hasta el nivel de «indicador», asociado a la recomendación según el análisis de suelo y utilizando Fertiliz-Arr, por lo que no se justifica un aumento de la dosis de N más allá de esos niveles aconsejados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Di Rienzo J. A.; Casanoves F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W.** 2015. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Marchesi, C.; Pérez de Vida, F.; Roel, A.** 2022. SLI09193: pautas para su manejo agronómico. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Villalba, C.; Mesones, B. (Eds.). Arroz 2022. Montevideo, Uruguay: INIA. pp.7-10. (INIA Serie Técnica; 264).



# 9. IMPACTO DE LAS FASES ENSO EN LA PRODUCTIVIDAD DE ARROZ. I

F. Pérez de Vida<sup>28</sup>

**PALABRAS CLAVE:** rendimiento, radiación solar, fechas de siembras.

## INTRODUCCIÓN

La ocurrencia de las variaciones climáticas conocidas como fases ENSO (por la sigla en inglés de El Niño-Oscilación del Sur) son causadas por anomalías en la temperatura superficial del océano en la denominada región Niño 3.4, en el Pacífico ecuatorial central. Estas anomalías se utilizan oficialmente por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de EE. UU. (NOAA, sigla en inglés) para definir si hay probabilidades de ocurrencia de una fase La Niña, El Niño o neutro con impacto global.

En Uruguay es conocida la incidencia de las variaciones climáticas asociadas a las fases ENSO en la producción agrícola y de pasturas. En el cultivo de arroz -aunque el 100 % es realizado bajo riego- dicho impacto es significativo a escala comercial (Roel et al. 2020), y está asociado a variaciones en el nivel de precipitaciones en primavera y verano que pueden significar atrasos en la fecha óptima de siembra y niveles variables de radiación solar. En este reporte, en tanto, se analiza su impacto en el rendimiento de cultivares en ensayos de evaluación del Programa de Mejoramiento Genético de Arroz del INIA en una serie de diez zafras (2013-2014 a 2022-2023).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron los resultados productivos de cinco variedades comerciales que fueron

evaluadas en 48 ensayos de rendimiento durante un período de diez zafras (2013-2014 a 2022-2023) en las unidades experimentales de INIA: Paso de la Laguna (UEPL) en Treinta y Tres, (n= 26 ensayos); Pueblo del Barro (UETBO) en Tacuarembó, (n= 9 ensayos), y Paso Farías (UEPF) en Artigas, (n= 13 ensayos). Estos ensayos comprendían en su mayoría (81 %) siembras tempranas (1.<sup>a</sup> quincena de octubre) y un porcentaje menor (19 %) siembras tardías (1.<sup>a</sup> quincena de noviembre). Las desviaciones de temperatura de las aguas superficiales del océano Pacífico en ese período de octubre-noviembre-diciembre (sst OND) permiten identificar: cinco zafras Niña (fase fría, con temperaturas inferiores a -0,5 °C), dos zafras neutro (con variaciones de temperatura entre +0,5 °C a 0,5 °C) y tres zafras Niño (con variación de temperaturas superiores a los +0,5 °C) que incluyen un año Niño «muy fuerte» (+2,5 °C). (Cuadro 1).

Los cultivares incluidos fueron: El Paso 144, INIA Olimar, INIA Merín, INIA Cuareim y SLI09193.

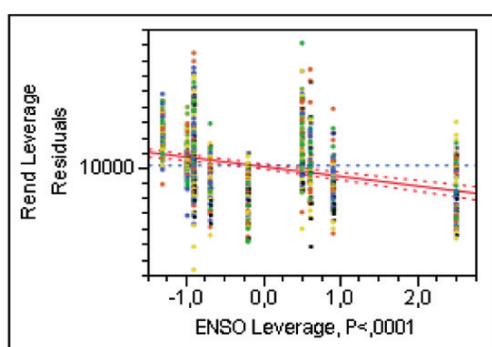
## RESULTADOS

Los siguientes análisis de regresión, que incluyen los datos de rendimiento físico del conjunto de las variedades mencionadas y las anomalías en las temperaturas del océano Pacífico (regiones 3 y 4), permiten identificar una significativa asociación entre las condiciones ambientales -que dan luego la categorización en años Neutro, Niño, Niña (y

<sup>28</sup> F. Pérez de Vida, Ph. D. Investigador Principal Referente. Sistema Arroz-Ganadería. INIA. fperez@inia.org.uy

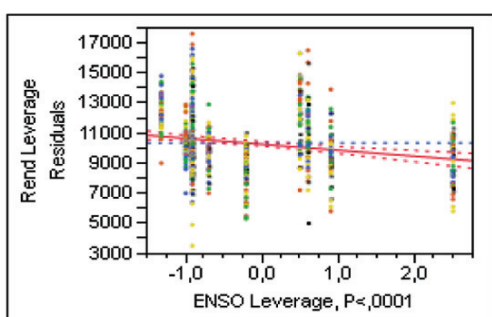
**Cuadro 1.** Variación de temperatura según años de cosecha en fases ENSO.

Año de cosecha	sst OND (año previo)	Fase ENSO	
2014	-0,2	neutro	
2015	0,6	niño	moderado
2016	2,5	niño	muy fuerte
2017	-0,7	niña	moderado
2018	-0,9	niña	moderado
2019	0,9	niño	moderado
2020	0,5	neutro	
2021	-1,3	niña	fuerte
2022	-1	niña	moderado
2023	-0,9	niña	moderado



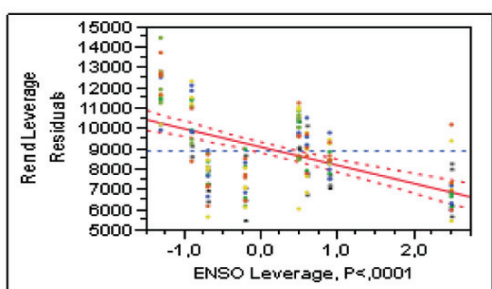
**Todas las fechas de siembra. Todas las localidades. 2013/14 a 2022/23.**

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	10148	76,28	133,03	0,0000*
SST	-613	71,04	-8,63	<,0001*



**Siembras tempranas (1era quincena Octubre), todas las localidades. 2013/14 a 2022/23.**

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	10310	88,13	116,9	0,0000*
SST	-398	82,98	-4,80	<,0001*



**Siembras tardías (1era quincena Noviembre), todas las localidades. 2013/14 a 2022/23.**

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	9111	133,96	68,01	<,0001*
SST	-882	115,87	-7,61	<,0001*

**Figura 1.** Análisis de regresión entre anomalías en temperaturas superficial del oceano en la región Niño 3.4 en el Pacifico ecuatorial central y rendimientos de arroz según ventanas de fechas de siembra en las unidades experimentales UEPL, UETBO y UEPF.

sus variantes)- y los rendimientos obtenidos en experimentos de evaluación de cultivares del Programa de Mejoramiento Genético de Arroz del INIA. En términos generales, para el conjunto de los datos sería esperable una pérdida en el potencial de rendimiento de 613 kg/ha del cultivo de arroz por cada cambio de 1 grado de desviación en el comportamiento de las temperaturas en el océano.

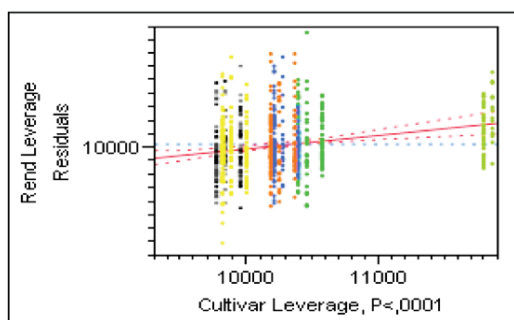
La fecha de siembra resulta en un factor significativo en la reducción del impacto negativo de este cambio en las condiciones del Pacífico. La pérdida de potencial de rendimiento se duplica en las siembras tardías (1.ª quincena de noviembre, -882 kg/ha) en relación con las siembras de inicios de octubre (-398 kg/ha) (Figura 1).

Considerando que entre las variables climáticas más afectadas en nuestra región por dicho cambio de temperaturas está el régimen de lluvias en primavera (meses de setiembre, octubre y noviembre), las probabilidades de lograr siembras tempranas resultan en un importante desafío para el mantenimiento del nivel productivo. Por otra parte, en esas condiciones de fase cálida en el Pacífico, es esperable una menor disponibilidad de radiación en períodos coincidentes con estadios críticos para la concreción del potencial de rendimiento (estadio reproductivo y llenado de granos). En condiciones de

fecha de siembra tardía esta reducción en la energía solar para el cultivo se agudizaría por la suma de la mayor nubosidad y del avance del ciclo de cultivo hacia el fin del verano e inicio del otoño.

Por otra parte, si se incluyen como fuentes de variación la categorización según fases ENSO y los cultivares incluidos en el estudio durante las 10 zafras, ambos factores resultan altamente significativos. Los rendimientos obtenidos bajo las zafras consideradas Niña resultaron significativamente más productivas que las Neutro o Niño. En el caso de un Niño de mayor intensidad (desvío de temperatura +2,5 °C, cuadro 1), el rendimiento obtenido es significativamente inferior (8840 kg/ha). En las condiciones experimentales en que se obtuvieron estos resultados, las altas temperaturas y la radiación en zafras agrícolas tipo Niña explicarían los mayores rendimientos. En condiciones comerciales -para las que son esperables resultados similares, por ejemplo, las últimas tres zafras (2020-2021 a 2022-2023) con rendimientos promedio superiores a las 9 t/ha- se agregarían como factores determinantes de la alta productividad la mayor probabilidad de siembras tempranas y cosechas con menores pérdidas ni demoras por menores incidencias de lluvias.

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Cultivar	5	5	212939912	9,3303	<,0001*
ENSO	3	3	330475220	24,1339	<,0001*



ENSO		Rend (kg/ha) (LSM)
Niña	A	10908
Neutro	B	10028
Niño	B	10012
Niño fuerte	C	8840

Cultivar		Rend (kg/ha) (LSM)
INIA Cuareim	A	9979
INIA Merín	A B	9794
SLI09193	A B	9766
INIA Olimar	B	9402
El Paso 144	B	9355

**Figura 2.** Análisis de varianza de rendimiento (kg/ha) según cultivares y fases ENSO en la serie 2013-2014 a 2022-2023.

## CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales generadas por las variaciones climáticas asociadas a las fases ENSO -con alcance territorial para todas las regiones arroceras del país- inciden de modo significativo en la productividad obtenida en ensayos de evaluación del rendimiento de cultivares de arroz. Es esperable una variación en el potencial de rendimiento de aproximadamente 600 kg/ha por cada +1 °C que varíe la temperatura superficial oceánica en el Pacífico ecuatorial central. Las fases de calentamiento oceánico implican una reducción en el rendimiento que se maximiza en la medida en que las siembras del cultivo se realicen en períodos fuera del óptimo (octubre para la región este del país). Los resultados presentados indicarían que

un factor significativo en los actuales niveles productivos del país en las tres zafas inmediatas pasadas es la ocurrencia de zafas Niña que, junto con prácticas culturales mejoradas y genética de alta productividad, han permitido superar las 9 t/ha como media nacional.

## BIBLIOGRAFÍA

**Roel, A.; Baethgen, W.; Macedo, I.** 2020. Asociación entre las fases de «El Niño» y la producción arroceras del Uruguay. Resumen actualización Serie Técnica 148 INIA (2005). In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.). Arroz 2020. Montevideo, Uruguay: INIA. pp. 121-124. (INIA Serie Técnica; 257).

# 10. IMPACTO DE LAS FASES ENSO EN LA PRODUCTIVIDAD DE ARROZ. II

F. Pérez de Vida<sup>29</sup>

**PALABRAS CLAVE:** rendimiento, radiación solar, fechas de siembra.

## INTRODUCCIÓN

La ocurrencia de las variaciones climáticas conocidas como fases ENSO (por la sigla en inglés de El Niño-Oscilación del Sur) son causadas por anomalías en la temperatura superficial del océano en la denominada región Niño 3.4, en el Pacífico ecuatorial central. En Uruguay es conocida la incidencia de las variaciones climáticas asociadas en el cultivo de arroz, el cual, aunque se realice 100 % bajo riego, sufre el impacto a escala comercial (Roel et al., 2020), así como en condiciones experimentales (Pérez de Vida, en esta publicación). En el caso de la fase cálida del ENSO (Niño) -como está pronosticado para la próxima zafra 2023-2024- se podrían generar precipitaciones en etapas cercanas a la instalación del cultivo, con la consecuencia de la siembra en momentos y condiciones subóptimos (fechas tardías y suelos anegados). De igual manera, la ocurrencia de mayores precipitaciones a lo largo del ciclo de cultivo podría significar la menor disponibilidad de energía solar para la concreción del potencial de rendimiento. Las diferentes variedades disponibles para cultivo podrían presentar comportamientos productivos diferentes ante las condiciones presentadas en una zafra Niño, dados por su ciclo a floración (50 % fl.), arquitectura de plantas, desarrollo de la canopia (índice de área foliar [IAF] óptimo), y tipo de madurez (presencia/ausencia del carácter *stay-green*). En este reporte se analiza el impacto particular de las fases ENSO en el

rendimiento de cultivares varietales comerciales desarrollados por el INIA y evaluados en condiciones experimentales en una serie de 10 zafras (2013-2014 a 2022-2023).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Mediante análisis de regresión se estudiaron los resultados productivos de cinco variedades comerciales que fueron evaluadas en 48 ensayos de rendimiento durante un período de 10 zafras (2013-2014 a 2022-2023) en las unidades experimentales del INIA: Paso de la Laguna (UEPL) en Treinta y Tres (n= 26 ensayos), Pueblo del Barro (UETBO) en Tacuarembó (n=9 ensayos) y Paso Farías (UEPF) en Artigas (n=13 ensayos). Estos ensayos comprendían en su mayoría (81 %) siembras tempranas (1.ª quincena de octubre) y un porcentaje menor (19%) siembras tardías (1.ª quincena de noviembre). En dicho período se identifican: cinco zafras Niña (fase fría con temperaturas inferiores a -0,5 °C), dos zafras neutro (variaciones de temperatura entre +0,5 a -0,5 °C) y tres zafras Niño (con variación en temperaturas superiores a los +0,5 °C) que incluyen un año Niño «muy fuerte» (+2,5 °C).

Los cultivares incluidos fueron: El Paso 144, INIA Olimar, INIA Merín, INIA Cuareim y SLI09193. Estos cultivares se diferencian en su ciclo a floración, siendo SLI09193 e INIA Olimar de ciclo intermedio (95-100 días desde siembra-50 fl.), El Paso 144 de ciclo intermedio a largo (110 días) y cultivares de ciclo largo (INIA Merín e INIA Cuareim, 113-115 días).

<sup>29</sup> F. Pérez de Vida, Ph. D. Investigador Principal Referente. Sistema Arroz-Ganadería.INIA. fperez@inia.org.uy

**RESULTADOS**

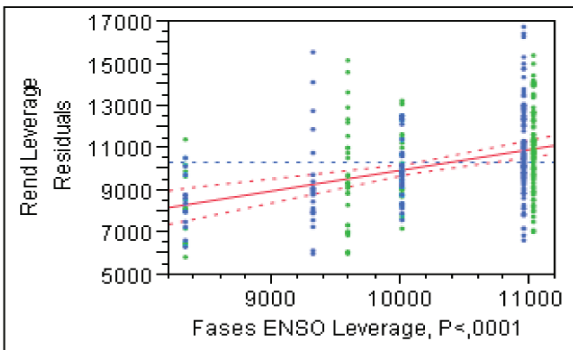
*Cultivares de ciclo largo.* En los cultivares INIA Cuareim e INIA Merín, incluyendo el conjunto de datos de rendimiento físico de todas las localidades, el análisis de varianza integrado en el modelo muestra al factor cultivar y a las fases ENSO (años Neutro, Niño, Niña, y sus variantes), así como su interacción, con variaciones muy significativas resultantes de estas fases. El rendimiento entre cultivares no varió significativamente. Por otra parte, la interacción de ENSO con estos cultivares presenta un valor de  $p=0,07$ . La reducción en el potencial de rendimiento es del orden de 1 t/ha al pasar de la fase fría a la cálida. En el caso de un año de condiciones más extremas («Niño fuerte» o «super Niño») resulta en una significativa caída adicional de aproximadamente 1 t/ha (Figura 1). La interacción ENSO\*Cultivar es significativa con  $p=0,07$  y, según se aprecia en la figura 2, está dada por una no respuesta significativa del cultivar INIA Merín a las variaciones presentadas en las fases ENSO Niña, Neutro y Niño (todos los casos con letra B en ese gráfico), con rendimientos de 10 777, 10 080 y 9936 kg/ha, respectivamente. En el caso de INIA Cuareim, el rendimiento se reduce significativamente, con rendimientos entre 11 264, 9130 y 10 135 kg/ha respectivamente, una respuesta próxima a la general comentada anteriormente para todos los

cultivares (Pérez de Vida, «Impacto de las fases ENSO en la productividad de arroz I», en esta publicación). En condición de «Niño fuerte» el rendimiento se reduce a 8062 y 8646 kg/ha para INIA Merín e INIA Cuareim, respectivamente.

*Cultivar de ciclo intermedio a largo.* En el caso de El Paso 144 se da una respuesta similar a la general (Figura 1), en un plano de potencial de rendimiento inferior a los cultivares previamente mencionados. El rendimiento máximo alcanzado en condiciones «Niña» (10 191 kg/ha) -aproximadamente 1 t/ha inferior a INIA Merín e INIA Cuareim- no varía significativamente en condición «Neutro» (9727 kg/ha). Así mismo, este cultivar mantiene una mayor estabilidad productiva ante condiciones menos favorables para la expresión del potencial de rendimiento («Niño» y «Niño fuerte», con rendimientos de 9222 y 8583 kg/ha, respectivamente). A diferencia de los cultivares INIA Merín e INIA Cuareim, El Paso 144 se caracteriza por una rápida senescencia durante el llenado de granos. Algunos resultados previos (Pérez de Vida, 2013) evidencian una mayor capacidad de este cultivar en la acumulación de reservas no estructurales en tallos y vainas. Esa característica podría proveerle a este cultivar una mayor homeostasis frente a condiciones variables de radiación en llenado de granos.

*Cultivares de ciclo intermedio.* Las variedades INIA Olimar y SLI09193 presentan

Fuente de variación	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Fases ENSO	3	3	235573785	19,1506	<,0001*
Cultivar	1	1	19333	0,0047	0,9453
Fases ENSO*Cultivar	3	3	29141996	2,3691	0,0707



ENSO		Rendimiento (kg/ha) (LSM)
Niña	A	11020
Niño	B	10037
Neutro	B	9486
Niño fuerte	C	8354

Niveles no conectados por igual letra son significativamente diferentes.

**Figura 1.** Regresión del rendimiento y fases ENSO en cultivares de ciclo largo (INIA Merín e INIA Cuareim).



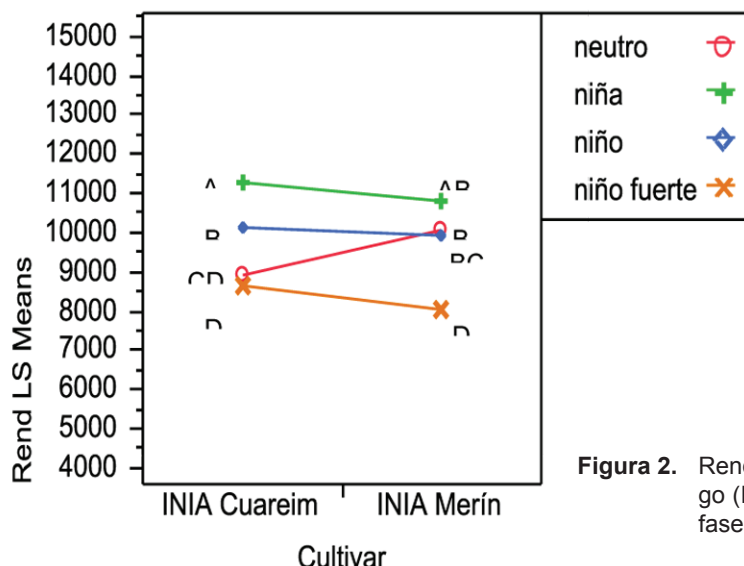
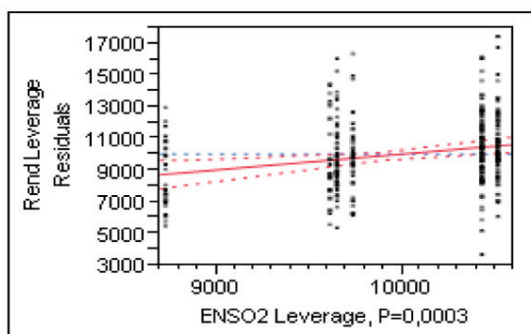


Figura 2. Rendimiento de cultivares de ciclo largo (INIA Cuareim e INIA Merín) según fases ENSO.

igual ciclo a 50 % de floración; su arquitectura de planta es similar, signado por un macollaje intermedio, con hojas erectas. El IAF desarrollado por SLI09193 suele superar al de INIA Olimar, basado en un mayor macollaje y en hojas de mayor longitud. SLI09193 presenta una reacción HR a *Pyricularia* spp. a diferencia de INIA Olimar (reacción MS-HS, moderadamente susceptible - altamente susceptible). En relación con su comportamiento

frente a las fases ENSO, no se aprecia una interacción significativa, por lo que se infiere que sus *performances* productivas serían similares. Las diferencias de rendimiento entre ambas variedades no fueron significativas en la serie evaluada. Es de considerar que en las condiciones experimentales no se presentó una incidencia significativa de la enfermedad por *Pyricularia* spp.

Fuente de Variación	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
ENSO	3	3	98729726	6,4649	0,0003*
Cultivar	1	1	4017359	0,7892	0,3750
ENSO*Cultivar	3	3	10915026	0,7147	0,5438



Cultivar		Rendimiento (Kg/ha)(LSM)
Niña	A	10483
Neutro	B	9679
Niño	B	9662
Niño fuerte	B	8735

Niveles no conectados por similar letra son significativamente diferentes.

Cultivar	Least Sq Mean	Std Error	Mean
INIA Olimar	9503	212,9	9865
SLI09193	9777	222,3	10203

Figura 3. Regresión del rendimiento y fases ENSO en cultivares de ciclo intermedio, INIA Olimar y SLI09193.



De modo similar a los de mayor ciclo y productividad, estos cultivares presentaron su mayor expresión del potencial de rendimiento (10 483 kg/ha) en condiciones «Niña» de las fases ENSO (Figura 3). Sin embargo, en el resto de las fases ENSO el rendimiento no presentó una variación significativa, en un plano de rendimiento similar al que obtienen los cultivares más productivos (INIA Cuareim e INIA Merín).

## CONCLUSIONES

El conocimiento de las condiciones ambientales generadas por las variaciones climáticas y las predicciones según sus modelos asociadas a las fases ENSO podrían orientar la toma de decisión de qué cultivares incluir en esquemas de siembra. Los resultados presentados sugieren que los cultivares de ciclo largo maximizan el potencial productivo obtenible en nuestras condiciones en fases «Niña» y que, en condiciones menos favorables (fases neutra o cálidas), el rendimiento decae. Los cultivares de ciclo intermedio presentan una mayor estabilidad en el rendimiento en esos casos,

en un plano algo inferior de productividad. Es de considerar que, en el conjunto de datos, la mayoría (80 %) son la resultante de siembras tempranas (1.ª quincena de octubre). En condiciones comerciales, el retraso en la fecha de siembra podría tener una mayor incidencia y, por ende, la *performance* de cultivares de ciclo menor -ante siembras por ejemplo de noviembre- tenga mayor destaque relativo a aquellas de ciclo largo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Roel, A.; Baethgen, W.; Macedo, I.** 2020. Asociación entre las fases de «El Niño» y la producción arroceras del Uruguay. Resumen actualización Serie Técnica 148 INIA (2005). In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.). Arroz 2020. Montevideo, Uruguay: INIA. pp. 121-124. (INIA Serie Técnica; 257).
- Pérez De Vida, F.** 2013. Efectos de la baja radiación solar en cultivares de arroz. In: INIA Treinta y Tres. Jornada anual Arroz-soja: resultados experimentales 2012-2013. Treinta y Tres, Uruguay: INIA. cap. 7. pp. 4-6. (INIA Serie Actividades de Difusión; 713).

# 11. TRAYECTORIAS DE LA EFICIENCIA DE USO DE NUTRIENTE (EUN) EN EL SISTEMA ARROZ-GANADERÍA URUGUAYO: UN ANÁLISIS POR REGIÓN

J. Castillo<sup>30</sup>, S. Haefele<sup>31</sup>, G. Kirk<sup>32</sup>, J. Rivero<sup>33</sup>

**PALABRAS CLAVE:** sistemas integrados, economía circular, intensificación agregado nitrógeno.

## INTRODUCCIÓN

Analizados en el largo plazo, los sistemas agrícolas muestran una relación entre el nitrógeno (N) agregado, la eficiencia de uso de este nutriente (EUN) y el *surplus* o exceso de N (SURPN), revelando un patrón similar al de una curva Kuznets en términos medioambientales (Zhang *et al.*, 2015). Esta curva sugiere que la polución de N (SURPN muy elevado) aumenta en primera instancia para luego decrecer a medida que crece la economía y el desarrollo socioeconómico. Dobermann *et al.* (2022) propusieron un camino generalizado de desarrollo asociado al uso del N que presenta tres etapas diferentes a lo largo del tiempo. En la primera etapa, las dosis de N agregadas son bajas, asociadas a fertilizaciones generales estándar que consiguen alcanzar buenos rendimientos. Esto significa el logro de altas EUN, pero asociado a situaciones de balance negativo de N y minería de este nutriente en suelo con valores de SURPN muy bajos. Generalmente a esta etapa la sigue un período de intensificación, donde tanto los rendimientos como el agre-

gado de N aumentan en forma significativa, así como el SURPN, a medida que la EUN disminuye. Finalmente, debido a la polución generada, una serie de medidas como la aplicación de políticas y regulaciones públicas, el uso de nuevas tecnologías de fertilización o un programa de manejo de nutrientes objetivo, se tiende a definir un nuevo nivel que establece un límite para la EUN y el SURPN asociado a la disminución del agregado de N. Para un sistema productivo dado, el conocimiento de la etapa en que se está puede ser de utilidad a la hora de evitar potenciales problemas ambientales o comenzar a corregir los existentes.

En Uruguay, el sistema arroz-ganadería es muchas veces pensado y analizado como único y homogéneo. Sin embargo, se sabe que la duración de la fase de pasturas, el uso o no de pasturas sembradas en forma sistemática, las dosis agregadas de N, entre otros factores, así como las diferencias entre regiones productoras, varía considerablemente (García *et al.*, 2009; INIA, 2020). Esto podría significar que el sistema arroz-ganadería de Uruguay presente diferencias a nivel de dosis

<sup>30</sup> J. Castillo, *Ph. D.* investigador asistente, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, jcastillo@inia.org.uy

<sup>31</sup> S. Haefele, *Ph. D.* investigador senior, Sustainable Soil and Crops, Rothamsted Research, Harpenden, United Kingdom, Stephan.haefele@rothamsted.ac.uk

<sup>32</sup> G. Kirk, *Ph. D.*, professor, School of Water, Energy & Environment, Cranfield University, Cranfield, United Kingdom, g.kirk@cranfield.ac.uk

<sup>33</sup> J. Rivero, *Ph. D.*, Net Zero and Resilient farming, Rothamsted Research, North Wyke, United Kingdom, jordana.rivero-viera@rothamsted.ac.uk

de N agregadas, EUN y SURPN cuando se lo analiza internamente, y se lo puede ubicar en diferentes etapas del camino generalizado de desarrollo asociado al N.

El objetivo del trabajo fue calcular las trayectorias del pasado reciente para los parámetros de N mencionados en las tres principales regiones productoras del país: norte, centro y este.

### MATERIALES Y MÉTODOS

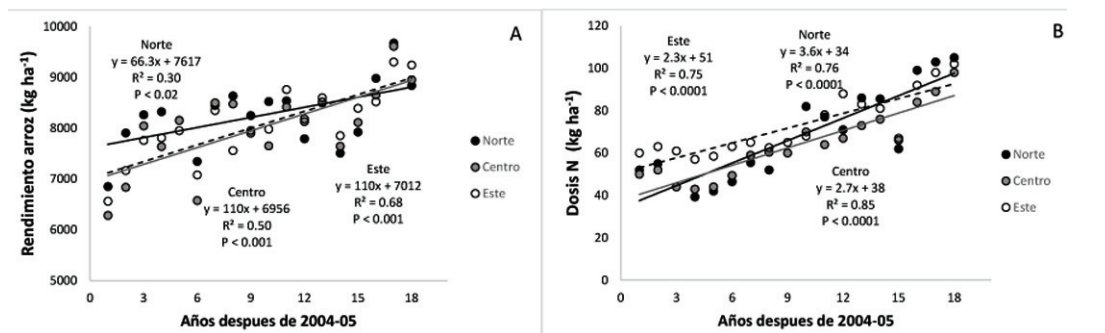
Se analizó información nacional sobre la producción de arroz, forrajes y ganadería, así como de insumos (N) aplicados al arroz entre 2004 y 2021, basados en reportes del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), de la Oficina de Estadísticas Agropecuarias (DIEA-MGAP), del Instituto Nacional de Carnes (INAC) y del INIA, desagregándose entre las principales regiones arroceras de Uruguay (norte= Artigas y Salto; centro= Tacuarembó y Rivera; y este= Cerro Largo, Treinta y Tres, Rocha y Lavalleja). Se calculó 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 ( $EUN \% = N \text{ retenido en productos agrícolas} / \text{entradas totales de N}$ ), y el SURPN, definido como la diferencia entre todas las entradas de N y aquel retenido en los productos agrícolas ( $\text{Superávit N} = \text{Entradas N total} - N \text{ productos}$ ). La información detallada de todos los cálculos y procedimientos del trabajo puede encontrarse en Castillo et al. (2023). Las trayectorias de

estos parámetros en el tiempo fueron interpretadas por medio de regresiones lineales. Las regresiones ajustadas fueron analizadas usando variables auxiliares para testear el efecto medio de los diferentes grupos y la homogeneidad de la pendiente de la regresión. Para el análisis de diferencias se definió un alfa de 0,05.

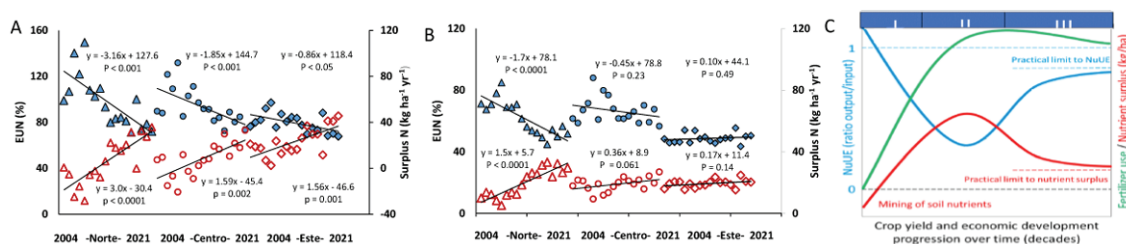
### RESULTADOS

Para el promedio de los años y las regiones, el rendimiento de arroz fue de 8100 kg/ha  $\pm$  727 kg/ha con una tasa de incremento menor para el norte (66 kg/ha/año) que el centro y este (110 kg/ha/año en ambas regiones) como se muestra en la figura 1A. Las dosis de fertilización con N también mostraron diferencias entre regiones, siendo la tasa media de incremento de 3,6; 2,7; y 2,3 kg/ha/año de N en el norte, centro y este, respectivamente (Figura 1B). Esto significó que el incremento medio anual de la fertilización N fue 4,7 (norte), 1,2 (centro) y 0,9 (este) veces la tasa promedio anual de remoción de N en el grano. Estos resultados podrían estar indicando que, durante la trayectoria, existió una proporción diferente del N aplicado que no está siendo utilizado por el cultivo y que potencialmente puede ser perdido. La diferencia entre las regiones siguió el orden norte > centro > este. En forma complementaria, los resultados obtenidos indicarían que tanto la EUN como el SURPN ha sido diferente durante la trayectoria dentro de cada región, y diferente entre regiones.

Las trayectorias de la EUN en el arroz (Fi-



**Figura 1.** Trayectorias de rendimiento en grano de arroz (A) y dosis de fertilización N (B) desde la zafra 2004-2005 hasta 2021-2022 para las regiones arroceras del norte, centro y este.



**Figura 2.** Trayectorias de EUN y NSURP en el cultivo de arroz (A) y en el sistema arroz-ganadería (B) entre la zafra 2004-2005 a 2021-2022.

Nota: En las series, los triángulos corresponden a la región norte, los círculos al centro y los rombos al este. El panel C corresponde al camino generalizado de desarrollo asociado a la EUN y NSURP propuesto por Dobermann et al., 2022.

gura 2A) tuvieron diferencias entre regiones. Los valores de EUN al inicio del período fueron similares en el norte y el centro (110 %), mientras que el este presentó menor EUN (85 %). Los mayores valores de las dos primeras regiones sugieren un uso mayor de N del suelo pudiendo generar minería de N, mientras que el este partió de mejores valores. Durante el período estudiado, la región norte mostró la caída más pronunciada y el este la menor. Estas regiones fueron estadísticamente diferentes a lo largo del período, mientras que la región centro fue intermedia entre estas dos. Hacia el fin del período las tres regiones presentaron valores de EUN en torno a 75 %. Homólogamente, la tasa de incremento del SURPN fue mayor en el norte que en el este, siendo nuevamente el centro intermedia entre ambas. Las bajas dosis de N agregadas al cultivo en las tres regiones al inicio del período generaron valores de SURPN muy bajos (negativos en el norte, indicando minería de N), que aumentaron hacia las últimas zafas.

No obstante, en todas las regiones los niveles alcanzados se encuentran por debajo de los máximos admisibles (80 kg/ha/año de N). Analizado a nivel de sistema (Figura 2B), las trayectorias de la EUN y el SURPN fueron similares a las calculadas para el cultivo de arroz, pero con niveles más bajos de estos parámetros. A nivel de sistema no se detectó, en ningún momento ni para ninguna región, valores de EUN que sugiriesen minería de N del suelo. En este caso, el este se diferenció, presentando una estabilización durante el período analizado. El SURP siguió la misma

tendencia que para la EUN, dado que las tres regiones presentaron valores muy bajos al fin del período. Las trayectorias obtenidas para las tres regiones parecen seguir la propuesta teórica (Figura 2C). Mientras que el norte parece haber transcurrido en la zona I del esquema, llegando en los últimos años de la serie a entrar en la zona II. La pendiente de la EUN y el SURPN del centro parece, por su parte, estar transitando los inicios de la zona III, a juzgar por la pendiente de ambos factores de N. Por último, la región este parece haber estado desde el inicio del período estabilizada con un equilibrio tanto de EUN como de SURPN. A diferencia del norte y centro, la región este consideró mayores entradas de N al sistema a través del reciclaje animal, por una mayor proporción del área en rotación con pasturas sembradas y largos de rotación mayores, con menor agregado de N en comparación con el norte. No obstante, la EUN es buena considerando el sistema (55 %).

## CONCLUSIONES

Las tres regiones tuvieron trayectorias diferentes, posiblemente debido a diferencias históricas de manejo, principalmente con el agregado de N al cultivo, lo que se asocia en parte a la rotación de cada región. Debido a que las tres regiones alcanzaron rendimientos similares al fin del período, el manejo del N a partir de la fecha resulta crucial. Dado que la tasa de incremento de N en el norte es mayor, deberían atenderse ajustes en el manejo que permitan contener la dosis y

mantener el rendimiento. La región este, por su parte, de mayor entrada de N total, debería apuntar a incrementar el rendimiento para no disminuir la EUN por debajo de los valores alcanzados. Si bien en las tres regiones el SURPN fue relativamente bajo, incrementos en la dosis de N sin aumentar el rendimiento por encima de la tasa alcanzada hasta el momento podría, potencialmente, generar problemas ambientales en el futuro.

## BIBLIOGRAFÍA

- Castillo, J.; Kirk, G. J. D.; Rivero, M. J.; Haefele, S. M.** 2023. Regional differences in nitrogen balance and nitrogen use efficiency in the rice - livestock system of Uruguay. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7:1104229. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1104229>
- Dobermann, A.; Bruulsema, T.; Cakmak, I.; Gerard, B.; Majumdar, K.; McLaughlin, M.; Reidsma, P.; Vanlauwe, B.; Wollenberg, L.; Zhang, F.; Zhang, X.** 2022. Responsible plant nutrition: A new paradigm to support food system transformation. *Global Food Security*, 33:100636. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100636>
- García, F.; Lanfranco, B.; Hareau, G. G.** 2009. Rice Production in Uruguay: Technical Change Options Under a General Equilibrium Framework. Twelfth Annual Conference on Global Economic Analysis, Trade Integration and Sustainable Development: Looking for an Inclusive World. 1-34.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria).** 2020. Informes de zafras. <http://www.inia.uy/investigación-e-innovación/programas-nacionales-de-investigación/Programa-Nacional-de-Investigacion-en-Produccion-de-Arroz/informes-de-zafras>
- Zhang, X.; Davidson, E. A.; Mauzerall, D. L.; Searchinger, T. D.; Dumas, P.; Shen, Y.** 2015. Managing nitrogen for sustainable development. *Nature*, 528:51-59. <https://doi.org/10.1038/nature15743>

# 12. BALANCES DE NITRÓGENO DE LARGO PLAZO: UNA MIRADA A LAS PRINCIPALES REGIONES PRODUCTORAS DEL SISTEMA ARROZ-GANADERÍA URUGUAYO

J. Castillo<sup>34</sup>, S. Haefele<sup>35</sup>, G. Kirk<sup>36</sup>, J. Rivero<sup>37</sup>

**PALABRAS CLAVE:** minería de nitrógeno, sistemas mixtos, reciclaje de nitrógeno.

## INTRODUCCIÓN

El sistema arrocero uruguayo es uno de los más productivos en el ámbito mundial (> 8,5 t/ha en la última década), logrando esa alta productividad con relativo bajo agregado de fertilizante (Pittelkow et al., 2016). De hecho, el sistema se ha mantenido en actividad por más de 70 años, y ha alcanzado buenos niveles productivos sin mostrar síntomas aparentes de degradación (Deambrosi, 2003). La rotación del arroz con pasturas sembradas (con capacidad de fijar nitrógeno) para pastoreo directo con animales ha sido mencionada como una de las razones que explican esta aparente sostenibilidad en el largo plazo. Sin embargo, no toda la superficie de pasturas en rotación con arroz incluye especies de leguminosas con capacidad de fijar N, por lo que en estos casos no se cumpliría con esta premisa. Lo que sí se cumple para todo el sistema, independientemente de la región productora, es la rotación con pasturas (regeneradas o sembradas) y el pastoreo directo con animales.

Adicionalmente, existen variaciones dentro de los sistemas arroceros (García et al., 2009). Por ejemplo, la región este, donde se cultiva el 70 % del área, se caracteriza por sembrarse sobre planicies, en rotaciones más largas asociadas a un mayor uso de pasturas sembradas y, por otro lado, es la de mayor intensidad temporal (más antigua). Las otras dos regiones (norte y centro) cuentan con una proporción importante de la superficie sembrada en laderas de mayor pendiente, menor largo de rotación y pasturas sembradas, y son las más jóvenes temporalmente. Las particularidades de cada región podrían estar generando diferencias en la dinámica y el balance de N en el largo plazo que, una vez conocidas, podrían ser de utilidad para realizar manejos del sistema diferenciales entre regiones. El objetivo del trabajo fue conocer en detalle las principales entradas y salidas de N a los componentes arrocero y ganadero, así como las del sistema, para generar un balance de N de largo plazo para cada región.

<sup>34</sup> J. Castillo, *Ph. D.*, investigador asistente, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, [jcastillo@inia.org.uy](mailto:jcastillo@inia.org.uy)

<sup>35</sup> S. Haefele, *Ph. D.*, investigador senior, Sustainable Soil and Crops, Rothamsted Research, Harpenden, United Kingdom, [stephan.haefele@rothamsted.ac.uk](mailto:stephan.haefele@rothamsted.ac.uk)

<sup>36</sup> G. Kirk, *Ph. D.*, professor, School of Water, Energy & Environment, Cranfield University, Cranfield, United Kingdom, [g.kirk@cranfield.ac.uk](mailto:g.kirk@cranfield.ac.uk)

<sup>37</sup> J. Rivero, *Ph. D.*, Net Zero and Resilient farming, Rothamsted Research, North Wyke, United Kingdom, [jordana.rivero-viera@rothamsted.ac.uk](mailto:jordana.rivero-viera@rothamsted.ac.uk)



## MATERIALES Y MÉTODOS

Información correspondiente al período de 2004-2005 a 2021-2022 relacionada con la producción del cultivo de arroz y la producción forrajera y ganadera, fue analizada para calcular el balance de N del período en las principales regiones productoras del país (norte= Artigas y Salto; centro= Tacuarembó y Rivera; y este= Cerro Largo, Treinta y Tres, Rocha y Lavalleja). A través de consultas a expertos de cada región se definió que el porcentaje promedio de la rotación ocupado con arroz fue de 33, 25 y 20 % para el norte, centro y este, respectivamente. Se utilizó información del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), de la Oficina de Estadísticas Agropecuarias (DIEA), del Instituto Nacional de Carnes (INAC), del INIA y bibliografía internacional. El balance de N fue calculado como: BAL-N = entradas totales N - salidas totales de N, asumiéndose el saldo resultante como incremental o decremental del *pool* de N del suelo. Este cálculo se realizó para cada componente por separado (arroz o ganadería) y el sistema integrado (arroz-ganadería).

Para el componente arrocerero, las entradas de N consideraron al N del fertilizante (N-FERT), las deposiciones atmosféricas (DA), la fijación biológica de N en vida libre (FBN-VL), y el reciclaje de N desde el componente animal como heces (REC-N), mientras que las salidas incluyeron al N removido en grano (N-GRA) y las principales pérdidas de N (volatilización, desnitrificación, escurrimiento superficial y lixiviación). Las entradas de N del componente ganadero incluyeron a las DA, la FBN por las pasturas (FBN-PAST), la FBN-VL y el N en el afrechillo de arroz (N-AFR). Las salidas consideraron el N removido en el tejido animal (N-ANIM), la volatilización, desnitrificación, escurrimiento superficial y lixiviación de N y el REC-N que se transfirió al arroz. Lo último mencionado no fue considerado en el análisis del sistema por tratarse de un factor de N intermedio entre ambos componentes. Las pérdidas de N fueron modeladas con el programa DeNitrification-DeComposition (DNDC) en base a la calibración para estos sistemas realizada por Castillo et al., 2023 a. La comparación entre

regiones se realizó por medio de pruebas t múltiples, fijando una significancia de 5 %. Se utilizó el procedimiento Satterthwaite cuando las varianzas no fueron homogéneas. Información detallada de las fuentes de información y de los cálculos están reportadas en Castillo et al., 2023 b.

## RESULTADOS

Las entradas totales de N al componente arrocerero fueron mayores en la región este que en el norte y centro (Cuadro 1). La principal entrada de N al arroz fue el fertilizante en todas las regiones (73, 70 y 68 % para norte, centro y este, respectivamente), con una escasa contribución de la FBN-VL y las DA. Las diferencias en las entradas de N total al arroz entre regiones se debieron al REC-N recibido desde el componente ganadero. Las entradas totales de N al sistema ganadero fueron mayores en el norte, seguidas por el centro y el este, explicadas por la FBN-PAST. Los valores obtenidos para esta última entrada están relacionados con el área total de pasturas (nativas + pasturas mezcla con leguminosas) de cada región, las que en promedio fijaron 46 kg/ha/año de N en las pasturas mezcla con leguminosas sembradas. Diferencias similares se encontraron en las entradas de N-AFR, las que estuvieron explicadas por la superficie que ocupó el arroz en cada una de las regiones. En promedio, el N proveniente de la DA fue similar en todas las regiones (6 kg/ha/año de N) A nivel de sistema, las entradas totales de N siguieron el siguiente orden norte > centro > este.

Las salidas totales de N del componente arrocerero fueron mayores en el norte en comparación con el centro y este, respectivamente. El N-GRA fue la mayor salida, siendo similar entre las regiones (85 kg/ha/año de N), explicando aproximadamente 72 % de las salidas totales. Las diferencias en las salidas totales de N se explicaron por las pérdidas de este nutriente, representando 31, 28 y 24 % del total de salidas en el norte, centro y este, respectivamente. La volatilización fue la principal pérdida (97, 91 y 87 %) seguida por la desnitrificación (2, 7 y 8 %), mientras que las relacionadas con el escurrimiento superficial y lixiviación fueron las menores (1, 2 y

**Cuadro 1.** Balance de N de cada componente y sistema arroz-ganadería en las tres principales regiones productoras. Para cada factor de balance, los valores presentados corresponden al promedio del período 2004-2005/2021-2022

Componente	Factor de Balance	Largo rotación (cociente arroz: rotación)		
		NORTE (1:2)	CENTRO (1:3)	ESTE (1:4)
Arroz	<i>Entradas (kg/ha/año)</i>			
	Fertilizantes	67,6 a	63,8 a	72,9 a
	Reciclaje N animal	16,6 b	18,7 b	26,1 a
	Deposición atmosférica	6 a	6,4 a	5,8 a
	FBN vida libre	2,5 a	2,5 a	2,5 a
	Entradas N totales	92,8 b	91,5 b	107,2 a
	<i>Salidas (kg/ha/año)</i>			
	Grano	86,1 a	83,6 a	84,1 a
	Pérdidas N*	39,4 a	32,6 ab	26,3 b
	Salidas N totales	125,5 a	116,2 b	110,4 b
	<i>Balance N</i>	-32,7 b	-24,7 b	-3,2 a
Ganadería	<i>Entradas (kg/ha/año)</i>			
	FBN pastura	20,2 a	17,7 ab	16,0 b
	Afrechillo arroz	10,2 a	6,5 b	4,9 c
	Deposición atmosférica	6 a	6,4 a	5,8 a
	Entradas N totales	36,3 a	30,7 b	26,7 c
	<i>Salidas (kg/ha/año)</i>			
	N en tejido animal	1,7 a	1,8 a	1,8 a
	Pérdidas N*	6,2 b	8,6 a	6,9 b
	Reciclaje N animal	5,5 a	4,7 a	5,2 a
	Salidas N totales	13,3 a	15,1 a	14,0 a
	<i>Balance N</i>	23,1 a	15,6 b	12,7 c
Sistema	Entradas N totales (kg/ha/año)	49,5 a	41,2 b	37,6 c
	Salidas N totales (kg/ha/año)	46,7 a	36,8 b	29,1 c
	<i>N Balance (kg/ha)</i>	2,8 c	4,4 b	8,5 a

5 %) todas ellas para el norte, centro y este, respectivamente.

En promedio, las salidas totales de N del componente ganadero fueron 12 % de lo observado en el componente arrocero. Las pérdidas de N fueron la principal salida (7,2 kg/ha/año en promedio), seguidas por el REC-N (5,1 kg/ha/año), ambas salidas con poca variación entre regiones. Por su parte, la menor salida correspondió al N-ANIM, alcanzando los 1,8 kg/ha/año de N. A nivel de sistema, las entradas y salidas totales de N estuvieron cercanas dentro de las regiones generando BAL-N levemente positivos. Sin embargo,

el BAL-N del sistema difirió entre regiones durante el período estudiado. Por ejemplo, en BAL-N de la región norte se incrementó de -8,5 kg/ha/año de N en el período entre 2004-2005 y 2009-2010 a +2,8 kg/ha/año en el período entre 2010-2011 y 2015-2016, y a +14,1 kg/ha/año en el período entre 2016-2017 y 2021-2022. Por el contrario, el BAL-N del centro y este fue siempre positivo, pero disminuyó en el tiempo desde 5,7 a 3,8 a 4,2 kg/ha/año de N en el centro, y desde 9,7 a 8,7 a 7,1 kg/ha/año en el este en el mismo período. Para todas las regiones, el BAL-N del sistema estuvo altamente correlacionado

con las entradas totales de N del sistema ganadero ( $r=0,87$ ,  $0,82$  y  $0,75$ ,  $p<0,001$  para norte, centro y este, respectivamente), principalmente por efecto de la FBN-PAST ( $r=0,73$ ,  $0,70$  y  $0,66$ ,  $p<0,01$  para las mismas regiones). Por último, el BAL-N de la región norte estuvo altamente asociado a la entrada de N del fertilizante ( $r=0,86$ ,  $p<0,0001$ ).

## CONCLUSIONES

Considerando las tres regiones arrocerogánaderas de Uruguay, se concluye que el sistema es muy eficiente y productivo pese al relativo bajo agregado de N del fertilizante. El sistema fue sostenible en todas las regiones en términos del BAL-N debido a la complementariedad entre la ganadería y el arroz. La información sugiere que las mejoras productivas y de eficiencia del sistema en su conjunto deberían darse por ajustes de la duración y composición con más leguminosas de las pasturas de la fase ganadera. Esto podría contribuir a levantar los techos productivos del cultivo de arroz, sin la necesidad de incrementar la dosis de N del fertilizante.

## BIBLIOGRAFÍA

- Castillo, J.; Kirk, G. J. D.; Rivero, M. J.; Haefele, S. M.** 2023. Regional differences in nitrogen balance and nitrogen use efficiency in the rice – livestock system of Uruguay. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7: 1104229. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1104229>
- Castillo, J.; Kirk, G. J. D.; Rivero, M. J.; Fabini, G.; Terra, J. A.; Ayala, W.; Roel, A.; Irisarri, P.; Haefele, S.M.** 2023. Measured and modeled nitrogen balances in lowland rice-pasture rotations in temperate South America. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7: 1103118. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1103118>
- Deambrosi, E.** 2003. Rice production system in Uruguay and its sustainability. En: Proceedings of the III International Conference of Temperate Rice; Punta del Este, Uruguay. Montevideo: INIA. pp. 67-70.
- García, F.; Lanfranco, B.; Hareau, G. G.** 2009. Rice Production in Uruguay/ : Technical Change Options Under a General Equilibrium Framework. Twelfth Annual Conference on Global Economic Analysis «Trade Integration and Sustainable Development: Looking for an Inclusive World». 1–34.
- Pittelkow, C. M.; Zorrilla, G.; Terra, J. A.; Ricetto, S.; Macedo, I.; Bonilla, C.; Roel, A.** 2016. Sustainability of rice intensification in Uruguay from 1993 to 2013. *Global Food Security*, 9:10-18. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.05.003>

# 13. BALANCE HÍDRICO Y EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO Y DE FÓSFORO EN AGUA EN DOS ROTACIONES CONTRASTANTES

G. Cantou<sup>38</sup>, D. Rivero<sup>39</sup>, I. Furtado<sup>40</sup>, P. González Barrios<sup>41</sup>, R. Hayashi<sup>42</sup>, A. Oxley<sup>43</sup>, A. Roel<sup>44</sup>

**PALABRAS CLAVE:** arroz, rotaciones, balance hídrico, nitrógeno y fósforo en agua.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de riego y manejos del agua en la producción del arroz han sido principalmente enfocados hacia la búsqueda de la expresión del máximo rendimiento y calidad en grano del cultivo. Sin embargo, el contexto actual de producción y comercialización del arroz introduce nuevos problemas, desafíos y oportunidades.

Dentro de los principales problemas se destaca el incremento de la competencia por el uso del recurso agua en algunas cuencas, lo que ha jerarquizado la necesidad de la objetiva cuantificación de su uso. A su vez, la tendencia a intensificar la rotación y el uso de insumos (Molina et al., 2022; Ministerio de Ambiente, 2021), en búsqueda de mayor productividad del sistema, representa una amenaza para algunos indicadores sensibles

que deben ser evaluados. Particularmente, aquellos vinculados a la calidad del agua y el riesgo de contaminación asociados, ya que estos cambios podrían modificar la dinámica y el transporte de agua y nutrientes.

Con esta finalidad se estableció una línea de trabajo cuyo objetivo general es evaluar el efecto de la intensidad de uso del suelo sobre el balance hídrico (cuantificación de entradas - salidas), la calidad del agua y las pérdidas de fósforo (P) y nitrógeno (N) por escurrimiento superficial en la fase inundada de arroz.

En este trabajo fueron evaluadas dos rotaciones arroceras contrastantes durante dos zafas: 2020-2021 y 2021-2022. Las dos rotaciones analizadas fueron: 1) la tradicional arroz-pastura (dos años de arroz y cuatro de pasturas), y 2) arroz continuo (todos los años arroz), no practicado en Uruguay. Esta última

<sup>38</sup> G. Cantou, *Ph. D.*, Departamento de Sistemas Agrarios y Paisajes Culturales, Centro Universitario Regional del Este (CURE-Udelar), guillermina.cantou@cure.edu.uy

<sup>39</sup> D. Rivero, maestrando, Facultad de Agronomía-Udelar, diegorivero1996@gmail.com

<sup>40</sup> I. Furtado, Idóneo en Tecnología Arroceras, auxiliar de investigación, Sección Sostenibilidad Ambiental, INIA, ifurtado@inia.org.uy

<sup>41</sup> P. González Barrios, Mag., Departamento de Biometría, Estadística y Computación, Facultad de Agronomía-Udelar, pgonza2211@gmail.com

<sup>42</sup> R. Hayashi, *Ph. D.*, Departamento de Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía-Udelar, rhayashi@fagro.edu.uy

<sup>43</sup> A. Oxley, Téc. en Sistemas Arroz-Pasturas, asistente de investigación en Sección Sostenibilidad Ambiental, INIA, moxley@inia.org.uy

<sup>44</sup> A. Roel, *Ph. D.*, investigador principal, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, aroel@inia.org.uy

solo se estudia a los efectos de generar diferentes contrastes de intensidad y dado que es el sistema dominante en el ámbito global.

La hipótesis de trabajo es que el sistema de mayor intensidad tendrá un mayor riesgo asociado a las salidas de agua conjuntamente con una mayor exportación de nutrientes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la plataforma de rotaciones arroceras de largo plazo del INIA, instalada en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL) en Treinta y Tres. Se trabajó en parcelas de 20 m de ancho y 60 m de largo (unidad experimental), en un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones, lo que permite hacer un manejo comercial, con uso de maquinaria similar a la utilizada por los productores y pastoreo directo durante la fase de pasturas. En el cuadro 1 se presenta la caracterización química del suelo (0-15 cm) para ambas zafra evaluadas. Para el tratamiento de arroz continuo, la aplicación total de N y  $P_2O_5$  fue de 144 y 85 kg/ha en la zafra 2020-2021, y de 145 y 92 kg/ha en 2021-2022, respectivamente. Para arroz-pastura, se fertilizó con N y  $P_2O_5$  a una dosis de 76 y 15 kg/h en la zafra 2020-2021 y de 108 y 20 kg/ha en 2021-2022, respectivamente.

Se implementó el método de balance hídrico a paso diario para la determinación del escurrimiento superficial (Xu *et al.*, 2020). Las variables de entradas de agua utilizadas fueron el riego (medido con aforadores electromagnéticos digitales) y las precipitaciones (medidas en la Estación Meteorológica ubicada en la UEPL) y, como variables de salidas, la evapotranspiración (estimada), el escurrimiento (medido y estimado), la infiltración (estimada) y las pérdidas laterales (estimada). Para la suma de la infiltración y las pérdidas laterales se utilizó un valor de 2 mm/día los primeros siete días posteriores a la inundación y luego un valor de 1 mm/día hasta la finalización del riego. Para la evapotranspiración se utilizó la evaporación tanque, corregida por un factor de corrección (Puppo *et al.*, 2009) y multiplicada por el coeficiente del cultivo ( $K_c$ ). El escurrimiento,

que es la variable de interés, se estimó teniendo en cuenta la altura de lámina de agua (límite máximo de 10 cm), registrado con sensores de altura por ultrasonido (<https://indata.uy/>) y reglas mecánicas.

Para el monitoreo de la concentración de nutrientes en el agua de los arrozales, se recolectaron muestras de agua día por medio durante los primeros diez días luego de iniciada la inundación. Posteriormente, se tomaron muestras una vez por semana hasta previo a la cosecha (en seco) del cultivo. En el laboratorio se determinó pH, conductividad eléctrica, sólidos totales en suspensión, contenido de N total (NT), nitratos, amonio, P total (PT) y P reactivo soluble.

Las pérdidas de nutrientes por agua de escurrimiento se calcularon según la siguiente fórmula:

$$PN_i = V_i \times C_i$$

donde  $PN_i$  es la pérdida de N o P ( $mg/m^2$  d) por escurrimiento,  $V_i$  es el volumen de agua escurrida superficialmente (mm/d) y  $C_i$  es la concentración de N o P en agua (mg/l).

## RESULTADOS PRELIMINARES

### Balance hídrico

En el cuadro 1 se presentan las entradas y salidas de agua promedio de ambos tratamientos en las dos zafra analizadas. Como componente de salidas de agua del sistema están las directamente relacionadas con la estimación del escurrimiento, que es el agua que sobrepasa la taipa en caso de registro de lluvias importantes o circunstancialmente en algún riego. Este componente de salida (escurrimiento) fue bastante similar entre ambas zafra (1496 y 1339  $m^3/ha$ , respectivamente). Otra parte relevante de la salida de agua corresponde a lo que denominamos «secado», que es el agua que sale del sistema cuando se efectúa el drenaje de la parcela para la cosecha en seco. Si bien la recomendación es dejar resumir el agua para llegar a una cosecha en seco, muchas veces las condiciones de precipitaciones de la zafra determinan que haya que realizar un drenaje para alcanzar el objetivo.



**Cuadro 1.** Análisis de suelo (0-15 cm).

		pH(H <sub>2</sub> O)	N(%)	C Org.(%)	P cítrico (mg P/kg)	K (meq/100g)	PMN (mg/kg)
2020-2021	Arroz-pastura	5,7 ± 0,00	0,18 ± 0,02	1,7 ± 0,20	13,7 ± 0,57	0,19 ± 0,02	21,0 ± 1,41
	Arroz continuo	5,95 ± 0,07	0,15 ± 0,03	1,4 ± 0,27	5,9 ± 0,57	0,15 ± 0,01	16,0 ± 1,41
2021-2022	Arroz-pastura	—	—	—	10,5 ± 2,12	0,25 ± 0,01	15,0 ± 0,00
	Arroz continuo	—	—	—	5,0 ± 2,83	0,18 ± 0,01	16,0 ± 0,00

Nota: PMN: potencial de mineralización de nitrógeno.

**Cuadro 2.** Entradas y salidas promedio en las dos zafas de estudio.

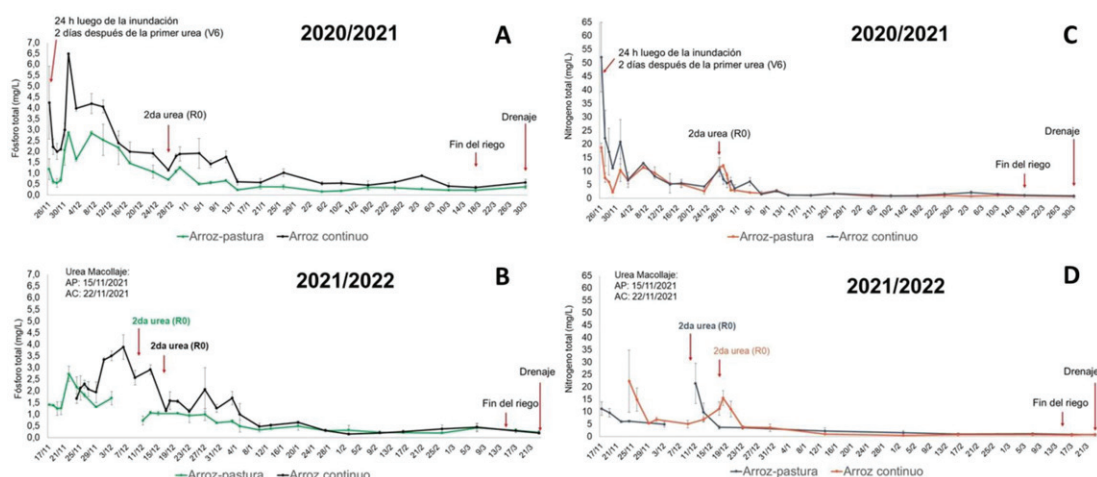
Zafra	Entradas (m <sup>3</sup> /ha)		Salidas (m <sup>3</sup> /ha)		% Salida/Entrada
	Riego	Precipitaciones	Escurrimiento	Secado	
2020-2021	7052	6178	1496	991	18,8
2021-2022	9669	4889	1339	607	13,4

### Evolución del contenido de fósforo y de nitrógeno

En la figura 1 se pueden observar las variaciones en el contenido de PT y NT en el agua del cultivo de arroz para las zafas 2020-2021 y 2021-2022. Se encontraron diferencias en la dinámica de los nutrientes en agua. Si bien las concentraciones de ambos nutrientes fueron altas al inicio de

la inundación y descendieron con el tiempo hasta estabilizarse, esta disminución se dio más rápido en el caso del NT. El contenido de PT en agua descendió gradualmente en el tiempo para ambos tratamientos.

Se observaron diferencias significativas en el contenido promedio de PT en agua entre las rotaciones estudiadas, aunque no se detectaron diferencias para NT (Cuadro 3).



**Figura 1.** Variaciones en la concentración de fósforo total (A y B) y nitrógeno total (C y D) en el agua de inundación, para las rotaciones arroz-pastura y arroz continuo durante las zafas 2020-2021 y 2021-2022.



**Cuadro 3.** Concentraciones promedio de nutrientes en agua de los arrozales.

Zafra	Tratamiento	Fósforo total (mg/l)		Nitrógeno total (mg/l)	
		Media	(Min-Max)	Media	(Min-Max)
2020-2021	Arroz-pastura	0,92 b	(0,14-3,24)	4,76	(0,57-19,93)
	Arroz Continuo	1,79 a	(0,26-6,50)	7,53	(0,74-61,20)
2021-2022	Arroz-pastura	0,91 b	(0,17-2,97)	5,58	(0,52-27,18)
	Arroz Continuo	1,44 a	(0,12-4,26)	6,70	(0,37-31,27)
LSD p>0,05	Zafra	ns		ns	
	Tratamiento	0,009		ns	
	(Zafra×trat.)	ns		ns	

Nota: Medias separadas por letras diferentes difieren significativamente a  $p \leq 0,05$  dentro de cada zafra.

El tratamiento de arroz continuo registró concentraciones promedio de PT mayores que la rotación arroz-pastura durante el período evaluado (1,6 y 0,9 mg/l PT, respectivamente). Cuando analizamos la concentración promedio de nutrientes registrada por semana (a partir de la inundación), en el caso del NT se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos únicamente en la primera semana luego de la inundación. En dicha semana, la concentración alcanzó un promedio de 15 y 9 mg/l NT para la rotación arroz continuo y arroz-pasturas, respectivamente. En el caso del PT, las diferencias entre los tratamientos se mantuvieron por más tiempo, siendo significativas hasta la semana siete luego de la inundación (primeros diez días de enero). Para este nutriente, las concentraciones máximas se dan en la segunda semana de iniciada la inundación, y promedian 3,8 y 2,0 mg/l PT para la rotación arroz continuo y arroz-pasturas, respectivamente.

Respecto a la calidad del agua de riego (proveniente del Río Olimar), la concentración promedio de PT fue de  $0,15 \pm 0,06$  y  $0,12 \pm 0,07$  mg/l PT para las zafras 2020-2021 y 2021-2022, respectivamente. De acuerdo con los resultados obtenidos, el 100 % de las muestras incumplió con el valor estándar de 0,025 mg/l PT según la legislación vigente (Decreto n.º 253/79), y el 96 % no cumplió con el valor de 0,070 mg/l PT establecido como valor guía por la Mesa Técnica del Agua (MVOTMA-DINAMA-MTA, 2017). Por otro lado, la concentración pro-

medio de NT en el agua de riego fue de  $0,40 \pm 0,10$  y  $0,57 \pm 0,13$  mg/l NT para las zafras 2020-2021 y 2021-2022, respectivamente, con 100 % de cumplimiento respecto al valor de referencia propuesto por la Mesa Técnica del Agua.

### Carga total de nutrientes en el agua de escurrimiento

En el cuadro 4 se presenta el valor estimado de las salidas o pérdidas de nutrientes por agua de escurrimiento superficial. Las variaciones de las pérdidas de nutrientes fueron relativamente consistentes con los volúmenes de agua escurrida, lo cual resalta la importancia del manejo del agua como medida efectiva para mitigar las salidas de nutrientes. Un único evento (drenaje previo a la cosecha) representó el 36 y 15 % de la exportación total de nutrientes en las zafras 2020-2021 y 2021-2022, respectivamente. Esto se debió a la ocurrencia de precipitaciones al final del ciclo del cultivo que no permitió dejar resumir el agua de inundación para cosechar en seco.

Los resultados de este estudio advierten sobre el riesgo de intensificar los sistemas de producción arroceros y de reducir o eliminar la fase de pasturas en la rotación, en lo que respecta a las salidas de PT a través de la escorrentía superficial. La rotación intensificada (arroz continuo) en promedio duplicó las pérdidas de PT en comparación con la rotación arroz-pastura.

**Cuadro 4.** Carga total de nutrientes (kg/ha) en el agua de escurrimiento (período de arroz inundado).

Zafra	Tratamiento	PT(kg/ha)	NT(kg/ha)
2020-2021	Arroz-pastura	0,7 ± 0,1	2,1 ± 0,3
	Arroz Continuo	1,7 ± 0,4	3,9 ± 1,3
2021-2022	Arroz-pastura	0,7 ± 0,1	3,2 ± 0,5
	Arroz Continuo	1,1 ± 0,1	3,0 ± 0,6

## CONCLUSIONES

Se ha logrado instrumentar el ensayo de manera de poder ajustar un balance hídrico de paso diario que permite estimar y medir las entradas y salidas de agua, particularmente las salidas por escurrimiento superficial de agua. Se ha caracterizado por primera vez la evolución de las concentraciones de P y N total en el agua del cultivo, y se estimaron las salidas de nutrientes (kg/ha) por escurrimiento superficial durante el período de arroz inundado. Asimismo, se identificaron los momentos de mayor riesgo de pérdidas de nutrientes vía escorrentía, que están asociados a los primeros días posteriores a la inundación, por la alta concentración de los nutrientes, y en las fases terminales del riego, donde, si bien las concentraciones son bajas, los altos volúmenes de agua erogados pueden significar pérdidas importantes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio de Ambiente.** 2021. Evaluación de la calidad de agua de la Cuenca de la Laguna Merín. Período 2015-2019. Dpto. Evaluación Ambiental Integrada, División Calidad y Evaluación Ambiental, (DINACEA). pp. 63.
- Molina, F.; Terra, J. A.; Roel, A.; Oxley, A. M.; Marella, M.;** et al.. 2022. Indicadores tecnológicos-productivos zafra arrocería 2020-2021. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B. (Eds.). Arroz 2021. Montevideo: Uruguay: INIA. pp. 1-5. (INIA Serie Técnica; 262).
- MVOTMA-DINAMA-MTA.** 2017. Establecimiento de niveles guía de indicadores de estado trófico en cuerpos de agua superficiales. Informe de asesoría a la Mesa Técnica del Agua (Documento técnico n.º 1). pp. 47.
- Puppo, L.; García Petillo, M.** 2009. Estimated class «A» pan coefficients to calculate the reference crop evapotranspiration in the south of Uruguay. *Agrociencia Uruguay*. 13(2):47-51.
- Xu, Y.; Su, B.; Wang, H.;** et al.. 2020. Analysis of the water balance and the nitrogen and phosphorus runoff pollution of a paddy field in situ in the Taihu Lake basin. *Paddy Water Environment*. 18(2):385–398.

# 14. HUELLA ECOTOXICOLÓGICA DE ROTACIONES DE ARROZ CON DIFERENTES GRADOS DE INTENSIFICACIÓN

L. Carrasco-Letelier<sup>45</sup>, W. Ayala<sup>46</sup>, A. Bordagorri<sup>47</sup>, P. Jorajuría<sup>48</sup>, S. Martínez<sup>49</sup>, A. Roel<sup>50</sup>, N. Serrón<sup>51</sup>, J. Terra<sup>52</sup>

**PALABRAS CLAVE:** pesticidas, unidad toxicológica, fugacidad.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de una «intensificación sostenible» no debería incrementar los impactos ambientales vinculados a la producción agrícola (erosión de suelos, pérdidas de nutrientes, uso de pesticidas y emisión de gases de efecto invernadero, etc.). De estos impactos potenciales, el uso de pesticidas no posee estrategias de diagnóstico estandarizado que orienten la gestión sobre qué pesticidas son los que aportan en mayor medida al impacto global del ecosistema.

El primer esfuerzo nacional para sistematizar en forma estandarizada el uso de pesticidas de Pittelkow et al. (2016) estimó la huella ecotoxicológica (HE) utilizando el modelo USEtox (Rosenbaum et al., 2008). Este fue un diagnóstico retrospectivo sobre el comportamiento de la producción arroceras de Uruguay, en el que se señaló la necesidad de profundizar el análisis sobre las limitantes de la metodología y las medidas de gestión.

El modelo USEtox combina dos modelos internos que estiman la distribución y el destino final del pesticida en cada compartimiento

ambiental (agua, suelo, etc.), que luego se usa para estimar el daño potencial sobre el ecosistema. El resultado de esta aproximación se expresa como unidades tóxicas comparables (CTU, *comparative toxic units*). Esto permite desarrollar una suma global de la mezcla de pesticidas aplicados y evaluar la participación de cada compuesto en el impacto global. Una de las desventajas de esta aproximación es que no contempla varios pesticidas empleados en Uruguay. Para resolver esta falencia se desarrolló el Modelo APv1, basado en un modelo de fugacidad nivel 1, para estimar la distribución y el destino final de los pesticidas, asumiendo que no existe degradación (diferencia con USEtox). Luego, las concentraciones estimadas para agua y suelo se evalúan estimando las unidades toxicológicas, dividiendo las concentraciones estimadas por la dosis letal (DL) 50 de *Daphnia magna* y lombriz de tierra.

Este trabajo evalúa la hipótesis la HE es sensible a los grados de intensificación de las rotaciones arroceras. Las consecuencias esperadas de esta hipótesis serían: la HE posee valores estadísticamente diferentes

<sup>45</sup> L. Carrasco-Letelier, *D. Sc.*, investigador principal, Área de Recursos Naturales, Producción y Ambiente, INIA, lcarrasco@inia.org.uy

<sup>46</sup> W. Ayala, *Ph. D.*, investigador principal, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, wayala@inia.org.uy

<sup>47</sup> A. Bordagorri, Técnico Agropecuario, asistente de investigación, Sección Sostenibilidad Ambiental, INIA, abordagorri@inia.org.uy

<sup>48</sup> P. Jorajuría, Ing. Agr., Proyecto INNOVAGRO 148630, INIA, pamelajorajuria@gmail.com

<sup>49</sup> S. Martínez, *D. Sc.*, investigador principal, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, smartinez@inia.org.uy

<sup>50</sup> A. Roel, *Ph. D.*, investigador principal, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, aroel@inia.org.uy

<sup>51</sup> N. Serrón, asistente de investigación, Sección Pasturas y Forrajes, INIA, nserron@inia.org.uy

<sup>52</sup> J. Terra, *Ph. D.*, investigador principal referente, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, jtterra@inia.org.uy

para diferentes rotaciones de cultivo; esta diferencia debería observarse con USEtox y el Modelo APv1. Para evaluar la hipótesis se usó la base de datos 2012-2019 del experimento de largo plazo (ELP) ubicado en la Unidad Experimental del Paso de la Laguna del INIA Treinta y Tres.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La base de datos compilada por el ELP (Cuadro 1) en el período 2012-2019 fue usada para los cálculos de esta investigación. De esta se extrajo la información sobre los formulados de pesticidas y sus dosis aplicadas a lo largo de los ocho años, así como los rendimientos de cada uso del suelo (expresados como materia seca).

Para el desarrollo del cálculo de la HE, el alcance fue de la portera a la portera, sin considerar la HE corriente arriba en el flujo de insumos. La unidad funcional usada para esta primera evaluación fue la materia seca de los rendimientos de todos los cultivos de cada rotación, incluidas las praderas.

El modelo USEtox v 2.2 (Rosenbaum et al., 2008) fue usado con el escenario definido para Argentina, por ser el escenario que podría tener la mayor similitud con Uruguay. Los resultados se expresaron en CTU.

El modelo APv1 se basó en un modelo de fugacidad 1 de Mackay y Paterson (1982) y las concentraciones de cada compartimiento se dividieron por la DL50 para *Daphnia* y lombriz de tierra. Los valores de DL50 se obtuvieron de la base de datos desarrollada por la Universidad de Herforshire (Lewis et al., 2016)..

## RESULTADOS

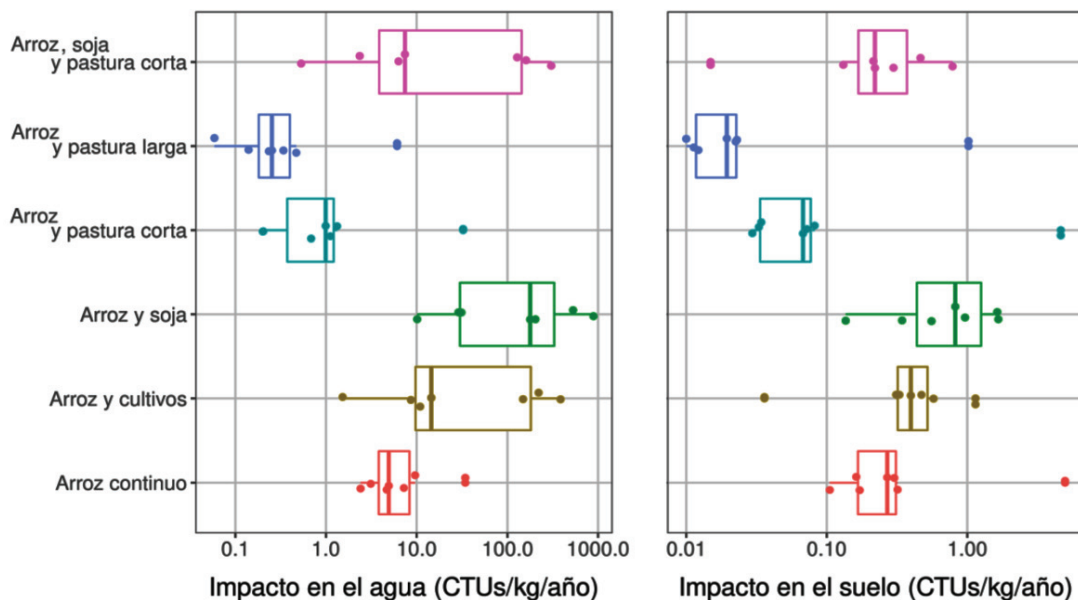
En la figura 1 se presentan los cálculos de la HE utilizando el modelo USEtox en las matrices de suelo y agua, y en la figura 2 se presenta el mismo análisis con la aproximación del modelo APv1 de INIA. En términos generales, se puede apreciar una correspondencia entre ambas aproximaciones, y el modelo APv1 presenta una mayor capacidad de diferenciación entre rotaciones.

A su vez, en estas figuras se puede visualizar que el impacto de los pesticidas sobre el compartimiento agua es de una magnitud significativamente mayor que en el suelo. Estos resultados, a diferencia de estudios previos, no solo permiten diferenciar los impactos globales, sino analizar cómo sería el resultado global del reemplazo o la reducción de pesticidas específicos.

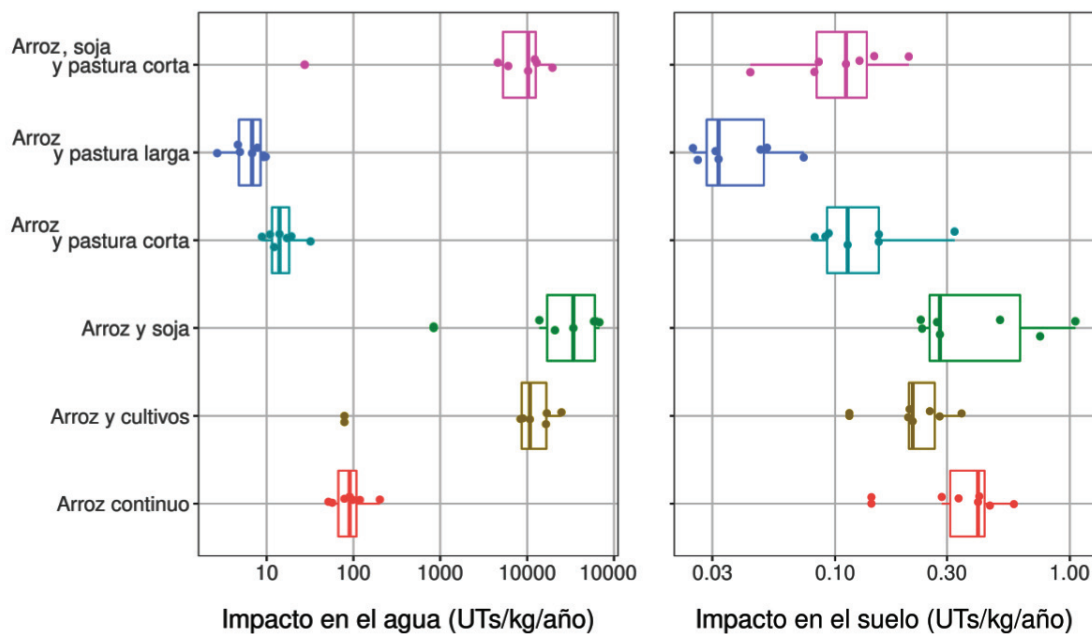
**Cuadro 1.** Rotaciones arroceras del experimento del Paso de la Laguna.

Rota- ción	Denominación de la rotación	Año											
		1		2		3		4		5		6	
		PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI
1	Arroz continuo	Arroz	p										
2	Arroz y cultivos	Arroz	Rg	Soja	p	Arroz	P	S					
3	Arroz y pastura corta	Arroz	P	P	P								
4	Arroz y pastura larga	Arroz	Rg	Arroz	P	P	P	P	P	P	P		
5	Arroz, soja y pasturas	Arroz	Rg	Soja	Rg	Soja	P	Arroz	P	P	P	P	P
6	Arroz y soja	Arroz	Rg	Soja	p								

Nota: A: arroz; P: pastura; S: sorgo; p: Trébol alejandrino y Rg: Raigrás.



**Figura 1.** Huella ecotoxicológica de las rotaciones arroceras estimada mediante los modelos: USEtox, con resultados expresados en unidades tóxicas comparables (CTU).



**Figura 2.** Huella ecotoxicológica de las rotaciones arroceras estimada mediante el modelo APv1 de INIA, con resultados expresados en unidades toxicológicas (UT).

## CONCLUSIONES

La HE calculada usando los modelos USEtox 2.2 y el modelo APv1 de INIA permiten discriminar entre los diferentes grados de intensificación de las rotaciones arroceras. En próximos estudios se identificarán aquellos pesticidas de mayor aporte en los impactos de la huella ecotoxicológica.

## FINANCIACIÓN

Financiado por proyecto INNOVAGRO 148630, Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII).

## BIBLIOGRAFÍA

**Lewis, K. A.; Tzilivakis, J.; Warner, D. J.; Green, A.** 2016. An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(4), 1050-1064. <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242>

**Mackay, D.; Paterson, S.** 1982. Fugacity revisited. The fugacity approach to environmental transport. *Environmental Science & Technology*, 16(12), 654A-660A. <https://doi.org/10.1021/es00106a001>

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

**Rosenbaum, R. K.; Bachmann, T. M.; Gold, L. S.; et al.** 2008. USEtox - The UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in Life Cycle Impact Assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13, 532-546. <https://doi.org/10.1007/s11367-008-0038-4>



# 15. EMISIONES DE METANO Y POBLACIONES MICROBIANAS ASOCIADAS EN CULTIVO DE ARROZ BAJO DISTINTOS SISTEMAS DE ROTACIÓN

A. Fernández-Scavino<sup>53</sup>, L. Ferrando<sup>54</sup>, P. Irisarri<sup>55</sup>, L. Pereira-Mora<sup>56</sup>

**PALABRAS CLAVE:** gas de efecto invernadero, microorganismos como indicadores de sustentabilidad ambiental, agricultura intensiva.

## INTRODUCCIÓN

El metano (CH<sub>4</sub>) es el gas de efecto invernadero (GEI) más abundante después del CO<sub>2</sub> pero con mucho más poder calórico, por lo que, a cantidades iguales, el CH<sub>4</sub> tiene mayor impacto en el calentamiento del planeta. El metano producido biológicamente proviene de la fermentación entérica de los rumiantes y de la degradación de materia orgánica en humedales y suelos anegados. Se estima que el cultivo de arroz representa el 8 % del metano emitido por actividades humanas (Saunio et al. 2020). Una producción de arroz más sustentable debe minimizar el flujo de metano hacia la atmósfera.

La producción biológica de metano en arrozales ocurre por la actividad de bacterias y archaeas que degradan anaeróbicamente la materia orgánica del suelo y la derivada de la planta. En el suelo rizosférico, cercano a

las raíces de la planta, se establecen micro-nichos separados espacialmente donde hay condiciones apropiadas tanto para la producción de metano por las archaeas metanogénicas (anaerobias), como para el consumo de metano por las bacterias metanótrofas (aerobias). La emisión de metano del suelo y de la planta, a través de su aerénquima, depende de la materia orgánica del suelo y del balance de la actividad contrapuesta de estas poblaciones. De modo que la abundancia y diversidad de estas poblaciones pueden tomarse como indicadores para monitorear el potencial aumento de la emisión de metano en distintas condiciones de manejo del cultivo.

En Uruguay, el cultivo de arroz ha alternado históricamente el uso del suelo con pasturas que confieren al sistema ventajas productivas y ambientales (Pittelkow et. al, 2016). El experimento de largo plazo esta-

<sup>53</sup> A. Fernández-Scavino, *Ph. D.*, Laboratorio de Ecología Microbiana y Medio Ambiente, Área Microbiología, Departamento de Biociencias, Facultad de Química, Udelar, afermand@fq.edu.uy

<sup>54</sup> L. Ferrando, *Dra.*, Laboratorio de Ecología Microbiana y Medio Ambiente, Área Microbiología, Departamento de Biociencias, Facultad de Química-Udelar, lucia.ferrando1@gmail.com

<sup>55</sup> P. Irisarri, *Ph. D.*, Laboratorio de Microbiología, Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Agronomía-Udelar, irisarri@fagro.edu.uy

<sup>56</sup> L. Pereira-Mora, *Doctoranda*, Laboratorio de Ecología Microbiana y Medio Ambiente, Área Microbiología, Departamento de Biociencias, Facultad de Química-Udelar

blecido en 2012 en Paso de la Laguna para evaluar el efecto de la intensificación sobre la productividad y la sustentabilidad en sistemas con mayor frecuencia del cultivo de arroz respecto al tradicional arroz-pastura es un excelente modelo experimental para conocer cómo responden esas poblaciones a diferentes ciclos de inundación y seco.

Nuestra hipótesis es que la historia previa del cultivo puede favorecer alguna de esas poblaciones y, por tanto, modificar la emisión de metano en distintos sistemas de rotación. En este resumen se presentan los principales resultados publicados en relación con la emisión de metano y las poblaciones microbianas responsables de la producción y el consumo de metano en el experimento de rotaciones (Fernandez-Scavino et al., 2022; Pereira-Mora et al., 2022).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos provienen de mediciones realizadas poco tiempo después de instalado el sistema y abarcan un ciclo anual que comienza en octubre, antes de la siembra de arroz en 2015 y termina en octubre de 2016, antes de la siembra de la nueva zafra. Se compararon tres tratamientos contrastantes en cuanto a la intensidad de siembra de arroz: el ciclo tradicional de cinco años de arroz-pastura (dos-tres años), el ciclo de dos años en rotación arroz-soja y el sistema más intensivo de arroz anual o continuo. Si bien el arroz continuo no es una práctica que se utilice en Uruguay, representa una condición extrema de contraste para establecer las comparaciones. En la rotación arroz-pastura se evaluaron el primer y el segundo año de



arroz. Se analizaron tres parcelas de cada tratamiento en forma independiente.

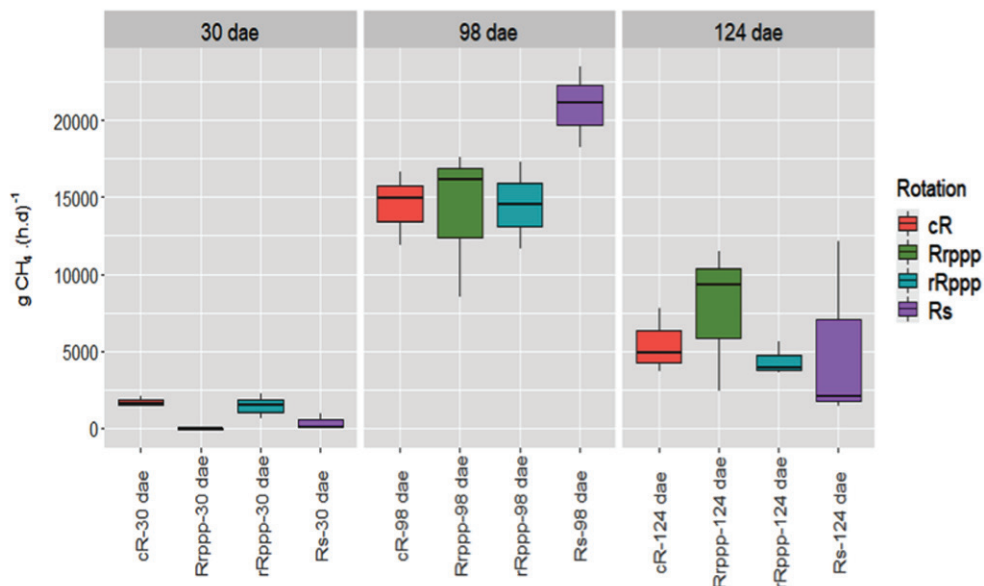
Se realizaron medidas de flujo de metano en campo mediante el método de la cámara estática, y las muestras de gases se analizaron por cromatografía gaseosa. Las poblaciones microbianas se analizaron cuanti y cualitativamente mediante análisis de ADN extraído del suelo. La composición de la comunidad microbiana se examinó mediante secuenciación masiva de amplicones del gen ARN ribosomal 16S, y la cuantificación de las poblaciones de interés (metanogénicos y los metanótrofos) mediante PCR en tiempo real de genes específicos de la vía metanogénica o de la vía metanótrofa.

## RESULTADOS

Se midió la emisión de metano en tres momentos del ciclo del cultivo con suelo inundado: macollaje (30 dae), floración (98 dae) y madurez (124 dae), donde dae indica días después de la emergencia (Figura 1). En el invierno poscosecha no se detectó flujo de metano en ninguno de los suelos, los que

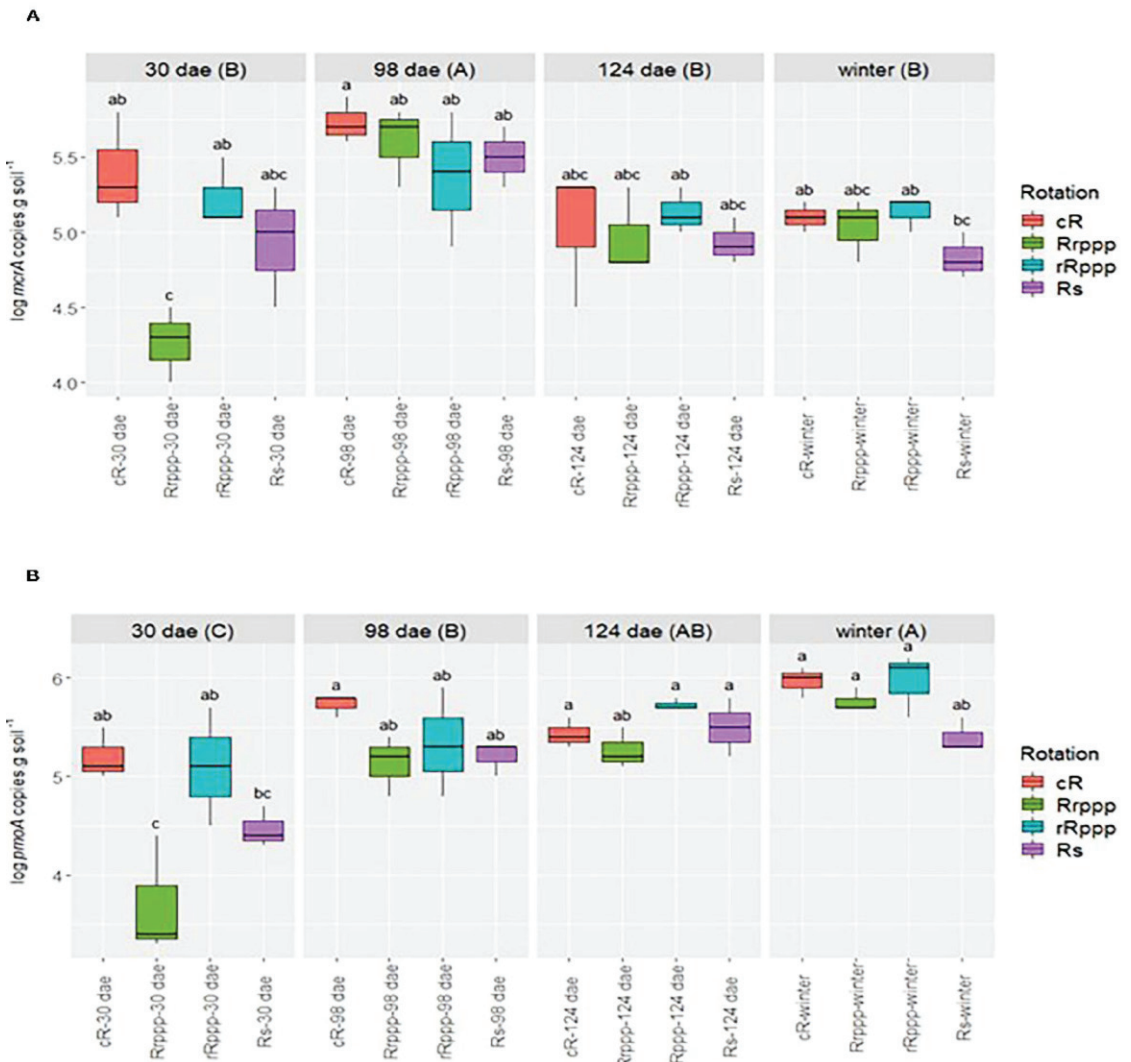
estaban en condiciones de secano. El flujo de metano (gramos de metano por hectárea por día) fue máximo en la floración para todas las rotaciones, lo que confirma resultados de trabajos previos en Uruguay (Tarlera et al., 2016), y decayó en la madurez. Las rotaciones solo mostraron diferencias de emisión en el macollaje, cuando los suelos con arroz en el año precedente (arroz continuo y segundo año de arroz en rotación arroz-pastura) emitieron más metano que el primer año de arroz luego de la pastura en la rotación arroz-pastura.

La abundancia de genes marcadores de las poblaciones metanogénicas (*mcrA*) y metanótrofas (*pmoA*) también siguió un patrón estacional (Figura 2). La densidad de archaeas metanogénicas fue máxima en floración (Figura 2 A), mientras que la población de bacterias consumidoras de metano aumentó progresivamente desde el macollaje y alcanzó su máximo en el invierno poscosecha (Figura 2 B). Solo en el macollaje se encontraron diferencias significativas



**Figura 1.** Dinámica del flujo de metano ( $\text{g CH}_4 \text{ h}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) durante el cultivo de arroz inundado para las rotaciones: arroz continuo (cR); arroz-pastura en el primer (Rrppp) o segundo (rRppp) año de arroz; y arroz-soja (Rs).

Nota: dae: días después de emergencia. Letras en minúscula indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el mismo momento de muestreo y mayúsculas indican diferencias entre momentos de muestreo.



**Figura 2.** Dinámica de las poblaciones metanogénicas (A) y metanótrofas (B) medida mediante la abundancia de los genes marcadores durante el ciclo del cultivo

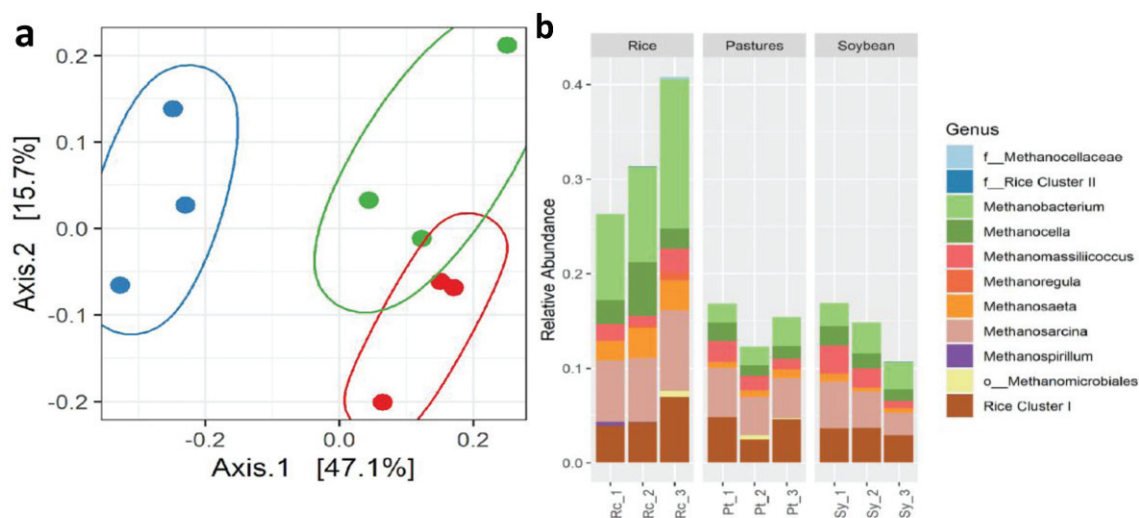
Nota: dae: días después de emergencia. Letras en minúscula indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre todos los tratamientos y mayúsculas indican diferencias entre momentos de muestreo.

en la densidad de estas poblaciones según la rotación. El primer año de arroz en la rotación arroz-pasturas tuvo la menor densidad de microorganismos de ambos tipos que los demás tratamientos.

Se examinó el efecto de la intensificación sobre la composición de la microbiota del suelo previo a la siembra de arroz, la etapa independiente del desarrollo de la planta, y que pareció responder a las condiciones de manejo de las diferentes rotaciones. Se constató que en ese momento hay una fuerte

influencia de la intensificación del cultivo de arroz en la estructura de la comunidad de archaeas metanogénicas. La rotación explica el 55 % de las diferencias en la estructura de la comunidad de archaeas metanogénicas en los tres tratamientos (Figura 3 a). Las metanogénicas en el suelo con arroz continuo se diferencian notoriamente de las metanogénicas en suelos de las rotaciones arroz-soja y arroz-pastura, las cuales mostraron mayor grado de similitud. También la proporción relativa de todos los géneros metanogénicos





**Figura 3.** Estructura de la comunidad de archaeas metanogénicas en suelos de las diferentes rotaciones en las tres parcelas replicadas

Nota: (a) Análisis de coordenadas principales con la distancia Bray-Curtis (PERMANOVA R2 = 0.55, p<0.01\*\*); (b) Abundancia relativa de los géneros de archaeas metanogénicas en el total de archaeas.

fue significativamente mayor en el arroz continuo que en las rotaciones arroz-pastura y arroz-soja (HSD, p<0.01\*\*) (Figura 3 b).

### CONCLUSIONES

La emisión de metano ocurre en suelos inundados y acompaña el ciclo fenológico de la planta de arroz, alcanzando su máximo en la floración y decayendo en la madurez. En el macollaje, cuando el flujo es mínimo, se observa que los suelos con arroz el año anterior emiten más metano que los que tuvieron pasturas o soja.

Las poblaciones microbianas que producen y consumen metano también siguen un patrón estacional determinado por el ciclo del cultivo y relacionado con la disponibilidad de sustratos. Es así como las poblaciones metanogénicas alcanzan su mayor densidad cuando hay mayor emisión, en la floración, cuando los exudados radiculares son la principal fuente de materia orgánica. La población metanótrofa alcanza su máximo en invierno, cuando el suelo es óxico, condiciones que requieren estas bacterias para oxidar el metano que se produjo bajo inundación y posiblemente aún queda atrapado en suelo y rastros.

La conversión de sistemas arroz-pastura en sistemas más intensivos para el cultivo de arroz impacta poderosamente en la composición de la comunidad metanogénica del suelo, especialmente cuando se establece el arroz continuo. A pesar de los pocos años de instalado el ensayo de campo y de que el sistema de cultivo uruguayo incluye, al menos, una pastura en secano durante el invierno, la intensificación del cultivo de arroz y la consecuente inundación frecuente aumentan rápidamente la población de archaeas metanogénicas y permiten diferenciar estos sistemas de los de rotación arroz-soja y arroz-pastura. Si bien en esta etapa solo en el macollaje se encuentran pequeñas diferencias en la emisión de metano, estas poblaciones podrían ser indicadores tempranos de la intensificación y predictores de un mayor potencial de emisión de metano en cultivos de arroz intensivos.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente a todos los estudiantes, técnicos e investigadores que colaboraron en la toma de muestra y mediciones de metano

## FINANCIACIÓN

Estas investigaciones fueron financiadas por los proyectos INNOVAGRO Emisiones de gases de efecto invernadero y dinámica microbiana de suelos en búsqueda de la intensificación sostenible de sistemas arroceros y Ciclo del carbono en sistemas de producción de arroz y FCE-ANII: Caracterización de variables biológicas que controlan la producción de metano en el cultivo de arroz.

## BIBLIOGRAFÍA

- Fernández-Scavino, A.; Oreggioni, D.; Martínez-Pereyra, A.; Tarlera, S.; Terra, J. A. and Irisarri, P.** 2022. Season and No-Till Rice Crop Intensification Affect Soil Microbial Populations Involved in CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O Emissions. *Front. Soil Sci. Sec. Soil Biology, Ecosystems and Biodiversity*. Vol. 2. <https://doi.org/10.3389/fsoil.2022.832600>
- Pereira-Mora, L.; Terra, J. A.; Fernández-Scavino, A.** 2022. Methanogenic community linked to organic acids fermentation from root exudates are affected by rice intensification in rotational soil systems. *Applied Soil Ecology* 176(D1):104498 <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104498>
- Pittelkow, C. M.; Zorrilla, G.; Terra, J.; Riccetto, S.; Macedo, I.; Bonilla, C.; et al.** 2016. Sustainability of rice intensification in Uruguay from 1993 to 2013. *Global Food Security*. Vol. 9. pp. 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.05.003>
- Saunois, M.; et al.** 2020. The Global Methane Budget 2000–2017. *Earth Syst. Sci. Data*, 12, 1561-1623. <https://doi.org/10.5194/essd-12-1561-2020>
- Tarlera, S.; Capurro, M. C.; Irisarri, P.; Fernández Scavino, A.; Cantou, G.; Roel, A.** 2016. Yield-scaled global warming potential of two irrigation management systems in a highly productive rice system. *Agronomy*. *Sci Agric*. 73 (1):43–50. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0050>



# 16. COMUNIDADES MICROBIANAS DEL SUELO EN SISTEMAS DE ROTACIÓN DE ARROZ. I: COMUNIDADES FÚNGICAS

S. Martínez<sup>57</sup>, F. Escalante<sup>58</sup>

**PALABRAS CLAVE:** ascomycetes, patógenos, saprófitas.

## INTRODUCCIÓN

Los microorganismos del suelo son mediadores de innumerables funciones ecosistémicas importantes asociadas con el ciclo de nutrientes, productividad primaria, remediación de contaminantes, procesos vinculados al ciclo del carbono y la regulación del clima (Bending et al., 2004). La diversidad y los procesos microbianos son críticos para mantener la sostenibilidad y la producción del suelo en diversos sistemas agrícolas. Además, algunos de estos procesos son propuestos como indicadores de la calidad del suelo que permiten evaluar su estabilidad bajo diversos impactos ambientales, incluidos los impuestos por la agricultura (Bending et al., 2004; Bünemann et al., 2018). Por otro lado, las alteraciones provocadas por la agricultura en esos suelos afectan la diversidad y estructura de las comunidades microbianas. Factores como el tipo de suelo, el pH, el contenido de agua, la textura y la diversidad de plantas, impactan directamente la estructura de esas comunidades microbianas (Bending et al., 2004).

Los hongos dominan muchos hábitats y desempeñan un papel central como descomponedores y, así, son actores clave en los ciclos del carbono, del nitrógeno y del fósforo. Sin embargo, nuestro conocimiento sobre cómo las comunidades de hongos son afectadas e interactúan con el agroecosis-

tema arrocero frente a cambios en la intensificación del uso del suelo es actualmente limitado. Así, el objetivo de este estudio fue identificar los efectos de la intensificación del uso del suelo sobre la diversidad de las comunidades de hongos del suelo y cómo estas comunidades responden a la perturbación impuesta por las rotaciones arroceras. Este estudio busca identificar qué factores determinan las comunidades de hongos de suelos, los efectos de la reducción del largo de la pastura o la introducción de cultivos en la rotación, e identificar especies indicadores para los diferentes sistemas de rotación. Este artículo forma parte de un estudio más amplio sobre comunidades microbianas del suelo que se publica en dos partes en esta Serie Técnica y sobre la cual se pueden consultar los resultados completos en Martínez, S. (2023).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se muestrearon siete fases del experimento de largo plazo arroz, cultivos y pasturas de la Unidad Experimental de Paso de la Laguna (Figura 1). El muestreo se realizó al comienzo del segundo ciclo de cultivo de arroz en la primavera de 2018. Se obtuvieron 20 muestras de suelos a dos profundidades (0-10 y 10-20 cm) con calador metálico (2,5 cm diámetro). Las muestras se combinaron por parcela, y se fraccionaron en dos

<sup>57</sup> S. Martínez, D. Sc., investigador principal, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, smartinez@inia.org.uy

<sup>58</sup> F. Escalante, Téc. Agr., asistente de investigación, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, fescalante@inia.org.uy

muestras: 1) 50 g de suelo se guardaron en tubos plásticos a -20 °C y se utilizó para extracción de ADN (1 g) mediante kit comercial Qiagen DNeasy PowerSoil (Germantown, MD, EE. UU.), y 2) el resto de la muestra (250 g) se secó y se conservó a 4 °C para análisis químico en el Laboratorio de Suelos del INIA La Estanzuela. Para el estudio de los hongos se amplificó la región V4 del gen 18S usando el par de cebadores 528F (52 -GCGGTAATTCAGCTCCAA-32 ) y 706R (52 -AATCCRAGAATTTACCTCT-32 ). Esta región del gen 18S es más conservada que el espaciador interno transcrito (ITS) o las regiones ribosómicas 28S, pero se puede utilizar para estimar la diversidad a nivel familiar. La secuenciación de las muestras se realizó en la empresa CD Genomics (Shirley, NY, EE. UU.).

## RESULTADOS

Los números de unidades taxonómicas operativas (OTU) de hongos no fueron di-

ferentes entre el tratamiento arroz-pasturas (RP) y otras rotaciones (Cuadro 1). La diversidad, según el índice de diversidad de Shannon, fue más baja en RP ( $F=3,57$ ;  $P=0,029$ ), sin diferencias con CR y RCP, y se incrementó en las rotaciones RC, RSP, RP2, y RS. Según los índices de riqueza ACE, Chao1 y de diversidad de Simpson ( $P=0,07$ ) no hubo diferencias en las comunidades de hongos entre rotaciones de arroz (Cuadro 1).

La composición de la comunidad de hongos en los suelos de diferentes rotaciones mostró que la mayoría de las OTU (388) no fueron identificadas. Chytridiomycota (93), Ascomycota (84), Cryptomycota (58), Basidiomycota, (40) y Aphelidea (39) fueron los grupos de hongos más abundantes en número de OTU. La mayor abundancia relativa se encontró en Ascomycota (68,4 %), que varió de 65,5 % en RS a 71,8 % en RP2. Basidiomycota (2,71 %), Mucoromycota (2,57 %) y Mortierellomycota (0,987 %) tuvieron abundancias relativas importantes. Aphelidea, Cryptomycota, Mu-

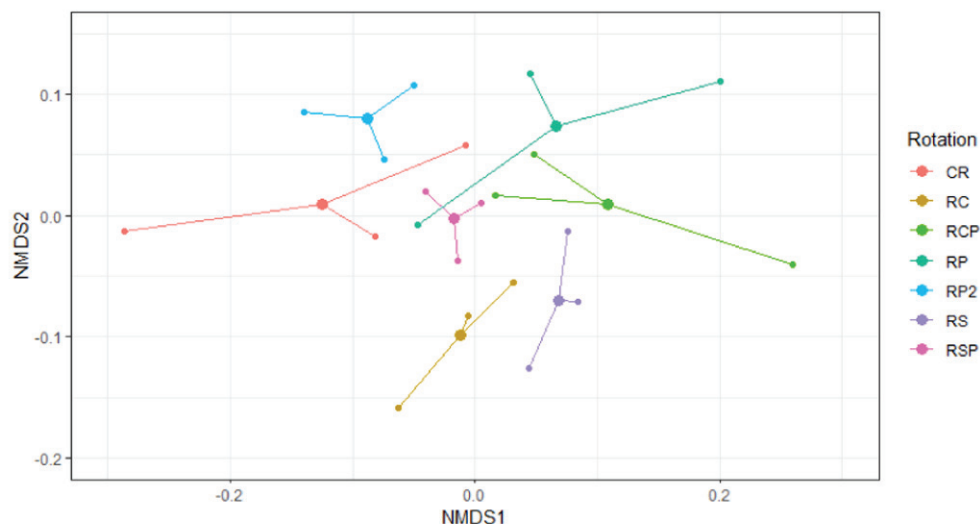
Código	Año	1		2		3		4		5		6	
		PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI
CR	Arroz continuo	Arroz	Cc	Arroz	Cc	Arroz	Cc	Arroz	Cc	Arroz	Cc	Arroz	Cc
RC	Arroz y cultivos	Arroz	Cc	Sorgo	Cc	Arroz	Cc	Soja	Cc	Arroz	Cc	Sorgo	Cc
RSP	Arroz y pastura corta	Arroz	Pastura	Pastura	Pastura	Arroz	Pastura	Pastura	Pastura	Arroz	Pastura	Pastura	Pastura
RP	Arroz pasturas	Pastura	Pastura	Arroz	Cc	Arroz	Pastura	Pastura	Pastura	Pastura	Pastura	Pastura	Pastura
RP2	Arroz pasturas	Arroz	Cc	Arroz	Pastura	Pastura	Pastura	Pastura	Pastura	Pastura	Pastura	Arroz	Cc
RCP	Arroz, soja y pasturas	Arroz	Cc	Soja	Cc	Soja	Cc	Arroz	Pastura	Pastura	Pastura	Pastura	Pastura
RS	Arroz y soja	Arroz	Cc	Soja	Cc	Arroz	Cc	Soja	Cc	Arroz	Cc	Soja	Cc

**Figura 1.** Esquema del experimento de Largo Plazo de Paso de la Laguna y de las secuencias previas al muestreo en cada rotación.

**Cuadro 1.** Índices de diversidad a nivel de OTU de comunidades de hongos para cada rotación estudiada.

	CR	RC	RSP	RP	RP2	RCP	RS
OTUs	292±12	322±30	329±9	321±15	343±13	298±36	299±21
Shannon	2.69±0.2b	2.99±0.1a	2.98±0.1a	2.63±0.1b	3.03±0.1 <sup>a</sup>	2.83±0.1ab	3.06±0.04a
Simpson	0.83±0.05	0.89±0.01	0.89±0.002	0.84±0.01	0.90±0.01	0.88±0.01	0.89±0.01
Chao1	401±22	441±26	427±8	423±25	426±9	399±38	399±8
ACE	407±31	417±45	432±11	426±16	426±12	419±24	378±18

Nota: CR=arroz continuo, RC=arroz y cultivos, RSP=arroz y pastura corta, RP=arroz-pastura (después de pastura), RP2=arroz-pastura (después de arroz), RCP=arroz, soja y pastura, RS=arroz y soja. Los valores son medias ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre rotaciones ( $P<0,05$ ).



**Figura 2.** Ordenación de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS, distancia de Bray-Curtis) para diferencias en la composición de comunidades de hongos en las rotaciones estudiadas

Nota: CR=arroz continuo, RC=arroz y cultivos, RSP=arroz y pastura corta, RP=arroz y pastura (después de pastura), RP2=arroz y pastura (después de arroz), RCP=arroz, cultivos y pastura, y RS=arroz y soja (Stress=0,196).

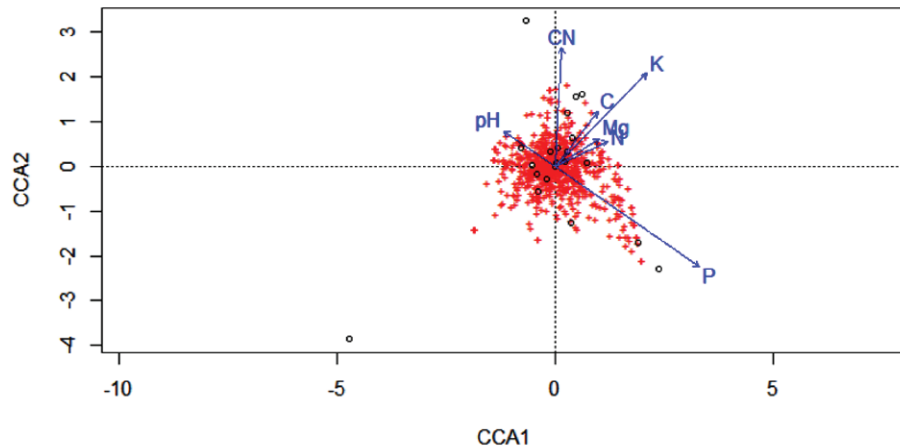
coromycota, Neocallimastigomycota e *Incertae sedis* tuvieron abundancias relativas de 0,1 %-1 %. Algunos de estos grupos variaron entre rotaciones, incluyendo Cryptomycota (F=3,17; P=0,035), Glomeromycota (F=2,95; P=0,045) e *Incertae sedis* (F=3,83; P=0,018). Para Ascomycota, las clases más abundantes fueron Sordariomycetes, Eurotiomycetes y Dothideomycetes con >95 % de abundancia relativa. Hypocreales (30,8 %), Eurotiales (25,5 %), Pleosporales (19 %), Sordariales (16,3 %) fueron los órdenes con mayor abundancia en Ascomycota. Tremellales (57,8 %) y Atheliales (20,7 %) fueron los taxones más abundantes de Basidiomycota. Tremellales estuvo representada exclusivamente por *Saitozyma* spp., y Atheliales estuvo representada exclusivamente por *Athelia rolfsii*. Cuatro taxones de hongos (*Fusarium oxysporum*, Aspergillaceae, *Chaetomium globosum* y una especie sin identificar) representaron >50 % de la abundancia relativa observada.

El análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) mostró una separación de comunidades de hongos en tres grupos: 1) rotaciones con arroz como antecesor (CR y RP2), 2) rotaciones con soja/sorgo como antecesores (RC y RS), y 3) pasturas

de uno a tres años de duración como antecesor (RP, RCP y RSP, Figura 2). La rotación afectó a las comunidades de hongos (PERMANOVA: F=1,64; P=0,005). La prueba de permutación para la homogeneidad de dispersiones multivariadas fue no significativa (F=0,59; P=0,74). Sin embargo, una prueba *post hoc* no logró discriminar las diferencias entre los pares de suelos (P>0,05).

Se utilizó el análisis de correspondencia canónica (CCA) para determinar la correlación de los resultados químicos del suelo con las OTU encontradas (Figura 3). Además, las clases Ascomycota (K y Mg), Chytridiomycota (P), Glomeromycota (P), Nuclearida (P) y Zoophagomycota (P) se correlacionaron (Spearman rho, P<0,05) con los parámetros químicos nombrados entre paréntesis.

Para detectar biomarcadores taxonómicos de hongos en las rotaciones se utilizó un análisis discriminante lineal (LDA) de efecto de tamaño (LEfSe). Sólo se encontraron ocho taxones de hongos con valores significativos (LDA>2,5) para las rotaciones RC, RP, RP2 y RS. Se identificaron cinco taxones biomarcadores para arroz pasturas (RP y RP2), pero estos no fueron identificables a



**Figura 3.** Análisis de correspondencia canónica (CCA) de OTU de hongos con respecto a los parámetros físico-químicos del suelo medidos

nivel taxonómico, a excepción de un *Acremonium* sp.

## CONCLUSIONES

Las comunidades de hongos en rotaciones arroceras fueron caracterizadas luego de un ciclo completo de cultivo de seis años. No se encontraron mayores diferencias en cuanto a número de OTU e indicadores de diversidad entre rotaciones, excepto para índice de Shannon. Las comunidades fúngicas estuvieron dominadas por Ascomycota y no se encontraron diferencias entre las rotaciones para los grupos más abundantes. Las comunidades de hongos en las fases estudiadas de la rotación se agruparon, de acuerdo con el antecesor, en tres grandes grupos: 1) arroz, 2) cultivos como soja o sorgo, y 3) pastura. Se identificaron pocos taxa bioindicadores, incluyendo para el sistema más sustentable de arroz y pastura, pero solo se identificó una a nivel de género (*Acremonium* sp.). Es de interés profundizar el estudio mediante el análisis de regiones más variables (ITS) que permitan profundizar en la taxonomía y funcionalidad de las especies de hongos encontradas en rotaciones arroceras.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bending, G. D.; Turner, M. K.; Rayns, F.; Marx, M. C.; Wood, M.** 2004. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes. *Soil Biol. Biochem.* V. 36, 1785–1792. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.04.035>
- Bünemann, E. K.; Bongiorno, G.; Bai, Z.; Creamer, R. E.; Deyn, G. D.; De Goede, R.; Flesskens, L.; Geissen, V.; Kuyper, R. W.; Mader, P.; Pulleman, M.; Sukkel, W.; Van Groenigen, J. W.; Brussaard, L.** 2018. Soil quality – a critical review. *Soil Biol. Biochem.* v. 120, 105–125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
- Martínez, S.** 2023. Soil microbial community structure in rice rotation systems with crops and pastures in temperate Uruguay. *Applied Soil Ecology*, v. 188, 104929. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104929>

# 17. COMUNIDADES MICROBIANAS DEL SUELO EN SISTEMAS DE ROTACIÓN DE ARROZ. II: COMUNIDADES BACTERIANAS

S. Martínez<sup>59</sup>, F. Escalante<sup>60</sup>

**PALABRAS CLAVE:** actinobacteria, archaea, bacteria.

## INTRODUCCIÓN

Como se indicó en el artículo acompañante, los microorganismos del suelo son mediadores de innumerables procesos en los agroecosistemas y el conocimiento sobre su composición permite asociar las comunidades a los procesos que estos cumplen en el suelo. Éstos son críticos para mantener la sostenibilidad y la producción del suelo en diversos sistemas agrícolas y algunos de estos procesos son de interés como indicadores de la calidad del suelo (Bending et al., 2004; Bünemann et al., 2018). En este caso, las bacterias son los organismos más diversos y abundantes del suelo y su diversidad puede utilizarse como un indicador potencial de la calidad del suelo.

Muchos estudios han reportado que las prácticas de manejo de los cultivos alteran la estructura de la comunidad de bacterias del suelo. La abundancia de bacterias y arqueas puede variar considerablemente dependiendo del tipo de suelo, del uso de la tierra y de las condiciones ambientales. Sin embargo, existen asociaciones aparentes entre abundancia de algunos grupos con el tipo de suelo y el uso de la tierra. Por ejemplo, Xuan et al. (2011) encontraron que los sistemas de monocultivo de arroz tienen una menor abundancia y diversidad de bacterias del suelo en comparación con sistemas de rota-

ción de cultivos más diversos. Sin embargo, nuestro conocimiento sobre la diversidad de estas comunidades de arqueas/bacterias en los sistemas de rotaciones arroceras y cómo interactúan con el agroecosistema arrocerero frente a cambios en la intensificación del uso del suelo en nuestro país es actualmente limitado. Así, el objetivo de esta segunda parte del estudio fue identificar los efectos de la intensificación del uso del suelo sobre la diversidad de las comunidades de arqueas/bacterias del suelo y cómo estas comunidades responden a la perturbación impuesta por las rotaciones arroceras. Este artículo forma parte de un estudio más amplio sobre comunidades microbianas del suelo que se publica en dos partes en esta Serie Técnica y sobre la cual se pueden consultar los resultados completos en Martínez, S. (2023).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se muestrearon siete fases de cultivos de arroz sembrados en el experimento de largo plazo arroz, cultivos y pasturas de la Unidad Experimental de Paso de la Laguna y se utilizó la misma metodología descrita en el artículo previo con las diferencias que se indican. Para el estudio de las bacterias se amplificó mediante PCR la región V4-V5 del gen bacteriano 16S rRNA usando el par de cebadores 515F (52

<sup>59</sup> S. Martínez, D. Sc., investigador principal, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, smartinez@inia.org.uy

<sup>60</sup> F. Escalante, Téc. Agr., asistente de investigación, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, fescalante@inia.org.uy

-GTGCCAGCMGCCGCGGTAA-32 ) y 907R (52 -CCGTCAATTCCTTTGAGTTT-32 ). La secuenciación de las muestras se realizó en la empresa CD Genomics (Shirley, NY, EE. UU.). Para la información completa de este estudio consultar Martínez, S. (2023).

## RESULTADOS

El número de unidades taxonómicas operativas (OTU) de arqueas/bacterias fue diferente entre las rotaciones ( $F=3,13$ ;  $P=0,044$ ), pero no se encontraron diferencias entre las fases de arroz y pasturas (RP y RP2) con otras rotaciones. Entre ellos, arroz continuo (CR) tuvo el mayor número de OTU, mientras que arroz y cultivos (RC) tuvo el más bajo. No se encontraron diferencias en los índices de riqueza de Shannon, Chao1 y ACE, y el índice de diversidad de Simpson en las comunidades bacterianas entre las diferentes rotaciones estudiadas (Cuadro 1). La composición de la comunidad bacteriana mostró que Proteobacteria, Firmicutes, Chloroflexi, Actinobacteria, Planctomycetes y Acidobacteria fueron los grupos con mayor número de OTU. Los grupos bacterianos con mayor abundancia relativa fueron Actinobacteria (35,8 %), Firmicutes (19,9 %) y Proteobacterias (17,4 %). Los grupos Acidobacteria, Chloroflexi, Verrucomicrobia, Planctomycetes tuvieron 1 %-10 % de abundancia.

Para el total de secuencias obtenidas, nueve grupos bacterianos tuvieron una abundancia relativa >1 % en al menos una rotación y 18 grupos >0,1 % de abundancia relativa total. Actinobacteria, Firmicutes y

Proteobacteria tuvieron 32,5-39,6 %, 18,3-22,4 % y 16-19,1 % de abundancia relativa, respectivamente, según rotación. Abundancia relativa >1 % se encontró para Euryarchaeota (Archaea) y Bacteroidetes solo en CR, y RC y arroz y pastura corta (RSP), respectivamente. La abundancia relativa de las Actinobacterias no varió entre rotaciones ( $F=1,00$ ;  $P=0,463$ ). La abundancia de Proteobacteria fue mayor ( $F=3,65$ ;  $P=0,022$ ) en las rotaciones después de arroz (CR y RP2) que en rotaciones que incluyen otros cultivos (RC, RCP y arroz y soja, RS), pero no diferentes de rotaciones con más pastura en el ciclo, incluida RP. La comparación de las rotaciones por pares mostró que CR difería de las rotaciones con pasturas más largas (RP, RP2, y RCP). Verrucomicrobia tuvo abundancias relativas ( $F=3,63$ ;  $P=0,027$ ) mayores en las rotaciones RS y RP2, comparado con RP. Otros grupos menos representados de bacterias o arqueas con diferencias entre rotaciones fueron Crenarchaeota (Archaea,  $F=15,14$ ;  $P=0,0001$ ) y Nitrospirae ( $F=3,51$ ;  $P=0,025$ ), más abundantes en RC que en otras rotaciones. Las Cianobacterias fueron más abundantes ( $F=4,63$ ;  $P=0,009$ ) en RC, excepto RSP, que en las rotaciones con cultivos (RC, RCP y RS).

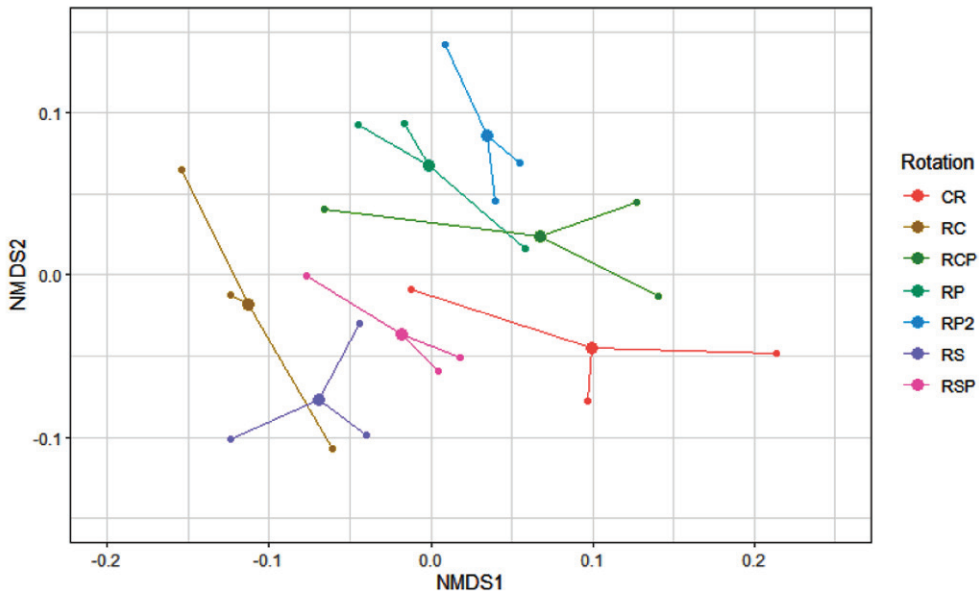
El análisis de correspondencia canónica (CCA) se utilizó para determinar la correlación de los resultados químicos del suelo con las OTU de arqueas/bacterias (Figura 2). Las bacterias están afectadas por P, pH y Mg, como se observa por la dispersión de OTU en la proximidad de los vectores que representan valores químicos en el CCA (Figura 2). Las correlaciones de Spearman (valor

**Cuadro 1.** Índices de diversidad a nivel de OTU de comunidades procariotas (arqueas/bacterias) para cada rotación estudiada.

	CR	RC	RSP	RP	RP2	RCP	RS
OTUs	1814±31a	1658±28b	1780±25ab	1683±65ab	1726±21ab	1753±15ab	1704±34ab
Shannon	5.84±0.05	5.63±0.04	5.69±0.01	5.7±0.03	5.68±0.06	5.79±0.04	5.69±0.04
Simpson	0.99±0.0001	0.99±0.0001	0.99±0.001	0.99±0.001	0.99±0.001	0.99±0.001	0.99±0.001
Chao1	2189±18	2073±9	2188±7	2115±66	2115±9	2118±34	2153±44
ACE	2218±37	2115±20	2246±13	2142±64	2168±23	2162±29	2147±38

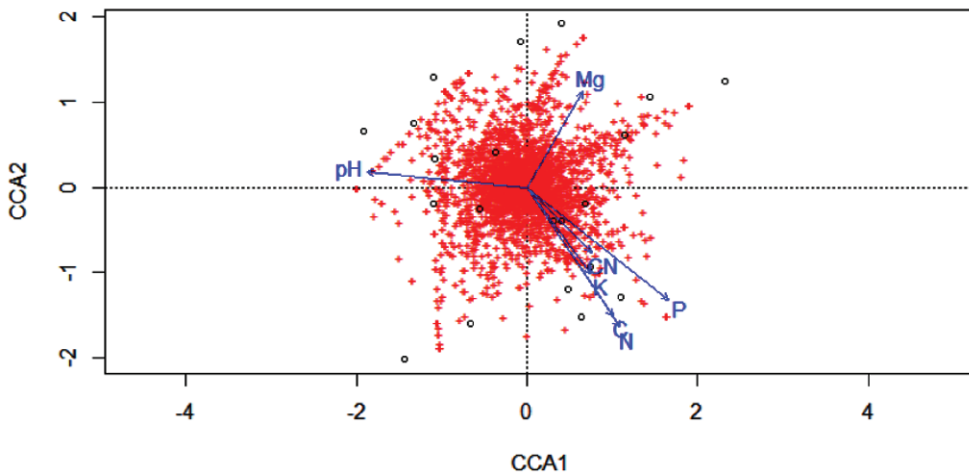
Nota: Rotaciones: CR=arroz continuo, RC=arroz y cultivos, RSP=arroz y pastura corta, RP=arroz-pastura (después de pastura), RP2=arroz-pastura (después de arroz), RCP=arroz, soja y pastura, RS=arroz y soja. Los valores son medias ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre rotaciones ( $P<0,05$ ).





**Figura 1.** Ordenación de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS, distancia de Bray-Curtis) para diferencias en la composición de comunidades de arqueas/bacterias en las diferentes rotaciones estudiadas.

Nota: CR=arroz continuo, RC=arroz y cultivos, RSP=arroz y pastura corta, RP=arroz y pastura (después de pastura), RP2=arroz y pastura (después de arroz), RCP=arroz, cultivos y pastura, y RS=arroz y soja (Stress=0,196).



**Figura 2.** Análisis de correspondencia canónica (CCA) de OTU de bacterias/arqueas con respecto a los parámetros físico-químicos del suelo medidos.

*rho*) obtenidas de los grupos bacterianos más abundantes (>0,01 %) con parámetros químicos del suelo mostraron Actinobacteria (K), Proteobacteria (P), Verrucomicrobia (P), Synergistetes (C y N), Thaumarchaeota (pH), Cianobacterias (K) y Nitrospirae (C/N) se correlacionaron ( $P < 0,05$ ) con los parámetros químicos nombrados entre paréntesis.

Para detectar taxa biomarcadores de arqueas/bacterias en las rotaciones se utilizó un análisis discriminante lineal (LDA) de efecto de tamaño (LEfSe). Fueron identificados taxa biomarcadores para todas las fases de las rotaciones estudiadas. El mayor número de biomarcadores se identificó para

arroz continuo (CR) y el menor para rotaciones agrícolas (RC y RS), con rotaciones con pasturas con valores intermedios y variables.

## CONCLUSIONES

Las comunidades de arqueas/bacterias en rotaciones arroceras se caracterizaron luego de un ciclo completo de cultivo de seis años. Se encontraron algunas diferencias en cuanto a número de OTU, con un número mayor en la rotación de arroz con cultivos (RC) respecto al arroz continuo (CR). Estas comunidades estuvieron dominadas por Actinobacteria (35,8 %), Firmicutes (19,9 %), y Proteobacteria (17,4 %), pero solo las Proteobacteria variaron entre rotaciones, con mayor abundancia en suelos sobre rastrojo de arroz. Las comunidades se agruparon de acuerdo con el porcentaje de tiempo cultivado con arroz en cada sistema: 1) arroz continuo, 2) aquellos con el 50 % del tiempo inundado, y 3) sistemas con 33-40 % del tiempo con arroz. Se identificaron taxa biomarcadores para todas las fases, con un mayor número para arroz continuo (CR) y menor para rotaciones agrícolas (RC y RS), lo que permitirá identificar indicadores biológicos para estos sistemas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bending, G. D.; Turner, M. K.; Rayns, F.; Marx, M. C.; Wood, M.** 2004. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes. *Soil Biol. Biochem.* V. 36, 1785–1792. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.04.035>
- Bünemann, E. K.; Bongiorno, G.; Bai, Z.; Creamer, R. E.; Deyn, G. D.; De Goede, R.; Flesskens, L.; Geissen, V.; Kuyper, R. W.; Mader, P.; Pulleman, M.; Sukkel, W.; Van Groenigen, J. W.; Brussaard, L.**, 2018. Soil quality – a critical review. *Soil Biol. Biochem.* v. 120, 105–125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
- Martínez, S.** 2023. Soil microbial community structure in rice rotation systems with crops and pastures in temperate Uruguay. *Applied Soil Ecology*, v. 188, 104929. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104929>
- Xuan, D. T.; Guong, V. T.; Rosling, A.; Alström, S.; Chai, B.; Högberg, N.** 2011. Different crop rotation systems as drivers of change in soil bacterial community structure and yield of rice, *Oryza sativa*. *Biol Fert Soils* v. 48, 217–225. <https://doi.org/10.1007/s00374-011-0618-5>

# 18. RESULTADOS PRODUCTIVOS DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN ARROZ-GANADERÍA (UPAG) II: EJERCICIO 2022-2023

P. Rovira<sup>61</sup>, E. Barrios<sup>62</sup>, A. Bordagorri<sup>63</sup>, J. Hernández<sup>64</sup>, P. Llovet<sup>65</sup>, V. Pravia<sup>66</sup>, N. Serrón<sup>67</sup>, J. Terra<sup>68</sup>

**PALABRAS CLAVE:** módulo, UPAG, rotaciones.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas basados en rotaciones arroz-pasturas incrementan el potencial de producción de carne y del cultivo de arroz, además de promover la diversificación de las empresas. Así lo demostraron módulos demostrativos que funcionaron en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL) de INIA Treinta y Tres previamente, como ser el primer sistema de producción de carne en rotación con arroz en la década de 1980 (Bonilla y Grierson, 1982) y la Unidad de Producción Arroz-Ganadería (UPAG) en el periodo 1999-2009 (Deambrosi et al., 2010). Sin embargo, los cambios en las relaciones de precios entre el arroz y la carne, la generación de nuevas tecnologías y el desarrollo de otros rubros determinan la necesidad de mantener actualizados los módulos demostrativos de manera que reflejen situaciones y desafíos pertinentes para los sistemas de producción. Luego de un reciente relevamiento de las trayectorias, desafíos y

necesidades tecnológicas de los sistemas arroz-ganadería (Rovira et al., 2019), surgió la UPAG II. El objetivo general es validar y desarrollar un sistema de producción integrado basado en la alternancia de uso del suelo entre la agricultura y la ganadería, optimizando la sostenibilidad productiva, económica y ambiental. El objetivo específico del presente artículo es cuantificar el desempeño productivo de los distintos rubros de la UPAG II en el ejercicio comprendido entre el 1 de julio de 2022 y el 30 de junio de 2023.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La UPAG II se desarrolla sobre 89 ha en la UEPL. Está compuesta de diez potreros con una superficie media ( $\pm$  desvío estándar) de  $9\pm 4$  ha por potrero. Seis de ellos totalizan 54 ha e integran una rotación de seis años que incluye soja y arroz en la fase agrícola, alternando con pasturas perennes de acuerdo con el uso del suelo definido en el

<sup>61</sup> P. Rovira, *Ph. D.*, investigador principal, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, provira@inia.org.uy

<sup>62</sup> E. Barrios, Técnico Sistemas Intensivos de Producción Animal, asistente de investigación senior, INIA, ebarrios@inia.org.uy

<sup>63</sup> A. Bordagorri, *Téc. Agr.*, asistente de investigación, Sección Sostenibilidad Ambiental, INIA, abordagorri@inia.org.uy

<sup>64</sup> J. Hernández, *Téc. Agr.*, Encargado Sección Operaciones, INIA, jfhernandez@inia.org.uy

<sup>65</sup> P. Llovet, *Ing. Agr.*, técnico sectorial, INIA, plllovet@inia.org.uy

<sup>66</sup> V. Pravia, *Ph. D.*, investigador adjunto, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, vpravia@inia.org.uy

<sup>67</sup> N. Serrón, *Idóneo en Pasturas*, asistente de investigación, Sección Pasturas y Forrajes, INIA, nserron@inia.org.uy

<sup>68</sup> J. Terra, *Ph. D.*, investigador principal referente, Sistema Arroz-Ganadería, INIA, jterra@inia.org.uy

**Cuadro 1.** Uso del suelo en los potreros en rotación de la UPAG.

Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5		Año 6	
P-V	O-I	P-V	O-I	P-V	O-I	P-V	O-I	P-V	O-I	P-V	O-I
AZ <sub>1</sub>	RG <sub>1</sub>	SJ	RG+Leg	AZ <sub>2</sub>	Festuca + trébol blanco + lotus				LV	RG <sub>2</sub>	

Nota: P-V: primavera-verano; O-I: otoño-invierno; AZ: arroz; SJ: soja; RG: raigrás; Leg: leguminosa anual; LV: laboreo de verano.

cuadro 1. Durante la fase agrícola se evita la siembra de arroz en un mismo potrero por dos años en forma consecutiva intercalando un cultivo de soja. Luego de la cosecha del segundo arroz, se siembra una pradera de festuca (*Festuca arundinacea*), trébol blanco (*Trifolium repens*), y lotus (*Lotus corniculatus*), preferentemente por vía terrestre. Dicha pradera tiene una duración de 32 meses, ya que al inicio del tercer verano se laborea para luego sembrar un raigrás previo al inicio de una nueva fase agrícola. En el ejercicio 2022-2023 no se dispuso del raigrás sembrado sobre el laboreo de verano debido a ajustes en el proceso de transición de los potreros para formar parte estructural de la UPAG II.

El área por fuera de la rotación (35 ha) está compuesta por campo natural (CN, 43 %), campo natural mejorado (CNM, 34 %) con *Lotus subbiflorus* cv. El Rincón y *Lotus pedunculatus* cv. Maku, un área sembrada con *Paspalum notatum* INIA Sepé (17 %) y un potrero en preparación para la siembra de especie forrajera estival a definir (6 %). La producción pecuaria se basa en la recría y el engorde de novillos. Los terneros ingresan en mayo (~160 kg peso vivo, PV) y se mantienen por un período de 18-22 meses hasta su venta como novillos gordos (~500 kg PV). Adicionalmente, se realiza engorde de cordeiros con compra de animales en junio (~25 kg PV) y venta en setiembre (~40 kg PV). Las metas anuales productivas de la UPAG II son: 10 000 kg/ha de arroz, 3000 kg/ha de soja, y 300 kg/ha de producción de carne.

## RESULTADOS

Como comentario general del ejercicio, el clima se caracterizó por una primavera-verano extremadamente seco. Entre noviembre de 2022 y febrero de 2023 llovieron 93 mm comparado con el promedio histórico de

454 mm (1973-2022) en el mismo período. Como consecuencia de la sequía, el área de CN y CNM, donde pastorea la mayoría del ganado en verano, se quedó sin agua de bebida para los animales, por lo que hubo que arrendar un potrero de CN adicional -no perteneciente a la UPAG II- entre los meses de diciembre de 2022 y marzo de 2023.

El cuadro 2 resume el manejo agronómico de los cultivos de la UPAG II. El rendimiento de los cultivos de arroz fue 10 091 (AZ<sub>1</sub>; cv. INIA Merín) y 9100 (AZ<sub>2</sub>; cv. SLI09193) kg/ha de grano sano, seco, y limpio. Comparado con las tres zafas anteriores, el rendimiento de AZ<sub>1</sub> se ubicó 3,6 % por encima del rendimiento de los arroces de «cabecera» (media 9738 ± 602 kg/ha); mientras que el rendimiento de AZ<sub>2</sub> estuvo 6,3 % por debajo del promedio de los arroces de «salida» (9710 ± 866 kg/ha). Como particularidad del ejercicio, se realizaron fardos de paja de arroz sobre un 50 % del área cosechada de AZ<sub>1</sub>, con un rendimiento de 10-12 fardos (400 kg/fardo) por ha enfardada. El cultivo de soja (DM Garra 63i64 IPRO) rindió 2610 kg/ha y requirió 300 mm de riego suplementario, realizado en cuatro ocasiones entre diciembre de 2022 y marzo de 2023. La posibilidad de regar la soja resultó clave para asegurar un piso de rendimiento, ya que la sobrevivencia de las plantas estaba seriamente comprometida al momento del primer riego (14 de diciembre de 2022, 33 días postsiembra). El rendimiento de soja fue el segundo más alto en la serie histórica de la UPAG II (2019-2022), ubicándose 7,3 % por encima del promedio de las tres zafas anteriores (2433 ± 751 kg/ha).

La producción de forraje anual, prorrateada por la superficie de cada pastura, fue 5823 kg/ha MS de superficie ganadera (SG), con un mínimo de 1976 kg/ha MS (raigrás sembrado sobre el primer cultivo de arroz) y un máximo de 9408 kg/ha MS (pradera de

**Cuadro 2.** Resumen del manejo agronómico de los cultivos de la UPAG II (ejercicio 2022-2023).

	AZ <sub>1</sub>	AZ <sub>2</sub>	Soja
Siembra	23/09/22	24/09/22	7/11/22
Fertilización basal	N <sub>1</sub> -P <sub>15</sub> -K <sub>123</sub>	N <sub>4</sub> -P <sub>29</sub> -K <sub>133</sub>	N <sub>3</sub> -P <sub>18</sub> -K <sub>78</sub>
Herbicidas	Glifosato + Clotodim (31/8) Clomazone (3/10) Penoxsulam + Fluroxipir + Cyhalofop (11/11)		Glifosato (30/9) Glifosato + aMetolaclor (9/11) Glifosato + Clomazone (13/12)
Urea macollaje	92 kgN V3 (12/11)		-
Riego	V4 (15/11)		4 riegos (14/12, 28/1, 11/2, 8/3)
Insecticidas	-	-	Dinotefuran (15/2, 29/3)
Funguicidas	-	-	Azoxistrobin + Ciproconazol (15/2, 29/3)
Cosecha	25/3/23	14/3/23	3/5/23

2.º año) (Cuadro 3). El nivel de suplementación fue 364 kg de suplemento/ha SG, comprendido entre julio y setiembre sobre CN, y se utilizó una ración balanceada de autoconsumo sin limitador de consumo. La dotación promedio fue 417 kg PV/ha SG con un mínimo (316 kg PV/ha SG) y un máximo (467 kg PV/ha SG) en verano e invierno, respectivamente. La producción de carne del ejercicio fue 216 kg PV/ha SG, de los cuales 96 % y 4 % corresponden a carne bovina y ovina, respectivamente. En función de la productividad y el área de cada potrero, el CN y la pradera de 2º año fueron aquellos con

aporte más significativo a la producción de carne en el área fuera y dentro de la rotación, respectivamente. En términos generales, 55 % de la producción total de carne provino de las pasturas en rotación con arroz, mientras que el restante 45 % se produjo en el área de pasturas permanentes (CN, CNM, *Paspalum notatum*). La distribución estacional de la producción de carne fue 48 % (invierno), 25 % (primavera), 7 % (verano), 20 % (otoño). La producción de carne disminuyó 11,8 % comparado con el promedio de los dos ejercicios anteriores (245 ± 6 kg/ha).

**Cuadro 3.** Producción de forraje y carne de cada pastura en el ejercicio 2022-2023.

Pastura	Forraje producido (kg MS/ha/año)	Producción de carne (kg peso vivo/ha)
<i>- En rotación con arroz:</i>		
Raigrás sobre arroz	1978	161
Raigrás sobre soja	2432	178
Pradera 1.º año	9408	230
Pradera 2.º año <sup>1</sup>	7454	280
Pradera 3.º año <sup>2</sup>	3919	125
<i>- Por fuera de la rotación:</i>		
Campo natural (CN) <sup>3</sup>	4903	247
CN mejorado	5792	178
<i>Paspalum notatum</i> <sup>4</sup>	7552	253

**Nota:** <sup>1</sup>Desde implantación (abril 2022) hasta 30/06/2023 (14 meses); <sup>2</sup>Desde junio a diciembre 2023 (6 meses), ya que luego se entrega para laboreo de verano; <sup>3</sup>La producción de carne incluye suplementación invernal; <sup>4</sup>Tuvo dos riegos en diciembre de 2022.

La ganancia diaria promedio de los terneros fue  $0,428 \pm 0,065$  kg/animal/día incrementando 160 kg por animal durante el ejercicio. Los novillos se vendieron en dos momentos del año: el 60 % de los animales en diciembre de 2022 (peso en planta: 493 kg PV; rendimiento: 51,8 %) y el restante 40 % en abril de 2023 (peso en planta: 431 kg PV; rendimiento: 52,3 %). Los efectos principales de la sequía en los animales se reflejaron en un menor PV de la recría al final del ejercicio (PV observado: 341 kg vs. PV esperado: 380 kg) y en la venta de novillos más livianos en otoño de 2023 (PV observado: 431 kg vs. PV esperado: 490 kg). La ganancia diaria de los corderos Merilin fue  $0,166 \pm 0,039$ , con un peso de faena y de rendimiento de 44,1 kg y 48,6 %, respectivamente.

## CONCLUSIONES

Si bien la producción física del ejercicio 2022-2023 estuvo por debajo de las metas fijadas para la UPAG II, la producción alcanzada se consideró satisfactoria en función de

la severidad de la sequía. La ganadería fue el rubro más afectado, lo que plantea desafíos estructurales y coyunturales para reducir su vulnerabilidad ante las inclemencias del verano (por ejemplo disponibilidad de agua y de sombra para los animales y riego de pasturas).

## BIBLIOGRAFÍA

- Bonilla, O.; Grierson, J.** 1982. Un sistema de producción de carne en rotación con arroz. Montevideo (UY): CIAAB. pp. 13 (CIAAB Miscelánea; 48).
- Deambrosi, E.; Montossi, F.; Saravia, H.; Blanco, P. H.; Ayala, W. (Eds.)**. 2009. 10 años de la Unidad de Producción Arroz-Ganadería. Montevideo, Uruguay: INIA. pp. 209 (INIA Serie Técnica; 180).
- Rovira, P.J.; Buffa, I.; Zorrilla, G.** 2019. ¿Cómo están hoy los sistemas arroz-pasturas? Primeros pasos para articular la investigación que se viene. Montevideo, Uruguay: INIA, pp. 5-10. (Revista INIA; 56).



# 19. VENTAJAS ECONÓMICAS DE LA DIVERSIFICACIÓN AGRÍCOLA-GANADERA EN LA REGIÓN ARROCERA TRADICIONAL

B. Lanfranco<sup>69</sup>, E. Fernández<sup>70</sup>, B. Ferraro<sup>71</sup>, J. M. Soares de Lima<sup>72</sup>

**PALABRAS CLAVE:** rotaciones, resultado económico, manejo del riesgo.

## INTRODUCCIÓN

La diversificación de rubros en una empresa agropecuaria es una forma de limitar la exposición al riesgo económico. La magnitud de ese riesgo es consecuencia directa de las decisiones tomadas en relación con las inversiones. La estructura de los activos determina la cantidad y composición de los productos comerciables, la estructura de costos de producción y los precios recibidos (Helguera y Lanfranco, 2006). En la medida de sus posibilidades, las decisiones del productor en ese sentido pueden tener un efecto beneficioso sobre la variabilidad de la rentabilidad de la empresa.

El efecto compensatorio entre la producción de arroz y la producción ganadera fue puesto en evidencia en los 10 años de ejecución del primer proyecto de difusión y validación comercial montado en la Unidad de Producción Arroz-Ganadería (UPAG). La diversificación de actividades productivas permitió reducir la exposición, tanto al riesgo de mercado (precios) como al riesgo de producción, al estabilizar los resultados económicos de la empresa mediante la integración arroz-ganadería. La acción sinérgica produc-

tiva y económica entre la actividad arrocera y la ganadera puso de manifiesto las ventajas de una estrategia de diversificación (Lanfranco, 2009). En términos generales, las caídas en el margen bruto (MB) de una actividad fueron compensadas con incrementos en la otra (Figura 1).

El objetivo de este artículo es presentar nueva evidencia de las ventajas económicas de los sistemas «multiproducto», a partir de los resultados de los dos primeros ejercicios «comerciales» del módulo demostrativo UPAG 2 de la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL). El contraste observado entre ambos ejercicios, en términos productivos y de mercado, permitió la comparación de los resultados económicos obtenidos en cada caso y así verificar el beneficioso efecto compensatorio que ofrece una diversificación de las opciones de venta y un uso más eficiente de los recursos disponibles.

## MATERIALES Y MÉTODOS

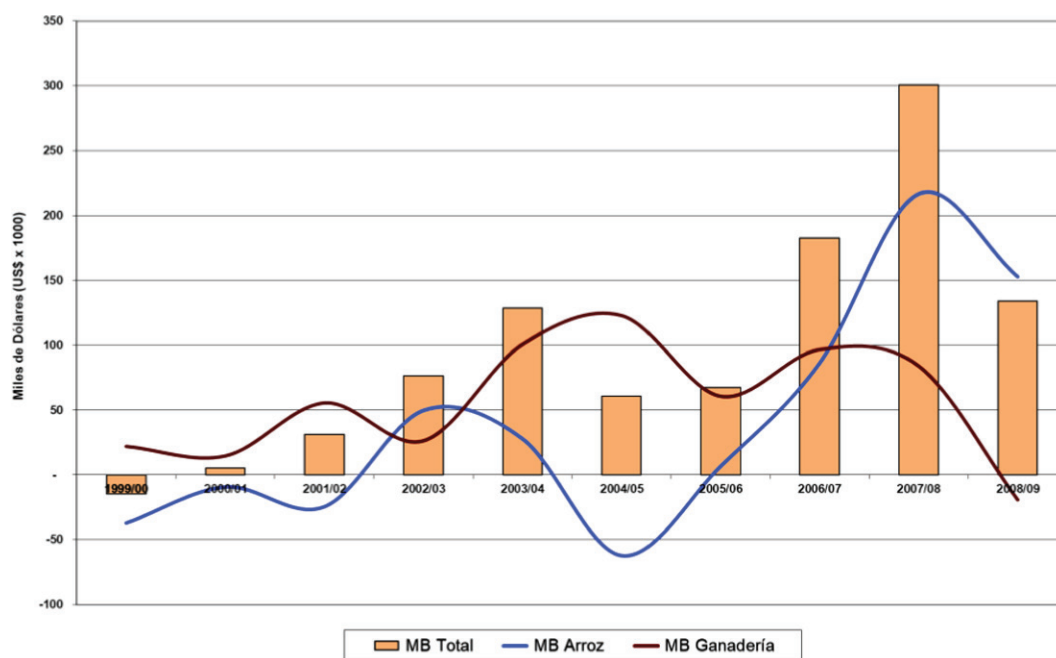
La «UPAG II Comercial» se define como una empresa agrícola ganadera localizada en la zona arrocera de tierras bajas. La modelación asume el escalamiento del sistema

<sup>69</sup> B. Lanfranco, *Ph. D.*, coordinador de la Unidad de Economía Aplicada, INIA, [blanfranco@inia.gub.uy](mailto:blanfranco@inia.gub.uy)

<sup>70</sup> E. Fernández, *M. Sc.*, investigador principal, INIA, [efernandez@inia.org.uy](mailto:efernandez@inia.org.uy)

<sup>71</sup> B. Ferraro, *Cr.*, director de Planeación, Monitoreo y Evaluación, INIA, [bferraro@inia.org.uy](mailto:bferraro@inia.org.uy)

<sup>72</sup> J. M. Soares de Lima, *D. Sc.*, investigador principal, Sistema Ganadería Extensiva, INIA, [jsoaresdelima@inia.org.uy](mailto:jsoaresdelima@inia.org.uy)



**Figura 1.** Efecto de la diversificación de actividades en la UPAG Comercial (Lanfranco, 2009).

real a un área «comercial» de 887 ha de superficie útil. El nuevo sistema incluye una rotación de seis años que se desarrolla en un área aproximada de 337 ha, con dos cultivos de arroz intercalados por uno de soja, en alternancia con pasturas y verdeos para el engorde de vacunos y ovinos<sup>73</sup>. Fuera de la rotación existe un área ganadera de 350 ha compuesta por 150 ha de campo natural, 120 ha de campo natural mejorado con Rincón y Maku y un área de 80 ha, de las cuales 60 ha están sembradas con *Paspalum notatum* y 20 ha donde se plantan anualmente verdeos (Cuadro 1).

Los datos de producción y manejo de las actividades ganaderas y agrícolas, así como los precios de insumos y de productos, son los registrados por el equipo INIA de la UPAG 2, con excepción de algunos costos como mano de obra y algunos servicios de aplicación de agroquímicos, transporte y otros

gastos indirectos, los que fueron imputados a partir de distintas fuentes. La evaluación económico-financiera de la «UPAG II Comercial» incluye la elaboración de estados financieros contables y otros instrumentos de gestión empresarial. Sin embargo, para los fines concretos de este artículo, el desempeño económico de la empresa y sus actividades productivas se presentan a través de los ingresos y egresos (monetarios y no monetarios) y los resultados respectivos antes y después del impuesto a la renta de las actividades económicas (IRAE).

## RESULTADOS

El cuadro 2 refleja el resultado económico, en dólares, de las actividades desarrolladas en la «UPAG II Comercial» para los ejercicios 2021-2022 y 2022-2023. La comparación muestra resultados contrastantes entre ambos ejercicios, producto de las diferentes condiciones productivas y de mercado. Aunque el resultado global fue claramente superior en el primero, debe destacarse el efecto compensatorio derivado de una diversidad en la oferta productiva.

<sup>1</sup> Por detalles de diseño y funcionamiento del sistema ver el informe especial «UPAG 2: Arroz + Soja + Carne: un modelo «ganar-ganar» para arroceros y ganaderos», publicado en la edición n.º 70 de la Revista INIA (setiembre, 2022).

**Cuadro 1.** Uso del suelo en la «UPAG II Comercial» al inicio de los ejercicios 2021-2022 y 2022-2023.

USO DEL SUELO	Al inicio del ejercicio (en ha)	
	2021-22	2022-23
Campo natural	150	150
Campo natural mejorado (CNM) con lotus El Rincón y lotus Maku	120	180
Pastura permanente ( <i>Paspalum notatum</i> )	60	60
Pradera de primer año (festuca, blanco y lotus)	110	120
Pradera de segundo año (festuca, blanco y lotus)	70	140
Pradera de tercer año (festuca, blanco y lotus)	-	70
Verdeos de Invierno (raigrás y otros), incluye 20 ha fuera de la rotación	216	167
Rastrojos y laboreos	120	60
<b>Superficie útil</b>	<b>846</b>	<b>887</b>
Superficie improductiva y otras	51	10
<b>Superficie total</b>	<b>897</b>	<b>897</b>
<b>Superficie con cultivos de verano</b>	<b>231</b>	<b>201</b>
Soja	51	60
Arroz 1	60	87
Arroz 2	120	54

Nota: Las diferencias en superficie útil se explican por el área de siembra efectiva de chacra.

El resultado del ejercicio 2021-2022 fue consecuencia de un satisfactorio desempeño productivo de la ganadería vacuna, un peso promedio de faena de 520 kg y un precio de venta promedio de USD 2,26 por kilo en pie. Esta actividad contribuyó con 80 % del resultado total. Por otro lado, la soja tuvo un muy buen rendimiento (3,29 t/ha) que aprovechó un alto precio de venta (USD 634/ha), contribuyendo con 11%. El resultado del arroz estuvo algo por debajo de lo esperado (178 bolsas de arroz sano, seco y limpio [SSL] a USD 11,45/bolsa), por lo que su contribución al resultado global (8 %) fue inferior a los rubros anteriores. La participación de los ovinos durante el ejercicio analizado fue la menor tanto en área como en el resultado (1 %).

La situación del ejercicio 2022-2023 fue completamente distinta. Los efectos de una tercera seca consecutiva, fundamentalmente en la primavera, se reflejaron en un menor peso de faena (468 kg en pie) y un precio de venta promedio bastante inferior (USD 1,82 por kilo en pie), además de mayores costos de alimentación (pastoreo fuera del estable-

cimiento por escasez de agua). El resultado luego de IRAE de la actividad vacuna cayó de USD 345 a USD 29 por hectárea, si se deja de lado el costo anual (no monetario) de las praderas instaladas. Si se imputa dicho costo, la actividad aportó muy poco al resultado de la empresa. El resultado negativo de los ovinos se reflejó en una reducción del resultado global, si bien esta actividad aún no se encontraba en pleno funcionamiento. Tampoco la soja tuvo un aporte sustantivo, al caer tanto el rendimiento (2,6 t/ha) como el precio de venta (USD 447/ha), en comparación con el ejercicio anterior.

A diferencia de lo ocurrido en 2021-2022, en el ejercicio 2022-2023 fue el arroz el que «salvó» el ejercicio. Si bien como consecuencia del esquema de rotación, el área total dedicada al cultivo resultó 22 % inferior a la zafra anterior, la obtención de un rendimiento promedio más alto (191 bolsas SSL) y mejor precio (USD 13/bolsa), derivaron en un resultado económico bastante superior. Parte del restrojo del arroz pudo utilizarse para la elaboración de fardos redondos, parte de los

**Cuadro 2.** Resultados económicos de la «UPAG II Comercial», ejercicios 2021-2022 y 2022-2023.

Resultados en USD	Arroz	Soja	Vacunos	Ovinos	Total
<b>Ejercicio 2021-2022</b>					
Ingresos	373 852	106 379	555 196	54 426	1 089 852
Egresos	344 936	65 218	254 943	49 893	714 990
<b>Resultado antes de IRAE</b>	<b>28 915</b>	<b>41 161</b>	<b>300 523</b>	<b>4533</b>	<b>374 862</b>
Impuesto a la renta	7229	10 290	75 063	1133	93 716
<b>Resultado después de IRAE</b>	<b>21 687</b>	<b>30 870</b>	<b>225 190</b>	<b>3399</b>	<b>281 147</b>
<i>Resultado x hectárea efectiva</i>	<i>120</i>	<i>605</i>	<i>345</i>	<i>81</i>	<i>304</i>
<b>Ejercicio 2022-2023</b>					
Ingresos	358 854	69 732	495 400	40 325	964 311
Egresos	285 497	66 215	472 742	52 754	877 208
<b>Resultado antes de IRAE</b>	<b>73 357</b>	<b>3517</b>	<b>22 658</b>	<b>-12 429</b>	<b>87 103</b>
Impuesto a la renta	16 821	829	5466	-3161	19 952
<b>Resultado después de IRAE</b>	<b>56 536</b>	<b>2688</b>	<b>17 192</b>	<b>-9268</b>	<b>67 151</b>
<i>Resultado x hectárea efectiva</i>	<i>401</i>	<i>45</i>	<i>29</i>	<i>-58</i>	<i>71</i>

Nota: Hectárea efectiva corresponde a la efectivamente plantada o pastoreada en el ejercicio.

cuales se vendieron (30 %), lo que resultó en un ingreso adicional para la empresa (imputado al arroz). El 70 % restante se almacenó para ser utilizado en el próximo ejercicio.

## CONCLUSIONES

La comparación de los resultados económicos de los dos primeros ejercicios cerrados de la «UPAG II Comercial» permitió visualizar las ventajas de un sistema multiproducto en el sector agropecuario. Esta diversificación productiva, siempre que sea posible, permite reducir la exposición a distintos tipos de riesgo (clima, precios), al estabilizar los resultados económicos de la empresa.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar especial agradecimiento al Téc. Agr. Jorge Her-

nández, al Ing. Agr. Pablo Llovet y al Ing. Agr. Ph. D. Pablo Rovira, quienes aportaron los datos necesarios para el análisis. Cualquier error u omisión es de entera responsabilidad de los autores.

## BIBLIOGRAFÍA

- Helguera, L.; Lanfranco, B.** 2006. Riesgo y rentabilidad en empresas ganaderas. Montevideo, Uruguay: INIA. pp. 60 (INIA Serie Técnica; 157).
- Lanfranco, B.** 2009. Análisis económico de la UPAG Comercial. In: Deambrosi, A., et al. (Eds.). 10 años de la Unidad de Producción Arroz-Ganadería. Montevideo, Uruguay: INIA. pp. 51-78 (INIA Serie Técnica; 180).

# 20. + ARROZ + MARGEN: PROYECTO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA REDUCIR LAS BRECHAS DE RENDIMIENTOS Y MEJORAR LOS INGRESOS DE LA PRODUCCIÓN ARROCERA. RESUMEN DE CUATRO AÑOS (2019-2023)

G. Zorrilla<sup>74</sup>, M. E. Bica<sup>75</sup>, L. Carmona<sup>76</sup>, S. Cedres<sup>77</sup>,  
M. F. Fariña<sup>78</sup>, A. Gussoni<sup>79</sup>, A. Rovira<sup>80</sup>

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

## INTRODUCCIÓN

En 2023 se culminó el segundo tramo de este proyecto de transferencia de tecnología sectorial, cuyo objetivo se mantuvo desde 2019 y era el de contribuir al cierre de la brecha de rendimientos entre productores y aumentar la media de rendimientos del país. La estrategia fue de transferencia *productor-a-productor*, con base en una red de productores referentes y utilizando el método del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR) validado en muchos países de la región. Esta iniciativa fue liderada por la

Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA), con la participación del INIA y de la Gremial de Molinos Arroceros (GMA), con el asesoramiento del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR), y fue cofinanciada por el Programa de Bienes Públicos Sectoriales para la Competitividad, de la Agencia Nacional para el Desarrollo (ANDE) y con aportes de la ACA y la GMA. Para la segunda etapa, en que la ANDE ya había culminado su aporte, la alianza institucional sumó como patrocinadores a un grupo de empresas públicas y privadas que permitieron continuar con el trabajo.

<sup>74</sup> G. Zorrilla, M. Sc., coordinador técnico del proyecto «Más arroz, más margen», consultor independiente. gzorr@yahoo.com

<sup>75</sup> M. E. Bica, Ing. Agr., coordinadora general del proyecto «Más arroz, más margen», Gerenta Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA), INIA-ACA, mbica@aca.com.uy

<sup>76</sup> L. Carmona, Ph. D., consultor de agronomía, Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR), l.carmona@cgiar.org

<sup>77</sup> S. Cedres, Ing. Agr., técnico regional del proyecto «Más arroz, más margen», Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA), selvacedrez3358@gmail.com

<sup>78</sup> M. F. Fariña, Ing. Agr., técnica regional del proyecto «Más arroz, más margen», INIA, mferfari@icloud.com

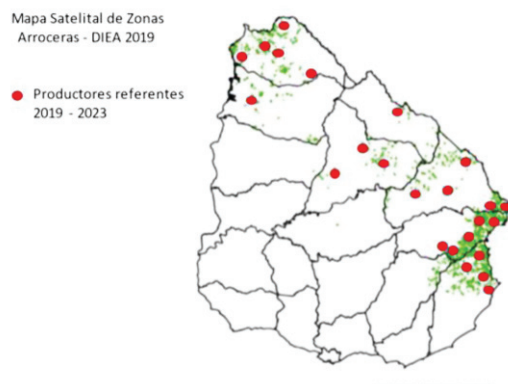
<sup>79</sup> A. Gussoni, Ing. Agr., técnico regional del proyecto «Más arroz, más margen», INIA, agussoni@hotmail.com

<sup>80</sup> A. Rovira, Ing. Agr., técnico regional del proyecto «Más arroz, más margen», INIA, rovirasanz@gmail.com

El Comité Técnico integrado por representantes de todas las instituciones consideró cumplidos los objetivos de estos cuatro años, enfatizó en la difusión y la adopción de manejos ya conocidos que aseguran los altos rendimientos, y está trabajando en un nuevo capítulo del proyecto, en donde el foco estará en la promoción de nuevos sistemas productivos integrados y nuevas tecnologías emergentes. En este artículo se resumen los resultados nacionales de estos cuatro años y se hacen consideraciones finales sobre los logros y los mensajes que quedan del esfuerzo sectorial interinstitucional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto fue conducido por parte de un Comité Técnico (CT) en donde estaban representadas todas las instituciones que lo integran. Durante la formulación del proyecto en 2018, el sector pasaba por un período crítico, con rendimientos promedio nacionales semiestancados entre 8 y 8,5 t/ha, que apenas cubrían el costo del momento. Esto significaba que los productores por debajo de la media estaban perdiendo dinero, y eso se veía claramente en reducción de áreas y de productores. En el ámbito del CT 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. La propuesta fue implementada en áreas demostrativas en campos de productores referentes, en total fueron 25 con algunas variaciones año a año, dispersos en todas las zonas arroceras del país (Figura 1). Las áreas demostrativas y testigo tuvieron una media de 30 ha cada una. Los técnicos del proyecto dieron seguimiento a dichas áreas durante toda las zafras, colaborando con el productor y levantando la información que se presenta a continuación. Esa red de productores referentes y áreas demostrativas fue la plataforma que se utilizó para promover reuniones de productores en cada una de ellas y generar una comunicación horizontal *productor-a-productor*. La pandemia impidió algunas de estas actividades, las que se



**Figura 1.** Localización de productores referentes durante los cuatro años del proyecto (algunos se mantuvieron todo el período, otros fueron cambiando)

suplieron con días de campo y jornadas de resultados en formato virtual vía *Zoom*.

## RESULTADOS

Se presentan los resultados consolidados de todo el país para los cuatro años. El detalle por productor y por región para la última zafra 2022-2023 se presenta en los artículos siguientes por parte de los técnicos regionales del proyecto. En el cuadro 1 figuran los promedios nacionales de rendimientos. Se resalta que la validación de las propuestas técnicas se realizó en áreas comerciales relevantes que totalizaron 3411 ha monitoreadas entre 2019 y 2023. Los resultados de la última zafra reafirman que la tecnología disponible permite obtener más de 200 bolsas (bls.) por ha. Este último año las áreas testigo rindieron alguna bolsa más que las del proyecto, pero en la media de todas las zafras quedan muy parecidas, con 2,5 bls./ha más en el proyecto, y en todos los casos con rendimientos de más de 10 toneladas por ha. Estos rendimientos superiores asegurarían un buen resultado económico en la mayoría de los escenarios posibles. En cuanto al rendimiento promedio de todas las chacras de los productores referentes (productor), este año alcanzaron el récord del período, con 198 bls./ha, y la brecha con las áreas proyecto se mantuvo pequeña, lo que demuestra que están logrando aplicar los manejos en la totalidad de sus cultivos.



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

Zafra	Área (ha)		Rendimientos SSL (bls./ha)			
	Total	PROYECTO	TESTIGO	Brecha 1	PRODUCTOR	Brecha 2
2019-2020	671	207,5	209,8	- 2,3	183,3	24,2
2020-2021	924	215,6	208,1	7,4	211,2	4,4
2021-2022	858	203,9	190,3	13,6	191,6	12,3
2022-2023	958	204,9	212,2	-7,3	198,0	6,9
Promedios		207,9	205,4	2,5	196,0	11,9

Nota: 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.

En todos los años se calcularon 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. La zafra pasada fue la única en que la propuesta del proyecto tuvo un costo algo mayor (28,7 USD/ha), básicamente por mayores dosis de potasio (K). Pero el promedio de cuatro años dio una reducción de costos de 9 USD/ha, una diferencia mínima que expresa que la propuesta técnica del proyecto no cuesta más. Los ingresos por las 2,5 bls./ha más de rendimiento suman una mejora de margen promedio para los cuatro años de 31 USD/ha. El mensaje principal se sostiene a lo largo de todo el proyecto: la propuesta de mejora de manejo está basada en ajuste de procesos, no implica aumentos de costos, asegura altos rendimientos y redundante en mejoras en el margen económico del productor.

Las actividades de difusión sobre esta plataforma de áreas demostrativas era el componente central del proyecto, así como las reuniones invernales para presentar y discutir resultados. Es en ese ambiente que la transferencia *productor-a-productor* se materializa. En la zafra 2020-2021 la pandemia impidió la realización de los días de campo y de las jornadas de invierno, pese a lo cual

se realizaron tres días de campo virtuales en marzo 2021 y seis jornadas de resultados (2020 y 2021) por medio de la plataforma Zoom, que tuvieron muy buena participación. El cuadro 2 resume el total de actividades realizadas durante los cuatro años, que suman 71 días de campo y 20 jornadas de resultados. La participación de productores rondó el 40 %.

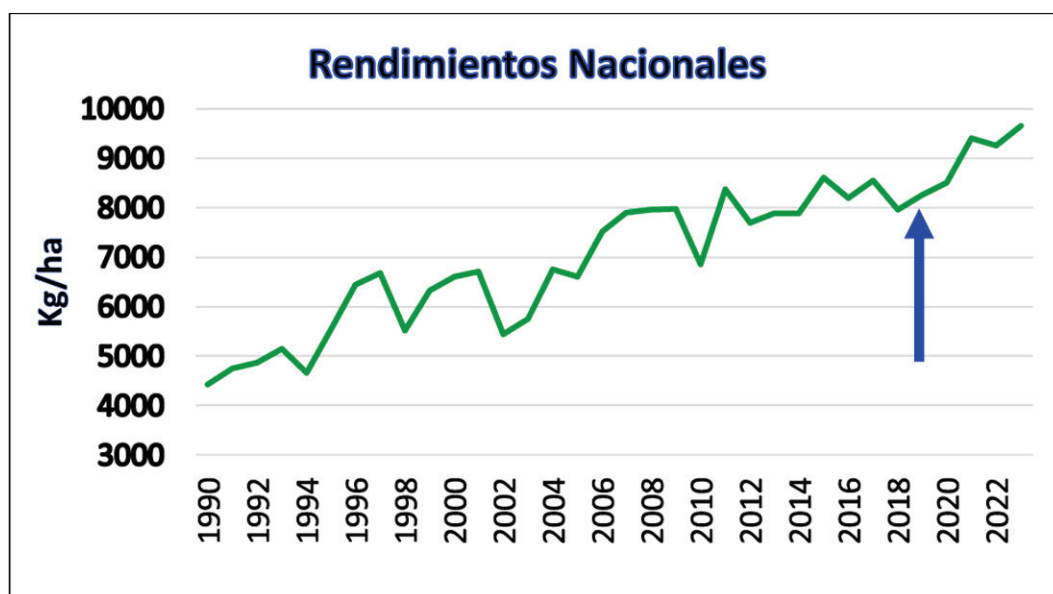
## CONCLUSIONES

Los pilares del manejo para altos rendimientos son conocidos y están siendo incorporados por los productores. Las acciones a futuro deben apuntar a rendimientos superiores a las 10 toneladas entre otros objetivos en el sistema productivo. El método de transferencia resultó efectivo para llegar a productores poco conectados y para desembarcar nuevas tecnologías (INIA Merín, por ejemplo). El proyecto generó un ámbito de comunicación y discusión nuevo, complementario de los diversos canales ya existentes en el sector. La alianza interinstitucional es un componente fundamental de los resultados obtenidos.

La evolución de los rendimientos promedio del país (Figura 2) ha tenido una inflexión

**Cuadro 2.** Detalle de actividades de difusión realizadas durante la zafra 2021-2022.

Actividad	Cantidad	Promedio participantes	Total participantes	% productores
Días de campo	71	37	2139	37,0
Jornadas de resultados	13	33	751	41,5



**Figura 2.** Rendimientos promedio nacionales de arroz.

Nota: La flecha indica el inicio del proyecto.

Fuente: ACA.

evidente a partir de 2019, la cual tiene varios componentes: las favorables condiciones climáticas, la coincidencia de la expansión de la variedad INIA Merín y el desarrollo e implementación de este proyecto de transferencia, entre los más importantes. Es imposible definir cuánto pesa cada factor pero es claro que todos aportaron a ese incremento de rendimientos y a la consecución de uno de los objetivos iniciales del proyecto. Saber si además se cerró la brecha tecnológica entre productores, que era el otro objetivo, requeriría de estudios específicos.

**Zorrilla, G., et al. 2021.** Fortalecimiento de las estrategias de transferencia para reducir las brechas en el sector arrocero. Resumen y Conclusiones. En: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B. (Eds.). Arroz 2021. Montevideo, Uruguay: INIA. pp. 103-106. (INIA Serie Técnica; 262).

**Zorrilla, G. et al. 2022.** + Arroz + Margen: Transferencia de tecnología para reducir brechas de rendimientos y mejorar los ingresos de la producción arrocera. Resumen zafra 2021-2022. En: Terra, J. A.; Martínez, S.; Villalba, C.; Mesones, B. (Eds.). Arroz 2022. Montevideo, Uruguay: INIA. pp. 59-. (INIA Serie Técnica; 264).

## BIBLIOGRAFÍA

**Zorrilla, G., et al. 2020.** Fortalecimiento de las estrategias de transferencia para reducir brechas en el sector arrocero. Introducción y resumen resultados zafra 2019-2020. En: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B. Álvarez, O. (Eds.). Arroz 2020. Montevideo, Uruguay: INIA. pp. 67-70 (INIA Serie Técnica; 257).

# 21. + ARROZ + MARGEN: RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA ZAFRA 2022-2023 PARA LA ZONA CENTRO Y NORTE

A. Gussoni<sup>81</sup>, G. Zorrilla<sup>82</sup>, M. E. Bica<sup>83</sup>, L. Carmona<sup>84</sup>, M. F. Fariña<sup>85</sup>

**PALABRAS CLAVE:** interinstitucionalidad, transferencia, manejos, evolución tecnológica.

## INTRODUCCIÓN

En 2023, luego de cuatro zafras, finalizó el proyecto de transferencia de tecnología denominado actualmente «Más arroz, más margen». En el artículo precedente de esta Serie Técnica (Zorrilla et al., 2023) se puede encontrar información sobre las instituciones participantes y el resumen y las conclusiones de los cuatro años de ejecución del proyecto.

Los objetivos siempre se mantuvieron enfocados a mejorar el margen económico de los productores, donde tienen injerencia directa sus acciones -o sea en el costo y en la producción- a través de una agricultura de procesos y siguiendo un lineamiento técnico basado en los diez puntos de manejos validados en forma integrada para obtener altos rendimientos.<sup>86</sup>

Se utilizó el sistema de transferencia de tecnología *productor a productor* que consiste, en términos generales, en seleccionar a un productor referente, instalar una parcela demostrativa con los manejos agronómicos recomendados y luego, durante los días de campo y en las jornadas de presentación de resultados, tener instancias de intercambios y discusiones con otros productores sobre su experiencia y así facilitar la adopción de las propuestas de tecnologías empleadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra 2022-2023 en la zona centro y norte fueron siete los productores referentes seleccionados, con los que se realizó el seguimiento de las parcelas demostrativas del área proyecto y área testigo. Las hectáreas

<sup>81</sup> A. Gussoni, Ing. Agr., técnico regional centro-norte del proyecto «Más arroz, más margen», INIA, agussoni@hotmail.com

<sup>82</sup> G. Zorrilla, M. Sc., coordinador técnico del proyecto «Más arroz, más margen», consultor independiente., gzorr@yahoo.com

<sup>83</sup> M. E. Bica, Ing. Agr., coordinadora general del proyecto «Más arroz, más margen», Gerenta Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA), INIA-ACA, mbica@aca.com.uy

<sup>84</sup> L. Carmona, Ph. D., consultor de agronomía, Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR), l.carmona@cgiar.org

<sup>85</sup> M. F. Fariña, Ing. Agr., técnica regional este del proyecto «Más arroz, más margen», INIA, mferfari@icloud.com

<sup>86</sup> Se puede acceder a la descripción de los «10 puntos para 10 toneladas» en el sitio web de la Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA): <https://www.aca.com.uy/wp-content/uploads/2023/09/Cartillas-Arroz-en-10-puntos-PDF.pdf>

involucradas (560 ha) representaron el 16 % del total del área sembrada por estos productores (3500 ha), manteniendo un tamaño de escala comercial y no experimental con un promedio de 40 ha cada una. Las parcelas se distribuyeron en cuatro departamentos (Artigas, Rivera, Tacuarembó y Cerro Largo) teniendo en cuenta la diversidad de sistemas de producción, antecesores y manejos, para tratar de estar alineados con la realidad arroceras del Uruguay. Los antecesores en esta zafra fueron: rastrojos de soja, rastrojos de arroz, retornos largos y cortos con y sin pasturas, labores de verano con siembra de verdes de invierno (raigrás).

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos se dividen en dos grupos: uno referido a la validación de los manejos propuestos y el otro a los resultados económicos.

### Validación de manejos para altos rendimientos

Los manejos propuestos, realizados integradamente y en tiempo y forma en cada etapa del cultivo, aseguran las diez toneladas

por hectárea. La adecuación del terreno con anticipación y las buenas condiciones climáticas con bajas precipitaciones a fines de invierno y principios de primavera, permitieron que la siembra se concentre en octubre, mes clave para obtener buenos rendimientos, pues asegura el posicionamiento del período crítico del cultivo en el mes con la mayor oferta ambiental.

En el cuadro 1 se resumen los promedios de los indicadores de manejo en las parcelas demostrativas del proyecto y testigo para la zona centro y norte del país. En términos generales, no se evidencian diferencias importantes entre los manejos propuestos por el proyecto y los manejos en las parcelas testigo por cuenta del productor. Esto se explica, en parte, porque es un promedio de siete productores referentes seleccionados y tres de estos productores participan desde hace dos o más años en el proyecto de transferencia, determinando una asimilación de los manejos propuestos para su sistema de producción general (*evolución tecnológica*). Además, al ser manejos ya conocidos, muchos productores los tenían incorporados o lo fueron haciendo a medida que avanzaba el proyecto año a año.

La densidad de siembra, donde el objetivo

**Cuadro 1.** Promedios de indicadores de manejo para las áreas proyecto y testigo en las zonas centro y norte.

Indicadores	Proyecto	Testigo	Observaciones
Densidad de siembra kg/ha	134	131	Según c/situación
Plantas/m <sup>2</sup>	200	200	Meta: 200
Herbicidas preemergente - DAE	10	10	Meta: punto aguja
Unidades basales N kg/ha	5,5	6,7	Fertiliz-Arr: 8,6
Unidades basales P kg/ha	37	40	Fertiliz-Arr: 28
Unidades basales K kg/ha	52	43	Fertiliz-Arr: 85,5
Unidades N macollaje kg/ha	79	72	Fertiliz-Arr: 78
Unidades N primordio kg/ha	24,5	24,5	Fertiliz-Arr: 25
Inicio de riego - fenología	V3,5	V4,5	Meta: V3-4
Inundación completa (días)	6,5	7,5	Meta: 5
% área fungicida (tallos)	70	85	Por monitoreo
% área fungicida (brusone)	15	30	Diferencia varietal
% área con insecticida	15	15	Chinche

Nota: DAE= días antes de emergencia.

es lograr aproximadamente 200 pl./m<sup>2</sup>, fue mayor a la recomendada en años anteriores debido a la falta de humedad del terreno pero, sobre todo, por la baja temperatura del suelo. Estas condiciones determinaron nacimientos lentos y desperejos por zonas y, por tanto, la aplicación del herbicida preemergente no se pudo hacer muy cercana a la emergencia. La recomendación en cuanto a la fertilización basal de NPK (nitrógeno, fósforo y potasio) y unidades de nitrógeno (N) a macollaje y primordio fue determinada según análisis de suelo y resultado del programa Fertiliz-Arr, en la cual se observa que se sigue aplicando más fósforo (P) de lo recomendado, lo que se debe básicamente a las formulaciones utilizadas. La dosis de K fue mayor en la parcela proyecto y en este año en particular la recomendación del Fertiliz-Arr fue muy alta. Debido al costo de este fertilizante en 2022, se optó por aplicar lo que extrae un cultivo en el grano (rendimiento de 10 t/ha y asumiendo que el 20 % se va en el grano y que el 80 % vuelve al sistema). En relación con el N a macollaje, el proyecto ajustó básicamente a la recomendación de dicho programa, en el cual la variedad juega un papel importante. Un punto clave, que fue uno de los más aceptados por los productores y este año no fue la excepción, es el riego temprano en estadio fenológico de V3-4, encontrando alguna diferencia entre parcelas, pero menos que en zafra anteriores. Las aplicaciones de fungicidas básicamente se diferencian por

variedad, operativa y monitoreo al momento de determinar el umbral de aplicación.

En el cuadro 2 se presentan los rendimientos obtenidos en las parcelas demostrativas y testigos, los que muestran nuevamente que existe tecnología en Uruguay para obtener diez toneladas de arroz sano, seco y limpio (SSL) por hectárea y para lograr, en promedio, superar dicha producción. En esta zafra en particular, el promedio del testigo dio dos bolsas más que el proyecto, lo que confirma la asimilación de los manejos por parte de los productores para obtener altos rendimientos. Además, es de destacar que el rendimiento promedio de toda la chacra de los productores superó la media nacional de arroz de 9577 kg/ha (rendimiento promedio proporcionado por la Asociación de Cultivadores de Arroz, publicado en la revista Arroz, núm. 107, 2023) y que la brecha en rendimiento existente frente a la parcela proyecto fue muy baja, en torno al 5 %.

### Resultados económicos

En el cuadro 3 se presenta un resultado económico parcial entre el área del proyecto y el área testigo, o sea, un margen neto en USD/ha que tiene en cuenta únicamente las diferencias de manejo valorizadas en USD/ha y las diferencias en los ingresos, utilizando el rendimiento sano, seco y limpio logrado por el precio provisorio al 30 de junio de 2023.

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

Productor	Contraste variedad	Proyecto	Testigo	Productor	Brecha1	Brecha2
G. O'Brien	SLI 09193/INIA Olimar	210	213	190	3,1	20,2
M. Acevedo	SLI 09193/SLI 09193	194	208	215	-14	-21
P. García	INIA Merin/INIA Merin	213	208	200	5	13
D. Sampallo	INIA Merin/INIA Merin	195	192	193	3	-1
S. Ferrés	INIA Merin/INIA Merin	Granizo		195	Cosecha descartada	
Hnos. Tolfo	INIA Olimar/INIA Olimar	205	202	190	3	15
G. Pereira	INIA Merin/INIA Merin	198	209	183	-11	15
Promedio		202,5	205	195	-1,8	9,7

Nota: Rendimiento: bolsas sanas, secas y limpias por hectárea. Promedio de rendimiento de toda el área del productor referente. Brecha 1: diferencia rendimiento áreas demostrativas y áreas testigo. Brecha 2: diferencia rendimiento áreas demostrativas y área total del productor referente.

**Cuadro 3.** Diferencia de costos, ingresos y margen neto en USD/ha.

Productor	Dif. Costos (USD/ha)	Dif. Ingresos (USD/ha)*	Margen Neto (USD/ha)
G. O'Brien	80	-40,3	-120
M. Acevedo	44	-182	-226
P. García	0	65	65
D. Sampallo	0	34	34
Hnos. Tolfo	-68	43	111
G. Pereira	17	-143	-160
Promedio	12	-37	-49

Nota: \*Precio provisorio del acuerdo ACA-GMA al 30 de junio de cada año (13 USD/bls. en 2023).

Los resultados obtenidos en la zafra 2022-2023 determinaron que, en promedio, el área proyecto haya tenido menor margen neto en USD/ha -esto debido a un costo mayor, básicamente por la fertilización- y menores ingresos por menor rendimiento. Teniendo en cuenta el costo total en USD/ha del cultivo, las diferencias existentes no fueron significativas.

## CONCLUSIONES

Los rendimientos obtenidos están en torno a las diez toneladas con poca diferencia entre las áreas proyecto y testigo y algo por debajo el rendimiento del productor, aunque superior a la media nacional. Las diferencias en costos se dieron básicamente por la fertilización basal, N a macollaje y dosis de K. Tres productores adoptaron el 100 % del manejo del proyecto desde el segundo año de participación (*evolución tecnológica*) y aumentó

la similitud entre los manejos propuestos y el manejo del productor. En estos cuatro años se validaron los manejos propuestos y se alcanzaron las metas de rendimiento. Se reafirma el concepto que producir más no cuenta más dinero y que con los mismos recursos se pueden obtener mejores resultados. A futuro se debe pensar en un nuevo modelo de producción, apuntando a un sistema y no únicamente al cultivo arroz, a una integración con la ganadería y con otros cultivos, regados o no. Se considera que el proyecto tuvo gran alcance, que el sistema de transferencia utilizado denominado *productor a productor* con instancias de campo y gabinete fue fundamental y que explican los resultados obtenidos. Falta mucho trabajo aún pero existe investigación, un sector arrocerero pujante, capital humano y, sobre todo, ganas para llegar en poco tiempo a las diez toneladas promedio a nivel nacional.



# 22. + ARROZ + MARGEN: RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA ZAFRA 2022-2023 PARA LA ZONA ESTE

M. F. Fariña<sup>87</sup>, G. Zorrilla<sup>88</sup>, M. E. Bica<sup>89</sup>, L. Carmona<sup>90</sup>, A. Gussoni<sup>91</sup>

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

## INTRODUCCIÓN

En 2023 culminan cuatro años de actividades de transferencia de tecnología que comenzaron en 2019 con el Proyecto «Fortalecimiento de las estrategias de transferencia para reducir las brechas de rendimientos en el sector arrocerero», y que se continuaron a partir de 2021 como el proyecto «Más arroz, más margen». En el artículo precedente de esta Serie Técnica (Zorrilla et al., 2023) se puede encontrar información sobre las instituciones participantes y el resumen y las conclusiones de los cuatro años de ejecución del proyecto.

La forma de trabajo se mantuvo siempre con el liderazgo de Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA) y con un comité técnico, integrado por todas las partes, que fijaba los lineamientos técnicos. El foco se mantuvo en cerrar la brecha entre productores y aumentar los rendimientos nacionales, mediante la promoción de los diez puntos de manejo para altos rendimientos.

En 2022-2023 en la zona este se trabajó con seis productores referentes distribuidos entre Rocha, Treinta y Tres y Cerro Largo, que representaban diversidad en cuanto a sistemas de producción y ambientes. Este año se incorporaron como antecesores rastrojos de arroz y de soja, que representan un área importante en los sistemas de producción actuales.

Se capitaliza nuevamente la horizontalidad en la difusión de los mensajes importantes, y se percibe que, más allá del número de participantes de cada instancia, se logra llegar con éxito al destinatario final, que es el productor.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se instalaron seis parcelas demostrativas con sus respectivas áreas testigos. La superficie vinculada al proyecto fue en total de 589 ha que representan el 12 % del área total sembrada por los productores referentes (4668 ha). Las parcelas demostrativas fueron

<sup>87</sup> M. F. Fariña, Ing. Agr., técnica regional este del proyecto «Más arroz, más margen», INIA, mferfari@icloud.com

<sup>88</sup> G. Zorrilla, M. Sc., coordinador técnico del proyecto «Más arroz, más margen», consultor independiente, gzorr@yahoo.com

<sup>89</sup> M. E. Bica, Ing. Agr., coordinadora general del proyecto «Más arroz, más margen», gerenta Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA), INIA-ACA, mbica@aca.com.uy

<sup>90</sup> L. Carmona, Ph. D., consultor de agronomía, Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR), l.carmona@cgiar.org

<sup>91</sup> A. Gussoni, Ing. Agr., técnico regional centro-norte del proyecto «Más arroz, más margen», INIA, agussoni@hotmail.com

de 15 a 51 ha con un promedio de 27 ha y las áreas testigo de 32 a 93 ha con un promedio de 60 ha.

Los lineamientos propuestos se basaron en los *diez puntos para obtener diez toneladas de arroz por hectárea*, que implica prácticas de manejo bien ajustadas a los tiempos del cultivo y que no requieren un mayor uso de insumos, sino del manejo adecuado en cada etapa y del ajuste «fino» dentro de una chacra.<sup>92</sup>

## RESULTADOS

Las parcelas se sembraron entre el 26 de setiembre y el 20 de octubre siendo en su mayoría preparaciones de verano donde predominó el laboreo de verano con raigrás y pastoreo invernal.

En el cuadro 1 se resumen las diferencias en promedio entre los manejos de las parcelas demostrativas y testigos. Estos indicadores muestran en rasgos generales que no hay grandes diferencias pero se observa una tendencia a menor densidad de siembra, mayor uso de potasio y de nitrógeno en las parcelas del proyecto.

Con respecto al uso de semilla, la reducción en kilos por hectárea es consecuencia de un mayor cuidado en la calidad de siembra, por tanto, se ajusta buscando la población ideal 180-220 pl./m<sup>2</sup>. En esta zafra en particular, debido a factores ambientales y también de manejo, en uno de los casos no se logró la población óptima. Cabe destacar que el valor de pl./m<sup>2</sup> está influenciado también por dos parcelas de híbridos donde el objetivo de plantas era de 90-120 pl./m<sup>2</sup>.

Las recomendaciones del FertilizArr en cuanto a potasio (K) fueron muy altas este año en varias parcelas (80 a 120 kg de K<sub>2</sub>O) dado que seguramente los niveles de K en suelo eran bajos. Como esto además coincidió con un momento de altos costos de este fertilizante, se resolvió en estos casos ajustar la dosis a una estimación de la extracción de los cultivos.

Con respecto al nitrógeno (N), el aumento de las dosis se hizo según las recomendaciones de FertilizArr, las que recogen la capacidad de INIA Merin de responder con rendimiento. En este sentido, se ha planteado que si se continúa con este aumento podrá haber efectos negativos sobre el ambiente.

**Cuadro 1.** Resumen de indicadores de manejo de las parcelas demostrativas vs. áreas testigo para la zafra 2022-2023.

	Áreas demostrativas	Áreas testigo
Densidad de siembra kg/ha	104	131
Plantas/m <sup>2</sup>	160	227
Unidades basales N kg/ha	6	9
Unidades basales P kg/ha	27	36
Unidades basales K kg/ha	58	46
Unidades N macollaje kg/ha	84	76
Unidades N primordio kg/ha	28	30
Inicio de riego - fenología	V4	V4
Inicio de riego - DDE	24	22
% de área con fungicida	80 %	62 %
% de área con insecticida	0	0

<sup>92</sup> Se puede acceder a la descripción de los «10 puntos para 10 toneladas» en el sitio web de la Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA): <https://www.aca.com.uy/wp-content/uploads/2023/09/Cartillas-Arroz-en-10-puntos-PDF.pdf>

Los promedios de rendimiento que se detallan en el cuadro 2 demuestran que existe tecnología disponible para obtener más de diez toneladas, y que las diferencias entre áreas demostrativas y testigos son menores, debido a una convergencia cada vez mayor entre el manejo del productor y el propuesto por el proyecto.

El resultado económico expresa únicamente las diferencias de costos que hubo entre el área demostrativa y testigo, según los manejos aplicados en cada caso, y las diferencias de ingresos como resultado del rendimiento y del valor de la bolsa de arroz al 30 de junio de 2023. No es un análisis económico completo sino una valoración de lo que fue distinto en cada área. A diferencia de años anteriores, los resultados muestran una tendencia a mayores costos en las parcelas demostrativas, influenciados por el uso de la tecnología de híbridos y por la mayor dosis de los fertilizantes potásicos. A pesar de ello, las diferencias son menores y lo fundamental que indican estos datos es que la propuesta de manejo para altos rendimientos no implica aumentos significativos de costos.

## CONCLUSIONES

El laboreo anticipado sigue siendo una herramienta de alto impacto que ha repercutido en la optimización de la fecha de siembra. En esta zafra pasada la siembra de raigrás sobre ese laboreo y el su pastoreo fue la situación que predominó en las parcelas.

La calidad de siembra es un factor condicionante para el éxito de la chacra ya que define un adecuado *stand* de plantas que es fundamental para el logro de altas productividades.

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

Los híbridos produjeron un salto importante de rendimiento, pero que no fue suficiente para cubrir la diferencia de costos con la variedad INIA Merín. En el caso de XP 117 vs. XP 117, el manejo de altos insumos utilizado en la parcela testigo, a pesar de los altos costos, superó con creces en margen neto al área demostrativa, dado el altísimo rendimiento obtenido.

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

El uso de fungicidas e insecticidas como parte de un manejo integrado y con base en monitoreo reducen su aplicación a situaciones que lo justifiquen y no como preventivos. En particular, en los cuatro años del proyecto no fueron utilizados insecticidas en ninguna de las parcelas.

**Cuadro 2.** Resumen de resultados productivos, económicos y brechas entre áreas demostrativas y testigos.

Productor	Localidad	Contraste varietal	Rendimiento SSL kg/ha			Resultado económico USD/ha		
			Área demostrativa	Área testigo	Brecha dem-test	Costos dem-test	Ingresos dem-test	Margen neto
E. Ensslin	Rincón	XP 113 -Merín	10 900	10 200	700	346	182	-164
A. Porto	R. Branco	XP 117-XP 117	10 900	12 300	-1400	-229	-363	-134
A. Porto	R. Branco	XP 117-Merín	10 900	10 950	-50	-69	-12	58
N. Santos	Cebollatí	Merín-Merín	10 800	10 200	600	83	156	73
J. Montero	S. Miguel	Merín-Merín	9500	10 500	-1000	142	-260	-402
A. Fariña	Cebollatí	Merín-Merín	8950	9 150	-200	96	-52	-148
Promedio			10 325	10 550	-1350	60	-58	-120

Se observa una rápida adopción de los manejos recomendados (calidad y fecha de siembra, inicio de riego, aplicación de fungicida según monitoreo, etc.) por parte de productores que han participado en dos años consecutivos, lo que lleva a una convergencia entre los manejos del productor y la propuesta del proyecto.

Teniendo en cuenta los resultados de las zafras anteriores, parece necesario trazar un nuevo objetivo en cuanto a productividad que considere un uso eficiente y sustentable de los recursos.

**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)