

ISSN: 1688-9266



INSTITUTO  
NACIONAL DE  
INVESTIGACIÓN  
AGROPECUARIA

URUGUAY



**“Alternativas tecnológicas para el sector  
arrocero en un escenario desafiante”**

**ARROZ 2018**

Agosto 2018

SERIE  
TÉCNICA

**246**

INIA

# ARROZ 2018

**Editores:** Gonzalo Zorrilla\*  
Sebastián Martínez\*\*  
José Terra \*\*\*  
Horacio Sarvia \*\*\*\*

---

\* Ing. Agr., M.Sc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

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

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

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

**Título:** ARROZ 2018

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

Serie Técnica No. 246

© 2018, INIA

ISBN 978-9974-38-404-0

Editado en INIA Treinta y Tres  
Diagramación: Olga Alvarez

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

# Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

---

## Integración de la Junta Directiva

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

**Ing. Agr., M.Sc., Ph.D. Álvaro Roel** - Vicepresidente



**Ing. Agr., M.Sc. Diego Payssé Salgado**

**Ing. Agr. Jorge Peñagaricano**



**Ing. Agr. Pablo Gorriti**

**Ing. Agr. Alberto Bozzo**



## CONTENIDO

### AGROCLIMATOLOGÍA

<a href="#"><u>Principales requerimientos climáticos: ¿cambió algo con 21 años más de datos?</u></a> .....	3
<a href="#"><u>Caracterización de la variabilidad espacial y temporal de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>) en Uruguay</u></a> .....	6

### MEJORAMIENTO GENÉTICO

<a href="#"><u>LI09197: cultivar de alta productividad y resistencia a <i>Pyricularia</i></u></a> .....	11
<a href="#"><u>Líneas experimentales promisorias de ciclo intermedio, alta productividad y resistencia a <i>Pyricularia</i></u></a> .....	14
<a href="#"><u>Evaluación de cultivares Clearfield® en ensayos en fajas</u></a> .....	17
<a href="#"><u>Evaluación final: Cultivares <i>Índica</i> y <i>japónica tropical</i></u></a> .....	20
<a href="#"><u>Evaluación de cultivares de calidad americana – E5</u></a> .....	23
<a href="#"><u>Tolerancia a retraso de cosecha en variedades comerciales de arroz</u></a> .....	26
<a href="#"><u>Híbridos de arroz</u></a> .....	29
<a href="#"><u>Ecofisiología del cultivo de arroz: incidencia de factores climáticos en el rendimiento y sus componentes</u></a> .....	32
<a href="#"><u>Estado actual de las variedades de arroz en el Cono Sur y perspectivas de nuevos cultivares para la región</u></a> .....	35

### MANEJO DEL CULTIVO

#### MALEZAS

<a href="#"><u>Intensidad de uso del sistema Clearfield® en arroz y ocurrencia de arroz maleza resistente a imidazolinonas</u></a> .....	43
<a href="#"><u>Resistencia en capines, una nueva realidad</u></a> .....	46
<a href="#"><u>Después de cinco zafras ¿el banco de semillas en el suelo de capín resistente al quinclorac continúa siendo relevante?</u></a> .....	49
<a href="#"><u>La inducción limitada de la síntesis de etileno y cianuro estarían involucradas en la resistencia a quinclorac en capín</u></a> .....	52
<a href="#"><u>Metamifox y Aura aplicados en mezcla de tanque con otros herbicidas en el control del capín</u></a> .....	55
<a href="#"><u>¿Cómo reducir los escapes de capín en sistemas intensivos en el uso de arroces Clearfield®?</u></a> .....	58

<a href="#">Evaluación de mezclas de herbicidas para el control de capín</a> .....	61
<a href="#">Evaluación de desenvolvimiento de arroz resistente a herbicidas inhibidores de la enzima Accase</a> .....	64
<a href="#">Use and management of Accase-resistant rice technology in the United States</a> .....	67
<a href="#">Deposición de clomazone en cultivo de arroz y la volatilización posterior a la aplicación</a> .....	70
<b>ENFERMEDADES</b>	
<a href="#">Las enfermedades de tallo y vaina en un ciclo completo del sistema de rotaciones arroceras</a> .....	75
<b>ROTACIONES</b>	
<a href="#">Brechas de rendimiento del cultivo de arroz sobre distinto antecesor de verano para dos variedades de alto potencial</a> .....	81
<b>NUTRICIÓN</b>	
<a href="#">Curvas críticas de dilución de nitrógeno en Uruguay</a> .....	87
<a href="#">Optimización de la población y fertilización nitrogenada para nuevos cultivares INIA de alto rendimiento</a> .....	90

## PRÓLOGO

Es un gusto poner a disposición una nueva publicación sobre el cultivo de arroz en el marco de la Jornada Arroz de INIA, actividad realizada con el apoyo de la Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA) y la Gremial de Molinos Arroceros (GMA). Esta Serie Técnica mantiene una continuidad histórica donde se reporta anualmente información de utilidad para el sector, pero se ha realzado buscando garantizar la calidad de edición y contenidos, que pueden ser consultados y referidos por otros investigadores.

Consolidando lineamientos desde el Programa Nacional de Investigación en Arroz y de la Regional INIA Treinta y Tres en los últimos años, la jornada forma parte de las actividades anuales "Destacadas" de INIA, está organizada por paneles temáticos con diversos especialistas y acompañada de esta publicación. El carácter de "jornada destacada" implica un alcance nacional, habiendo integrado en la organización a los delegados arroceros y presidentes de los Consejos Asesores Regionales relacionados. Este formato también ha permitido además de optimizar su organización y potenciar los medios para su difusión, direccionar recursos para enriquecer la actividad en sus contenidos técnicos-científicos, contando con disertantes internacionales y nacionales junto al equipo de INIA.

Esta Serie técnica No. 246 la hemos denominado "**Alternativas tecnológicas para el sector arrocero en un escenario desafiante**". Desafiante por la coyuntura que atraviesa el sector desde hace varias zafra que comprometen su viabilidad económica. Desafiante por la variabilidad climática que zafra a zafra pone dificultades inesperadas al productor y su cultivo como ocurrió con los retrasos de siembra y las bajas temperaturas durante la floración en 2017-2018. Desafiante por los problemas de sostenibilidad que enfrentan algunos sistemas asociados a su intensificación, como ocurre con el caso de malezas resistentes. Desafiante porque en este marco, más que nunca desde la investigación, es necesario redoblar el esfuerzo para aportar conocimientos originales y tecnologías que contribuyan a aumentar los rendimientos y reducir los costos en forma sostenible con cultivares y prácticas de manejo adaptadas.

Se destacan tres grandes temáticas asociadas a los desafíos que se plantean; por un lado las tendencias y la variabilidad climática y su incidencia en la determinación de los potenciales productivos, por otro la disponibilidad de recursos genéticos, perspectivas y su optimización con el clima y el manejo del cultivo en la búsqueda de altos rendimientos y finalmente la temática del manejo integrado de malezas y la sostenibilidad en sistemas productivos con cultivares de arroz resistentes a herbicidas que se han expandido en Uruguay. Para enriquecer la discusión en estos paneles se incorporan aportes de destacados conferencistas invitados de otras instituciones y comentaristas vinculados al sector productivo.

Esta instancia es propicia para reconocer las contribuciones del equipo técnico y de apoyo de INIA por hacer disponible este material. Por otra parte, cabe mencionar que en 2018 el equipo técnico de mejoramiento genético se ha robustecido con la culminación de los programas de Doctorado de Juan Rosas y Federico Molina, quienes se reincorporan en actividades de investigación del programa y con los que tenemos cifradas grandes expectativas. Por otra parte, es momento de reconocer a los colegas Pedro Blanco y Gonzalo Zorrilla, quienes habiendo finalizado o encontrándose próximo a ello continúan aportando en aspectos técnicos y de gestión, para lograr un mejor posicionamiento del Programa Arroz a nivel nacional e internacional. Vaya pues un reconocimiento a ambos por sus contribuciones, su gran responsabilidad y la huella dejada en pro del sector arrocero.

En tiempos complejos para el sector, agradecemos especialmente el apoyo explícito de ACA y la GMA para esta actividad, como un mensaje de optimismo y esperanza en la generación de conocimiento, herramienta para un futuro más competitivo y pujante de la producción de arroz nacional.

Esperamos que los contenidos de la jornada y de esta publicación que la documenta, planteados en clave de desafío, contribuyan con su propósito de acercar conocimientos, tecnologías e información a los productores para apoyar la toma de decisiones en sus sistemas de producción. Buena lectura.



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



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



# AGROCLIMATOLOGÍA



## PRINCIPALES REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS: ¿CAMBIÓ ALGO CON 21 AÑOS MÁS DE DATOS?

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

**PALABRAS CLAVE:** arroz, clima, cambio climático

### INTRODUCCIÓN

En 1997 se publicó la Serie Técnica 89: “Estrategia en la producción de arroz para un mejor aprovechamiento de las variables climáticas” (Deambrosi *et al.*, 1997). Se entendió que luego de 21 años, cambio climático mediante, era pertinente actualizar y revisar esta Serie Técnica.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Toda la información de las variables climáticas a ser presentada fue registrada en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna – INIA Treinta y Tres. En todas las variables analizadas se siguieron los procedimientos indicados en la referida Serie Técnica. A su vez en cada una de ellas, cuando correspondió, se realizó el análisis comparativo de los 21 últimos años con los registrados en la publicación.

### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### Precipitaciones en siembra y emergencia

El productor arrocero tiene limitada su posibilidad de sembrar el cultivo en la época adecuada, debido a la ocurrencia de precipitaciones. En promedio, 3 de cada 10 días ocurren precipitaciones durante los meses potenciales de siembra, principalmente lluvias pequeñas de menos de 10 mm que pueden impactar en el momento de entrada. Esto no difiere mayormente con los resultados registrados en la referida Serie Técnica.

#### Radiación solar

De acuerdo con Stansel (1975), el período de máximo requerimiento de luminosidad se extiende desde la diferenciación de la panoja hasta 10 días antes de alcanzar la madurez.

En la figura 1 se presentan los promedios decádicos de horas de sol reales, durante los meses de diciembre, enero y febrero. En el cuadro 1 se presenta a su vez, los promedios diarios por década y la probabilidad de ocurrencia de horas de sol de diferente magnitud.

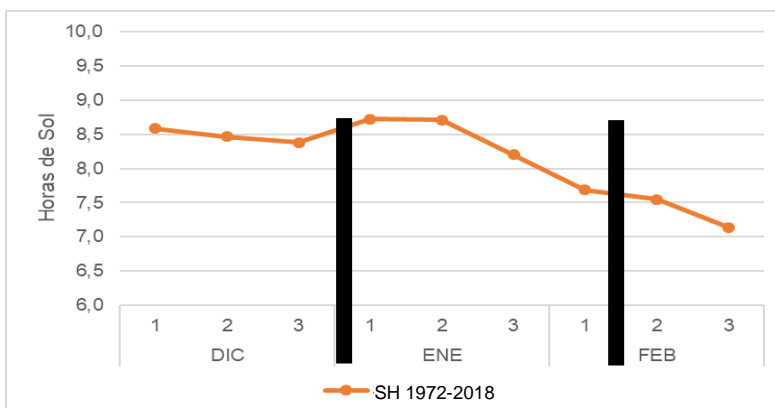


Figura 1. Horas de sol promedio diario por década. Serie Histórica 1972-2018. Estación agrometeorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna – INIA Treinta y Tres.

<sup>1</sup> Ing. Agr., INIA Programa Nacional de Investigación en Producción y Sustentabilidad Ambiental. [imacedo@inia.org.uy](mailto:imacedo@inia.org.uy)

<sup>2</sup> Tec. Agr., INIA Programa Nacional de Investigación en Producción y Sustentabilidad Ambiental.

<sup>3</sup> PhD., INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [aroel@inia.org.uy](mailto:aroel@inia.org.uy)

Cuadro 1. Horas de sol promedio por década y probabilidad (%) de ocurrencia de horas de Sol de diferentes magnitudes. 1972-2017

	Diciembre			Enero			Febrero		
	1 DEC	2 DEC	3 DEC	1 DEC	2 DEC	3 DEC	1 DEC	2 DEC	3 DEC
Media (hs)	8,6	8,5	8,4	8,7	8,7	8,2	7,7	7,6	7,1
Prob. (10-12) hs	20	11	13	20	29	4	4	4	9
Prob. (8-9,9) hs	48	57	59	49	36	60	47	44	31
Prob. < 8 hs	33	33	28	31	36	36	49	51	60

Se puede observar de la figura 1 y cuadro 1 una mayor disponibilidad de luz desde mediados de diciembre hasta fines de enero. En la segunda década de enero, al igual a lo reportado anteriormente, es donde se da la combinación de los mayores valores promedio y probabilidades de captura de los valores más altos de disponibilidad de luz (10-12 hs).

### Temperatura

El período reproductivo de arroz comprendido entre el desarrollo de la panoja y la antesis es sumamente sensible a las bajas temperaturas. Estos períodos fríos son comunes en la zona este del Uruguay y han sido identificados como una de las principales causas de inestabilidad de los rendimientos (Blanco *et al.*, 1993). Es conocido en el marco de cambio climático, su consecuencia sobre el aumento de la temperatura (IPCC 2014), motivo por el cual era importante reanalizar la base de datos.

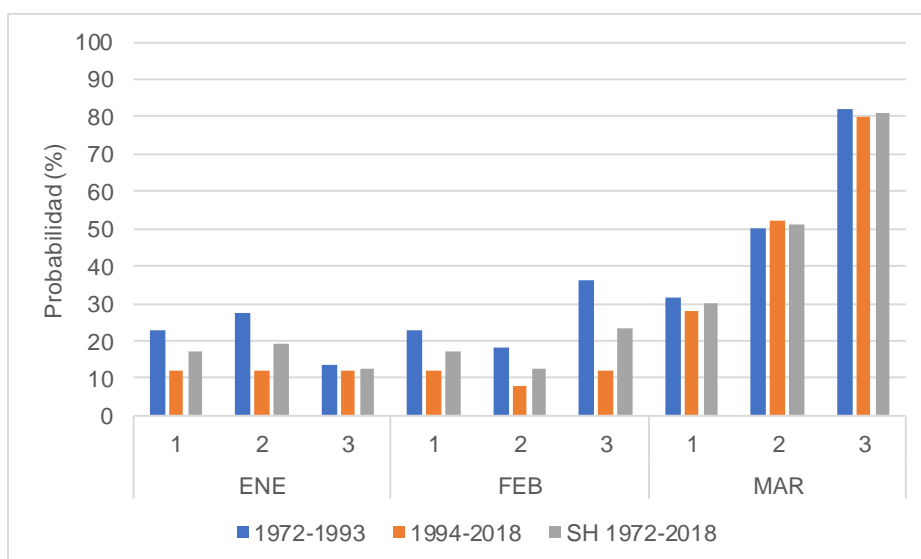


Figura 2. Probabilidad de temperaturas mínimas decádicas menores a 15 °C (1972-2018)

En la figura 2 se puede apreciar que al integrar la información de los últimos 21 años (1972-2018) sobre la publicada (1972-1993) existe una disminución en las probabilidades de ocurrencia de temperaturas menores a 15°C en los meses de enero y febrero, determinado principalmente por una reducción en los últimos años (1994-2018). No obstante, se mantiene vigente, que a medida que se atrasa la fecha de siembra, la probabilidad de ocurrencia de frío aumenta notoriamente, siendo esto más importante que el cambio en probabilidades al comparar las series.

### Suma térmica

La suma térmica es una herramienta muy utilizada para la predicción de los eventos fenológicos en arroz. Roel y Blanco (1993), estudiaron en 6 variedades las necesidades de acumulación térmica para que el cultivo alcance el comienzo de floración y la maduración, considerando 10°C como base de acumulación, metodología que luego fue validada en el trabajo de Casterá y Fernández (1999).

En el cuadro 2 se presentan los resultados de las sumas térmicas para alcanzar el 50% de floración y los límites de períodos de siembra para que ocurran las floraciones antes del 10 de febrero.

Cuadro 2. Sumas térmicas promedios y desvíos estándares para alcanzar 50% de floración

Variedades	Número de grados días	Última fecha de siembra	Periodos de 50% de floración
El Paso 144	1147 ± 65	1 nov.	22 ene. - 10 feb
INIA Olimar	1011 ± 46	6 nov.	11 ene. - 10 feb.
INIA Tacuarí	978 ± 68	21 nov.	9 ene. - 10 feb.
Parao	1086 ± 72	9 nov.	17 ene. - 10 feb.
INIA Merín*	1259 ± 64	17 oct.	30 ene. - 10 feb.

\* Datos correspondientes a ensayos bioclimáticos preeliminares y a ensayos de mejoramiento genético

## CONCLUSIONES

La revisión de algunas de las variables agrometeorológicas al incorporar 21 años más de registros, demuestran que su potencial incidencia sobre el comportamiento productivo del arroz sigue siendo relevante. Se ratifica que es necesario lograr que los cultivos florezcan entre el 10 enero y 10 febrero (con la genética disponible) de manera de “cosechar” la mayor oferta de radiación. Si bien algunas variables como la incidencia del frío pueden verse levemente disminuidas, no puede interpretarse como una ausencia de la problemática, ratificando a su vez, ahora con una base de datos aún más amplia, el aumento del riesgo del frío en floraciones posteriores al 20 de febrero. Es necesario por lo tanto, seguir extremando las estrategias de manejo y genéticas, en particular la combinación de las variedades y períodos óptimos de siembra, que permitan reducir los riesgos y explotar las mejores ofertas climáticas.

## BIBLIOGRAFÍA

**BLANCO, P.; PEREZ DE VIDA, F.; ROEL, A.** 1993. Tolerancia a fríos de los nuevos cultivares precoces INIA Yerbal e INIA Tacuarí. En: Anais XX Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado. Pelotas: ENBRAPA-CPACT. p.77-80.

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

**DEAMBROSI, E.; MÉNDEZ, R.; ROEL, A.** 1997. Estrategia en la producción de arroz para un mejor aprovechamiento de las principales variables climáticas. Montevideo: INIA 14 p. (Serie Técnica, 89)

**IPCC, 2014.** Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas. [En línea]. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 34 p. Disponible en:

[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5\\_wgII\\_spm\\_es.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf)

**ROEL, A.; BLANCO, F.** 1993. Temperaturas bases para el cálculo de grados días con diferentes cultivares de arroz. En: Anais XX Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado. Pelotas: ENBRAPA-CPACT p. 102-104.

**STANSEL, J.** 1975. Effective utilization of sunlight. En: Six decades of Rice Research in Texas. Texas A&M University. p. 43-50. (Research Monograph, 4).

## CARACTERIZACIÓN DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA ( $ET_0$ ) EN URUGUAY

S. Alvarino<sup>1</sup>, A. Bocco<sup>2</sup>, R. Terra<sup>3</sup>, M. Bidegain<sup>4</sup>, G. Cruz<sup>5</sup>

**PALABRAS CLAVE:** sequías, tendencia, variabilidad climática

### INTRODUCCIÓN

La sequía es el evento de origen climático de mayor impacto en la producción agropecuaria, por ello es importante su caracterización en duración, frecuencia e intensidad. Los componentes atmosféricos de las sequías son la precipitación y la demanda atmosférica (evapotranspiración de referencia,  $ET_0$ ). A nivel de la región existen estudios que demuestran el aumento de las precipitaciones medias (con alta variabilidad interanual), sin embargo, son escasos los antecedentes sobre la evolución temporal de la  $ET_0$ . En el contexto de cambio climático global se constató para Uruguay un aumento de la temperatura media del aire (dominado por el aumento de las temperaturas mínimas) y los modelos climáticos indican la continuidad de la tendencia para el futuro, lo que podría determinar un aumento en la demanda atmosférica (Bettolli *et al*, 2010, Giménez *et al*, 2009). Sin embargo, en un estudio reciente se obtuvo una tendencia de aumento de  $ET_0$  en Treinta y Tres y de disminución en Las Brujas, para el período 1973-2011 (MGAP-FAO, 2013).

El objetivo de este trabajo es identificar patrones espaciales y tendencias temporales de los totales anuales y estacionales de  $ET_0$ , así como la intensidad de rachas secas.

Para el estudio se utilizó información meteorológica de ocho localidades del Uruguay en el período 1991-2014 y se procesó de manera de determinar la variabilidad de  $ET_0$  acumulada en períodos desde 20 días a anuales. En este artículo se presentan los resultados preliminares del estudio.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Luego de realizar el control de calidad de los datos (verificación de faltantes y fuera de rango), la  $ET_0$  se calculó a nivel diario para el período 1991-2014 con información proveniente de las siguientes estaciones meteorológicas: Artigas (30,4°S; 56,5°O, INUMET), Paysandú (32,2°S; 58,1°O, INUMET), Melo (32,4°S; 54,2°O, INUMET), Mercedes (33,3°S; 58,1°O, INUMET), Treinta y Tres (33,3°S; 54,4°O, INIA), La Estanzuela (34,3°S; 57,7°O, INIA), Las Brujas (34,7°S; 56,3°O, INIA) y Rocha (34,5°S; 54,3°O, INUMET).

Para el cálculo de  $ET_0$  se utilizó la estimación de Penmann – Monteth (Allen, 1998) que considera temperatura, humedad, radiación y viento. También se calcularon las diferencias: ( $ET_0 - ET_0$  climática) y ( $ET_0 -$  Precipitación). Para las tres variables ( $ET_0$  y las diferencias mencionadas anteriormente) se calculó el acumulado anual, el estacional y combinaciones de estaciones (primavera-verano, verano-otoño, primavera-verano-otoño). A la vez, se calcularon los acumulados máximos de  $ET_0$  y ( $ET_0 - ET_0$  climática) en períodos de 20,40 y 60 días (rachas), con sus correspondientes fechas de ocurrencia. En todos los casos se realizó el test de Mann-Kendall (1975) para evaluar la tendencia de dichas series -que se componen de un valor por año- a lo largo del tiempo.

Las estaciones del año se consideraron como: verano (diciembre, enero, febrero), otoño (marzo, abril y mayo), invierno (junio, julio y agosto), primavera (setiembre, octubre, diciembre).

<sup>1</sup> Ing. Agr. Estudiante Maestría Fac.de Agronomía (UDELAR) [sofiaaquianze@gmail.com](mailto:sofiaaquianze@gmail.com)

<sup>2</sup> Ing. Agr. Estudiante Maestría, Fac.de Agronomía y Veterinaria (UNRC) Univ.Nal. de Río Cuarto (Córdoba, Argentina).

<sup>3</sup> PhD. Ing. Profesor Titular, Facultad de Ingeniería (UDELAR)

<sup>4</sup> MSc. Met. Consultor

<sup>5</sup> DSc. Ing. Agr. Prof. Agregada Fac. de Agronomía (UDELAR)

## RESULTADOS

Se presentan a continuación los cuadros de coeficientes de regresión lineal de acumulados estacionales y anuales de  $ET_0$  incluyendo la significancia estadística de la tendencia según el test no paramétrico de Mann-Kendall.

Cuadro 1. Coeficiente de regresión de acumulados estacionales y anual de  $ET_0$  expresado en 0,01 mm/día/año. Con \* (\*\*) y tonalidad de color se indican tendencias estadísticamente significativas según Mann Kendall al 90 (95)%.

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	12 Meses
Artigas	0,66	-0,10	0,69	1,65	0,72
Paysandú	0,96	0,26	1,53 *	2,01 *	1,18 **
Melo	0,22	0,11	1,07 **	1,52 **	0,72
Treinta y Tres	0,72	0,49 *	1,21 *	1,40	0,94 *
Mercedes	-0,08	-0,32	0,11	0,55	0,06
La Estanzuela	0,55	0,40	1,21 *	1,43 *	0,88 **
Rocha	0,15	0,22	0,35	0,69	0,35
Las Brujas	1,25 **	0,90 **	1,61 **	2,06 **	1,43 **

Para todas las localidades y estaciones consideradas se verifica una tendencia de aumento en  $ET_0$ , salvo en el caso de invierno en Artigas y en otoño e invierno en Mercedes. Los valores mayores y más significativos se dan en las estaciones cálidas de primavera y verano (Cuadro 1). Las localidades con menores tendencias, no significativas, son Artigas, Mercedes y Rocha. Las tendencias del acumulado de 12 meses (set.-ago.) es significativa en la mitad de los puntos y promedia 0,01 mm/día/año, lo que equivale a un aumento de 3,65 mm/año en el acumulado anual que, a su vez, representa un aumento de casi 88 mm anuales en los 24 años del registro considerado.

Es sabido que además de las tendencias de largo plazo, el cambio climático se caracteriza por un aumento en la variabilidad, por lo que es de interés agronómico conocer la evolución de la  $ET_0$  en escalas sub-estacionales. Se estudiaron rachas de alta demanda atmosférica de 20, 40 y 60 días de duración que se definieron, en cada año, como el acumulado máximo de  $ET_0$  por sobre los valores climatológicos en períodos móviles de dichas longitudes, obteniendo así un valor por año que representa la máxima racha anómala (respecto a la climatología) de dicho año. Los resultados de las tendencias de esas series se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Coeficiente de regresión de acumulados en rachas secas max ( $ET_0$ - $ET_0$  climática) anual expresado en 0,01 mm/día/año. Con \* (\*\*) y tonalidad de color se indican tendencias estadísticamente significativas según Mann Kendall al 90 (95)%.

	20 días	40 días	60 días
Artigas	0,24	0,46	0,67
Paysandú	1,25	1,34 **	1,19 **
Melo	2,03 **	1,83 **	1,76 **
Treinta y Tres	1,41 *	1,27	1,22
Mercedes	1,05	1,01	1,03
La Estanzuela	1,44 *	1,24 **	1,16 **
Rocha	0,74	0,46	0,25
Las Brujas	3,32 **	2,58 **	2,34 **

En el cuadro 2 se verifica que las tendencias son todas positivas, con coeficientes de regresión mayores y más significativos a los equivalentes del cuadro 1, notándose que los períodos de acumulación de dichos valores diarios son, sin embargo, menores. Al igual que en las tendencias estacionales y anuales, Artigas, Mercedes y Rocha son los registros que muestran menor tendencia (no significativa), aunque en este caso positivas para todas las longitudes de racha.

Por último, es de interés analizar cómo se combinan las señales de aumento de  $ET_0$  encontradas a escala subestacional con el documentado aumento de la precipitación media. Para ello, se repitió el análisis de rachas hallando en cada año el período de máximo  $ET_0$ -P, es decir de máximo déficit en el flujo de agua al suelo. Los resultados se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Coeficiente de regresión de acumulados en rachas secas max (ET<sub>0</sub>-P) anual expresado en 0,01 mm/día/año. Con \* (\*\*) y tonalidad de color se indican tendencias estadísticamente significativas según Mann Kendall al 90 (95)%.

	20 días	40 días	60 días
Artigas	1,73	2,35	1,69
Paysandú	1,43	3,58	3,15
Melo	3,11	5,34 **	4,04
Treinta y Tres	2,31	1,61	0,76
Mercedes	4,09 *	5,35 **	4,49
La Estanzuela	5,09 **	5,66	5,52
Rocha	1,10	0,68	-0,44
Las Brujas	4,39 **	2,32	1,78

Los resultados presentados en el cuadro 3 muestran nuevamente una tendencia de incremento generalizado en las rachas secas, tal cual fueron definidas como el máximo anual de ET<sub>0</sub>-P en períodos de la duración indicada, con la única excepción de 60 días en Rocha. Las tendencias son, sin embargo, menos significativas que en el caso del cuadro 2, consecuencia de la alta variabilidad en la precipitación que genera más ruido en las series.

### CONCLUSIONES

Luego de un esfuerzo muy importante de recuperación y digitalización de información histórica, se pudieron analizar las tendencias de ET<sub>0</sub> en 8 puntos de Uruguay y se encontró un incremento generalizado en los últimos 24 años en escalas, anual, estacional y subestacional. La señal de aumento de ET<sub>0</sub> es más robusta e intensa durante la estación cálida.

Hay cierta variabilidad espacial en la señal, pero no se detecta un patrón claro. Resultados anteriores con series más largas mostraban tendencias decrecientes de ET<sub>0</sub> en el sur del país que no se confirman para el período 1991-2014. En el futuro se debe profundizar el estudio de la variabilidad decádica de las muy pocas series largas disponibles para esclarecer este punto.

Las tendencias de aumento encontradas representan un incremento lineal en la demanda atmosférica de hasta 5 mm/año. A escala estacional y subestacional, las tendencias son aún mayores, pero acumulados sobre períodos más cortos. El análisis de rachas secas de 20, 40 y 60 días que incluyen la precipitación, también resultó en un aumento generalizado durante el período de estudio.

### BIBLIOGRAFÍA

**ALLEN, R; PEREIRA, L; RAES, D; SMITH, M.** 1998. Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO. 298 p. (Estudio FAO Riego y Drenaje, 56)

**BETTOLLI, M.L.; ALTAMITANO, M.A.; CRUZ, G.; RUDORFF, F.; MARTÍNEZ, A.; ARROYO, J.; ARMOA, J.** 2010. Pastura natural de Salto (Uruguay): relación con la variabilidad climática y análisis de contextos futuros de cambio climático. Revista Brasileira de Meteorologia, 25(2): 248 - 259.

**GIMÉNEZ, A.; CASTAÑO, J. P.; BAETHGEN, W.; LANFRANCO, B.** 2009. Cambio climático en Uruguay, posibles impactos y medidas de adaptación en el sector agropecuario. Montevideo: INIA. 56 p. (Serie técnica, 178).

**KENDALL, M.G.** 1975. Rank correlation methods. 4th ed. London: Charles Griffin. 202p.

**BIDEGAIN, M.; CRISCI, C.; DEL PUERTO, L.; INDA, H.; MAZZEO, N. TAKS, J.; TERRA, R. (EDS.)** 2013. Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación para Uruguay. Vol I. Montevideo: MGAP-FAO. 126 p.



# MEJORAMIENTO GENÉTICO



## SLI09197: CULTIVAR DE ALTA PRODUCTIVIDAD Y RESISTENCIA A PYRICULARIA

F. Pérez de Vida<sup>1</sup> G. Carracelas<sup>2</sup>, J. Vargas<sup>3</sup>

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

### INTRODUCCIÓN

El cultivar SLI09197 (INIA Cuaró/FL00144-1P-24-1P) ha sido evaluado desde la zafra 2010-2011 hasta 2012-2013 en ensayos internos (estadios 1 a 3) del Programa de Mejoramiento en la Unidad Experimental Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres (UEPL) y desde la zafra 2013/2014 en ensayos de evaluación final incluyendo distintas fechas de siembra en UEPL y localizaciones (Tacuarembó y Artigas), en Red Nacional de Evaluación de Cultivares (INIA/INASE) y en ensayos de fajas en unidades experimentales y predios comerciales en diferentes regiones del país. Su comportamiento promisorio ha llevado a su avance al estadio de validación en el marco del convenio INIA-Consortio Nacional de Semilleras de Arroz, implicando su siembra en 2 chacras de áreas pequeñas (aprox. 5 ha) en predios comerciales (Artigas y Rocha).

### RESULTADOS

En 2016 y 2017 se publicaron resultados experimentales de SLI09197 (Pérez de Vida, Serie Actividades de Difusión INIA N° 765 y Serie Técnica N° 233, respectivamente). En el presente artículo se resume la información de 7 años de evaluación y 50 ensayos en las principales regiones de producción de arroz. En esta serie se ha destacado por su alta productividad media (9,8 t/ha), calidad molinera y resistencia HR a *Pyricularia*.

Los rendimientos de mayor magnitud en esta serie de experimentos se obtuvieron en el departamento de Rocha, (n=9 ensayos, incluyendo localizaciones como Los Arroyitos (SanLuis), Lascano (San Pablo de Cebollatí), Cebollatí (Olivera), India Muerta, Campo Alto). En el departamento de Treinta y Tres se expresó de modo estable (total n=17) -aún incluyendo siembras tardías (n=4)- con rendimiento similar al de la región norte (UEPF) (Cuadro 1). En particular el mayor rendimiento obtenido con este cultivar fue en un área de validación (5 ha) en la zafra 2017/2018 en el norte del país con 251 bs/ha (12,55 t/ha) (M.Marella 2018 com.pers.). Por otra parte, los menores rendimientos surgen de siembras de finales de noviembre en UEPL (Figura 1A), típico comportamiento de cultivares *indica* de ciclo largo.

Cuadro 1. Rendimiento (t/ha) de SLI09197 en diferentes regiones (2010-2011 a 2017-2018).

Región	Rend (t/ha)	Región	Rend (t/ha)	Región	Rend (t/ha)
Rocha	11,33 A	33 S (UEPL+7 <sup>a</sup> )	10,35 B	UE Paso Farías	10,13 B
33 C (Zapata+Rincón)	10,79 B	33 N (Río Branco)	10,15 B	UE Tacuarembó	9,77 BC

En el este del país (UEPL) el ciclo a floración es muy similar -1 a 2 días menor- que el de INIA Merín, así como 1 a 2 días mayor que el de El Paso 144 (Cuadro 2). Sin embargo, al igual que INIA Merín, su período de llenado de granos es mayor al de El Paso 144 (datos no mostrados), debido a un mayor mantenimiento del IAF ("staygreen") hasta próximo a la cosecha; alargando de esta manera los requerimientos de riego en al menos una semana respecto a la tradicional variedad.

Cuadro 2. Rendimiento físico, y "sano, seco y limpio" (SSL, t/ha), % de blanco total, % de granos enteros y % de granos yesosos, Días a 50%Floración y reacción a *Pyricularia* en serie 2010-11 a 2017-18, n=50 de variedades comerciales y SLI09197.

Cultivar	Pyri	DSF (d)	Rend (t/ha)	SSL(t/ha)	BT(%)	ENT(%)	YES(%)	L:A
El Paso 144	HS	105 B	9,16 B	9,38 B	67,9 B	60,4 B	7,0 A	3,02 C
INIA Olimar	HS	99 C	9,61 A	9,57 AB	67,4 C	61,1 B	4,4 C	3,24 A
INIA Merín	HR	109 A	10,08 A	10,15 A	70,1 A	63,9 A	5,9 B	3,16 B
SLI09197	HR	107 AB	9,77 A	9,87 A	68,3 B	62,5 A	6,0 B	3,17 B

<sup>1</sup> Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [fperez@inia.org.uy](mailto:fperez@inia.org.uy).

<sup>2</sup> Ing. Agr. INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [gcarracelas@inia.org.uy](mailto:gcarracelas@inia.org.uy)

<sup>3</sup> Asistente de Investigación, INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

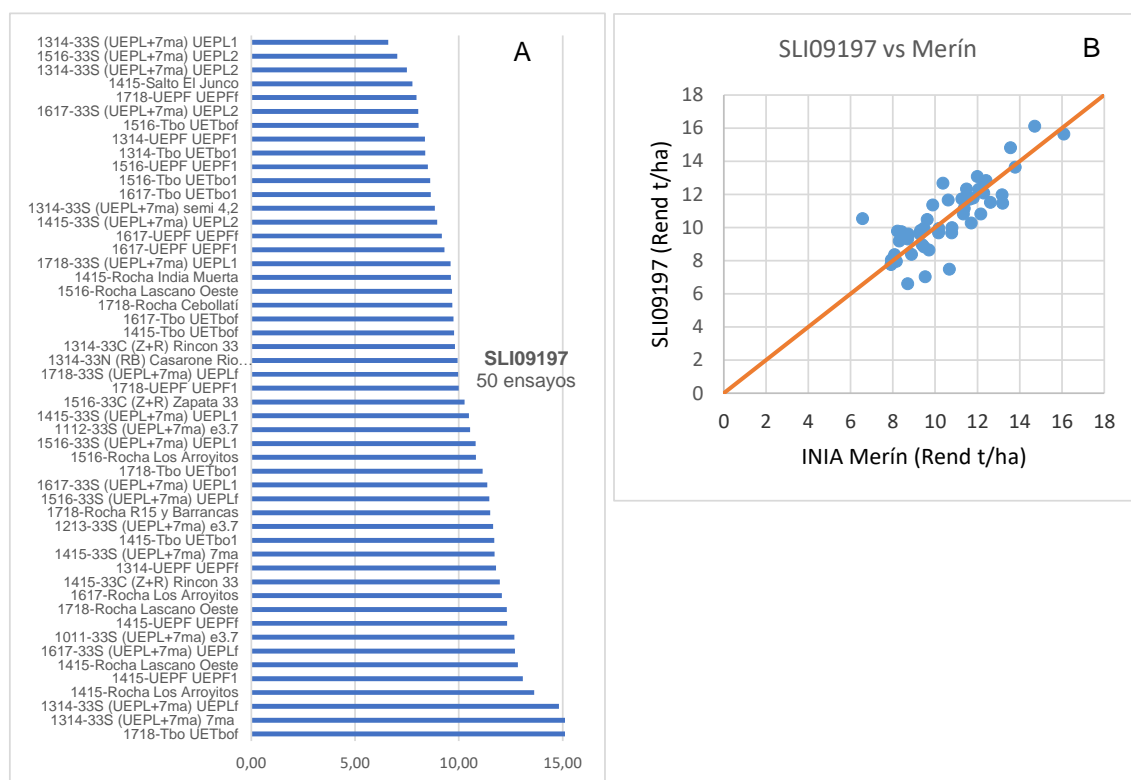


Figura 1. A) Rendimiento (t/ha) de SLI09197 en 50 ensayos desde 2010-11 a 2017-18 en regiones Este, Centro y Litoral Norte B) comparación de rendimientos de SLI09197 e INIA Merín en igual período.

12

SLI09197 ha presentado resultados igualmente destacados tanto en productividad como en calidad molinera. En esta serie su rendimiento físico (9,8 t/ha) y SSL (9,9 t/ha) es estadísticamente similar al de INIA Merin (10,1 y 10,2 t/ha respectivamente); siendo superior únicamente el % de blanco total de esta variedad. Ambos cultivares presentan reacción HR con *Pyricularia* en camas de infección en hojas (Cuadro 2) y cuello.

La estabilidad productiva de SLI09197 en condiciones de manejo de ensayos tanto en áreas experimentales o comerciales (fajas) se aprecia en figura 2; con un Índice Ambiental=0 en 10,6 t/ha; en el rango de ambientes -2 a +2 t/ha, su productividad es muy similar a INIA Merín. En ambientes de menor productividad (en muchos casos involucrando siembras tardías en UEPL), el rendimiento resultó más variable para ambas. Por otra parte, bajo diferentes tratamientos de densidad de siembra (195, 325, 488 y 650 semillas viables/ m<sup>2</sup> en D1 a D4, respectivamente) y manejo de nitrógeno (0, Indicador\*, 163 y 243 kg/ha urea desde N1 a N4, respectivamente) en 2016/2017 y 2017/2018 en UEPL, bajo siembras tempranas (7 y 10 de octubre), el rendimiento medio de SLI09197 (11,54 t/ha) fue significativamente superior (P=0,05) al de INIA Merín (10,75 t/ha) (\*=120 y 183 kg/ha de urea respectivamente).

En el cuadro 3 se aprecia que, en respuesta a densidad de siembra, SLI09197 obtiene mayor frecuencia de altos rendimientos (número de casos en "Cluster Alto") que INIA Merín (por ej. en densidad D1 32% vs 21%, o en promedio de D1-D2 41% vs 29%, respectivamente). En relación a fertilización nitrogenada, en ausencia de N agregado SLI09197 presenta -respecto a INIA Merín- menos casos de bajo rendimiento (12 vs 18 en 28 parcelas, 43% vs 64%); en casos de fertilización (prom. de tratamientos N2-N3-N4) la frecuencia de altos rendimientos es 64% en SLI09197 vs 43% en INIA Merín (ejemplos señalados en negrita).

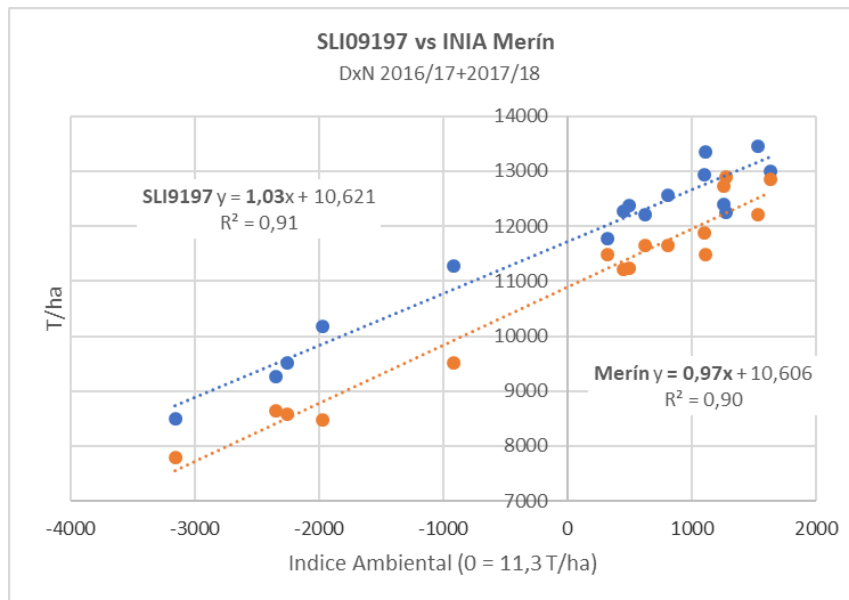


Figura 2. Análisis de estabilidad de INIA Merín y SLI09197 en ensayos densidad x N, UEPL, zafras 2016-2017 y 2017-2018.

Cuadro 3. Distribución de casos (n=parcela) de rendimiento de tratamientos densidad x N en SLI09197 e INIA Merín según clusters de rendimiento: bajo (prom. 7,71 t/ha), medio (prom. 10,75 t/ha) y alto (prom. 13,1t/ha). Zafras 2016-17 y 2017-18, UEPL.

INIA Merín	Cluster Bajo		Cluster Interm		Cluster Alto		SLI 09197	Cluster Bajo		Cluster Interm		Cluster Alto	
	Densidad							Densidad					
Nivel	(n)	(%)	(n)	(%)	(n)	(%)	Nivel	(n)	(%)	(n)	(%)	(n)	(%)
D 1	8	0,29	14	0,50	6	0,21	D 1	5	0,18	14	0,50	9	0,32
D 2	5	0,18	13	0,46	10	0,36	D 2	3	0,11	11	0,39	14	0,50
D 3	5	0,18	16	0,57	7	0,25	D 3	1	0,04	10	0,36	17	0,61
D 4	4	0,14	11	0,39	13	0,46	D 4	3	0,11	11	0,39	14	0,50
Prom(1-2)	0,23		0,48		0,29			0,14		0,45		0,41	
Prom(3-4)	0,16		0,48		0,36			0,07		0,38		0,55	
	Nitrógeno							Nitrógeno					
Nivel	(n)	(%)	(n)	(%)	(n)	(%)	Nivel	(n)	(%)	(n)	(%)	(n)	(%)
N 1	18	0,64	10	0,36	0	0,00	N 1	12	0,43	14	0,50	2	0,07
N 2	0	0,00	16	0,57	12	0,43	N 2	0	0,00	12	0,43	16	0,57
N 3	3	0,11	18	0,64	7	0,25	N 3	0	0,00	13	0,46	15	0,54
N 4	1	0,04	10	0,36	17	0,61	N 4	0	0,00	7	0,25	21	0,75
Trat (1)	0,64		0,36		0,00			0,43		0,46		0,32	
Prom(2-3-4)	0,05		0,52		0,43			0,00		0,36		0,64	

### CONSIDERACIONES FINALES

SLI09197 es un novel cultivar que realiza un significativo aporte de productividad, calidad molinera acorde a los parámetros de comercialización y excelente resistencia a Pyricularia, de modo similar a INIA Merín -variedad lanzada en 2015-. Su altura es la típica de genotipos semienanos modernos, de porte erecto y sin incidencia de vuelco. Es un cultivar de ciclo largo, similar al de INIA Merín (105-107 días a floración); en particular, debido a un llenado de granos más extenso, asociado a mayor duración del área foliar. Presenta muy alto macollamiento, acumulación de biomasa y desarrollo rápido del IAF, realizando el cierre de la canopia de modo temprano y completo, delineando así una arquitectura de planta diferente a la de INIA Merín (de menor macollaje, erecto y compacto). Esta arquitectura de la canopia podría considerarse el aporte diferencial de SLI09197, lo cual fundamentaría su mayor plasticidad para el logro de altos rendimientos en diferentes situaciones de manejo.

## LÍNEAS EXPERIMENTALES PROMISORIAS DE CICLO INTERMEDIO, ALTA PRODUCTIVIDAD Y RESISTENCIA A *PYRICULARIA*

F. Pérez de Vida<sup>1</sup>

**PALABRAS CLAVE:** rendimiento, calidad molinera, germoplasma elite.

### INTRODUCCIÓN

El Programa de Mejoramiento Genético de INIA ha hecho disponibles en los últimos años cultivares resistentes a *Pyricularia* y de alta productividad como Parao (2007) e INIA Merín (2015). Al igual que SLI09197, estos cultivares asocian su muy alto rendimiento (10 t/ha) a ciclos emergencia-floración de aprox. 108-110 días y períodos de llenado de granos de mayor duración. Esta condición restringe el uso óptimo de estos cultivares a siembras tempranas en general y en particular en la región este. El aprovechamiento de su muy alto potencial de rendimiento depende del máximo aprovechamiento de la radiación incidente y reducir las probabilidades de ocurrencia de bajas temperaturas en período reproductivo. Así mismo, para lograr el potencial y su alta calidad molinera, el mantenimiento del área foliar activa durante mayor tiempo en pos-floración puede requerir el mantenimiento del riego por 5 a 7 días más que en variedades de menor duración (por ej INIA Olimar, El Paso 144). De esta manera, aquellos cultivares de mayor ciclo deberían ser ubicados en siembras tempranas, idealmente hasta 1° al 10 de noviembre; sin embargo, de modo inevitable un porcentaje variable (15-25%) del área debido a la siembra u otras decisiones de manejo se realiza tardíamente. En esas situaciones sería deseable contar con genotipos de menor ciclo que complementen el área de siembra nacional con alta productividad, calidad molinera y resistencia a *Pyricularia*.

Para el siguiente análisis se utilizaron datos de hasta 8 años de evaluación en microparcelas (2,4 m<sup>2</sup>, campo experimentales de INIA) y macroparcelas (20 m<sup>2</sup> en fajas) realizadas principalmente en condiciones comerciales, bajo el manejo de sus respectivos productores. Como se muestra en el cuadro 1, el número de experimentos es variable siendo desde 16 a 47 según los diferentes cultivares. Para el análisis se recurre a modelos mixtos que consideran a “año de evaluación” y “localización” como factores aleatorios.

Cuadro 1. Número de ensayos en cada cultivar según zafra utilizados en el análisis.

Cultivar	Pedigree	Zafra de evaluación									total
		10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18		
SLI09043	L3000/FL00236-4P-2-1P-M	1	1	1	5 (a)	4+8 (b)	4+5	4+5	2	40	
SLI09190	INIA Cuaró/FL00144-1P-24-1P	1	1	1	5	4+8	4+5	4+5	2+6	46	
SLI09193	INIA Cuaró/FL00144-1P-24-1P	1	1	1	5	4+8	4+5	4+5	3+6	47	
SLF11047	FL07625-3PT-1P*		1	1	1	2	4+4	3+4	3+6	29	
SLF11072	FL07646-2PT-1P**		1	1	1	2	4+4	3+4	3+6	29	
SLI13208	F1 (Sazandegy/INIA Olimar)/EP144				1	1	1	4	3+6	16	
SLI13198	F1 (Sazandegy/INIA Olimar)/EP144				1	1	1	4	3+6	16	
SLI14000	Ep144Pi2 (777-40)					1	4	4	5+6	20	

\*= FL04330-6M-2P-5M-4P-3P (BCF2116)/FL03762-1P-1-1P-M-4P (BCF2129)//IRGA2430-2-5V-1V-1P (BCF2157)

\*\*= FL04330-6M-2P-5M-4P-3P (BCF2116)/FL04040-5P-2-1P-M-2P(BCF2131)//FL04447-5M-6P-5M-2P-M (BCF2162)

(a)= número de ensayos en microparcelas; a la derecha del signo + es (b)= número de ensayos en fajas (macroparcelas).

Las condiciones de manejo general (fechas de siembra, fertilización nitrogenada, control de malezas, inicio del riego) han sido variables con la excepción de densidad de siembra (130 kg/ha). En predios de productores se utilizaron fungicidas, mientras no se aplicaron en los ensayos del campo experimental. En términos generales en la unidad experimental se usaron entre 70 y 100 kg/ha N, mientras que en predios comerciales la fertilización nitrogenada se ubicó en rangos 50 a 120 kg/ha N. Los ensayos abarcaron las principales regiones de producción; para los de mayor evaluación (cultivares testigos El Paso 144 e INIA Olimar) fueron: 86 en región este, mientras que fueron 11 en la región centro y 23 experimentos en litoral norte.

<sup>1</sup> Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [fperez@inia.org.uy](mailto:fperez@inia.org.uy).

## RESULTADOS

En cuadro 2a se reportan los resultados de rendimiento físico (REND), rendimiento en “sano, seco y limpio” (SSL), ciclo a floración (DSF, días desde siembra a 50% de floración) y reacción a *Pyricularia* en cama de infección (escala HS:7-9, HR:0-1). Con excepción de las variedades INIA Olimar y El Paso 144, los cultivares en esta etapa avanzada del programa presentan en todos los casos resistencia a esta enfermedad, siendo en su mayoría HR (SLI09043= MR). El rendimiento fue maximizado por los cultivares SLI13208, INIA Merín y SLI09197 (10,19; 10,13 y 10,04 t/ha respectivamente) Como se comentara, las dos últimas son los cultivares de mayor ciclo (111-113), mientras que SLI13208 integra un grupo de ciclo intermedio (3-5 días más breves que las mencionadas) y aprox. 5 días mayor que INIA Olimar. SLI09190 y SLI14000, ambos cultivares de similar ciclo, presentan un rendimiento algo inferior (9,57 y 9,02 t/ha, respectivamente). SLI09193 presenta un ciclo igual a INIA Olimar, similar REND y superior SSL, con reacción HR a *Pyricularia*.

Cuadro 2a. Rendimiento (t/ha), Rend Sano, Seco y Limpio (SSL) (t/ha), Días a 50% floración (DSF), reacción a *Pyricularia* (PYRI) y valores relativos a INIA Merín de Rend y SSL

Cultivar	REND	SSL	DSF	PYRI	VR Merín	
					REND	SSL
El Paso 144	9,44	9,92	109	7	93	89
INIA Olimar	9,58	10,29	103	7	95	93
INIA Merín	10,13	11,09	114	0	100	100
SLI09197	10,04	10,63	111	0	99	96
SLI09190	9,57	10,91	108	0	94	98
SLI14000	9,02	9,18	108	0	89	83
SLI13208	10,19	10,84	108	0	101	98
SLF11072	9,82	10,61	106	0	97	96
SLF11047	9,80	10,41	104	0	97	94
SLI13198	9,08	10,14	104	0	90	91
SLI09043	9,07	9,85	103	3	90	89
SLI09193	9,45	10,58	103	1	93	95
Media	9,723	9,947	105			
R2	0,313	0,338	0,6			
R2 Adj	0,228	0,24	0,519			
CME	1,773	1,765	6,399			
n	1863	1419	689			

Los cultivares de origen FLAR, SLF11047 y SLF11072 resultan con igual producción y ciclos algo menores (104-106 días) a los mencionados. En particular SLF11047 combina alto rendimiento (9,80 t/ha) en un grupo de ciclos similares al de INIA Olimar (103 días).

El rendimiento SSL se estima en base a un número menor de casos que rendimiento físico (REND), no habiéndose incluido algunos experimentos del litoral norte, por lo cual la media de SSL es mayor que REND. sobrestimando el impacto de la ponderación debido a la calidad molinera del material. De todas maneras, en general, este grupo de cultivares presenta valores de calidad que generan premio; INIA Merín presenta el mayor rendimiento SSL, mientras que SLI09197 y SLI13208 resultan con beneficios menores (ambos pierden 3% relativo a INIA Merín) (Cuadro 2a.). Los cultivares SLF11047 y 11072 presentan un incremento menor en SSL relativo a REND; en el primer caso es debido a un porcentaje de entero menor (apenas superando la base de comercialización (58%)) y en el segundo debido a mayor incidencia de granos yesados (7,9%) (Cuadro 2b).

En relación a parámetros de calidad molinera, en BT(%), INIA Merín (70,0%) no es superado por ningún cultivar en este grupo, en el cual la mayoría presenta valores entre 67-68%. INIA Olimar y SLI09193 son los cultivares con menor rendimiento en el molino. En porcentaje de ENT, es INIA Merín el cultivar con el valor superior, mientras en las líneas promisorias se destacan SLI09197, SLI09190, SLI09193. El novel cultivar SLI13208 presenta un %ENT de 57,8%; posiblemente asociado a las dimensiones de sus granos. La relación L:A en este genotipo es de 3,27, y el ancho es de 2,11; la mayor y menor respectivamente del grupo de cultivares en estudio. Por otra parte, es de considerar que en las condiciones experimentales de evaluación no se da la posibilidad de ajuste en las condiciones de molinado.

Cuadro 2b. Porcentaje de Blanco total (BT), de granos enteros (ENT), de granos yesados (YES) y dimensiones de granos molinados (Largo, Ancho y relación L/A)L

	BT		ENT		YES		Largo		Ancho		L/A
El Paso 144	67,6	B C E	60,2	D	7,6	A	6,62		2,25	B	2,96
INIA Olimar	67,1	D	60,7	D	4,3		6,82	D E	2,16	B	3,17
INIA Merín	70,0	A	64,7	A	6,8	A B	6,77	B C	2,18		3,12
SLI09197	67,8	B	62,5	B C	5,2	C D	6,81	B C	2,18		3,13
SLI09190	67,7	B C D E	63,3	A B	5,3	C D	6,74	C	2,19	C	3,09
SLI14000	67,0	C D E	55,3		7,2	A B	6,57		2,28	A	2,87
SLI13208	67,3	B C D E	57,8		3,4		6,86	D E	2,11	B	3,27
SLF11072	68,0	B	61,2	C D	7,9	A	7,00	A	2,19	C	3,21
SLF11047	68,1	B	58,4		5,8	B C	6,99	A	2,20	C	3,19
SLI13198	67,7	B C D E	61,4	B C D	3,1		6,80	E	2,16	B C	3,17
SLI09043	67,7	B C	63,0	B	4,7		6,70	C D E	2,21	C	3,04
SLI09193	67,1	D E	61,9	B C	4,5		6,80	C D E	2,17	B C	3,15
Media	68,86		62,49		5,328		6,818		2,2128		3,0943
R2	0,486		0,383		0,379		0,733		0,886		0,8259
R2 Adj	0,411		0,294		0,289		0,695		0,8699		0,8017
CME	1,566		3,884		3,211		0,249		0,0737		0,0858
n	1443		1443		1433		940		940		952

El porcentaje de granos yesados varió muy significativamente entre cultivares y regiones, así como su interacción (datos no mostrados). Esta fue la resultante de un comportamiento diferencial de los cultivares. En particular se destacan SLI13198 y SLI13208 con muy bajos porcentajes de granos yesados en todos los ambientes, similares estadísticamente a INIA Olimar (Figura 1). Los valores mayores y con penalización en la comercialización lo presentaron SLF11072 y SLI14000 -similares a El Paso 144 e INIA Merín. (Cuadro 2b).

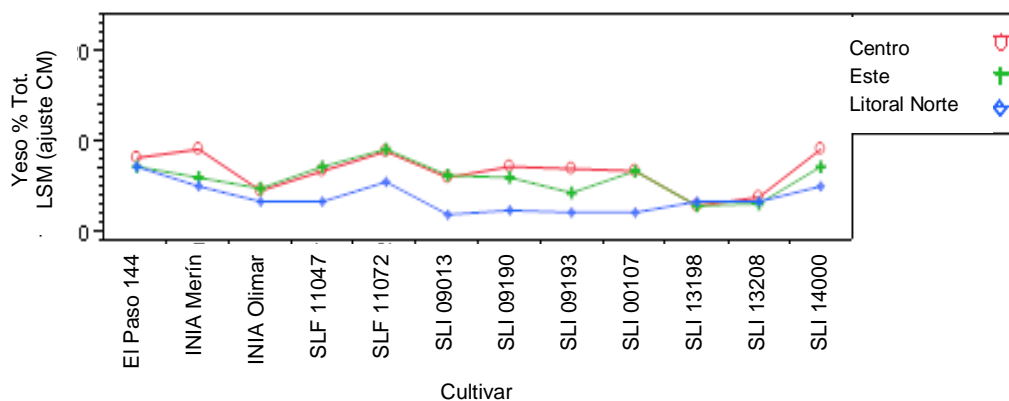


Figura 1. Porcentaje de granos yesados en líneas promisorias y variedades en 3 regiones (Centro, Este y Litoral Norte) en serie 2013-2014 a 2017-2018.

### COMENTARIOS FINALES

Los cultivares SLI09193, SLF11047 y SLI13208 conjugan características de interés, a) alta productividad (9,45; 9,80 y 10,19 t/ha respectivamente), en una serie de ensayos en que las variedades testigos rindieron 9,44; 9,58 y 10,13 t/ha (El Paso 144, INIA Olimar y INIA Merín por su orden); b) reacción HR a *Pyricularia* en hoja y cuello; c) ciclos intermedios (0,+1 y +4 días respecto a INIA Olimar); d) adecuados parámetros de calidad, con ENT en 62% a 58%. Por lo tanto se dispondrían de opciones varietales para complementar el área de siembra de cultivares de ciclos mayores como INIA Merín y eventualmente SLI09197.



## EVALUACIÓN DE CULTIVARES CLEARFIELD® EN ENSAYOS EN FAJAS

F. Molina<sup>1</sup>, P. Blanco<sup>2</sup>

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

### INTRODUCCIÓN

Una de las etapas más importantes en el desarrollo de variedades es la evaluación final de los materiales. Paralelamente a los ensayos de evaluación final en INIA Treinta y Tres (Paso de la Laguna), se instalaron ensayos en fajas en diferentes localidades. Esta información en conjunto con los ensayos de la Red de Evaluación de Cultivares es sumamente interesante para poder identificar los mejores materiales y observar el comportamiento en un rango más amplio de ambientes. Por otro lado, en la Unidad Experimental Paso de la Laguna, los suelos han sufrido una elevada intensidad de uso. Esto determina, en ocasiones, que el potencial de los cultivares esté limitado por dicho factor.

### MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra 2017/2018 se instalaron ensayos en fajas con cultivares Clearfield® (CL) en tres localidades (Rincón de Ramírez, Arroyito-Rocha y Río Branco) abarcando un espectro amplio de suelos, clima y manejos. Todas las fajas fueron sembradas con una sembradora Semeato experimental con tren de siembra comercial. En las diferentes localidades, la siembra se realizó sobre un suelo movido en primavera con diferente intensidad y laboreo de verano. A continuación, se presentan (Cuadro 1) los datos más relevantes de la instalación y manejo de las fajas. El ensayo de Río Branco no llegó a cosecha por lo que se excluye del análisis. En todos los casos, las fajas fueron manejadas por los productores de la misma manera que la chacra.

Cuadro 1. Instalación y manejo de las fajas

	Rincón de Ramírez- TyT	Arroyito- Rocha
Antecesor	Arroz año intermedio	Retorno de 6 años
Siembra	7 de nov	16 de oct
Fertilización		
Basal	3 kg/ha de N + 66 kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 16,5 kg/ha de S + 132 kg/ha de K <sub>2</sub> O	no se aplico
Macollaje	92 kg/ha de N	55 kg/ha de N (verde)
Primordio	23 kg/ha de N	32 kg/ha de N
Herbicida		
Preemergente	Semar + Dash (140 g/ha + 150 ml/ha)	
Postemergente	Postemergente: Kifix + Exocet + Dash (140 g/ha + 1,5 l/ha + 150 ml/ha)	Kifix (280 g/ha) + Dash (250 ml/ha)
Fungicida	3	1

Se sembraron siete fajas de 3 m de ancho por 15 m de largo con 3 repeticiones en cada localidad. La cosecha de parcelas se realizó con una cosechadora automotriz (FOTÓN) y también se realizaron muestreos para componentes de rendimiento. Luego de la cosecha se procesaron las muestras de los diferentes materiales para determinar calidad molinera.

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

**Cultivares:** Se incluyeron cinco materiales CL de los cuales dos son *japónica* tropical (CL933 y CL1092) y 3 de tipo *índico* CL1202, CL244 y CL212. De forma adicional se incluyeron INOV CL como testigo híbrido y Gurí INTA CL como testigo varietal CL. Se utilizó una densidad

<sup>1</sup> Ing. Agr., Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [fmolina@inia.org.uy](mailto:fmolina@inia.org.uy)

<sup>2</sup> Ing. Agr., M.Sc. INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. Hasta junio 2018

equivalente a 130 kg/ha de semillas para las variedades y líneas (corregidos por peso de 1000 granos y % de germinación) y 45 kg/ha en el caso de INOV CL.

## RESULTADOS

La productividad media de los ensayos fue alta pero significativamente diferente. El rendimiento medio en Rincón fue de 9,5 t/ha mientras que en Rocha fue de 12,9 t/ha. Esta diferencia probablemente esta explicada por la fecha de siembra, tipo de suelo e historia de chacra. No se encontró interacción para rendimiento y panojas por metro entre cultivares, por lo que se presenta la información conjunta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Rendimiento físico (kg/ha) y granos por panoja promedio de las dos localidades.

Material	Rend. kg/ha	Granos/ Panoja
CL 1202	11151	92
CL 1092	10229	132
CL 933	10024	88
CL 212	11937	87
CL 244	12417	104
Gurí INTA CL	10085	90
Inov CL	12264	118
CV %	8,0	14,5
MDS (0,05)	528	7,0

El cultivar INTA Gurí CL junto a CL 933 y CL1092 fueron los materiales de menor rendimiento en grano, mientras que CL212, CL244 e Inov CL lograron similar rendimiento. El número de granos por panoja, si bien es diferente entre los cultivares, no ayuda a explicar por si solo el rendimiento sino consideramos la esterilidad y el número de panojas. En el cuadro 3 se presenta el número de panojas por m<sup>2</sup> en las dos localidades. Claramente, se puede observar que los materiales lograron más panojas por unidad de área en Arroyito, lo cual se ve reflejado en mayor rendimiento de los materiales en dicha localidad. Es importante aclarar que la densidad usada fue la misma y probablemente la diferencia esté explicada por fecha de siembra. La dosis de nitrógeno a macollaje en Rincón fue 37 kg superior a la de Arroyitos. Dicha dosis podría haber ayudado a minimizar las diferencias en número de panojas, pero seguramente la fecha de siembra fue más condicionante para esta variable.

Cuadro 3. Número de panojas por metro cuadrado en las dos localidades.

Localidad	Panojas/m <sup>2</sup>
Rincón	490
Arroyito	606
Desvío	22,3
CV%	15,4

En el cuadro 4 se presentan las interacciones cultivar por localidad con una significancia al 5% o menor. El único componente de rendimiento que presentó interacción fue el porcentaje de esterilidad. Los valores para la localidad de Rincón siempre fueron superiores y llamativamente altos en relación con los de Arroyito, a pesar de haber interacción. El porcentaje de esterilidad juntamente con el número de panojas seguramente estén explicando, en buena medida, las diferencias encontradas en rendimiento por localidad. CL1202 fue una de las variedades que en promedio presentó mayor esterilidad y dicho problema condiciona bastante la eventual liberación de dicho material. En años anteriores este comportamiento no se había detectado, pero en la zafra pasada el número de días y la intensidad del frío fue superior. La altura de las líneas agrónomicamente no presenta problemas, aunque la línea CL933 en Arroyito midió 82 cm. Dicho comportamiento se ha detectado en otros ensayos y se trata de un material en ocasiones un poco bajo. Por el contrario, CL 1092 superó el metro de altura en Rincón, sin problemas de vuelco a cosecha. Dentro de los parámetros de calidad molinera evaluados, solamente se presenta el porcentaje de entero y yesado. Por otra parte, los análisis de calidad industrial fueron procesados de forma automática, con el equipo S21. En términos de entero, los valores fueron en su mayoría superiores a 60% y ningún material presenta problemas en los ensayos.

En cuanto al porcentaje de yeso, ningún material revistió problemas en valor absoluto. Sin embargo, la localidad de Arroyito tuvo más yeso en promedio. Los materiales Inov CL, CL 244 y CL212 en Arroyito presentaron yeso relativamente más alto en relación a las demás líneas y cultivares.

Cuadro 4. Interacciones cultivar por localidad con una significancia al 5% o menor

Materiales	Esterilidad (%)		Altura (cm)		Entero (%)		Yeso (%)	
	Rincón	Arroyito	Rincón	Arroyito	Rincón	Arroyito	Rincón	Arroyito
CL 1202	35	30	94	92	61,0	58,4	2,5	3,8
CL 1092	37	13	107	92	68,9	68,4	1,2	1,4
CL 933	47	10	86	82	58,1	64,0	2,0	3,0
CL 212	25	13	91	90	62,8	64,1	2,6	5,7
CL 244	28	15	89	84	63,5	62,1	1,9	5,3
Gurí INTA CL	43	21	88	90	61,2	62,9	1,0	1,8
Inov CL	43	35	90	89	65,9	61,9	2,0	5,5
Media	37	20	92	88	63,1	63,1	1,9	3,8
CV %		18		4		2,2		22,9
Desvío		3,0		1,8		0,8		0,4

## CONCLUSIONES

La evaluación a escala pre comercial es un insumo importante para el programa de mejoramiento y permite detectar fortalezas y debilidades de los materiales antes de llegar a escala comercial. De las tres localidades planteadas originalmente solamente se pudo coleccionar información de dos. Los valores de rendimiento fueron buenos para el año, logrando excelentes rendimientos en Rocha con fechas de siembra tempranas.

El material híbrido no presentó ventajas en rendimiento en relación con los testigos comerciales CL 244 y CL 212 en las condiciones evaluadas. El comportamiento de Gurí INTA CL y las líneas experimentales de INIA no fue destacado en rendimiento en relación con los testigos mencionados anteriormente. CL 1092, material *japónica* tropical, posee un rendimiento igual a Gurí INTA CL con una excelente calidad molinera, asociada a valores bajos de yeso.

## BIBLIOGRAFÍA

**BLANCO, P.; MOLINA, F; MARTÍNEZ, S.; SILVERA, W.; VARGAS, J.; VILLALBA, M.** 2015. Evaluación de cultivares Clearfield®. En: Arroz-Soja, Resultados Experimentales 2014-15. Montevideo: INIA. p. 3:13-15. (Serie Actividades de Difusión, 748)

**BLANCO, P.; MOLINA, F; MARTÍNEZ, S.; SILVERA, W.; VARGAS, J.; VILLALBA, M.** 2016. Evaluación de cultivares Clearfield®. En: Arroz, Resultados Experimentales 2015-16. Montevideo: INIA. p. 3:25-27. (Serie Actividades de Difusión, 765)

**BLANCO, P.; PÉREZ DE VIDA, F.; MOLINA, F.** 2007. Development of Clearfield® rice in Uruguay. En: 4<sup>th</sup> International Temperate Rice Conference. Novara, Italy. Bocchi, S.; Ferrero, A.; Porro, A. (eds). Proceedings. Novara: ITRC. p. 256-257.

## EVALUACIÓN FINAL: CULTIVARES ÍNDICA Y JAPONICA TROPICAL

F. Pérez de Vida<sup>1</sup>

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

### INTRODUCCIÓN

El grupo de cultivares más destacados del Programa de Mejoramiento Genético alcanza el estadio de evaluación final en el que se busca valorar la interacción genotipo\*ambiente; se realizan ensayos similares en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL, con dos fechas de siembra), de Tacuarembó (en proximidades de Pueblo del Barro, UETbo) y en Paso Farías (Artigas, UEPF). En este grupo élite se integran cultivares con diferentes objetivos de mejoramiento, como *índicas* y *japónicas* tropicales de alto rendimiento, cultivares resistentes a herbicidas (tecnología Clearfield®) y en este año cultivares aromáticos.

### MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente análisis se incluyeron 3 experimentos, uno en cada sitio experimental. En el cuadro 1 se detallan prácticas de manejo implementadas en cada caso.

Cuadro 1. Aspectos de manejo de los ensayos en evaluación final, Treinta y Tres (UEPL), Tacuarembó Pueblo del Barro (UETbo) y Artigas Paso Farías (UEPF).

Localidad	Historia	Fechas de siembra	Fert basal*	Coberturas Nitrógeno*	Herbicidas
UEPL	Retorno 3 años de pradera	15 octubre	6 N 28 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0 KCl	77 kgN (54mac+ 23Prim)	Glifosato 5 lt/ha (pre-laboreo) Clomazone 0,5 lt/ha preemerg (25 oct) Cyperoff (50g), Quinclorac(1l/ha), Propanil (3l/ha) (13 nov)
UETbo	Retorno tras año intermedio (arroz 2015/2016)	11 octubre	5 N 30 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 25 KCl.	120 kgN (74mac + 46prim)	Glifosato 3,5 l/ha + Picloram 0,125 l/ha (19 set). Glifosato 1,5 l/ha, Clomazone 0,8 l/ha (16 oct) Penoxsulam-Cyhalofop 1,2 l/ha + Clomazone 0,5 l/ha (15 nov)
UEPF	Retorno 3 años	10 octubre	7,5 N+45 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 90 KCl	110 kgN (69mac+34Prim)	Glifosato 3,5 l/ha, Clomazone 1,0 l/ha (8 oct)

El grupo de cultivares en evaluación se constituyó con 9 cultivares testigos (variedades y un híbrido de uso comercial: El Paso 144, INIA Olimar, INIA Tacuarí, Parao, INIA Merín, CL212 y CL244, InovCL y Gurí INTA CL). El grupo orientado a manejos de herbicidas tradicionales fueron 13 cultivares del subtipo *índica*, (entre los cuales se cuentan 3 genotipos aromáticos y 7 del subtipo *japónicas* tropicales. En el subgrupo Clearfield® se evaluaron 3 líneas experimentales (datos no mostrados). En este artículo se resume la información de los cultivares del subgrupo *índica* y *japónica* de tipo convencional.

### RESULTADOS

**Cultivares *índica*.** Los ambientes de producción fueron de productividad media-alta con un promedio general de 9,58 t/ha. En un año de alta radiación para cultivos sembrados en fechas tempranas hubiese sido esperable la expresión de rendimientos de mayor cuantía. En general en UEPL, todos los cultivares alcanzaron su fecha de floración entre el 21/01 y el 4/02, por lo cual el período reproductivo no fue afectado por las muy bajas temperaturas que se registraron en el mes de febrero, situación que se puede hacer extrapolable a las demás localizaciones (datos no mostrados). Sin embargo, este estrés puede haber afectado el rendimiento medio en UEPL que fue significativamente inferior (8,36 t/ha), a los de UEPF (9,74 t/ha) y UETbo (11,10 t/ha); los cuales también difirieron significativamente entre ellos. En el caso de rendimiento

<sup>1</sup> Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [fperez@inia.org.uy](mailto:fperez@inia.org.uy).

(REND) no resultó significativa la interacción cultivar\*localización. Los cultivares testigos presentaron un REND acorde a lo esperado, destacándose la productividad de INIA Merín, respecto a El Paso144 en los dos ambientes más productivos (+1,20 t/ha, datos no mostrados). INIA Olimar presenta un menor REND en UEPL, en parte por daños de aves, afectando su rendimiento promedio.

En las líneas experimentales evaluadas se destacan en esta zafra SLF11072, SLI09197, SLI13208 y SLF11047 (Cuadro 2), con más de 10 t/ha promedio en REND y SSL (resultados similares a los históricos, Pérez de Vida 2018, en esta publicación). Algunos aspectos destacados de estos cultivares se expresan nuevamente como es el %YES relativamente alto (8,2%) en SLF11072, el bajo %ENT (56,4) en SLF11047. En ese grupo también se ubicó la novel SLF14071 con alto rendimiento medio, aunque su ENT fue menor a la base de comercialización.

Cuadro 2. Rendimiento, SSL, parámetros de molino y componentes de rendimiento\* en cultivares *índica* en evaluación final. Paso de la Laguna (UEPL), Treinta y Tres, Pueblo del Barro, Tacuarembó y Paso Farías Artigas, 2017-2018. (\* solo en UEPL).

Cultivar	REND	SSL	BT	ENT	YES	LA	Pan/m2	Gran/Pan	%Est	P1000
El Paso 144	9,51	9,54	69,9	62,6	5,9	3,09	523	90	15,8	28,2
INIA Merín	10,23	10,52	71,8	63,5	4,9	3,31	596	88	23,5	27,4
INIA Olimar	8,83	8,68	67,9	58,2	3,7	3,40	515	84	16,5	28,1
SLF11072	10,67	10,66	70,3	61,8	8,2	3,41	615	94	14,7	29,3
SLI09197	10,25	10,53	70,1	64,7	3,6	3,34	571	94	21,9	28,3
SLF14071	10,45	10,25	70,6	55,0	5,3	3,50	604	82	24,2	28,8
SLI13208	10,30	10,18	68,4	59,1	2,4	3,53	683	84	16,3	28,5
SLF11047	10,43	10,18	71,1	56,4	4,8	3,37	533	110	25,3	28,9
SLI09193	9,87	9,97	69,0	63,4	3,1	3,37	552	92	14,4	28,6
SLI13338A	9,03	9,74	71,4	68,2	1,2	3,01	606	73	18,9	28,1
SLI13363A	9,66	9,71	69,7	66,3	10,0	2,83	663	109	19,9	24,2
SLF14038	9,73	9,61	68,4	58,4	2,7	3,43	599	82	29,6	28,5
SLI13198	9,15	9,23	68,3	64,6	2,3	3,39	517	78	6,3	28,9
SLF14061	9,36	9,05	69,4	60,7	9,3	3,30	606	79	11,7	28,7
SLI14000	9,09	9,04	69,4	62,0	4,8	3,05	567	83	20,4	28,3
SLI13331A	8,89	8,83	68,9	63,7	5,2	3,06	460	89	18,2	28,4
Media	9,58	9,60	69,63	61,56	4,85	3,28	576	88	18	28
R2	0,71	0,74	0,87	0,91	0,85	0,99	0,50	0,66	0,60	0,65
R2 ajust	0,55	0,61	0,81	0,86	0,77	0,98	0,29	0,52	0,43	0,47
CME	1,20	1,18	0,70	2,46	1,53	0,03	71,55	8,95	5,43	6,25
Observ(n)	157	156	157	157	157	157	62	61	61	61
Cultivar	0,0026*	0,0011*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	0,0085*	<0,0001*	0,0002*	0,0002
Bloque[Localizacion]	<0,0001*	<0,0001*	0,0058*	0,0016*	0,0050*	0,0150*	0,1755	0,2193	0,7238	0,85
Localizacion	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	0,4053	<0,0001*				
Localizacion*Cultivar	0,1833	0,0304*	0,0043*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*				

21

El %YES presentó una significativa interacción genotipo\* ambiente (Figura 1). Sin embargo, se destacan SLI13208, SLI13198, SLF14038 y SLI13338A con muy bajos valores en todos los ambientes, similares a los de INIA Olimar.

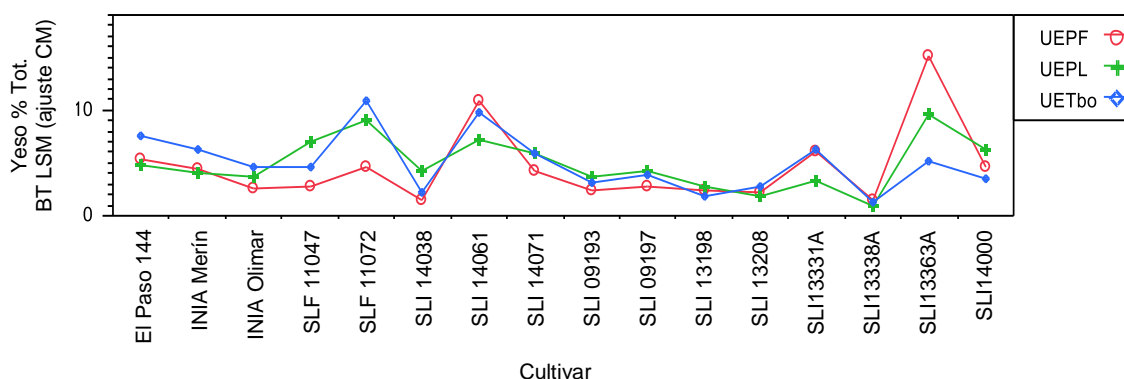


Figura 1. Porcentaje de Yesado en cultivares *índica* en Evaluación Final. Paso de la Laguna (UEPL), Treinta y Tres, Pueblo del Barro, Tacuarembó y Paso Farías Artigas, 2017-2018.

Cultivares *Japónica* tropical. La media de este grupo (Cuadro3) (8,21 t/ha) fue significativamente inferior a la obtenida por los cultivares *Indica* (9,58 t/ha). En esta comparación la interacción G\*E es significativa originada en una menor productividad de JTr en UEPL (Cuadro 4). En el grupo del subtipo *Japónica* resulta de igual manera una significativa interacción G\*E; INIA Tacuarí presenta muy bajos rendimientos por daño severo de aves en UEPL. El rendimiento de las líneas experimentales evaluadas en general no superan al testigo Parao que alcanzó una productividad estable en los 3 sitios. Sin embargo, en SSL los cultivares L9884 y L10509 obtienen aprox 1 t/ha más, con una producción física estable a través de todos los ambientes (Figura 2). En estas condiciones de la zafra, en general los valores de YES fueron superiores a la base de comercialización con la excepción de L9884, que presentó a su vez alto %ENT y %BT. L10097 de alto rendimiento medio, y en particular en el ambiente más productivo (UETbo) presentó niveles muy altos de YES, por lo cual, en SSL decae significativamente.

Cuadro 3. Rendimiento, SSL, parámetros de molino y componentes de rendimiento\* en cultivares *japónica* tropical en evaluación final. Paso de la Laguna (UEPL), Treinta y Tres, Pueblo del Barro, Tacuarembó y Paso Farías Artigas, 2017-18. (\* solo en UEPL).

Cultivar	REND	SSL	BT	ENT	YES	LA	Pan/m <sup>2</sup>	Gran/Pan	%Est	P1000
INIA Tacuarí	5,95	5,79	69,7	62,1	7,3	3,23	488	93	30,7	20,5
Parao	8,66	7,78	69,0	60,2	8,5	3,20	521	99	17,3	27,2
L10097	8,75	8,07	70,6	55,4	14,1	3,19	531	87	16,5	25,8
L10251	8,75	8,54	69,6	59,3	7,7	3,23	473	105	15,0	27,9
L10315	8,19	8,17	70,2	62,4	7,3	3,54	448	116	19,4	25,3
L10509	8,77	8,67	70,3	61,9	7,5	3,29	448	91	17,6	26,2
L10590	8,50	8,25	69,6	59,3	8,9	3,34	469	104	21,1	28,5
L10679	7,21	7,14	69,7	60,1	5,1	3,51	452	112	32,7	25,6
L9884	8,69	8,67	70,3	65,3	4,8	3,30	652	93	16,2	24,2
Media	8,21	7,98	69,9	56,8	7,9	3,31	498	101	20,4	25,7
R2	0,8	0,75	0,88	0,94	0,79	0,97	0,63	0,42	0,83	0,75
R2 ajust	0,6	0,59	0,81	0,90	0,66	0,95	0,46	0,14	0,75	0,69
CME	1,033	1,22	0,52	2,54	2,12	0,03	60,35	14,60	3,38	5,28
Observ(n)	87	87	86	86	86	86	36	35	35	35
Cultivar	<,0001*	<,0001*	<,0001*	<,0001*	<,0001*	<,0001*	0,0015*	0,137	<,0001*	0,001
Bloque-Localizacion	0,3447	0,5801	0,0008*	0,3086	0,0414*	0,3488	0,4177	0,4683	0,2651	0,365
Localizacion	<,0001*	<,0001*	<,0001*	<,0001*	<,0001*	<,0001*				
Localizacion*Cultivar	0,0003*	0,0019*	<,0001*	<,0001*	0,0180*	<,0001*				

Cuadro 4. Interacción G\*E según subtipos de arroz y localidades

		Rend (t/ha)
UETbo,Indica	A	11,03
UEPF,Indica	B	9,65
UETbo,Jap trop	B	9,43
UEPL,Indica	C	8,44
UEPL,Jap trop	D	7,80
UEPF,Jap trop	D	7,41

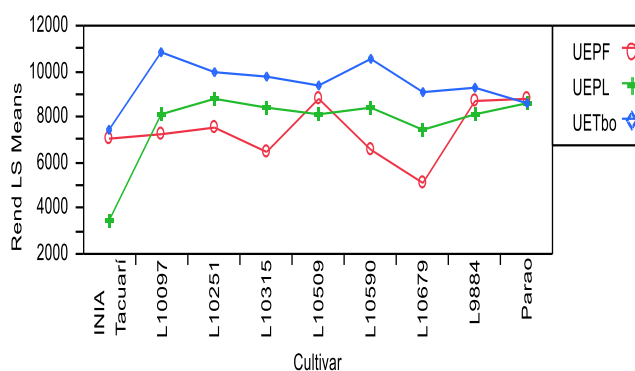


Figura 2. Interacción G\*E en cultivares *japónica* tropical en evaluación final. Paso de la Laguna (UEPL), Treinta y Tres, Pueblo del Barro (UETbo), Tacuarembó y Paso Farías (UEPF) Artigas, 2017-2018

## EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE CALIDAD AMERICANA – E5

F. Molina<sup>1</sup>, P. Blanco<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:** mejoramiento genético, arroz, *japónica* tropical

### INTRODUCCIÓN

En la zafra 2017/2018 se evaluaron 552 líneas experimentales de tipo *japónica* tropical (calidad americana). Estos cultivares se distribuyeron en ensayos avanzados, intermedios y preliminares. Siete de los cultivares en evaluación avanzada, también fueron incluidos en los ensayos internos de evaluación final y 5 de ellos en la Red de Evaluación de Cultivares. Los 190 cultivares en evaluación avanzada se agruparon en ensayos E5 (E5-1), E4 (E4-1 y E4-2) y E3 (E3-1 a E3-6), cumpliendo 5, 4 y 3 años de evaluación, respectivamente. Todos estos ensayos fueron sembrados en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL) y el ensayo E5 también fue sembrado en Paso Farías, Artigas. Las 187 líneas experimentales en evaluación intermedia fueron distribuidas en 7 ensayos E2. Complementariamente, en la zafra 2017/2018 ingresaron en evaluación preliminar 100 líneas experimentales, provenientes de cruzamientos locales, distribuidas en 2 ensayos E1 y 180 líneas de cultivo de antera del proyecto de selección genómica, introducidos de EEUU. En este artículo se presentan los resultados de la evaluación en UEPL de los cultivares *japónica* tropical más avanzados, conformado por 27 cultivares E5.

### MATERIALES Y MÉTODOS

En 2017/2018, el ensayo E5 fue sembrado el 16/10/2017. El diseño fue de bloques completos al azar, con tres repeticiones y las parcelas fueron de 6 hileras de 3,4 m a 0,20 de separación, con una densidad de siembra de 150 kg/ha. La fertilización basal fue realizada al voleo e incorporada con disquera, aplicándose 10 kg/ha de N, 28 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 28 kg/ha de K<sub>2</sub>O. Los ensayos recibieron dos aplicaciones de urea, en macollaje y primordio, de 53 y 28 kg/ha de N, respectivamente. El control de malezas fue realizado con una primera aplicación de clomazone de 0,5 l/ha en pre emergencia y propanil + quinclorac + pirazosulfurón (3 l/ha + 1 l/ha + 54 g/ha), en post emergencia. No se aplicaron fungicidas en el ensayo.

En el artículo se presenta un cuadro con la información y análisis estadísticos de la zafra 2017/2018, así como un resumen de los 5 años de evaluación para los cultivares de mayor rendimiento. En el cuadro de la zafra 2017-2018 se incluye información de los análisis de varianza, indicándose si existieron diferencias significativas para cultivares o repeticiones, a través del nivel de probabilidad (diferencias significativas: 0,05 > P > 0,01; muy significativas: P < 0,01). También se incluyen el coeficiente de variación (CV%) y la mínima diferencia significativa (MDS P < 0,05). Los signos de “+” y “-“ indican diferencias significativas de cada cultivar con el testigo Parao, en la respectiva columna de medias. En esta oportunidad, Parao está como testigo de alto rendimiento para material de tipo *japónica* tropical, debido a que INIA Tacuarí fue afectado por daño de pájaros. Se evaluó rendimiento, calidad industrial y culinaria, características agronómicas e incidencia de enfermedades del tallo. Esta última evaluación, al igual que la de *Pyricularia*, se realizó por el Sistema de Evaluación Estándar (SEE), con escala de 0 a 9. La información de resistencia a *Pyricularia* proviene del vivero con inoculación artificial.

### RESULTADOS

**A. Zafra 2017/2018.** El ensayo E5-1 tuvo un rendimiento promedio de 10 t/ha. El máximo rendimiento fue alcanzado por el testigo INIA Olimar, con 12,1 t/ha, sin superar significativamente al testigo Parao (Cuadro 1). Un tercio de los cultivares rindieron significativamente menos que el testigo Parao. No se incluyó a INIA Tacuarí como testigo de productividad debido a que fue afectado por daños de pájaro. Dentro del grupo de alto rendimiento, se encuentran 5 líneas (L10537, L10560, L10590, L10592 y L10503), dos de ellas hermanas, que superaron las 10,9 t/ha. Estas líneas tienen ciclos intermedios a largos, muy buen tipo de planta, buena sanidad en los tallos y resistencia a *Pyricularia* en hoja. El

<sup>1</sup> Ing. Agr., Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [fmolina@inia.org.uy](mailto:fmolina@inia.org.uy)

<sup>2</sup> Ing. Agr., M.Sc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. Hasta junio 2018.

comportamiento industrial en el año no fue bueno, con valores de entero bajos. Estos valores se pueden relativizar debido a que mucho de los materiales al momento de cosecha estaban algo verdes, lo que lleva a una disminución en el porcentaje de entero. El valor de yeso de las líneas no presenta problemas en términos generales. Para dicha variable, el testigo más adecuado y exigente es INIA Olimar, encontrándose algunos materiales como L10592 o L10503 con valores de 1, 7 y 2,6% respectivamente.

Cuadro 1. Evaluación Avanzada, E5-1, 2017/2018. Rendimiento, características agronómicas y calidad molinera en UEPL, para las 15 líneas más productivas y testigos.

N° Cultivar	Rend kg/ha	Flor. Días	Altura cm	Scl (1)	Rhizo. (1)	Pyri (1)	Entero %	Yesado %			
31 INIA Olimar	12135	106	85	+	4,3	1,3	6,0	59,0	3,8		
9 L 10537	12088	112	+	78	+	4,0	2,7	3,5	54,1	-	5,6
10 L 10560	11408	108	84	+	6,0	2,3	0,0	57,9	-	4,7	
32 El Paso 144	11175	113	+	84	+	7,0	3,0	6,0	55,9	-	3,3
14 L 10590	11160	112	+	72	3,3	-	2,3	0,0	56,4	-	3,6
30 Parao	11064	108	76	5,3	2,3	0,0	63,6	4,2			
15 L 10592	11039	111	+	77	2,7	-	1,0	3,5	62,3	1,7	-
5 L 10503	10903	112	+	75	3,0	-	3,7	0,0	63,7	2,6	-
7 L 10510	10786	111	77	3,0	-	1,0	0,0	60,8	3,3		
25 L 10724	10718	113	+	75	2,7	-	1,0	0,0	53,0	-	3,0
26 INIA Merín	10580	117	+	80	5,0	1,7	0,0	60,7	3,4		
8 L 10517	10564	113	+	73	2,3	-	0,0	3,5	62,1	2,3	-
4 L 10497	10522	109	75	4,3	2,7	0,0	58,8	3,4			
3 L 10492	10452	108	79	5,3	3,3	3,5	55,6	-	4,9		
20 L 10654	10366	114	+	75	4,3	1,0	0,0	54,4	-	2,6	-
16 L 10607	10351	106	75	5,3	4,7	3,5	63,1	3,6			
6 L 10509	10311	115	+	76	4,0	1,3	3,5	62,1	3,9		
24 L 10719	9921	110	77	3,7	0,7	0,0	55,2	-	3,4		
1 L 10393	9851	113	+	79	4,3	3,3	3,5	59,4	1,2	-	
11 L 10564	9795	107	90	+	3,3	-	1,3	3,5	64,4	1,1	-
2 L 10441	9532	-	111	+	81	4,0	0,0	0,0	59,8	3,3	
22 L 10679	9449	-	117	+	72	3,7	3,0	0,0	58,3	4,4	
12 L 10587	9375	-	110	77	3,0	-	1,0	3,5	56,0	-	5,1
23 L 10701	9315	-	103	-	79	5,3	0,7	0,0	60,9	4,4	
13 L 10589	9312	-	115	+	71	4,7	0,0	3,5	59,9	4,9	
28 INIA Caraguatá	9247	-	107	77	5,7	0,7	0,0	62,7	3,0		
18 L 10631	9169	-	118	+	75	5,3	0,0	0,0	59,1	3,4	
19 L 10632	9169	-	114	+	77	3,7	1,7	0,0	55,4	-	4,0
17 L 10613	8722	-	115	+	76	5,7	1,0	0,0	58,4	4,4	
21 L 10665	8651	-	118	+	73	4,3	1,0	0,0	54,1	-	5,2
29 INIA Tacuarí	5967	-	100	-	81	5,3	2,7	2,0	64,0	4,7	
Media	10128	111	78	4,4	1,7		59,0	3,9			
Prob. Bloque	0,00	0,43	0,53	0,00	0,00		0,18	0,05			
Prob. Cultivar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35		0,00	0,00			
CV %	8,4	1,8	4,7	25,2	115		5,6	22,5			
MDS (0.05)	1384	3,28	5,97	1,81	3,2		5,39	1,44			

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

**B. Comportamiento en las últimas zafras.** En el cuadro 2 se presentan los promedios de las líneas experimentales más productivas desde su ingreso a evaluación en UEPL, junto a las variedades testigo. Un grupo de 8 líneas ha logrado posicionarse entre Parao e INIA Olimar como los materiales más productivos, superando en 10 bolsas a El Paso 144. El ciclo de estos materiales es algo más largo que INIA Olimar con un porte de planta intermedio. Todas las líneas presentaron buena resistencia a *Pyricularia* en hoja en 5 años. Las enfermedades del tallo no representaron un problema en dicho material, aunque la línea L10537 tuvo valores algo superiores a los testigos en *Rhizoctonia*. La calidad molinera para blanco total y entero no presentó problemas sin embargo el porcentaje de yeso en algunos materiales no fue tan bajo como sería deseado. El tipo de grano es largo fino destacándose el largo de varias líneas que superan a INIA Olimar (6,8 mm) manteniendo una relación largo ancho de 3 a 3,2. Los parámetros de calidad culinaria están dentro de los valores esperados con dispersión en álcali en torno a 4 o 5 lo cual es típico para dicho material. El porcentaje de amilosa es intermedio



para todas las líneas a excepción de L10592, que quedaría descartada por un porcentaje de amilosa bajo.

Cuadro 2. Evaluación Avanzada, E5-1. Promedios de rendimiento, características agronómicas, calidad molinera y culinaria (5 años) en Paso de la Laguna, para las 15 líneas experimentales E5 de mayor rendimiento y testigos.

N°	Cultivar	Rend. kg/ha	Flor. Días	Altura cm	Scl (1)	Rhizo. (1)	Pyri (1)	B Tot. %	Entero %	Yesa. %	Largo mm	L/A	Alcali *	Amilo. %
14	L 10590	10368	104	80	2,6	4,3	0,5	69,6	62,9	6,8	7,1	3,1	4,1	19,4
9	L 10537	10305	105	87	3,5	5,0	0,9	69,5	61,0	8,9	7,2	3,2	5,0	21,8
31	INIA Olimar	10218	101	90	4,8	3,7	6,4	67,6	61,1	3,0	6,8	3,2	7,0	25,0
6	L 10509	10056	109	86	2,8	3,4	1,8	70,0	64,5	8,3	6,9	3,1	4,4	18,7
13	L 10589	9932	107	82	3,2	3,4	1,4	70,7	64,7	8,3	6,8	3,0	4,8	19,2
15	L 10592	9877	104	82	3,1	3,5	1,8	71,9	68,0	4,0	6,9	3,0	3,7	13,6
7	L 10510	9846	106	83	3,1	4,1	0,0	69,8	63,7	8,3	7,0	3,1	4,6	18,9
24	L 10719	9827	107	84	4,0	3,6	0,0	68,1	60,4	8,5	7,1	3,3	4,3	18,1
20	L 10654	9782	105	84	3,7	2,8	0,0	68,1	60,3	6,9	7,0	3,3	4,8	18,4
30	Parao	9744	104	82	3,9	4,0	0,4	69,0	64,0	8,5	6,9	3,1	4,4	21,9
4	L 10497	9716	105	81	3,0	3,6	0,0	69,4	64,0	5,6	6,3	3,1	4,9	20,4
8	L 10517	9708	106	83	2,7	3,3	1,4	69,6	64,3	6,4	6,9	3,1	4,5	19,8
25	L 10724	9704	109	84	3,3	3,2	0,3	67,7	59,1	5,9	7,2	3,4	4,8	18,8
10	L 10560	9699	103	95	3,5	3,6	0,0	67,8	62,3	6,9	7,0	3,2	4,5	20,7
2	L 10441	9697	106	84	3,5	3,3	0,3	68,1	62,6	8,5	6,5	3,1	4,5	18,0
5	L 10503	9695	108	82	2,8	3,6	0,0	68,5	64,3	6,8	6,5	3,0	4,8	19,2
12	L 10587	9685	107	84	3,1	3,0	1,4	68,8	61,9	8,8	7,1	3,2	4,3	20,1
3	L 10492	9681	105	85	3,7	4,3	1,6	69,7	63,6	6,4	6,6	3,1	4,6	19,1
22	L 10679	9525	109	82	3,1	3,8	0,0	68,6	61,2	7,0	7,1	3,3	4,5	18,9
19	L 10632	9500	107	83	2,7	2,8	0,0	68,5	62,0	8,4	7,1	3,2	4,7	18,0
18	L 10631	9423	108	83	3,3	3,4	0,0	69,2	63,3	6,5	7,1	3,2	4,7	16,9
17	L 10613	9355	108	80	3,2	3,0	0,9	69,1	61,1	8,8	7,1	3,2	4,6	18,0
21	L 10665	9336	110	83	3,3	2,9	0,0	68,5	61,7	7,0	7,1	3,2	4,8	19,0
23	L 10701	9332	100	88	3,9	3,4	0,0	68,2	62,1	4,3	6,9	3,3	4,2	18,2
16	L 10607	9320	103	83	3,9	5,2	0,9	70,6	65,7	5,7	6,5	3,0	4,8	16,7
32	El Paso 144	9302	108	93	6,1	4,2	6,4	68,6	61,3	5,4	6,6	3,0	7,0	23,8
1	L 10393	9215	107	83	3,4	3,8	2,3	67,9	61,7	2,8	6,3	3,2	6,7	19,6
11	L 10564	8251	103	92	2,7	3,3	0,9	70,3	66,9	1,2	6,6	3,2	4,6	19,2
	Media	9618	106	85	3,6	3,6	1,0	69,0	62,9	6,8	6,8	3,1	4,9	19,7

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

## CONCLUSIONES

Las 25 líneas experimentales E5 que se mantuvieron en evaluación en 2017-2018, luego de 4 años de ensayos, formaban parte de una generación de 350 líneas que ingresaron a evaluación preliminar en 2013-2014. Este germoplasma proviene de cruzamientos en los que se utilizaron progenitores masculinos *japónica* tropical de máximo rendimiento, excelente tipo de planta y sanidad en los tallos, pero alta incidencia de yesado, con progenitores femeninos de moderado rendimiento, pero excelente calidad molinera y aspecto de grano. Las líneas experimentales que llegaron a las etapas finales mantienen una ventaja interesante en rendimiento respecto a INIA Tacuarí y algo superior a Parao con yesos moderados. L10592 es una de las líneas al tope en rendimiento con un yesado bajo, pero el contenido de amilosa es bajo. Los dos materiales ingresados a la Red Nacional de Cultivares, L10590 y L10509, se encuentran entre los materiales más productivos, sanos y de buen porte. Sin embargo, los valores de yeso son similares a Parao principalmente para L10509, lo cual no representa una mejora. L10590 posee yeso más bajo, por lo que habrá que continuar evaluándola para la próxima zafra.

## BIBLIOGRAFÍA

BLANCO, P.; MOLINA, F.; MARTÍNEZ, S.; CARRACELAS, G.; VARGAS, J.; VILLALBA, M, ESCALANTE, F. 2017. Evaluación de cultivares de calidad americana – E5. En: Arroz 2017, Montevideo: INIA. p. 18-20. (Serie Técnica, 233).

## TOLERANCIA A RETRASO DE COSECHA EN VARIEDADES COMERCIALES DE ARROZ

M. Villalba<sup>1</sup>, J. Vargas<sup>2</sup>, P. Blanco<sup>3</sup>

**PALABRAS CLAVE:** calidad molinera, estabilidad, momento de cosecha

### INTRODUCCIÓN

El rendimiento en grano y la calidad molinera son afectados por aspectos climáticos, de manejo y genéticos. El momento de cosecha es uno de estos factores, ya que cosechas realizadas de manera anticipada o tardía, afectan el rendimiento de arroz cáscara y la calidad del mismo (Molina *et al*, 2007). Según Mc Cauley y Way (2001) (citado por Fariña *et al*, 2009), para optimizar el porcentaje de grano entero molinado el arroz debe ser cosechado con una humedad entre 17% y 21%. Si la cosecha no se hace oportunamente, habrá una disminución considerable de granos enteros (Torres y Martínez, 2010). Si bien existen diferencias varietales en calidad molinera y potencial de rendimiento, también existen diferencias en la tolerancia al retraso de cosecha, basadas en susceptibilidad a enfermedades, a vuelco y desgrane natural. Una vez alcanzada la humedad óptima de cosecha, una variedad susceptible tiende a presentar mayor número de fisuras en los granos cuando éstos experimentan ciclos de rehidratación y secado en el campo. El objetivo de este trabajo (tesis de grado de M. Villalba), fue determinar el efecto del retraso de cosecha en el rendimiento y calidad industrial de variedades de arroz.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con parcela dividida y tres repeticiones, considerándose Cultivar como parcela principal y Momento de Cosecha como subparcela. Se incluyeron los cultivares El Paso 144, INIA Olimar, INIA Merín, INIA CL212, INIA CL244, Inov CL, INIA Tacuarí y Parao. Se realizaron cuatro momentos de cosecha (MC1, MC2, MC3 y MC4), planteándose realizar el primero con 20-24% de humedad, y los restantes separados por 10 días. Cada subparcela fue de 6 hileras de 3,5 m a 0,20 m de separación. La figura 1 muestra las fechas de los MC y precipitaciones en el período.

El ensayo fue sembrado el 18/11/2016, con una densidad de 150 kg/ha, excepto para Inov CL (50 kg/ha). La fertilización basal fue realizada al voleo e incorporada con disquera, aplicándose 15 kg/ha de N, 39 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 53 kg/ha de K<sub>2</sub>O, seguida por dos aplicaciones de urea, en macollaje y primordio, de 53 y 37 kg/ha de N, respectivamente. El ensayo se mantuvo libre de malezas con dos aplicaciones de herbicidas, pero no se aplicaron fungicidas. En este resumen sólo se presenta información sobre porcentaje de humedad y verde a cosecha, rendimiento y porcentaje de entero. Para cada variable se presentan los promedios de cada Cultivar y MC, así como de la interacción de ambos y la separación de medias (Tuckey).

### RESULTADOS

**A. Porcentaje de humedad y verde.** En el análisis de varianza (ANOVA), se encontraron diferencias muy significativas en porcentaje de humedad entre cultivares y entre MC, así como para la interacción entre ambas. Parao tuvo una humedad promedio mayor que las restantes variedades, habiéndose realizado su MC1 en forma prematura. La humedad promedio de los MC disminuyó significativamente desde MC1 (21%) a MC3 (16,5%), manteniéndose posteriormente (Cuadro 1). INIA Merín fue la única variedad en la que la humedad de los distintos MC no varió significativamente.

Para porcentaje de verde, el ANOVA mostró diferencias muy significativas para Cultivar, MC e interacción. El porcentaje promedio disminuyó significativamente entre los MC, de 19,3% en MC1 a 1,2% en MC4 (Cuadro 1). INIA Merín y Parao tuvieron los mayores porcentajes promedio de verde, pero la disminución fue más rápida en la primera, mientras que Parao aún mantuvo 10% de verde en MC3.

<sup>1</sup> Laboratorista Asistente, INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [mvillalba@inia.org.uy](mailto:mvillalba@inia.org.uy)

<sup>2</sup> Asistente de Investigación, INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

<sup>3</sup> Ing. Agr., M. Sc., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. Hasta junio 2018.

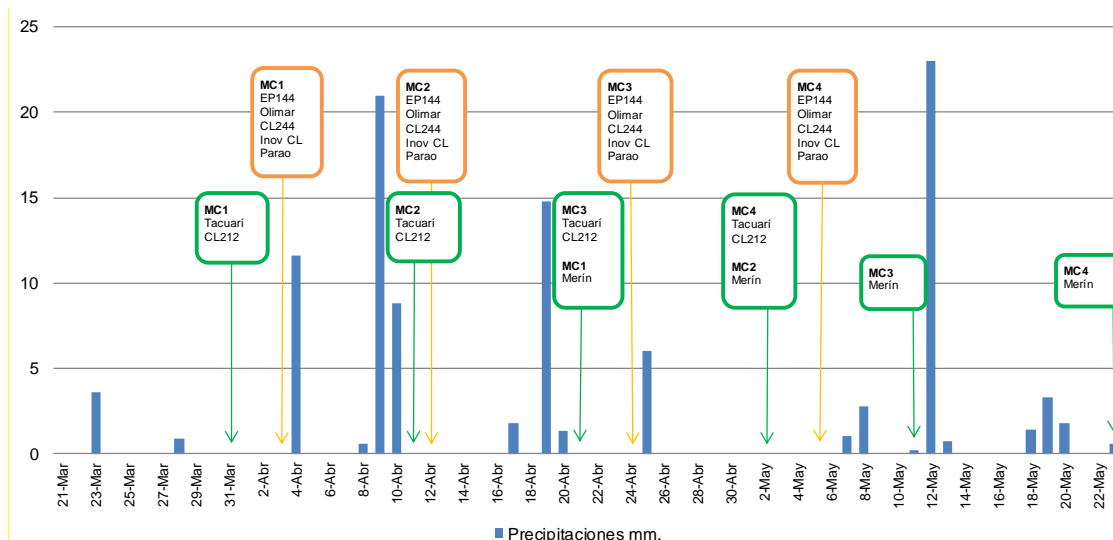


Figura 1. Precipitaciones en el período de cosecha y fechas de los distintos momentos de cosecha (MC) para cada variedad.

Cuadro 1. Porcentaje de humedad y verde a cosecha.

Cultivar	Momento de cosecha					Momento de cosecha				
	1	2	3	4	Media	1	2	3	4	Media
	% de humedad					% de verde				
1 El Paso 144	21,2 a	18,8 b	16,3 c	16,2 c	18 bc	16 a	6,3 b	3,2 bc	0,8 c	6,6 bc
2 INIA Olimar	20,4 a	18,2 b	15,5 c	16,2 c	18 c	12,9 a	8,6 a	1,3 b	0,4 b	5,8 bc
3 INIA Merín	18,3 a	17 a	16,9 a	17,1 a	17 cd	30,2 a	14,2 b	7,7 c	2,7 c	14 a
4 INIA CL212	18,6 a	16,6 b	16,3 b	14,5 c	17 d	13,3 a	3,3 b	0,6 b	0,3 b	4,4 c
5 INIA CL244	21,3 a	18,2 b	15,7 c	16,3 c	18 bc	19,3 a	6,3 b	2,5 bc	0,5 c	7,2 bc
6 Inov CL	22,2 a	18,9 b	15,2 c	16,6 c	18 bc	19,8 a	13,1 b	4,3 c	0,7 c	9,5 b
7 INIA Tacuarí	22,7 a	18,3 b	18,1 b	16,3 c	19 b	17,3 a	7 b	1,8 bc	0,4 c	6,6 bc
8 Parao	23,1 a	21 b	17,9 c	19 c	20 a	25,3 a	20,1 a	10,1 b	3,4 c	15 a
Media	21 a	18,4 b	16,5 c	16,5 c		19,3 a	10 b	4 c	1,2 d	

Medias con una letra en común no difieren significativamente entre sí. Para la interacción Variedad x MC, las letras indican diferencias entre momentos de cosecha dentro de cada variedad.

**B. Rendimiento.** Se observaron diferencias muy significativas entre variedades y MC, siendo significativa la interacción entre ambas. El rendimiento promedio de MC1 fue inferior a los de MC2 y MC3, registrándose una disminución que no alcanzó a ser significativa en MC4 (Cuadro 2). El mayor rendimiento promedio fue mostrado por el híbrido Inov CL, aunque no difirió significativamente de los de INIA Olimar, INIA CL 244 y Parao, todos ellos superando significativamente a El Paso 144, cuyo rendimiento pudo ser limitado por la fecha de siembra, al igual que el de INIA Merín. Respecto a la interacción Variedad x MC, algunos cultivares no mostraron diferencias de rendimiento significativas entre MC (El Paso 144, INIA Merín, INIA CL 212, INIA CL 244 e INIA Tacuarí), aunque éste tendió a disminuir en MC4 (excepto en INIA Tacuarí). Por el contrario, INIA Olimar, Inov CL y Parao tuvieron incrementos significativos entre MC1 y MC2. En el caso de Inov CL, el máximo rendimiento fue obtenido en MC3, tendiendo a declinar en MC4, asociado a vuelco, al igual que en otros cultivares *índica*. El rendimiento de Parao fue muy estable entre MC2 y MC4.

**C. Porcentaje de grano entero.** Hubieron diferencias muy significativas para Variedad, MC e interacción. INIA Tacuarí tuvo el mayor porcentaje de grano entero promedio, aunque no difirió del de El Paso 144, INIA CL 212 y Parao. El porcentaje de entero promedio de MC2 y MC3 fue mayor que los de MC1 y MC4 (Cuadro 3). Sin embargo, algunos cultivares mostraron buena estabilidad, con porcentajes de entero que no fueron significativamente diferentes entre los MC (El Paso 144, INIA Olimar, INIA Tacuarí). Inov CL, si bien tuvo su máximo entero en MC3, fue el cultivar más afectado por el retraso de cosecha en MC4.

Cuadro 2. Rendimiento de grano seco y limpio.

Cultivar	Momento de cosecha				Media
	1	2	3	4	
1 El Paso 144	7621 a	8282 a	8282 a	6796 a	7745 d
2 INIA Olimar	8724 b	11036 a	10065 ab	9505 ab	9832 ab
3 INIA Merín	8924 a	8437 a	8658 a	7936 a	8489 bcd
4 INIA CL212	7986 a	8879 a	9108 a	8370 a	8586 bcd
5 INIA CL244	9838 a	10044 a	9984 a	8658 a	9631 ab
6 Inov CL	7977 b	10162 a	11348 a	10687 a	10044 a
7 INIA Tacuarí	7167 a	8345 a	7993 a	8700 a	7873 cd
8 Parao	7670 b	9754 a	9670 ab	9974 a	9267 abc
Media	8238 b	9412 a	9449 a	8828 ab	

Medias con una letra en común no difieren significativamente entre sí. Para la interacción Variedad x MC, las letras indican diferencias entre momentos de cosecha dentro de cada variedad.

Cuadro 3. Porcentaje de grano entero.

Cultivar	Momento de cosecha				Media
	1	2	3	4	
1 El Paso 144	65,4 a	66,7 a	64,9 a	65,2 a	65,5 ab
2 INIA Olimar	63,7 a	64,0 a	64,8 a	62,9 a	63,9 b
3 INIA Merín	65,4 a	64,7 ab	63,5 ab	62,2 b	64,0 b
4 INIA CL212	62,0 b	65,7 a	65,1 a	65,9 a	64,7 ab
5 INIA CL244	61,0 b	65,1 a	64,8 a	63,2 ab	63,5 b
6 Inov CL	59,7 b	60,4 ab	62,9 a	58,6 b	60,4 c
7 INIA Tacuarí	65,7 a	68,5 a	67,4 a	67,2 a	67,1 a
8 Parao	61,7 b	64,4 ab	66,6 a	64,6 a	64,3 ab
Media	63,1 b	64,8 a	65,0 a	63,7 b	

Medias con una letra en común no difieren significativamente entre sí. Para la interacción Variedad x MC, las letras indican diferencias entre momentos de cosecha dentro de cada variedad.

## CONCLUSIONES

Si bien las condiciones en las que se realizó el ensayo determinaron que el porcentaje de humedad se estabilizara en 16,5% en MC3 y MC4, el porcentaje de verde siguió disminuyendo hasta 1,2% en MC4. El híbrido Inov CL, generalmente cosechado temprano en cultivos comerciales, para evitar problemas de desgrane y vuelco, alcanzó su máximo rendimiento y porcentaje de entero en MC3, lo cual puede asociarse a que la baja densidad de siembra, alto macollaje y buen tamaño de panoja requieran un tiempo adicional para uniformizar la madurez de los granos. Sin embargo, el rendimiento y porcentaje de entero fueron afectados con una cosecha 10 días más tardía (MC4). Los resultados confirman que Parao tiene una importante pérdida de rendimiento en una cosecha temprana y que mantiene buena estabilidad de rendimiento y porcentaje de entero en cosechas tardías. Otros cultivares, como El Paso 144, INIA Olimar, INIA Tacuarí, INIA CL212 e INIA CL244 sostuvieron buenos porcentajes de entero al atrasar la cosecha.

## BIBLIOGRAFÍA

**FARIÑA, J.S.; PLATERO, S.** 2009. Efecto de momentos de retiros de agua y de cosecha en la variedad INIA Olimar (*Oryza sativa* L.). [Tesis de Grado]. Montevideo: Facultad de la República. 108 p.

**MOLINA, F.; ROEL, A.; MUTTERS, R.** 2007. Riego: efecto del momento de retiro del agua y cosecha en INIA Olimar. En: *Arroz, resultados experimentales 2006-2007*. Montevideo: INIA. p.11-21. (Serie Actividades de Difusión, 502)

**TORRES, E.; MARTÍNEZ, C.** 2010 El mejoramiento del arroz. En: Degiovanni, V.; Martínez, C.; Motta, F.; (eds). *Producción eco-eficiente del arroz en América Latina*. Tomo 1. Cali: CIAT, 2010. p.171.

## HÍBRIDOS DE ARROZ

F. Molina<sup>1</sup>, P. Blanco<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:** Potencial de rendimiento, vigor, calidad

### INTRODUCCIÓN

Uno de los desafíos más importantes de la agricultura para los próximos 50 años será producir suficientes cantidades de alimentos para la creciente población mundial. La tasa de incremento de la producción de arroz en todo el mundo se ha estancado en los últimos diez años (Yang *et al.*, 2007). El último "gran salto" en el rendimiento de arroz se produjo en la década de 1960. Durante ese periodo, el Instituto Internacional de Investigación en Arroz (IRRI) desarrolló la variedad de arroz semi-enana IR 8, la cual producía dos toneladas más por hectárea que otras variedades comerciales. Los programas asiáticos y sudamericanos de mejoramiento, rápidamente adoptaron IR 8 para introducir el rasgo semienano en germoplasma adaptado, lo que fue pilar fundacional de la llamada "revolución verde". Con la contribución de IR 8, el rendimiento del arroz aumentó de 4 t/ha a 6 t/ha en Asia. Luego de la revolución verde, se han realizado mejoras en las prácticas de manejo, fertilización nitrogenada, pesticidas para el control de malezas, hongos e insectos, pero las variedades convencionales han alcanzado una meseta de rendimiento (Peng, 1999). El arroz híbrido ha demostrado ser una tecnología efectiva para aumentar los rendimientos no solo en China, sino también en otros países como Filipinas, Bangladesh, Indonesia, Pakistán, Ecuador, Guinea y los EE. UU. (Longping, 2004). La tecnología de arroz híbrido, según algunos investigadores, pudo aumentar el rendimiento en grano en ~ 20-30% bajo condiciones de riego en China.

### HETEROSIS

La ventaja de rendimiento producida por los híbridos en el arroz y otros cultivos puede ser explicado por la teoría de la heterosis. En el caso del arroz, la heterosis se refiere al fenómeno de que la progenie de cruces de diversas variedades endogámicas es superior a ambos padres para rendimiento, tamaño de panícula, número de espiguillas por panícula, número de tallos productivos, tolerancia al estrés, etc. De acuerdo con varios informes (Peng *et al.*, 2007; Cao y Zhang, 2014), la heterosis en el arroz fue descrita por primera vez por Jones en 1926, quien descubrió que las plantas de arroz F1 producían más tallos y rendimiento en grano que las variedades. Las tres hipótesis clásicas para la explicación de la heterosis son dominancia, sobre dominancia y epistasis. La hipótesis de la dominancia describe la acción complementaria de los alelos superiores de ambas líneas endogámicas parentales en múltiples loci sobre los alelos desfavorables correspondientes, lo que lleva al vigor híbrido (Jones, 1917). La teoría de la sobredominancia afirma que el híbrido heterocigoto (Aa) en uno o más loci es superior a cualquiera de los padres homocigotos (AA o aa) (Goff, 2013). En el arroz, la teoría más compleja y aceptada para explicar la heterosis es la epistasis (Cao y Zhang, 2014). La teoría describe la interacción entre y dentro de locis de alelos favorables para diferentes genes aportados por los dos padres. Cada gen, por si solo, puede mostrar una acción aditiva, dominante o sobredominante.

### HÍBRIDOS Y MACHOESTERILIDAD

El arroz es típicamente una planta autopolinizada o autofecunda, aunque se crean híbridos comerciales utilizando líneas macho estériles como progenitores femeninos que no producen polen viable. Los dos principales sistemas de reproducción híbrida consisten en el sistema CMS de tres líneas (machoesterilidad citoplasmática) o el método PTGMS de dos líneas (machoesterilidad foto-termosensible). El sistema de tres líneas utiliza una línea CMS, una línea restauradora y una línea mantenedora CMS, para producir semillas híbridas F1 y

<sup>1</sup> Ing. Agr., Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [fmolina@inia.org.uy](mailto:fmolina@inia.org.uy)

<sup>2</sup> Ing. Agr., M.Sc. INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. Hasta junio 2018

mantener la línea CMS. Este sistema se ha utilizado en China desde la década de 1970 con éxito.

En 1973, un mutante espontáneo con macho esterilidad genética por fotoperiodo (PGMS) fue encontrado en *Oryza sativa* variedad japónica Nongken 58, en la provincia de Hubei, China. Este mutante dio lugar al sistema de dos líneas, con la particularidad que la misma línea, se puede utilizar para producir semilla híbrida en condiciones de días largos o cuando la temperatura está por encima de un punto crítico, usualmente 28 °C (Longping, 1990). A su vez, se pueden usar como línea mantenedora en condiciones de días cortos o por debajo de un punto crítico, usualmente 23°C durante etapas de crecimiento sensibles. Este sistema es una innovación importante para aprovechar el vigor híbrido en el arroz. En comparación con el sistema de tres líneas, las ventajas del sistema incluyen, una gama más amplia de recursos de germoplasma utilizados como padres, una mejor calidad del grano y mayores rendimientos, y procedimientos más sencillos para la reproducción y producción de semilla híbrida (Cao y Zhang, 2014; Yang, 2007). Sin embargo, el sistema TGMS (termosensible) exhibe algunos desafíos. Durante la producción de semillas híbridas bajo altas temperaturas, una caída repentina en la temperatura puede ser catastrófica, debido a una reversión en la fertilidad que resultaría en autofecundación de semillas de la planta macho estéril (Nas *et al.*, 2005). La mayoría (> 95%) de las líneas PTGMS utilizadas en la producción de arroz híbrido en China, se derivaron de tres líneas progenitoras independientes, Nongken 58S (NK58S), Annong S-1 y Zhu 1S. Según algunos estudios el sistema de dos líneas puede aumentar el rendimiento en un 5-10% sobre el sistema híbrido de tres líneas. En los últimos años, los híbridos de dos líneas se han adaptado a la producción de granos a gran escala en China. Desde los años 90 el área de híbridos en China ha seguido aumentando cada año utilizando ambos sistemas (Cao y Zhang, 2014).

#### **DESARROLLO DE HÍBRIDOS DE ARROZ FUERA DE LA REGIÓN**

El área mundial del arroz en los últimos 9 años ha variado entre 156 y 161 millones de hectáreas. India y China son los mayores productores mundiales con 43 y 30 millones respectivamente. Estos mismos países son pioneros en la adopción de híbridos llegando en el caso de China a 50 % del área e India al 7%. Particularmente en China alrededor de 3 millones de hectáreas son plantadas con híbridos de 2 líneas y 12 millones con híbridos de 3 líneas o CMS. En Estados Unidos, si bien la adopción es más reciente, la tecnología ha tenido una tasa de adopción muy elevada en los últimos 13 años. Arkansas es el estado productor de arroz más grande con el 51% del área total de arroz. En el año 2003 por ejemplo, los híbridos se plantaban en menos del 1% de las tierras de arroz, sin embargo, en 2014 el área de arroz híbrido en este estado aumentó a casi 40%, a 27% en Louisiana, y al 43% en Texas. Hasta la fecha, los híbridos comerciales de EE. UU. son producidos exclusivamente por RiceTec, Inc. de Alvin, Texas. Su germoplasma se originó en China, pero fue mejorado durante dos décadas para su adaptación a las condiciones ambientales en los Estados Unidos.

#### **DESARROLLO DE HÍBRIDOS EN LA REGIÓN**

En América Latina dicha tecnología es más reciente con relación a China y a USA. Los esfuerzos para el desarrollo de arroz híbrido comenzaron a principios de los 90's a través de la participación de Embrapa-Cirad, Fedearroz de Colombia y posteriormente RiceTec. Esta última fue la primera empresa en liberar híbridos comerciales para el Cono Sur en 2004. En Brasil el área de híbridos creció rápidamente de mil hectáreas en el 2004 a 110 mil hectáreas en el 2014. Las mismas se concentran en la zona sur de Brasil, distribuidas en Rio Grande del Sur (70 mil ha) y Santa Catarina (20 mil ha). Este desarrollo estuvo básicamente basado en INOV CL. Dicho híbrido "subsana" algunos problemas que habían tenido híbridos anteriores en termino de calidad de grano. A nivel nacional, el primer híbrido comercial y de alto potencial de rendimiento fue Avaxi en su versión convencional y Clearfield®. El mismo fue plantado en un área reducida y no prosperó básicamente por problemas de calidad y vuelco. En el año 2009 la misma empresa liberó Inov, y posteriormente Inov CL. Dicho cultivar no posee tal ventaja en rendimiento como Avaxi pero posee una calidad molinera y culinaria adecuada a las exigencias de Uruguay y la región. En la figura 1 se puede ver la evolución de área sembrada con híbridos en los últimos 7 años. En los últimos años el área ha tendido a bajar levemente, ubicándose en

torno al 10% en esta última zafra. Los elevados costos de la producción, el elevado potencial de las variedades y pequeñas diferencias en calidad quizás estén explicando dicha reducción.

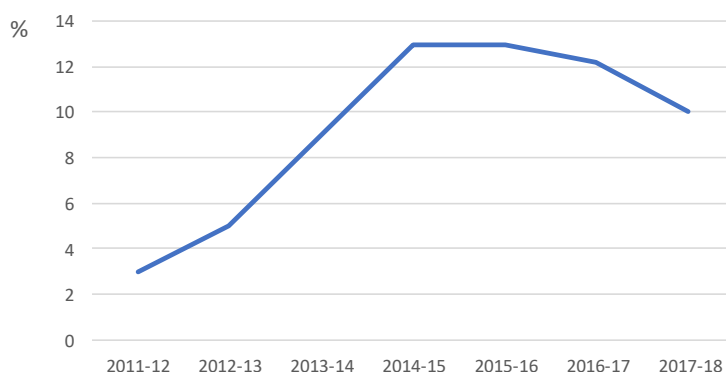


Figura 1. Porcentaje de área sembrada por año con híbridos en Uruguay  
Nota: El área corresponde solamente a INOV CL

### PERSPECTIVAS DEL PROGRAMA NACIONAL

El Programa Nacional de Producción de Arroz de INIA desde hace más de 15 años se ha involucrado en el desarrollo de híbridos adaptados para la región. En un principio desarrollando un acuerdo de transferencia de parentales a la empresa RiceTec para su uso en combinaciones híbridas. Como producto de este esfuerzo se pudo desarrollar el primer híbrido para la región superando las 100 mil hectáreas se siembra en el 2014. Paralelamente a esto en el año 2012 INIA fue socio fundador del Consorcio de Híbridos de Arroz para América Latina (HIAAL) formado por varios países de la región, el CIAT y el FLAR. El mismo ha permitido ser partícipes del desarrollo de la tecnología, sacar provecho de una red extensa de evaluación multiambiental al mismo tiempo que se explota un germoplasma bastante diverso aportado por los socios. Este esfuerzo también permite reducir los costos de la investigación en relación con un programa de híbridos independiente maximizando las capacidades de cada porgama.

### BIBLIOGRAFÍA

- CAO, L., & ZHAN, X.** 2014. Chinese experiences in breeding three-line, two-line and super hybrid rice. In Rice-Germplasm, Genetics and Improvement. InTech.
- GOFF, S. A., & ZHANG, Q.** 2013. Heterosis in elite hybrid rice: speculation on the genetic and biochemical mechanisms. *Current opinion in plant biology*, 16(2), 221-227.
- JONES, J. W.** 1926. Hybrid vigor in rice. *J. Am. Soc. Agron*, 18:423-428.
- LONGPING Y.** 1990. Progress of two-line system hybrid rice breeding. *Sci Agric Sin* 23(3):1-6.
- LONGPING Y.** 2004. Hybrid Rice for Food Security in the World. *FAO Rice Conference* 04/CRS.21
- PENG, S., CASSMAN, K. G., VIRMANI, S. S., SHEEHY, J., & KHUSH, G. S.** 1999. Yield potential trends of tropical rice since the release of IR8 and the challenge of increasing rice yield potential. *Crop Science* 39:1552-1559.
- PENG, H. F., ZHANG, Z. F., WU, B., CHEN, X. H., ZHANG, G. Q., ZHANG, Z. M., ... & LU, Y. P.** 2008. Molecular mapping of two reverse photoperiod-sensitive genic male sterility genes (rpms1 and rpms2) in rice (*Oryza sativa* L.). *Theoretical and applied genetics*, 118(1), 77-83.
- YANG, W., PENG, S., LAZA, R. C., VISPERAS, R. M., & DIONISIO-SESE, M. L.** 2007. Grain yield and yield attributes of new plant type and hybrid rice. *Crop Science*, 47(4), 1393-1400.

## ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO DE ARROZ: INCIDENCIA DE FACTORES CLIMÁTICOS EN EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES

F. Pérez de Vida<sup>1</sup>, S. Scheffel<sup>2</sup>, I. Macedo<sup>3</sup>

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

### INTRODUCCIÓN

En los últimos 20 años el rendimiento nacional de arroz ha aumentado a una tasa aproximadamente de 150 kg/ha/año, explicado por la adopción de cultivares de alto rendimiento, prácticas culturales mejoradas y condiciones ambientales favorables; en tanto, el rendimiento promedio en las últimas zafas se ubicó en el rango 8,1-8,6 t/ha. A su vez el rendimiento experimental, para un mismo grupo de variedades en igual período ha aumentado 104 kg/ha/año. En el presente trabajo se estudia, para una serie de 20 zafas, el comportamiento productivo de variedades comerciales en condiciones experimentales en relación a factores climáticos, con el objetivo de entender la interacción entre genotipos y ambiente; esto permite la generación de nuevas hipótesis de trabajo en mejoramiento genético así como la orientación en pautas generales de manejo del cultivo.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizan datos de 20 años de la evaluación final de cultivares, del Programa de Mejoramiento Genético de Arroz (PMGA) de INIA Treinta y Tres, Unidad Experimental Paso de la Laguna. El manejo de estos experimentos se hace de forma estándar: inicio del riego 30-45 días postemergencia, fertilización de 70-100 kg/ha N total, aproximadamente 50 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a la siembra, y sin aplicaciones de fungicidas. La información climática fue extraída del banco de datos agroclimatológico del portal INIA GRAS, recabada en la estación de INIA Treinta y Tres. Para este trabajo se recopilaron datos diarios de: temperatura máxima (TMAX) y mínima (TMIN), días con temperatura inferior a 15°C (DIAS T<15) y radiación solar por heliofanía en cal/cm<sup>2</sup>/día (RAD) desde la zafra de 1996-1997 hasta la zafra de 2015-2016. En el presente trabajo se incluyen cuatro cultivares, El Paso 144 (EP144) e INIA Olimar (Olimar) del subtipo *Indica*; INIA Tacuarí (Tacuarí) y Parao, del subtipo *japónica* tropical. Se definieron cuatro períodos para evaluar la incidencia climática sobre el rendimiento y sus componentes. Se tomó como día cero el registrado como 50% de floración, partir del cual se estimaron los períodos de referencia (Cuadro 1) y se vincularon a los componentes que se definen principalmente en cada uno de ellos.

Cuadro 1. Períodos definidos para evaluar la incidencia del clima en rendimiento y sus componentes.

Período	Días comprendidos	Componente de rendimiento*
0	40-20 días prefloración	Pan/m <sup>2</sup> , GrTot
1	20 días prefloración	Pan/m <sup>2</sup> , GrTot
2	10 días pre y 10 días pos-floración	%Est, P1000
3	20 días pos-floración	P1000

\* Pan/m<sup>2</sup> – panjoja/m<sup>2</sup>; GrTot – Granos totales por panjoja; %Est - % esterilidad; P1000 – Peso de 1000 granos

El análisis se realizó con el software JMP 13.0, de SAS Institute Inc. Para analizar los efectos de componentes y clima sobre el rendimiento se utilizó un promedio de las repeticiones de cada unidad experimental, mediante el análisis de sendero (Path Analysis). Para su elaboración se ajustó un modelo que estima rendimiento a partir de los componentes, del cual se obtuvo el beta estandarizado y el coeficiente de determinación R<sup>2</sup>. El modelo de regresión utilizado es:  $Y = a + bx + \varepsilon$ ; siendo: Y = rendimiento, a = término independiente o intercepto, b = parámetro (pendiente), x = Pan/m<sup>2</sup>, GrTot, %Est, P1000,  $\varepsilon$  = Error experimental.

Por otra parte, para componentes en función de variables climáticas primero se procedió a realizar un modelo de regresión múltiple utilizando el método Stepwise. Se utilizó la

<sup>1</sup> Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [fperez@inia.org.uy](mailto:fperez@inia.org.uy)

<sup>2</sup> Tesis de Grado, Facultad de Agronomía

<sup>3</sup> Ing. Agr. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción y Sustentabilidad Ambiental. [imacedo@inia.org.uy](mailto:imacedo@inia.org.uy)



metodología mixta. Este método selecciona algunas variables de todas las posibles para todos los períodos en consideración. El modelo de regresión utilizado es:  $Y = a + bx + \epsilon$ ; donde:  $Y = \text{Pan/m}^2, \text{GrTot}, \% \text{Est}, \text{P1000}$ ,  $a = \text{término independiente o intercepto}$ ;  $b = \text{parámetro (pendiente)}$ ;  $x = \text{TMIN}, \text{TMAX}, \text{RAD}, \text{DIAS}$ ;  $\epsilon = \text{Error experimental}$ . También se hace un modelo para rendimiento en función de variables climáticas, con la misma metodología que se hizo componentes en función de variables climáticas.

**RESULTADOS**

El rendimiento varió según época de siembra (ES), así como resultó una interacción significativa con el subtipo de arroz (Figura 1). En ES temprana (definidas hasta el 15 de octubre) no hay diferencias estadísticas entre los subtipos, aunque la media del subtipo *índica* es 400 kg/ha mayor. En ES intermedia (15 de octubre-15 de noviembre) las diferencias no son significativas, con medias difiriendo en solo 200 kg/ha. El rendimiento en el conjunto de siembras hasta 15 de noviembre se ve maximizado con genotipos *índica*. En cambio, la diferencia entre los subtipos es significativa en ES tardía, en las cuales el subtipo *japónica* rinde 600 kg/ha más que *índica*.

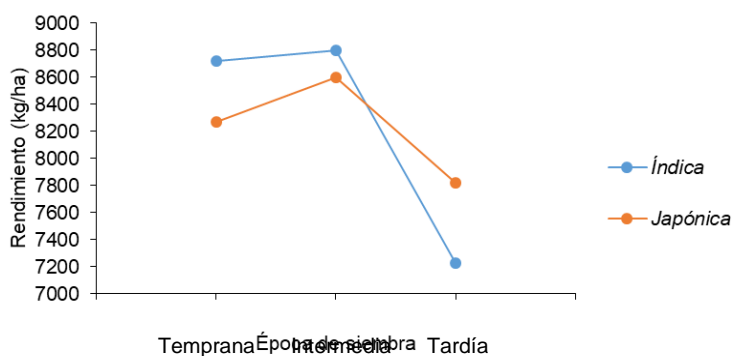


Figura 1: Rendimiento en función de época de siembra y subtipo de arroz (*índica* -cultivares El Paso 144, INIA Olimar- y *japónica* tropical -INIA Tacuarí y Parao-) y 3 épocas de siembra (Temprana, Intermedia y Tardía), en 20 zafras (1996-1997-2015-2016), UEPL. Letras indican separación de medias por prueba t de Student, los niveles no conectados por la misma letra son significativamente distintos  $\alpha=0,05$ .

Las variaciones en rendimiento vinculadas a fechas de siembra (Figura 1) son una función de la variación en variables climáticas asociadas al ciclo de vida, dado el momento de siembra de los genotipos. En la figura 2 se muestra el diagrama de análisis de sendero, explicando el rendimiento de grano en función de los factores climáticos. Los factores más importantes se seleccionaron con el método paso a paso (Stepwise), definiéndose así a TMIN2 y RAD2 que se asocian de modo causal a las variaciones en rendimiento; la radiación entorno a floración (+/-10 días) resulta la variable más importante (Stansel 1980; Macedo 2013).

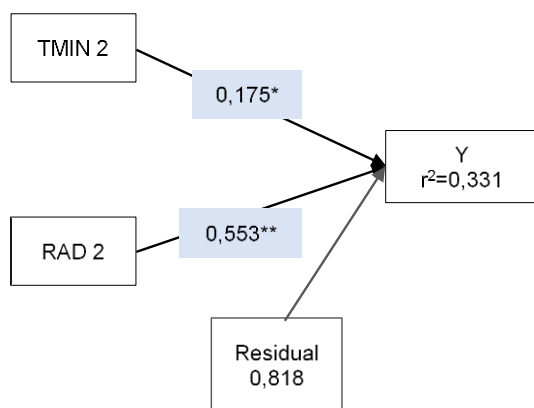


Figura 2: Rendimiento en función de factores climáticos, en 4 cultivares (El Paso 144, INIA Olimar, INIA Tacuarí y Parao) y 3 épocas de siembra (Temprana, Intermedia y Tardía), en 20 zafras (1995-1996-2015-2016), UEPL. (\* y \*\*, representa significativo con  $P=0,05$  y  $P=0,01$  respectivamente)

Por otra parte, en la figura 3, se presenta el diagrama de sendero para rendimiento de grano en función de sus componentes (pan/m<sup>2</sup>, granos totales por panoja, % de esterilidad y peso de 100 granos), y a su vez el modelo que explica las variaciones en estos componentes en función

de variables climáticas. Estas variables climáticas consideradas fueron aquellas relevantes en el momento de definición del componente (por ejemplo peso de 1000 granos estaría principalmente influenciado por las condiciones ambientales pos floración); mientras que en cuadro 2 se presentan los efectos directos e indirectos de los componentes sobre el rendimiento.

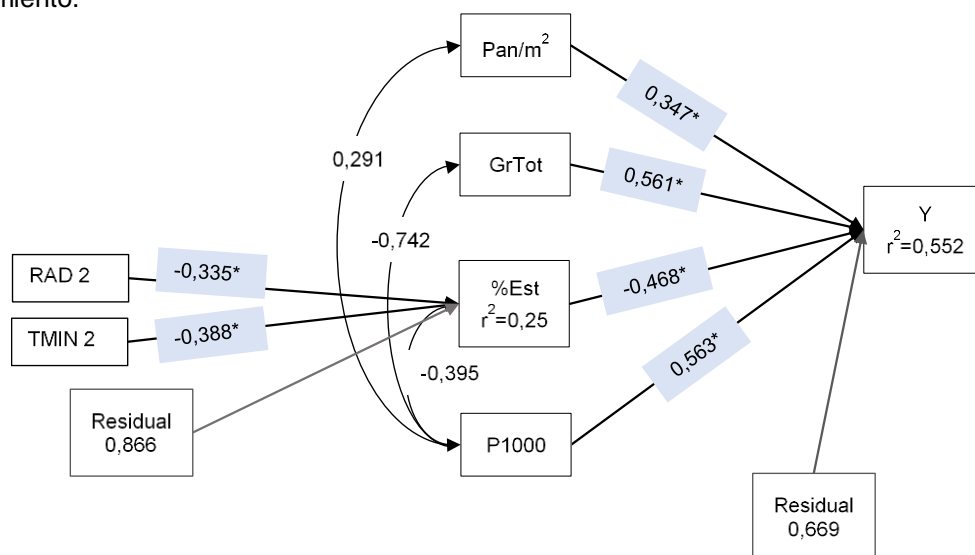


Figura 3. Diagrama de análisis de sendero para rendimiento en función de sus componentes, y efectos de variables climáticas en estos, en los 4 cultivares y 3 épocas de siembra (condiciones generales). (\* significativo con  $P=0,05$ ).

De acuerdo a estos resultados, todos los componentes tienen un efecto directo significativo sobre el rendimiento de grano; siendo peso de mil granos (P1000) y granos totales por panoja (GrTot) los que presentan beta estandarizado de mayor valor absoluto. Sin embargo, al considerar los efectos indirectos, el componente GrTot pierde esa importancia, debido al fuerte efecto indirecto a través de P1000 (alta correlación negativa entre dichos componentes). En este balance de efectos directos e indirectos (aquellos a través de las variables con las que se correlaciona, resulta que el componente más importante es %Est, con la suma de los efectos directos e indirectos más alta:  $-0,635$ . Por otra parte, panojas por m<sup>2</sup> (Pan/m<sup>2</sup>) y P1000 tiene un efecto total similar, ambos positivos y de relevancia, indicando la importancia de un alto macollamiento efectivo y del peso de granos en el rendimiento, con escasa interacción con las variables climáticas. En relación a éstas, solo el componente %Est es afectado significativamente. Las variables RAD y TMIN en el momento 2, inciden presentando un beta estandarizado numéricamente similar y de igual signo (negativo).

Cuadro 2: Efectos directos, indirectos y total de los componentes sobre rendimiento

	Pan/m <sup>2</sup>	GrTot	%Est	P1000
Directo	0,347	Directo 0,561	Directo -0,468	Directo 0,563
Indirecto	0,065	Indirecto -0,500	Indirecto -0,167	Indirecto -0,130
Efecto total	0,412	Efecto total 0,060	Efecto total <b>-0,635</b>	Efecto total 0,433

De esta manera se concluye que, en condiciones del Este del país, las variables RAD y TMIN, en momento 2 (aprox. 20 días en torno a floración) son los factores climáticos más importantes en la variación del rendimiento del cultivo. La fecha de siembra condiciona así la disponibilidad esperada de recursos ambientales y por ende el rendimiento; la ES temprana (mes de octubre) incrementaría la radiación disponible en el periodo de importancia crítica ( $\pm 10$  d entorno a floración) al ubicarlo en un periodo de alta disponibilidad (mes de enero), así como disminuiría la incidencia de bajas temperaturas y por ende minimizando el %Est.

## ESTADO ACTUAL DE LAS VARIEDADES DE ARROZ EN EL CONO SUR Y PERSPECTIVAS DE NUEVOS CULTIVARES PARA LA REGIÓN

Y. Sanabria<sup>1</sup>

**PALABRAS CLAVE:** productividad, resistencia a enfermedades, diversidad

### INTRODUCCIÓN

Durante la zafra 2017/2018, se sembraron aproximadamente 1,6 millones de hectáreas de arroz en el Cono Sur (Argentina, Chile, Paraguay, Rio Grande do Sul y Uruguay) con rendimientos cercanos a las 7,5 t/ha. Gran parte del área principalmente en Argentina, Paraguay y Rio Grande do Sul fue sembrada con variedades resistentes a herbicidas del grupo Imidazolinonas (Clearfield®) como el Kifix., llegando al 80% del área con arroz Clearfield® en Rio Grande do Sul. Así, las variedades de arroz más plantadas en la región durante la última zafra fueron IRGA 424 RI, Gurí INTA CL y Puitá INTA CL. Por otra parte, en Uruguay se destacan las variedades convencionales INIA Olimar, El Paso 144 e INIA Tacuarí, que se mantienen por su alto rendimiento, y calidad diferencial; todas ellas con más de 15 años en el mercado y con susceptibilidad a Brusone. Por su parte, Chile se diferencia por su pequeña área de aproximadamente 25 mil hectáreas dedicadas a la siembra de variedades convencionales de granos largo ancho de tipo *japónica* templado como Zafiro y Platino. Por el momento no se siembran variedades Clearfield® en Chile, pero el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) está próximo a liberar una variedad con esta característica debido a los problemas de malezas en las áreas arroceras del país.

### PREFERENCIA POR VARIEDADES RESISTENTES A HERBICIDAS

Es clara la tendencia de los productores de la región a plantar variedades de arroz con la tecnología Clearfield® por ser, en principio, una herramienta eficaz al problema de malezas, especialmente el arroz rojo. Inicialmente las variedades Clearfield® trajeron beneficios en cuanto a ganancias adicionales para los productores de cerca del 50%, sin embargo, el flujo del gen de resistencia hacia el arroz rojo, el uso de semilla no certificada, la intensificación de la tecnología y las mutaciones naturales en las poblaciones de malezas, han creado malezas resistentes a las Imidazolinonas que han producido daños significativos a muchos productores en Brasil y Argentina, además de provocar el incremento en los costos de producción hasta en un 201% (Meroto *et al.*, 2016). Aún así, los productores de la región siguen pidiendo que las nuevas variedades sean resistentes a herbicidas. Actualmente, el catálogo de variedades Clearfield® para la región está liderado por las variedades IRGA 424 RI, Gurí INTA CL y Puitá INTA CL. También se destacan, aunque ocupando menor área, variedades como SCS 121 CL y los híbridos como INOV CL, Titán CL y Avaxi CL. En Uruguay, el INIA ha liberado recientemente las variedades INIA CL 212 e INIA CL 244 (Blanco *et al.*, 2017), las cuales ya cubren un área de aproximadamente 10 mil hectáreas. Para la próxima campaña se espera el incremento en área comercial de la variedad IRGA 431 CL en Rio Grande do Sul, desarrollada por el método genealógico en el IRGA y la variedad Memby Porá INTA CL desarrollada en el INTA de Concepción del Uruguay en Argentina, la cual se adapta muy bien a la región de Entre Ríos por su tolerancia al frío. Finalmente, en Chile se espera la liberación de una variedad Clearfield® originada de la variedad Zafiro. Este es un panorama amplio de variedades Clearfield®, cubriendo una gran extensión en la región que puede traer consecuencias graves para el control de malezas si no se establecen programas de rotación con otros sistemas, ya sean otras especies agrícolas, pecuaria o mecanismos de control de malezas. Recientemente, se liberó en Estados Unidos PVL01, la primera variedad de arroz con la tecnología Provisia® (LSU AgCenter, 2018), la cual contiene una mutación en el gen ACCasa que provoca la resistencia al herbicida Provisia®. Por otra parte, en el INTA de Concepción del Uruguay en Argentina se está trabajando con otra mutación conocida como INTA SUR, la cual es diferente a Clearfield® y Provisia®, por lo que sería una buena herramienta para hacer rotación de

<sup>1</sup> Ph.D., FLAR - Oficina Regional Zona Templada, [y.sanabria@cgjar.org](mailto:y.sanabria@cgjar.org)

mecanismos de acción de resistencia a herbicidas y así aprovechar al máximo la tecnología sin que el uso incorrecto genere resistencia en las malezas. Cabe mencionar que los mecanismos de control de malezas no se pueden resumir solamente en el uso de variedades resistentes a herbicidas, sino que en los sistemas debe haber, con igual o más importancia, el uso de variedades convencionales; al fin y al cabo, para que el sistema funcione correctamente se debe priorizar el uso de convencionales y usar las tecnologías de resistencia solo en el caso de ser necesario, tal como se usan los antibióticos para el control de enfermedades en animales.

### **PYRICULARIA, AMENAZA PARA EL ARROZ EN EL CONO SUR**

Otra preocupación constante en los productores de arroz del Cono Sur, y en el resto del mundo es la *Pyricularia*, también conocida como Brusone en la región. Solo en Uruguay, entre el 70 y 80% del área arrocería es sembrada con variedades susceptibles a la enfermedad. Afortunadamente la presión de la enfermedad no ha sido muy alta, pero en un año de alta presión se podrían producir pérdidas importantes. Un incremento en la incidencia de la enfermedad en Uruguay también aumenta los costos de producción por la necesidad de aplicar fungicidas, como ocurrió en Rio Grande do Sul y Argentina cuando se extendió el área con variedades susceptibles a *Pyricularia* como Gurí INTA CL y Puitá INTA CL. El uso de variedades resistentes a la enfermedad es necesario para reducir costos de producción y evitar daños económicos para los productores. En el momento la región cuenta con variedades que ofrecen resistencia y los programas de mejoramiento están haciendo un gran esfuerzo para que todas las variedades que se liberen sean resistentes a *Pyricularia*. Por ejemplo, gran parte del éxito de la variedad IRGA 424 y su variante IRGA 424 RI, además de su alta productividad, es la resistencia a *Pyricularia*. La variedad BRS Taim, desarrollada por Embrapa en Brasil, que también tiene un área importante en la provincia de Corrientes en Argentina, ha mostrado alta resistencia a *Pyricularia* durante más de 25 años. Las nuevas variedades en la región ya incorporan genes de resistencia, como INIA Merín (Pérez *et al.* 2016), Parao e INIA CL212 en Uruguay; SCS 121 CL, BRS Pampeira, IRGA 431 CL en Brasil y Memby Porá en Argentina. A esta última se le intrograron dos genes que le confieren resistencia a las razas de *Pyricularia* presentes en la provincia de Entre Ríos. Hay que tener en cuenta que aunque las variedades mencionadas poseen resistencia a la enfermedad actualmente, es posible que en algún momento la resistencia se quiebre debido a la coevolución del patógeno y la variedad, por lo que desde los programas de mejoramiento se debe tener una estrategia en la que haya conocimiento de los genes que están generando la resistencia actualmente y los que pueden servir más adelante. La combinación de genes y la rotación de variedades ayudan a lograr resistencia durable y hacia allá tienen que apuntar los programas de mejoramiento.

### **PRODUCTIVIDAD**

Todas las características tenidas en cuenta al momento de liberar una variedad de arroz tienen que llevar al productor a lograr los mayores rendimientos con los menores costos de producción. Actualmente la región cuenta con variedades de alto potencial de rendimiento como IRGA 424, IRGA 424 RI, INIA Olimar e INIA Merín, sin embargo en todos los programas de mejoramiento de la región se han identificado líneas avanzadas que en los ensayos superan a estas variedades. Además, cuentan con características que les da ventaja sobre las variedades actuales, como calidad y resistencia a enfermedades, por lo que hay material con altísimo potencial para reemplazar las variedades más sembradas actualmente. Lo que viene es probar estos materiales en campos de productores y de manera conjunta, mejoradores, productores e industria tomar la decisión sobre las nuevas variedades. Además de las variedades tradicionales, los híbridos se presentan como una alternativa para aumentar los rendimientos. Actualmente la empresa RiceTec es la única que ha liberado híbridos en la región con buenos resultados, como es el caso de INOV CL. Sin embargo, el consorcio HIAAL (Híbridos de Arroz para América Latina) está desarrollando nuevos materiales junto a sus socios que pueden ser liberados en los próximos años. Algunos de estos híbridos muestran rendimientos superiores a IRGA 424 y al híbrido INOV CL y se muestran como una alternativa de alto rendimiento para los países de la región.

### FLAR, FUENTE DE DIVERSIDAD PARA LOS PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO

Tanto el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) como el Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR) vienen aportando por muchos años con su germoplasma al desarrollo de las variedades de arroz para América Latina, variedades ya tradicionales en la región como El Paso 144, IRGA 409, IRGA 417, INIA Olimar y más recientes como IRGA 424 tienen ancestros originarios del CIAT. Actualmente el FLAR está encargado de la distribución de germoplasma hacia los países miembro del fondo en Latinoamérica, incluyendo los países del Cono Sur. Con la apertura de la oficina en Treinta y Tres, Uruguay (2015), el FLAR ha tenido mayor participación en las actividades de mejoramiento de los programas locales y las instituciones asociadas tienen mayor participación y decisión de las actividades en la región. Así, con la diversidad proporcionada por el germoplasma FLAR se han planteado los objetivos de mejoramiento que son: rendimiento, resistencia a enfermedades y calidad. En ensayos de rendimiento en varias localidades de Argentina, Brasil y Uruguay se han destacado las líneas FL12740-2-3P-2A, FL12710-2-2P, FL10592-2P-1P-11TT y FL14837-2P-2P-1 con rendimientos superiores a las variedades mencionadas anteriormente y calidad similar a INIA Olimar. Estas líneas ya serán evaluadas por los programas locales y cada uno determinará su viabilidad como posibles nuevas variedades. Además de estas líneas, cada programa ha seleccionado líneas de origen FLAR que se encuentran en los ensayos más avanzados de evaluación. Esto incluye las líneas SLF11042 y SLF11072 seleccionadas en INIA Uruguay que se han venido comportando muy bien en los últimos años, superando en rendimiento en algunos casos a INIA Merín, con la ventaja adicional de tener un ciclo más corto. En el programa de mejoramiento de IRGA muchas de las líneas en los ensayos más avanzados provienen de cruzamientos con material proveniente del FLAR. El FLAR continúa con su aporte constante de germoplasma para alimentar los programas locales con el fin de generar diversidad y mediante ésta generar soluciones a los productores de la región, siempre teniendo en cuenta que con las nuevas variedades se tiene que llegar a la mayor productividad de arroz de calidad con el menor costo de producción.

### BIBLIOGRAFÍA

**BLANCO, P.; MOLINA, F.; PÉREZ, F.; MARTINEZ, S.; CARRACELAS, G.; PEREIRA, A.L.; CASTILLO, J.; SALDAIN, N.; VARGAS, J.; VILLALBA, M.; ESCALANTE, F.; FERREIRA, A.; SOSA, B.** 2017. Nuevos cultivares de arroz para el sistema Clearfield® INIA CL212 e INIA CL244. Revista INIA, 51: 20-24.

**LSU AGCENTER.** 2018. Rice varieties and management tips. Louisiana: Louisiana State University Agricultural Center. 26 p. (Pub. 2270)

**MEROTO, A.; GOULART, I.; NUNEZ, A.; KALSING, A.; MARKUS, C.; MENEZES, V.; WANDER, A.** 2016. Evolutionary and social consequences of introgression of nontransgenics herbicide resistance from rice to weedy rice in Brazil. Evolutionary Applications 9(7): 837-846.

**PÉREZ, F.; BLANCO, P.; MOLINA, F.** 2016. INIA Merín, nuevo cultivar de arroz: Alta productividad y resistencia a *Pyricularia*. Revista INIA 44:15-19.



## **MANEJO DEL CULTIVO**





**Malezas**



## INTENSIDAD DE USO DEL SISTEMA CLEARFIELD® EN ARROZ Y OCURRENCIA DE ARROZ MALEZA RESISTENTE A IMIDAZOLINONAS

J. Rosas<sup>1</sup>, B. Sprunk<sup>2</sup>, L. Díaz<sup>3</sup>, M. Ripoll<sup>4</sup>, M. Pérez Ois<sup>5</sup>, C. Nieto<sup>6</sup>, B. Sosa<sup>7</sup>, C. Marchesi<sup>8</sup>, N. Saldain<sup>9</sup>.

**PALABRAS CLAVE:** arroz rojo, imazapir + imazapic, resistencia a herbicidas.

### INTRODUCCIÓN

Las tecnologías que combinan cultivos resistentes a herbicida con la aplicación de este herbicida, son la herramienta de control químico de malezas más extendida en la agricultura moderna. En el cultivo de arroz los sistemas Clearfield® y Provisia® (CL y Pv respectivamente, BASF), consistentes en arroz no transgénico resistente a imidazolinonas y a quizalofop-P-etil, respectivamente, son las únicas herramientas disponibles en la actualidad para un control químico selectivo de una de las malezas más problemáticas de este cultivo, el arroz maleza o arroz rojo (AM). Por su pertenencia a la misma especie que el arroz cultivado, es posible la fecundación cruzada entre el arroz cultivado y el AM, generando híbridos resistentes al herbicida que comprometen fuertemente su control químico. A pesar de las recomendaciones tendientes a minimizar la generación de AM resistente a imidazolinonas, su presencia se ha documentado en la mayoría de los países donde se cultiva arroz CL (Dauer *et al.*, 2017, Meroto *et al.* 2016), incluyendo Uruguay (Rosas *et al.*, 2013). En este trabajo se analizan resultados de cinco zafras de monitoreo de mutaciones de resistencia a imidazolinonas en arroz maleza en chacras con CL, con el objetivo de identificar los principales factores asociados a su aparición, y así aportar elementos para la toma racional de decisiones que ayuden a preservar la viabilidad de estas tecnologías.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de AM fueron colectadas en chacras con uno o más años de uso del sistema CL, de las zonas norte y este del país por técnicos de BASF Uruguay, y técnicos de molinos y asesores, quienes proveyeron los datos de historia de la chacra. Las muestras se agruparon por su origen en zona este (Rocha, Treinta y Tres y Cerro Largo -Río Branco-), y norte (Artigas). Los cultivares presentes en las chacras muestreadas se agruparon en Híbrido S<sub>653</sub>D (híbridos de RiceTec), Variedad A<sub>122</sub>T (variedades INTA), y Variedad S<sub>653</sub>D (variedades INIA). Los análisis moleculares se realizaron en INIA Treinta y Tres y consistieron en la detección de las mutaciones A<sub>122</sub>T, S<sub>653</sub>D, y G<sub>654</sub>E en el gen de la enzima aceto-lactato sintasa mediante el método de genotipado KASP (LGC Genomics). Se realizó un análisis estadístico conjunto de los datos de las cuatro zafras en las que se recibieron muestras con el fin de identificar las variables con efecto significativo en la presencia/ausencia de mutaciones de resistencia. El modelo inicial incluyó los siguientes efectos fijos: cantidad de años continuos de uso del sistema CL, zona, tipo de cultivar CL, si el muestreo fue hecho en una zafra con cultivo de CL o arroz convencional y las interacciones de primer orden entre ellos. Con un procedimiento Stepwise se descartaron las variables no significativas ( $P > 0,05$ ). Los modelos se ajustaron con la función *glm* del paquete *stats* en R.

### RESULTADOS

En el cuadro 1 se presentan las cantidades de plantas analizadas por zona, años de uso de CL, tipo de cultivar y mutación del cultivar con mayor presencia en la historia de la chacra. Predominaron las muestras de la zona este (85%). Los cultivares CL con mayor presencia en

<sup>1</sup> D. Sc., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [jrosas@inia.org.uy](mailto:jrosas@inia.org.uy).

<sup>2</sup> Br., Estudiante Lic. Cs. Biológicas, Facultad de Ciencias – UdelaR, [bsprunck@fcien.edu.uy](mailto:bsprunck@fcien.edu.uy)

<sup>3</sup> Téc. Arroz-Pasturas, INIA. Programa Nacional de Investigación en Arroz.

<sup>4</sup> Br., Estudiante Ing. Biotecnología, Universidad ORT, [milenaripoll@hotmail.com](mailto:milenaripoll@hotmail.com)

<sup>5</sup> Ing. Agr., Desarrollo Técnico de Mercado, BASF Uruguay, [manuel.perez-ois@basf.com](mailto:manuel.perez-ois@basf.com)

<sup>6</sup> Ing. Agr., Desarrollo Técnico de Mercado, BASF Uruguay, [cesar.nieto@basf.com](mailto:cesar.nieto@basf.com)

<sup>7</sup> Téc. Agr. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

<sup>8</sup> Ph.D., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [cmarchesi@inia.org.uy](mailto:cmarchesi@inia.org.uy)

<sup>9</sup> M.Sc., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [nsaldain@inia.org.uy](mailto:nsaldain@inia.org.uy)

las chacras de origen de las muestras fueron los híbridos y las variedades INTA. Se recibieron muestras de chacras con todos los niveles de intensidad de CL, sin embargo, el 85% de las muestras de la zona norte provinieron de chacras con más de 3 años de CL.

Cuadro 1. Muestras analizadas por el servicio de detección de arroz maleza resistente a imidazolinonas de 2012-2013 a 2017-2018.

Zona	Años CL	Híbrido (H) y variedad (V) sembrados, con las siguientes mutaciones					Total por intensidad
		H=S <sub>653</sub> D V=A <sub>122</sub> T	H=S <sub>653</sub> D	V=A <sub>122</sub> T	V=A <sub>122</sub> T V=S <sub>653</sub> D	V=S <sub>653</sub> D	
Este	1	0	9	17	0	14	40
	2	20	12	40	26	13	111
	3	0	21	4	9	0	34
	4 (>3)	87	97	0	0	0	184
Subtotal zona E		107	139	61	35	27	369
Norte	1	0	0	8	0	0	8
	2	2	0	0	0	0	2
	3	0	0	0	0	0	0
	4 (>3)	0	0	0	5	52	57
Subtotal zona N		2	0	8	5	52	67
Total		109	139	69	40	79	436

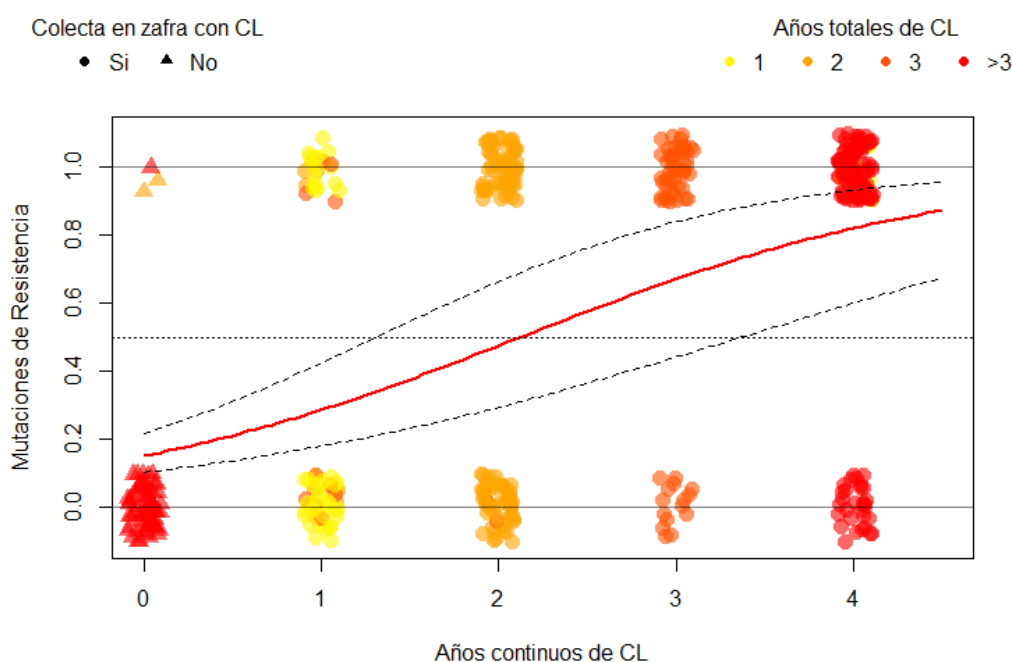


Figura 1. Probabilidad de hallazgo de mutaciones de resistencia a imidazolinonas en plantas de arroz maleza enviadas al servicio de detección, en función de los años continuos de uso de CL (0 = sin mutaciones de resistencia; 1 = heterocigota u homocigota resistente). La curva roja muestra las probabilidades predichas por el modelo de regresión logística para la ocurrencia de mutaciones de resistencia en función de los años continuos de CL, y las curvas discontinuas el intervalo de confianza del 95%. Los colores de los puntos indican la cantidad de años totales de uso de CL, y su forma el cultivo presente en el año de muestreo (círculos = cultivo CL, triángulos = arroz convencional).

Ante la ausencia de un diseño de muestreo, los resultados de este trabajo son descriptivos de las zafras y chacras estudiadas, y su generalización debe ser considerada con cautela. Las variables asociadas a la presencia de mutaciones fueron la cantidad de años de CL y la zona. El efecto de los años de uso de CL se muestra en la figura 1. La probabilidad de que las plantas analizadas fueran portadoras de mutaciones de resistencia supera el 50% cuando provienen de chacras con 2 o más años de CL. Sin embargo, se identificaron plantas con mutaciones en chacras con menos de 2 años continuos de CL (puntos en el cuadrante superior izquierdo de la figura 1). Inversamente, plantas sin mutaciones de resistencia fueron colectadas de chacras con más de 2 años de CL (puntos en el cuadrante inferior derecho de la figura 1).

Todas las chacras con arroz convencional en la zafra del muestreo tuvieron una historia previa de 2 o más años de CL total. De las plantas provenientes de estas chacras (triángulos en la figura 1), sólo un 3% presentó mutaciones de resistencia. El otro factor significativo fue la zona de origen de las muestras. Al remover el efecto de los años de uso de CL, las muestras de la zona este tuvieron una probabilidad de tener mutaciones de resistencia de 0,59 (IC 95% 0,45-0,72) y las del norte de 0,16 (IC 95% 0,05-0,35).

Los resultados de este trabajo coinciden con el límite de dos años continuos reportado en la literatura para la aparición de arroz maleza resistente a herbicida (Dauer et al., 2017). Sin embargo, el monitoreo realizado permitió identificar cruzamientos entre arroz CL y maleza producidos ya en el primer año de uso de la tecnología. Estos hallazgos pueden explicarse como semilla de maleza resistente originada en años anteriores con CL que sobrevivió al descanso del sistema. Más difíciles de explicar son los casos de mutaciones de resistencia provenientes de potreros con cultivo CL por primera vez (16 plantas provenientes de 5 chacras, todas de zona este). Estos casos sugieren mecanismos de dispersión de semilla de arroz maleza resistente por vías distintas al flujo de genes, como ser maquinaria, cursos de agua, animales, lotes de semilla, etc. Las plantas sin mutaciones colectadas en chacras con más de dos años de CL son probablemente simples escapes a la aplicación de herbicida, aunque también pueden considerarse una población candidata a presentar biotipos con mecanismos de resistencia a imidazolinonas distintos a las mutaciones en el sitio de acción del herbicida. De todas formas, todos estos individuos provienen de chacras o potreros en los que la mayoría de los individuos presentaron mutaciones de resistencia. La mayor proporción de plantas sin mutaciones de resistencia en chacras con más de 2 años de CL se encontró en la zona norte, lo que explica que el factor zona tuviera un efecto significativo en explicar la presencia de mutaciones. Esta mayor prevalencia en la zona norte de plantas sin mutación de resistencia en chacras con uso intenso de CL podría deberse a una mayor proporción de escapes en esta zona.

## CONCLUSIONES

Una sola zafra de arroz cultivado resistente a herbicida es suficiente para que se produzca el cruzamiento con el arroz maleza, dando origen al predominio de malezas resistentes en el segundo año. Esto es un factor importante para el manejo de CL así como para recomendaciones de uso de nuevos sistemas como el arroz Provisia u otros que se desarrollen en el futuro.

La semilla de arroz maleza resistente se dispersa por otros mecanismos además del flujo génico. Por ello, todas las medidas de manejo que eviten o minimicen su aparición, multiplicación y dispersión deben ser empleadas con la máxima rigurosidad.

Este trabajo demuestra que la intensidad del uso de CL en chacras de nuestro país está asociada a la ocurrencia de arroz maleza con mutaciones de resistencia a imidazolinonas.

## BIBLIOGRAFÍA

**DAUER, J.; HULTING, A.; CARLSON, D.; MANKIN, L; HARDEN, J.; MALLORY-SMITH, C.** 2018. Gene flow from single and stacked herbicide-resistant rice (*Oryza sativa*): modeling occurrence of multiple herbicide-resistant weedy rice. *Pest Management Science*, 74(2) 348-355.

**MEROTTO, A.; GOULART, I.; NUNES, A.; KALSING, A.; MARKUS, C.; MENEZES, F.; WANDER, A.** 2016. Evolutionary and social consequences of introgression of nontransgenic herbicide resistance from rice to weedy rice in Brazil. *Evolutionary Applications*, 9(7): 837-846.

**ROSAS, J.E.; GÓMEZ, A.; LAGO, F.; MACEDO, I.** 2013. Monitoreo de arroz rojo resistente a imidazolinonas en chacras con uso intensivo del sistema Clearfield. *Treinta y Tres: INIA*. p. 3-5. (Serie Actividades de Difusión, 713)

## RESISTENCIA EN CAPINES, UNA NUEVA REALIDAD

C. Marchesi<sup>1</sup>, N. Saldain<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:** *Echinochloa crus-galli*, imidazolinonas, quinclorac.

### INTRODUCCIÓN

La evolución de una población de malezas resistentes a herbicidas es la respuesta natural de la presión de selección inducida por el manejo de los cultivos en la agricultura moderna, predicha tempranamente por Harper en 1956. Un manejo efectivo que apunta a enlentecer la evolución del problema o a reducir su incidencia, debe apuntar a dos objetivos; 1) reducir la presión de selección diversificando técnicas de control y 2) reducir la producción y dispersión de material resistente (polen, semillas, etc.) (Norsworthy *et al.*, 2012). Los primeros casos de resistencia fueron reportados en América del Norte, en las décadas del 50 y 70; hoy hay 495 casos reportados, 107 en gramíneas, de los cuales 45 son en *Echinochloa crus-galli* (ECHCG), y de éstos, 80% provienen de sistemas con arroz y a ocho modos de acción (MOA) diferentes (Heap, 2018). En Arkansas, el estado con mayor área arrocera de USA, la resistencia en capín es ampliamente distribuida y está en constante aumento, a pesar de contar con varios MOA, y realizar rotación con soja en el 68% del área arrocera. Según el último relevamiento del año 2016, hay resistencia de ECHCG a propanil en un 50% de las colectas evaluadas, a quinclorac en 23%, a imidazolinonas un 13%, a cyhalofop un 3% y hay casos de resistencia múltiple entre estos MOA (Rouse *et al.*, 2018). En Brasil, importante productor de arroz y con sistemas de producción de alta intensidad, el primer caso de resistencia en ECHCG fue reportado en el año 2000, al herbicida quinclorac. Luego, se dio un importante incremento en el uso de inhibidores de la ALS, que fue agravado por la introducción de las imidazolinonas bajo el sistema Clearfield®. En 2010, se reportó la resistencia múltiple entre quinclorac e inhibidores de la ALS (Andres, Theisen, Concenco, & Galon, 2013) y en 2014 ya se confirmó ECHCG con resistencia múltiple que involucra un tercer MOA, sumándose al quinclorac, y penoxsulam (inhibidor de ALS), el cyhalofop, un inhibidor de ACCasa, también conocido como graminicida (Eberhardt, Oliveira Neto, Noldin, & Vanti, 2016). En Argentina, si bien se cuenta con bibliografía académica, existen reportes técnicos que evidencian hoy una alta infestación de ECHCG resistente a inhibidores de la ALS en un porcentaje muy importante del área. Estas realidades no tan lejanas a nuestro país y sistemas de cultivo, deberían ser tomadas en cuenta para aprender lo que no se debería hacer. Por otro lado, hay que valorar más algunas características que habían ayudado a mantener una baja incidencia en este problema en Uruguay, como el sistema de certificación de semilla, el área importante de rotaciones con pasturas, la baja incidencia de arroz rojo y área bajo cultivo Clearfield® y la disponibilidad de varios MOA. Sin embargo, la intensificación viene en aumento y junto con ella la evolución de tipos de capines resistentes. El objetivo de este trabajo es informar los casos confirmados de resistencia en ECHCG a los herbicidas en el país.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron colectas georreferenciadas de semilla de ECHCG en chacras con distintos manejos y de distintas zonas arroceras, incluyendo situaciones en que se sospechaban problemas de resistencia. Dichas colectas fueron realizadas a partir del 2006 en la zona este, y desde 2013 en las zonas centro y norte. Los biotipos fueron evaluados con distintos herbicidas (MOA), siguiendo las pautas internacionales (HRAC), en condiciones semi controladas. La reducción en el crecimiento de los biotipos se expresa mediante curvas de respuesta a dosis creciente de herbicidas, y mediante un cociente entre la dosis que limita el crecimiento en un 50% de los tipos evaluados en relación con un testigo susceptible, denominado factor de resistencia (FR,  $GR_{50} X/GR_{50} S$ ). El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con cuatro repeticiones, repitiéndose todo el ensayo dos veces. Las dosis de los herbicidas utilizados incluyeron un testigo, 0 X, así como 0,125; 0,25; 0,50; 1, 2, 4, y 8 veces la dosis de etiqueta. La inundación se instaló de dos a tres días post aplicación, y se cosecharon las

<sup>1</sup> PhD, INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [cmarchesi@inia.org.uy](mailto:cmarchesi@inia.org.uy)

<sup>2</sup> MSc, INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [nsaldain@inia.org.uy](mailto:nsaldain@inia.org.uy)

plantas luego de 21 días de crecimiento, determinándose el peso seco por maceta. Los datos se analizaron estadísticamente mediante el paquete drc del programa R.

## RESULTADOS

En la figura 1 se muestra un resumen de los biotipos colectados en cada zona arroceras, y el resultado de las primeras evaluaciones de resistencia concretadas. La mayoría de los biotipos evaluados (30 de 35) mostraron algún nivel de resistencia a quinclorac, (auxina sintética, grupo O), uno de los herbicidas más utilizados históricamente en arroz. Por otro lado, se detectaron algunos tipos resistentes al propanil (inhibidor de la fotosíntesis en PSII, grupo C) en el este, a imidazolinonas (inhibidor de la ALS, grupo B) en todas las zonas (Cuadro 1) y a penoxsulam (grupo B) en el centro y norte.

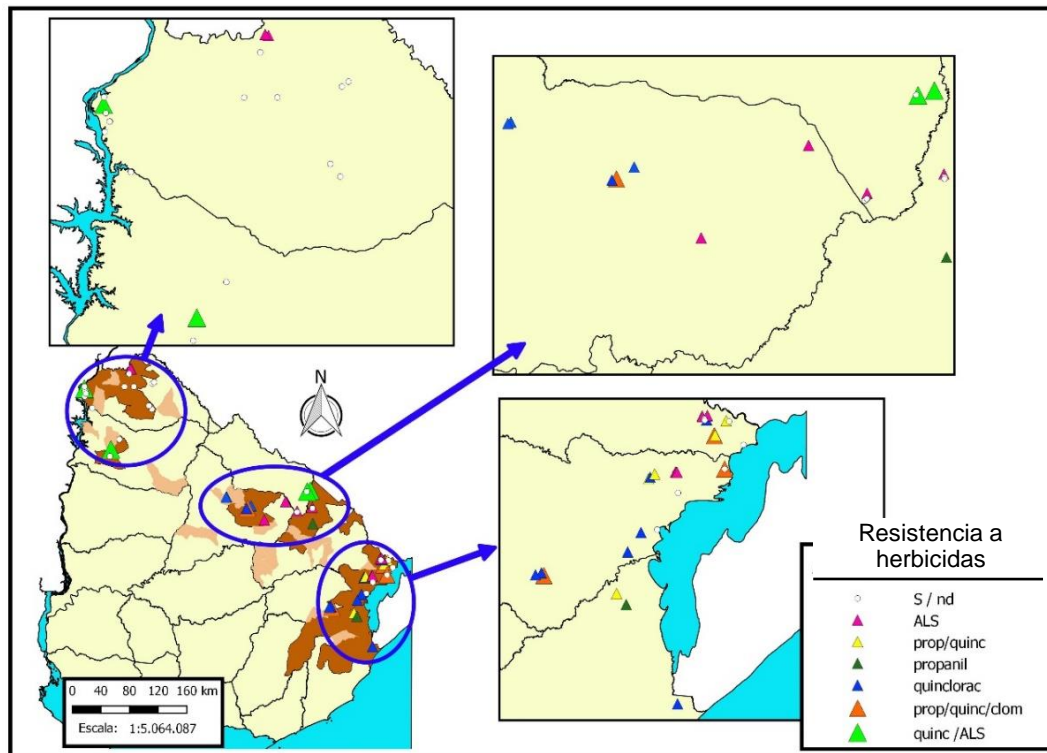


Figura 1. Resistencia confirmada de biotipos de *Echinochloa crus-galli* colectados en chacras de arroz en Uruguay en términos de resistencia (incipiente o elevada), a distintos herbicidas (Marchesi y Saldain, s/p).

En cuanto a la resistencia a clomazone (inhibidor de la síntesis de pigmentos, grupo F), solo algunos biotipos mostraron niveles muy bajos de resistencia, que podría indicar la evolución hacia ésta. Por último, no se detectaron tipos resistentes a cyhalofop o a profoxidim (inhibidores de la ACCasa, grupo A), que muestran buenos controles de ECHCG en la actualidad. En situaciones de chacras con historia creciente de uso de arroz Clearfield®, donde se aplicaron las recomendaciones de etiqueta del producto, se detectó resistencia a imidazolinonas (cuadro 1) o resistencia cruzada a otros herbicidas (grupo B) como el penoxsulam, que ya no realizan un adecuado control de ECHCG (Cuadro 2). En este último cuadro, se aprecia que no solo los FR de los biotipos sospechosos denotan resistencia, sino que, a veces para reducir el 90% del crecimiento de los biotipos se necesitan dosis cinco y seis veces mayores a la dosis de etiqueta, para el penoxsulam y el imazapyr + imazapic, respectivamente, indicando la existencia de un problema. Los FR bajos pueden indicar la existencia de resistencia metabólica, aunque pueden reflejar también la existencia de otros mecanismos involucrados que escapan al objetivo del presente informe. La capacidad de las plantas de metabolizar los herbicidas abarca MOA diferentes, lo que se denomina resistencia múltiple. A modo de ejemplo, tenemos los de USA y Brasil citados anteriormente (Eberhardt *et al.*, 2016; Rouse *et al.*, 2018).

Cuadro 1. Parámetros  $\pm$  ee (error estándar) de ecuaciones ajustadas para herbicidas inhibidores de la ALS sobre crecimiento de capín, 21 días después de la aplicación. Treinta y Tres, 2012.

Biotipos	b $\pm$ ee	d $\pm$ ee	GR <sub>50</sub> $\pm$ ee	GR <sub>90</sub> $\pm$ ee	FR <sup>(*)</sup> $\pm$ ee	p-valor
penoxsulam						
E0CL	3.8 $\pm$ 1.0	5.5 $\pm$ 0.3	21.1 $\pm$ 1.6	37.8 $\pm$ 6.9	-	-
E1CL	3.4 $\pm$ 1.1	6.3 $\pm$ 0.3	18.4 $\pm$ 1.3	35.0 $\pm$ 6.8	0.8 $\pm$ 0.1	0,1603
E2CL	3.7 $\pm$ 2.4	5.4 $\pm$ 0.3	15.7 $\pm$ 2.3	28.5 $\pm$ 7.7	0.7 $\pm$ 0.1	0,0392
E3CL	2.8 $\pm$ 0.6	8.5 $\pm$ 0.3	17.8 $\pm$ 1.2	38.8 $\pm$ 5.8	0.8 $\pm$ 0.1	0,0664
bispiribac-sodio						
E0CL	0.52 $\pm$ 0.23	7.38 $\pm$ 0.35	0.01 $\pm$ 0.03	0.09 $\pm$ 1.69	-	-
E3CL	0.92 $\pm$ 0.29	7.16 $\pm$ 0.35	3.11 $\pm$ 1.99	34.22 $\pm$ 10.59	233.3 $\pm$ 646.9	0,7202
imazapyr + imazapic						
E3CL	2.3 $\pm$ 0.3	4.6 $\pm$ 0.5	197.2 $\pm$ 27.3	427.7 $\pm$ 108.4	1.4 <sup>(**)</sup>	nd

(\*)= Factor de resistencia (GR<sub>50x</sub>/GR<sub>50</sub> Sus), (\*\*)=Factor de resistencia (GR<sub>50</sub>/dosis de etiqueta=140 gKifix/ha) Las ecuaciones para E1CL y E2CL con bispiribac, y de E0CL; E1CL y E2CL con imazaoyr + imazapic, no se pudieron ajustar dada su alta sensibilidad. El biotipo E3CL no es resistente a bispiribac, dado que el modelo no ajusta (p = ns), y el GR<sub>90</sub> está por debajo de la dosis de etiqueta. Penoxsulam = Ricer; bispiribac-sodio = Nominee; imazapyr + imazapic = Kifix.

Cuadro 2. Parámetros  $\pm$  ee (error estándar) de ecuaciones ajustadas para herbicidas inhibidores de la ALS sobre crecimiento de capín, 21 días después de la aplicación. Tacuarembó, 2015.

Biotipo	b $\pm$ ee	d $\pm$ ee	GR <sub>50</sub> $\pm$ ee	GR <sub>90</sub> $\pm$ ee	FR <sup>(*)</sup> $\pm$ ee	p-valor
penoxsulam						
TAP4	0,55 $\pm$ 0,1	5,9 $\pm$ 0,4	180 $\pm$ 41	808 $\pm$ 204	3,3 $\pm$ 1,1	0,03
TAP5	1,00 $\pm$ 0,2	7,3 $\pm$ 0,4	40,4 $\pm$ 5	93 $\pm$ 22	-	
imazapyr + imazapic						
TAP4	1,1 $\pm$ 0,08	12,2 $\pm$ 0,4	109 $\pm$ 10	841 $\pm$ 120	10,5 $\pm$ 2,4	< 0,0001
SPI2	2,0 $\pm$ 0,6	9,9 $\pm$ 0,4	10 $\pm$ 2	31 $\pm$ 6	-	

(\*)=Factor de resistencia (GR<sub>50x</sub>/GR<sub>50</sub> S); Dosis de etiqueta penoxsulam = 175 g ha, e imazapyr + imazapic = 140 g ha).

## CONCLUSIONES

La resistencia de ECHCG a herbicidas está presente en Uruguay, especialmente en sistemas más intensivos como las áreas con uso de arroz Clearfield® (sin rotación con otros cultivos y/o pasturas de larga duración). La opción de integrar otros MOA al sistema es promisoría, siempre y cuando no se caiga en la misma rutina de utilizarlos solos en demasía, o sin ajustar las dosis al tamaño de las malezas cuando van en mezclas. También sería adecuado rotar las mezclas que se utilizan cuando no se tiene resistencia a ninguno de sus componentes. Es fundamental tener en cuenta los ejemplos mencionados para tratar de no incurrir en los mismos errores que, en el mediano y largo plazo, se pagan muy caros.

## BIBLIOGRAFÍA

ANDRES, A., THEISEN, G., CONCENCO, G., & GALON, L. 2013. Weed Resistance to Herbicides in Rice Fields in Southern Brazil. *Herbicides - Current Research and Case Studies in Use*, 3–26. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.5772/55947>

EBERHARDT, D. S., OLIVEIRA NETO, A. M., NOLDIN, J. A., & VANTI, R. M. 2016. Barnyardgrass with multiple resistance to synthetic auxin, ALS and ACCase inhibitors. *Planta Daninha*, 34(4), 823–832. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582016340400023>

HEAP, I. M. 2018. The international survey of herbicide resistant weeds. Recuperado de <http://www.weedscience.org/>

NORSWORTHY, J. K., WARD, S. M., SHAW, D. R., LLEWELLYN, R. S., NICHOLS, R. L., WEBSTER, T. M., BARRETT, M. 2012. Reducing the Risks of Herbicide Resistance: Best Management Practices and Recommendations. *Weed Science*, 60(sp1), 31–62. <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00155.1>

ROUSE, C. E., ROMA-BURGOS, N., NORSWORTHY, J. K., TSENG, T. M., STARKEY, C. E., & SCOTT, R. C. 2018. Echinochloa resistance to herbicides continues to increase in Arkansas rice fields. *Weed Technology*, 32(1), 34–44. <https://doi.org/10.1017/wet.2017.82>



## DESPUÉS DE CINCO ZAFRAS ¿EL BANCO DE SEMILLAS EN EL SUELO DE CAPÍN RESISTENTE AL QUINCLORAC CONTINÚA SIENDO RELEVANTE?

A.L. Pereira<sup>1</sup>, M. Oxley<sup>2</sup>, N. Saldain<sup>3</sup>, C. Marchesi<sup>4</sup>, A. Pimienta<sup>5</sup>

**PALABRAS CLAVE:** *Echinochloa crus-galli*, longevidad, viabilidad

### INTRODUCCIÓN

En Uruguay, aproximadamente un 40% del área sembrada cada año se hace sobre rastrojos de arroz y el resto del área en rotación con pasturas o en retornos de dos o más años. Los herbicidas han sido una herramienta efectiva en el manejo integrado de malezas en estos sistemas. El uso continuo de herbicidas determina presión de selección en las poblaciones hacia individuos que toleran la acción de los mismos. La resistencia a herbicidas es resultado de la selección de características que permiten a las especies maleza sobrevivir a prácticas de manejo específicas que deberían causar mortalidad. El herbicida quinclorac ha tenido un uso importante en la mayoría de las regiones donde se realiza el cultivo de arroz, reportándose en diversas regiones resistencia por parte de malezas al mismo. En la zona este del Uruguay, se reportó en 2015 resistencia de un número muy reducido de biotipos de capín al quinclorac, mostrando un nuevo aspecto a tener en cuenta en el manejo integrado de las malezas para el cultivo de arroz en el Uruguay. Las malezas al adquirir resistencia a herbicidas, pierden o disminuyen alguna de sus capacidades de sobrevivencia (Gressel, 2009). Como la longevidad de las semillas es una característica de gran importancia en la capacidad de sobrevivencia de las especies maleza, ésta podría ser afectada por la adquisición de la resistencia a herbicidas. Conocer la dinámica de la viabilidad y dormancia de las semillas de estas especies se torna relevante en el manejo del cultivo de arroz. El objetivo de este trabajo es el de cuantificar la longevidad de semillas de biotipos resistentes y susceptibles al herbicida quinclorac, verificando si existen diferencias entre ellos, en la superficie del suelo y enterradas a 15 cm de profundidad.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en la Unidad Experimental Paso de la Laguna, instalándose el 28 de abril de 2013. Las semillas de *Echinochloa crus-galli* fueron colectadas en la región este del Uruguay, seleccionadas de un biotipo susceptible al herbicida quinclorac y otro con resistencia. Ambos biotipos presentaron al momento de la instalación del ensayo 0% de semillas germinadas y una viabilidad de 96,5% para el resistente y 96,8% para el susceptible. Estas semillas fueron depositadas sobre la superficie del suelo y enterradas a 15 cm, para un período de cinco años, con extracciones realizadas cada tres meses, correspondientes a cada estación del año, durante los primeros tres años y con extracciones cada seis meses en los 2 últimos años.

El diseño experimental fue en 6 bloques completos al azar con arreglo de parcelas sub sub divididas, constituyendo las parcelas grandes el año de desentierro (2013 a 2018), a la subparcela la profundidad (0 y 15 cm) y a la sub-subparcela el biotipo (susceptible y resistente a quinclorac). Las variables fueron analizadas con el análisis de varianza y la comparación de medias utilizando el test de Tukey ( $P < 0,05$ ).

En cada repetición fueron utilizadas 100 semillas colocadas en tubos de PVC conteniendo tierra enterrados a 15 cm y los tubos correspondientes a la semilla en superficie fueron enterrados hasta la mitad, distribuyéndose la semilla en el área del tubo. Se enterraron 96 cilindros por tratamiento. Los tubos desenterrados fueron llevados al laboratorio donde se recuperaron las semillas. Inicialmente se contaron plántulas vivas y muertas y luego se desmenuzó la tierra buscando las semillas visualmente. Las semillas que no se presentaron

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

<sup>2</sup> Lab. INIA. Unidad de Semillas

<sup>3</sup> M. Sc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [nsaldain@inia.org.uy](mailto:nsaldain@inia.org.uy)

<sup>4</sup> Ph. D., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [cmarchesi@inia.org.uy](mailto:cmarchesi@inia.org.uy)

<sup>5</sup> Téc. Agróp. INIA. Unidad de Semillas

visualmente deterioradas fueron colocadas a germinar sobre papel con temperaturas alternadas de 20-30°C. Las semillas germinadas al décimo cuarto día más el número de plántulas nacidas en campo constituyeron la porción de semillas viables quiescentes (no dormantes). La porción de semillas dormantes se obtuvo por el resultado de viabilidad del test de tetrazolio de las semillas no germinadas.

## RESULTADOS

La viabilidad de las semillas se presenta en la figura 1, siendo calculada como el producto del porcentaje de semillas recuperadas y su respectivo porcentaje de viabilidad. En ésta, pueden observarse los cambios ocurridos en las sucesivas extracciones para los dos biotipos y profundidades en estudio. En otoño de 2013, cuando fue instalado el ensayo, las semillas presentaban un 97% de viabilidad (corregido a 100%). La viabilidad de las semillas se reduce en las sucesivas extracciones, siendo significativamente mayor para las semillas depositadas en superficie ( $P < 0,05$ ). Estos resultados ya han sido verificados por muchos autores para varias especies, donde las semillas enterradas a mayor profundidad presentan mayor longevidad.

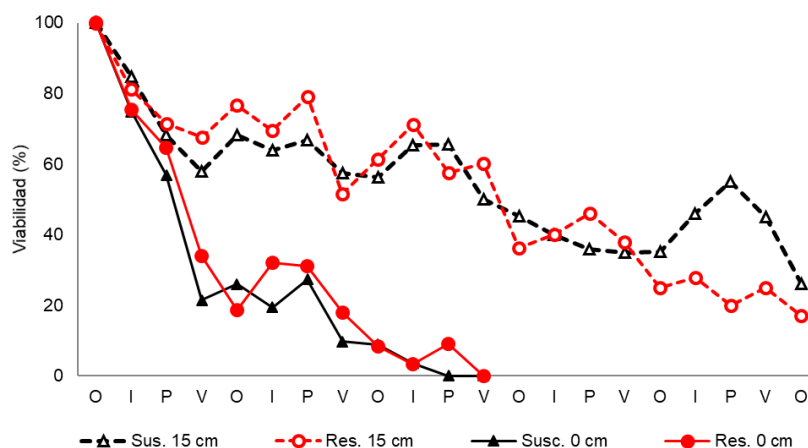


Figura 1. Evolución de la viabilidad (%) de semillas de biotipos resistente (Res) y Susceptibles (Sus.) de *Echinocloa crus-galli* enterrados a 15 cm y en superficie (0 cm) en extracciones realizadas estacionalmente (O=otoño; I=invierno; P=primavera; V=verano) comenzando en otoño 2013.  $P < 0,05\%$ .

Las semillas viables en superficie presentan una caída abrupta en el primer año, obteniendo valores promedio de alrededor de 20%. Estas semillas no llegan viables al tercer verano, encontrándose porcentajes de viabilidad menor al 10% en este último año. Por el contrario, las semillas enterradas a 15 cm mantienen un elevado porcentaje de semillas viables hasta el tercer año, un 56% en promedio para ambos biotipos. Al otoño del quinto año permanecen aún en el suelo 21% de semillas viables en promedio de los biotipos. Los resultados de este trabajo son contrarios a los obtenidos por Egley y Chandler (1978) con esta especie donde obtuvieron viabilidad de 1% en semillas enterradas por 2,5 años en el suelo. Por otro lado Dawson y Bruns (1962) encontraron que semillas de *Echinochloa crus-galli* enterradas en el suelo pueden ser viables hasta 13 años (3% de viabilidad). Se encontró para la viabilidad interacción entre la profundidad en los diferentes momentos de extracción. La porción de semillas del total depositadas va disminuyendo con el correr del tiempo, sobre todo en superficie. Estas pérdidas son dadas entre otros factores por la germinación de las semillas en la superficie, acción de la microfauna y mayor exposición a factores climáticos.

En las semillas viables obtenidas en cada estación del año se verifican cambios en las proporciones de dormantes y quiescentes. En la figura 2 se muestra la evolución por estación de la dormancia y quiescencia de semillas de los dos biotipos y en las dos profundidades. A fines de abril del 2013, las semillas a menos de dos meses de su cosecha presentaban un 97% de dormancia y 0% de quiescencia. Tres meses después, en el invierno, ocurre la superación de dormancia y pasan la mayor parte de las semillas a una condición de quiescencia. Esta diferencia es mayor en las semillas enterradas a 15 cm presentando en promedio casi un 90% de quiescencia, estando la semilla en superficie más afectada por las variaciones en las condiciones de suelo y clima. Tres meses después, en primavera, comienza a revertirse esta

situación aumentando lentamente el número de semillas dormantes y disminuyendo las quiescentes hasta llegar a un máximo de dormancia en el verano. Este comportamiento cíclico se reitera los otros años para las dos profundidades y biotipos.

Entre los biotipos no se encontraron diferencias en las proporciones de semillas dormantes y quiescentes, observándose un comportamiento similar en ambas profundidades. Entre las profundidades, sin embargo, sí hay diferencias tanto en el porcentaje de semillas dormantes como en el de quiescentes. Hay diferencias en el promedio de los distintos momentos de extracción en el porcentaje de semillas dormantes y viables.

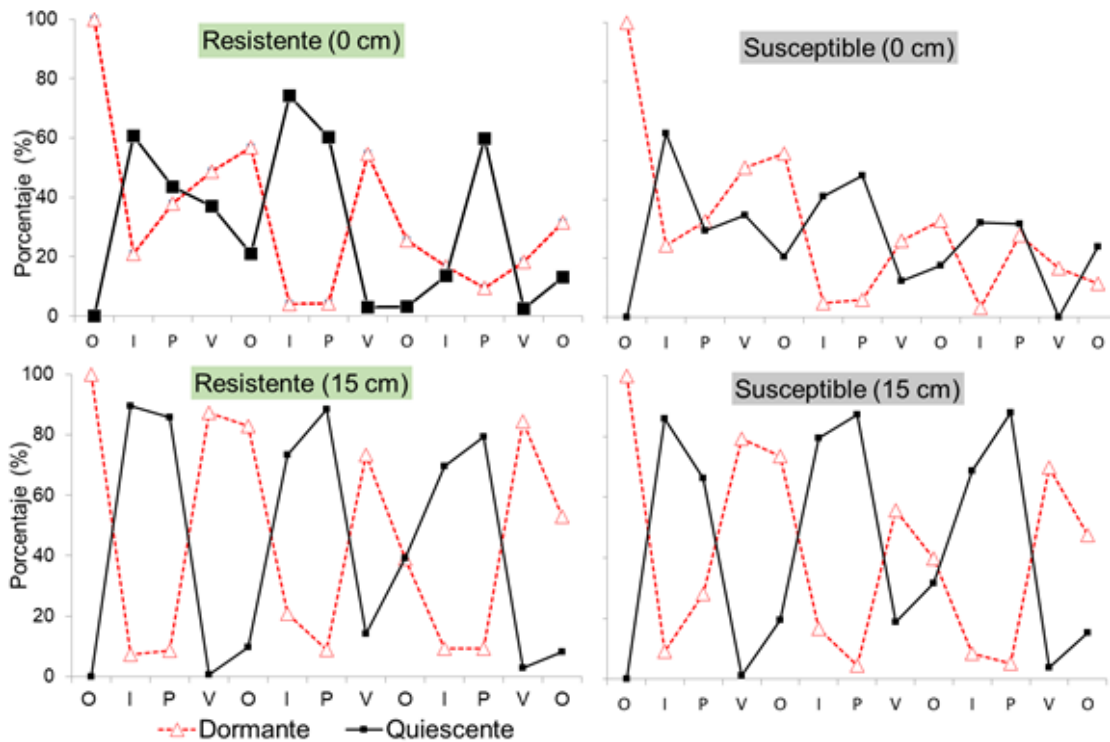


Figura 2. . Evolución del porcentaje de semillas dormantes y quiescentes de biotipos resistente y susceptible de capin enterradas a 15 cm y en superficie (0 cm) en extracciones realizadas estacionalmente (O=otoño; I=invierno; P=primavera; V=verano) desde otoño 2013 a 2016.

### CONCLUSIONES

Las semillas enterradas a mayor profundidad presentan viabilidad superior a las que se encuentran sobre superficie para biotipos resistentes y susceptibles al quinclorac. La resistencia al herbicida quinclorac no redujo la viabilidad de la semilla ni modificó los ciclos estacionales de dormancia de *Echinochloa crus-galli* en superficie o profundidad. Luego de 5 zafras las semillas enterradas a 15 cm continúan con alto potencial de infestación de áreas.

### BIBLIOGRAFIA

DAWSON, J. H.; BRUNS, V. F. 1962. Emergence of barnyardgrass, x green foxtail, and yellow foxtail seedlings from various soil depths. *Weeds*, 10: 136–139.

EGLEY, G.H.; J.M. CHANDLER. 1978. Germination and viability of weed seeds after 2.5 years in a 50-year buried seed study. *Weed Science*, 26 (3): 230-239.

GRESSEL, J. 2009. Evolving understanding of the evolution of herbicide resistance. *Pest Management Science*, 65: 1164-1173.

## LA INDUCCIÓN LIMITADA DE LA SÍNTESIS DE ETILENO Y CIANURO ESTARÍAN INVOLUCRADAS EN LA RESISTENCIA A QUINCLORAC EN CAPÍN

M.Diez.Vignola<sup>1</sup>, C.Marchesi<sup>2</sup>, N. Saldain<sup>3</sup>, D.Sc P.Diaz<sup>1</sup>

**PALABRAS CLAVE:** herbicida, mecanismos de resistencia, *Echinochloa crus-galli*

### INTRODUCCIÓN

El capín (*Echinochloa crus-galli*) es una maleza importante asociada al cultivo de arroz. Su control es una de las principales preocupaciones del sector arrocero del país. El herbicida quinclorac, una auxina sintética, se ha usado eficientemente para controlar esta maleza durante muchos años. Sin embargo, se han reportado la ocurrencia de varios biotipos resistentes a quinclorac en la cuenca de la Laguna Merín (Saldain y Sosa, 2012) y en las zonas centro y norte (Marchesi, 2015). El factor de resistencia (FR) de los biotipos en la zona este estuvo dentro del rango de 38-52, siendo el valor más alto mostrado por el biotipo E7. En la zona centro y norte, se identificaron biotipos con FR entre 10 y >200. Aunque todavía no existe un conocimiento completo del modo y sitio de acción de quinclorac, se sabe que induce la síntesis de novo de la enzima 1-ácido aminociclopropano carboxílico (ACC) sintasa en la raíz, resultando en el incremento de ACC en especies susceptibles (Grossmann, 1998). El exceso de ACC es translocado hacia la parte aérea donde es convertido a etileno y cianuro de hidrógeno (HCN) por la enzima ACC oxidasa. Este proceso se auto-amplifica ya que ACC y HCN inducen la actividad de ACC sintasa en la parte aérea. El mecanismo principal de desintoxicación de HCN en las plantas es la actividad de la enzima  $\beta$ -cianoalanina sintasa ( $\beta$ CAS). Esta enzima, exclusivamente mitocondrial, es dependiente de piridoxal fosfato y cataliza la reacción de formación de  $\beta$ -cianoalanina a partir de HCN y cisteína. El objetivo de este estudio fue comparar la inducción de la biosíntesis de etileno y cianuro por quinclorac y la actividad de la enzima  $\beta$ -CAS en biotipos susceptibles (A33P2) y resistentes (E7). Además, se estudió la contribución del estrés oxidativo en respuesta a quinclorac.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se cultivaron plantas de *Echinochloa crus-galli* en medio hidropónico para la evaluación de etileno. Para las otras determinaciones, se utilizó sustrato de vermiculita y arena. En ambos casos, las plantas se cultivaron hasta el estadio de dos/tres hojas y se añadió quinclorac a los medios de cultivo (concentración final de 10  $\mu$ M). Cada dos días después de la aplicación de quinclorac, el material vegetal se recolectó e inmediatamente se congeló en nitrógeno líquido. La acumulación de etileno se cuantificó usando cromatografía de gases. Ensayos espectrofotométricos se utilizaron para la determinación de la acumulación de cianuro, actividad de  $\beta$ -CAS, peroxidación de lípidos (TBARS) y actividad de enzimas antioxidantes.

### RESULTADOS

En este trabajo se observó que la producción de etileno en el biotipo sensible A33P2, aumentó a los dos días luego de la aplicación de quinclorac, obteniéndose una producción de 500% con respecto al control. En los días siguientes la producción de etileno comenzó a descender llegando a valores de 300% y 200% con respecto al control, debido a un decaimiento general de la planta (Fig.1). En cambio, en el biotipo E7 se detectó una leve acumulación, siendo los valores de producción de etileno luego de la aplicación de quinclorac, muy cercanos al control.

<sup>1</sup> M. Sc.FAGRO Cátedra de Bioquímica. [mandu10@gmail.com](mailto:mandu10@gmail.com)

<sup>2</sup> Ph. D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [cmarchesi@inia.org.uy](mailto:cmarchesi@inia.org.uy)

<sup>3</sup> M. Sc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [nsaldain@inia.org.uy](mailto:nsaldain@inia.org.uy)

<sup>4</sup> D.Sc. FAGRO Cátedra de Bioquímica

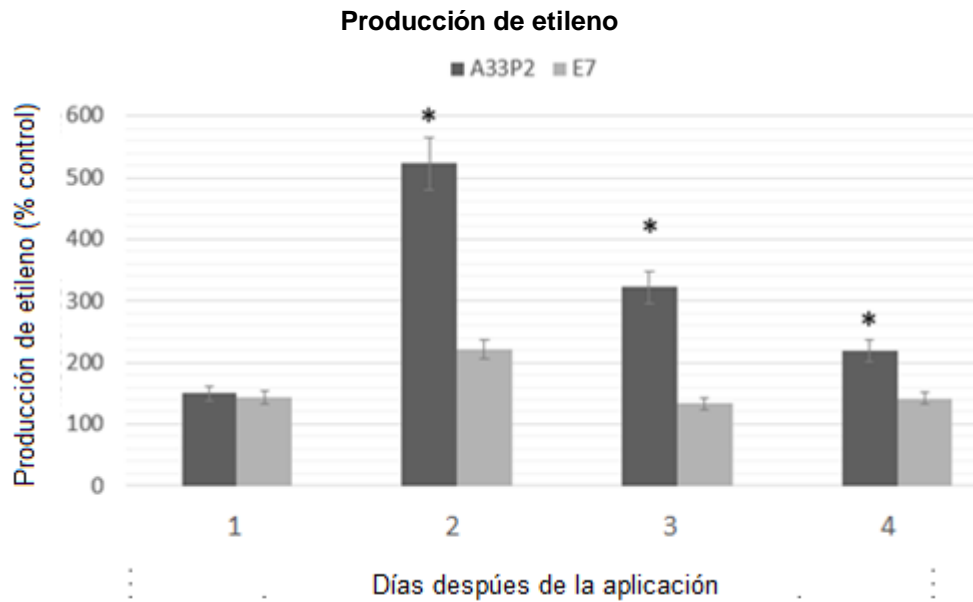


Figura 1. Producción de etileno en planta entera de biotipos A33P2 y E7 luego de la aplicación de quinclorac, concentración final 10µM. Los datos se expresaron como porcentaje con respecto al promedio de los controles. Las barras verticales representan los errores estándar del promedio de las mediciones. Los \* indican diferencias significativas (p>0,01). 100% = 0,05 nmol/g Pf (Peso fresco)

En el biotipo A33P2 se detectó un aumento en el contenido de HCN en la parte aérea y radicular a partir del tercer día luego de la aplicación de quinclorac (Fig.2), siendo este contenido aproximadamente el doble del registrado en control sin herbicida; mientras que en el biotipo E7, solo se observó un leve incremento.

53

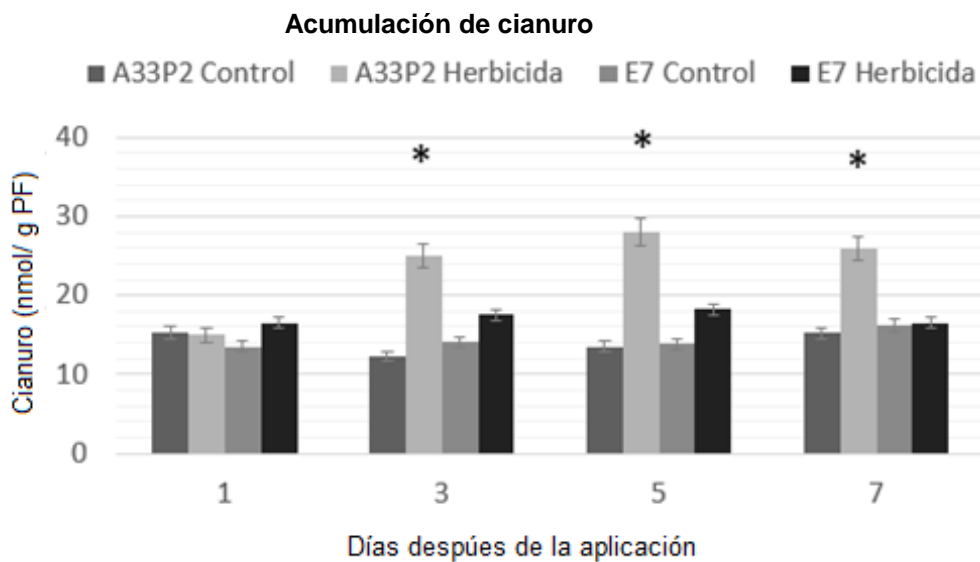


Figura 2. Acumulación de HCN en los biotipos A33P2 y E7 luego de la aplicación de quinclorac en la parte radicular. Las barras verticales representan los errores estándar del promedio de las mediciones. Los \* indican diferencias significativas (p>0,01).

La actividad de la enzima  $\beta$ CAS en el biotipo A33P2 se vio incrementada a partir del tercer día luego de la aplicación de quinclorac 10 $\mu$ M en el tejido radicular y a partir del quinto día en la parte aérea. En cambio, en el biotipo E7, no se observó estimulación de esta enzima.

La baja producción de etileno y acumulación de cianuro por parte del biotipo E7 luego de la aplicación de quinclorac, provocan que la actividad tipo  $\beta$ CAS se mantenga en valores similares al control sin herbicida. A diferencia de los resultados obtenidos por otros autores (Abdalah *et al.*, 2006; Yasuor *et al.*, 2012), la actividad basal  $\beta$ CAS no fue significativamente diferente en ambos biotipos

Los resultados obtenidos en TBARS y enzimas antioxidantes indican que en el biotipo sensible A33P2, quinclorac indujo estrés oxidativo, mientras que no se observó respuesta significativa en el biotipo E7. El aumento en estos parámetros se observó a partir del quinto día después de la aplicación de quinclorac, siendo posterior a los aumentos de etileno y cianuro. Considerando esto, se puede proponer que el estrés oxidativo provocado por quinclorac sería una respuesta tardía del herbicida, descartando así la posibilidad de que la maquinaria antioxidante estuviera relacionada con la resistencia del biotipo E7 a quinclorac.

### CONCLUSIONES

La resistencia observada en el biotipo E7 estaría provocada por una inducción limitada en la síntesis de etileno y HCN. La actividad de la enzima  $\beta$ CAS no estaría relacionada con la resistencia a quinclorac. El estrés oxidativo provocado por quinclorac en biotipos sensibles, es una respuesta tardía desencadenada por la citotoxicidad del cianuro. Una actividad aumentada de las enzimas antioxidantes no estaría relacionada con la resistencia del biotipo E7 a quinclorac.

### BIBLIOGRAFÍA

**ABDALLAH, I.; FISCHER, A.J.; ELMORE, C.L.; SALTVEIT, M.E.; ZAKI, M.** 2006. Mechanism of resistance to quinclorac in smooth crabgrass (*Digitaria ischaemum*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 84(1):38–48.

**GROSSMANN, K.** 1998. Quinclorac belongs to a new class of highly selective auxin herbicides. *Weed Science*, 46(6):707-716

**MARCHESI, C.** 2015. Evaluación de susceptibilidad del capín (*Echinochloa spp.*) a distintos herbicidas, En: Presentación resultados experimentales de arroz zafra 2014-2015. Montevideo: INIA. Cap.5, pp. 61-68. (Serie Actividades de Difusión, 751)

**SALDAIN, N.; SOSA, B.** 2012. Susceptibilidad de los biotipos de capín colectados a los herbicidas usados en arroz en la Zona Este de Uruguay. En: Arroz: resultados experimentales 2011-2012. Montevideo: INIA. Cap.5, pp. 9-18. (Serie Actividades de Difusión, 686)

**YASUOR, H.; MILAN, M.; ECKERT, J.W.; FISCHER, A.J.** 2012. Quinclorac resistance: a concerted hormonal and enzymatic effort in *Echinochloa phyllopogon*. *Pest Management Science*, 68(1), 108–15.

## METAMIFOX Y AURA APLICADOS EN MEZCLA DE TANQUE CON OTROS HERBICIDAS EN EL CONTROL DEL CAPÍN

N. Saldain<sup>1</sup>, B. Sosa<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:** metamifop, profoxidim, inhibidor de la ACCase

### INTRODUCCIÓN

El uso repetido de herbicidas como Nominee<sup>®</sup>, Ricer<sup>®</sup>, así como Kifix<sup>®</sup> y sus genéricos desde hace varios años, y sumado el hecho de que todos inhiben la enzima acetolactato sintetasa (ALS) en las especies susceptibles que controlan, predispone a que surjan individuos resistentes en las poblaciones de malezas objeto de control. En consecuencia, es conveniente explorar nuevos principios activos para ampliar el menú de opciones disponibles para el control de las malezas. El capín, pasto blanco o pata de gallina, y panicum se controlan con mezclas de herbicidas asperjadas en preemergencia y postemergencia temprana, acompañados muchas veces en este último momento con herbicidas hormonales que amplían el espectro de control sobre la alternantera. En objetivo del presente estudio fue evaluar cómo distintas mezclas en el tanque que acompañan al Metamifox y al Aura afectan la eficacia de éstos en el control del capín.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se condujo un experimento para evaluar distintas combinaciones de herbicidas en base a Metamifox (100 g/l de metamifop) y Aura (200 g/l de profoxidim) mezclados en el tanque con Cyncha y/o Clincher (180 g/l de cihalofop), Vantor y/o Tordon 24K (240 g/l de picloram), y Magister y/o Starane (200 g/l de fluroxipir-meptil). Todas las combinaciones de herbicidas llevaron Exocet (250 g/l de quinclorac). Se asperjaron los tratamientos herbicidas en dos momentos: postemergencia temprana y postemergencia tardía. El experimento estuvo compuesto por dos ensayos independientes, uno con Parao y otro con INIA Merín. Los momentos: se asignaron al azar a las parcelas grandes y de la misma manera se hizo con la asignación de los siete tratamientos herbicidas a las parcelas chicas dentro de cada momento de aplicación. Se dispusieron los tratamientos en un diseño de parcelas divididas en bloques al azar con tres repeticiones. La siembra se realizó con una sembradora de 13 líneas a 0,17 m de separación, siendo el ancho de la parcela de 2,4 m por 10 m de largo. El día previo al momento de la aplicación de los tratamientos, se contó la población de capín en cada parcela usando dos cuadrados de 0,3 m x 0,3 m. Se asperjaron los tratamientos usando una mochila presurizada con anhídrido carbónico que porta una barra con cuatro boquillas que llevan pastillas Teejet 8002 DG y libera 140 l/ha. Al final de la aplicación de cada tratamiento se miden los restos para ver que la aplicación quede dentro del  $\pm 5\%$  del gasto de solución. Se desbordó un metro de cada cabecera y se cosecharon las 8 líneas centrales. En el área útil de cada parcela se registró el número de panojas de capín en ocho rectángulos de 0,5 m<sup>2</sup> para tener una medida objetiva. A continuación, en el cuadro 1, se introducen las actividades realizadas en el experimento para las dos variedades.

### RESULTADOS

Al momento de la aplicación de los tratamientos de herbicidas, se cuantificó la población de capín promedio presente en las parcelas y la composición por estado de desarrollo del capín y del arroz en los cuadros 2 y 3 respectivamente. El control de capín obtenido por los tratamientos herbicidas y la separación de medias para cada momento de aplicación se muestran debido a la interacción significativa entre los factores estudiados en Parao ( $p=0,0025$ ) e INIA Merín ( $p<0,0001$ ) (Cuadro 4).

<sup>1</sup> M.Sc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [nsaldain@inia.org.uy](mailto:nsaldain@inia.org.uy)

<sup>2</sup> Téc. Agrón. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

Cuadro 1. Actividades realizadas y recursos empleados en la conducción del experimento.UEPL, 2016-2017.

Tareas realizadas	Parao	INIA Merín
Glifosato en el barbecho	3,5 l/ha de Glifoweed + 30 g/ha de Cerio	
Siembra capín	400 semillas viables/m <sup>2</sup> el día previo a la siembra del arroz	
Fecha de siembra	6-Oct-16	
Densidad de siembra arroz	485 semillas viables/m <sup>2</sup>	
Cantidad de semilla arroz	156 kg/ha	170 kg/ha
Fertilización	al voleo un día después de la siembra	
18-46/46-0	130 kg/ha	
0-0-60	50 kg/ha	
Fecha de aplicación tratamientos		
Postemergencia temprana	5-Nov-16	
Postemergencia tardía	19-Nov-16	
urea al macollaje en función de PMN	130 kg/ha previo a la inundación	
Urea alargamiento entrenudos	50 kg/ha el 30-dic-16	
Baños	No fue necesario realizar	
Fecha de inundación		
Postemergencia temprana	14-nov-16 (nueve días después de la aplicación)	
Postemergencia tardía	28-nov-16 (nueve días después de la aplicación)	

PMN=potencial de mineralización del nitrógeno

Cuadro 2. Población de capín y estados de desarrollo de la misma previo al momento de la aplicación de los tratamientos herbicidas.

Momento de aplicación	Plantas de capín/m <sup>2</sup>	Estado de desarrollo del capín (%)									
		1 hoja	2 hs	3 hs	4 hs	5 hs	1 macollo	2 ms	3 ms	4 ms	
Parao											
Postemergencia Temprana	316	8,8	30,9	46,0	14,0	0,3	-	-	-	-	-
Postemergencia Tardía	321	1,9	28,7	17,6	11,7	18,7	113,	7,8	2,4	-	-
INIA Merín											
Postemergencia Temprana	474	15,3	67,8	16,8	-	-	-	-	-	-	-
Postemergencia Tardía	252	-	3,4	31,0	9,1	15,2	19,1	13,3	8,8	0,3	-

Cuadro 3. Estados de desarrollo de las plantas de arroz al momento de la aplicación de los tratamientos.

Momento de aplicación	Estado de desarrollo del arroz (%)				
	1 hoja	2 hojas	3 hojas	4 hojas	5 hojas
Parao					
Postemergencia Temprana	64,9	32,6	2,5	-	-
Postemergencia Tardía	-	4,3	69,2	26,5	-
INIA Merín					
Postemergencia Temprana	28,5	68,3	2,9	-	-
Postemergencia Tardía	-	27,6	30,1	42,3	-

En general, se aprecia que en la aplicación en postemergencia temprana, con el capín sin macollar, los distintos tratamientos herbicidas muestran controles superiores al testigo sin aplicación y la única mezcla que fue estadísticamente igual al testigo es Metamifox + Exocet independientemente de la variedad considerada. Las mezclas de tanque que mostraron reducciones superiores o iguales al 80% en la cantidad de panojas de capín son aquellas que tienen Aura en Parao y la mezcla de Aura + Exocet + Clincher en INIA Merín. El rendimiento del arroz de los tratamientos herbicidas sigue la misma tendencia que la separación de medias en el control para ambas variedades (Cuadro 5). Sin embargo, cuando se aplican los tratamientos herbicidas en postemergencia tardía, con más porcentaje de la población de capín macollada, las mezclas de Aura + Exocet + Clincher y Aura+ Exocet + Clincher + Starane lograron reducciones iguales o superiores al 80% en términos de control con respecto al testigo en Parao y la mezcla Aura + Exocet y Aura + Exocet + Clincher + Starane en INIA Merín. Las diferencias en la reducción en el control del capín no se traducen en diferencias significativas en el rendimiento de arroz en Parao, mientras que las mezclas con Aura fueron superiores significativamente a los otros tratamientos en el rendimiento de arroz en INIA Merín (Cuadro 5).



El atraso en el establecimiento de la inundación (nueve días después de la aplicación) es mucho tiempo cuando a las mezclas lo acompaña Exocet cuyo principio activo, quinclorac, es muy poco soluble en agua y penetra al capín preferentemente por las raíces. La demora de nueve días en inundar las parcelas jugó en contra tanto del Metamifox y del Cincha y/o Clincher que son más dependientes de la humedad del suelo para expresar su eficacia. El Metamifox y sus mezclas se ven perjudicadas por este hecho y de alguna manera explican el menor grado de control obtenido en general (mayor escape de panojas de capín a la cosecha).

Cuadro 4. Resultados obtenidos en el control de capín y la separación de medias de los tratamientos herbicidas en cada momento de aplicación. UEPL, 2016-2017.

Momento de aplicación	Varietal	Dosis, l/ha	Parao panojas capín/m <sup>2</sup>	INIA Merín % reducción s/testigo	Parao	INIA Merín
Postemergencia Temprana	Testigo sin aplicación de herbicidas	-	136 b	207 b	0	0
	Metamifox + Exocet	0,75 + 1,25	131 b	164 b	-4	-21
	Metamifox + Exocet + Cyncha	0,75 + 1,25 + 1,2	33 a	59 a	-76	-71
	Metamifox + Exocet + Cyncha + Vantor	0,75 + 1,25 + 1,2 + 0,075	29 a	61 a	-79	-70
	Aura + Exocet	0,5 + 1,25	22 a	61 a	-84	-70
	Aura + Exocet + Clincher	0,5 + 1,25 + 1,2	22 a	30 a	-84	-85
Postemergencia Tardía	Aura + Exocet + Clincher + Tordon 24K	0,5 + 1,25 + 1,2 + 0,075	18 a	64 a	-89	-69
	Testigo sin aplicación de herbicidas	-	133 c	182 b	0	0
	Metamifox + Exocet	1,0 + 1,8	126 c	229 b	-5	125
	Metamifox + Exocet + Cyncha	1,0 + 1,8 + 1,5	109 c	229 b	-18	126
	Metamifox + Exocet + Cyncha + Magister	1,0 + 1,8 + 1,5 + 0,3	88 bc	184 b	-34	101
	Aura + Exocet	0,875 + 1,8	29 ab	37 a	-78	-80
Postemergencia Tardía	Aura + Exocet + Clincher	0,875 + 1,8 + 1,5	22 a	44 a	-83	-76
	Aura + Exocet + Clincher + Starane	0,875 + 1,8 + 1,5 + 0,3	23 a	23 a	-83	-87

Las medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí según la prueba de Tukey al 5% dentro de cada momento de aplicación

Cuadro 5. Resultados obtenidos en el rendimiento de arroz y la separación de medias de los tratamientos herbicidas en cada momento de aplicación. UEPL, 2016-2017.

Momento de aplicación	Varietal	Dosis, l/ha	Parao Rendimiento de arroz, kg/ha	INIA Merín
Postemergencia Temprana	Testigo sin aplicación de herbicidas	-	2880 b	4252 bc
	Metamifox + Exocet	0,75 + 1,25	3726 b	2910 c
	Metamifox + Exocet + Cyncha	0,75 + 1,25 + 1,2	9787 a	8910 a
	Metamifox + Exocet + Cyncha + Vantor	0,75 + 1,25 + 1,2 + 0,075	7878 a	6028 abc
	Aura + Exocet	0,5 + 1,25	9012 a	8422 ab
	Aura + Exocet + Clincher	0,5 + 1,25 + 1,2	8689 a	10046 a
Postemergencia Tardía	Aura + Exocet + Clincher + Tordon 24K	0,5 + 1,25 + 1,2 + 0,075	10843 a	7925 ab
	Testigo sin aplicación de herbicidas	-	1802 b	2029 b
	Metamifox + Exocet	1,0 + 1,8	2440 b	2238 b
	Metamifox + Exocet + Cyncha	1,0 + 1,8 + 1,5	4545 a	2912 b
	Metamifox + Exocet + Cyncha + Magister	1,0 + 1,8 + 1,5 + 0,3	6979 a	3086 b
	Aura + Exocet	0,875 + 1,8	7976 a	7964 a
Postemergencia Tardía	Aura + Exocet + Clincher	0,875 + 1,8 + 1,5	7857 a	9414 a
	Aura + Exocet + Clincher + Starane	0,875 + 1,8 + 1,5 + 0,3	8593 a	9691 a

Las medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí según la prueba de Tukey al 5% dentro de cada momento de aplicación

## CONCLUSIONES

Algunas de las mezclas de tanque triples con Metamifox o con Aura lograron reducir las panojas de capín en un 70% (aceptable) o superiores al 80% (bueno a muy bueno), traduciéndose en la obtención de rendimiento de arroz por encima significativamente del testigo en postemergencia temprana; mientras que aquellas con Aura alcanzaron una reducción máxima del 86% y rendimientos superiores al testigo en la postemergencia tardía.

## AGRADECIMIENTOS

Se deja constancia de la financiación parcial de estos trabajos por parte de la empresa Cibeles S.A.

## ¿CÓMO REDUCIR LOS ESCAPES DE CAPÍN EN SISTEMAS INTENSIVOS EN EL USO DE ARROCES CLEARFIELD®?

N. Saldain<sup>1</sup>, B. Sosa<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:** uso repetido de imidazolinonas, mezclas sinérgicas, secuencias de mezclas de herbicidas

### INTRODUCCIÓN

El principal factor que conduce a generar poblaciones de malezas resistentes es el uso repetido de herbicidas muy eficaces en su control, con un solo modo de acción, caso de las imidazolinonas asociadas a la tecnología Clearfield® (Norsworthy *et al*, 2012). Newman y Busi, 2016, han establecido que el uso de mezclas que no sean antagónicas y que se roten es la mejor aproximación para retrasar la aparición de individuos resistentes cuando se usan en poblaciones que no tengan resistencia a ninguno de los herbicidas usados en la mezcla. Además, establecieron que los componentes de la mezcla pueden ser dos o tres modos de acción distintos, que deben ser usados a la dosis de etiqueta, que físicamente sean compatibles, seguros para el cultivo y su costo sea accesible. El objetivo de este trabajo fue evaluar distintas mezclas de herbicidas que tienen efecto aditivo o sinérgico de acuerdo con la literatura y secuencias de mezclas en una situación donde ocurrieron escapes de capín a la aplicación de imidazolinonas cuando se cultivó arroz Clearfield® por última vez.

### MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra 2016-2017 en Río Branco, se condujo un experimento en un potrero que tuvo laboreo a la salida del invierno (dos pasadas de excéntrica y landplane) que entraba en el cuarto año de arroz Clearfield® alternadamente (1 año CL - 1 año barbecho). Fue fertilizado al voleo con fertilizantes a base de fósforo y potasio previo a la siembra para asegurar un buen nivel de productividad. El productor aplicó glifosato en el potrero para controlar el capín nacido antes de la siembra del arroz. El experimento se sembró el 11 de noviembre del 2016, con CL212 usando una sembradora experimental, existiendo capín nacido con algunas hojas hasta capines macollados. La semilla de arroz estaba curada con tiametoxan + tebuconazol y se sembró con 485 semillas viables/m<sup>2</sup> equivalente a 154 kg/ha de semilla. Enseguida de la siembra, un rodillo acanalado fue pasado para asegurar un buen contacto semilla suelo. Se usaron parcelas grandes de 6,5 m de ancho por 20 m de largo donde se ubicaron los tratamientos herbicidas en bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados consistieron en mezclas de tanque aplicadas en secuencia en cuatro momentos de aplicación; preemergencia (12/11/2016), preemergencia retrasada (17/11/2016), postemergencia temprana (6/12/2016) y postemergencia tardía (13/12/2016). Cuando se decidió realizar la aplicación tardía, aún quedaba bastante capín macollado sin controlar en los tratamientos 1, 2, 3, 4. De manera que a las parcelas de la secuencia 1, se las dividió a la mitad y se aplicó a la parte que había recibido Kifix en postemergencia temprana, otra aplicación de Kifix mezclado en el tanque con una premezcla de Clincher + Rinskor™ de la DOW con la siguiente composición: 160 g/l de cihalofop + 12 g/l Rinskor™ (florpirauxifen-benzil + coadyuvante) y a la otra mitad solo Kifix. Esta comparación se hará en un análisis estadístico independiente del experimento. A las parcelas de los tratamientos 2, 3 y 4 se le aplicó a una mitad Clincher + Aura y a la otra Cyncha + Metamifox. Este grupo de tratamientos quedó como un diseño en parcelas divididas y se analizará independientemente del resto de los tratamientos. La aplicación de urea fue de 150 kg/ha al macollaje el día previo a la inundación, estableciéndose la misma a los cuatro días posteriores a la aplicación en postemergencia tardía (17/12/2016). La población de capín observada en el sitio es la resultante de la producción de semillas ocurridas por falta de control eficaz en los años previos.

<sup>1</sup> M.Sc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [nsaldain@inia.org.uy](mailto:nsaldain@inia.org.uy)

<sup>2</sup> Téc. Agrón. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

## RESULTADOS

Se introduce la descripción de las secuencias con las distintas mezclas aplicadas que se van agregando desde la preemergencia hasta la aplicación en postemergencia temprana (Cuadro 1). En el siguiente cuadro, se presentan los resultados obtenidos en el control de capín y ciperáceas previo a la aplicación de los tratamientos en postemergencia tardía y el control logrado previo a la cosecha, lo cual es el resultante de todas las aplicaciones realizadas en cada una de las secuencias de mezclas de herbicidas evaluadas (Cuadro 2). En términos de control, las secuencias con la aplicación de preemergencia retrasada mostraron un control superior a la preemergencia estándar, destacándose por presentar poblaciones de capín menos abundantes, con menor desarrollo (capines de 2 hojas).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos aplicados hasta la postemergencia temprana. Río Branco, 2016-2017.

Secuencia de mezclas de herbicidas	Preemergencia				Preemergencia retrasada			Postemergencia Temprana			
	Glifoweed l/ha	Kifix g/ha	Cibelcol	Exocet	Glifoweed l/ha	Cibelcol	Kifix g/ha	Kifix l/ha	Cibelcol	Exocet l/ha	propanil
1	4,4	154	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	4,4	154	-	-	-	-	-	140	0,875	-	-
3	4,4	154	-	-	-	-	-	140	-	1,250	-
4*	5,2	182	0,91	-	-	-	-	140	-	-	4
5*	6	-	1,05	1.875	-	-	-	140	-	-	4
8	-	-	-	-	4,4	-	154	140	-	1,250	-
9	-	-	-	-	4,4	-	231	189	0,63	-	-
10*	-	-	-	-	4,4	0,77	154	140	-	-	4

Las mezclas de tanque con Glifoweed Platinum llevan 0,25 l/ha de Li 700, mientras que aquellas con KIFIX siempre llevan DASH a razón de 0,3 l/ha, \*=semilla curada con Riceprotex previo a la siembra cuando se aplicó Cibelcol en preemergencia o preemergencia retrasada

Cuadro 2. Control de capín y ciperáceas obtenido previo a la aplicación de los tratamientos en postemergencia tardía y la lectura de control previo a la cosecha. Río Branco, 2016-2017.

Secuencia de mezclas de herbicidas	Control previo a la aplicación en postemergencia tardía			KIFIX g/ha	Postemergencia tardía				Población de capín panojas/m <sup>2</sup>
	capín/m <sup>2</sup>	ciperáceas/m <sup>2</sup>			Aura	Cyncha	Metamifox	Propanil	
1	42	ab	8	182	-	-	-	-	6 b
2.1	23	abc	8	-	2,75	0,96	-	-	0 a
2.2				-	-	-	2,0	0,8	-
3.1				-	2,75	0,96	-	-	-
3.2	21	abc	9	-	-	-	2,0	0,8	1 a
4.1*				-	2,75	0,96	-	-	0 a
4.2*	19	abc	6	-	-	-	2,0	0,8	-
5*	57	a	3	126	-	-	-	-	4,9
8	1	c	6	-	-	-	-	-	1 a
9	1	c	9	-	-	-	-	-	0 a
10*	15	bc	5	-	-	-	-	-	0 a

Significación 0,0318 ns <0,0001

\*=semilla curada con Riceprotex previo a la siembra cuando se aplicó Cibelcol en preemergencia o preemergencia retrasada Las medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí según la prueba de la mínima diferencia significativa al 5%

En los cinco días diferencia entre una y otra aplicación, una lluvia ocurrió de aproximadamente 45 mm que junto a las mezclas usadas en postemergencia temprana en las secuencias 8, 9 y 10 contribuyeron a una menor presencia de capín y menor tamaño. El hecho de haber sembrado CL212 a una densidad estándar cooperó en la interferencia del cultivo sobre las malezas pequeñas dado que en las secuencias donde no se aplicó mezclas de herbicidas en postemergencia tardía no ocurrió reinfestación y el control a la cosecha fue muy bueno y no fue significativamente diferente a las otras secuencias. Se destaca que todas las secuencias obtuvieron controles superiores al testigo, sin embargo, esas diferencias no se tradujeron en diferencias en el rendimiento de arroz (Cuadro 3).

Cuadro 3. Componente del rendimiento y rendimiento de arroz sano seco y limpio. Río Branco, 2016-2017.

Secuencia de mezclas de herbicidas	Altura planta de arroz cm	Componentes del rendimiento			
		panojas de arroz nro/m <sup>2</sup>	granos llenos /panoja	pmg g	RSSL kg/ha
1	97	515	63	30,4 cd	8990
2	101	512	66	30,5 b	9319
3	103	500	67	30,6 abc	9563
4*	106	503	68	30,7 a	9144
5*	100	537	65	30,8 a	9194
8	99	568	61	30,4 cd	9418
9	97	535	56	30,1 e	9381
10*	99	526	62	30,2 de	8739
Significación	ns	ns	ns	0,0234	ns

Las medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí según la prueba de la Mínima diferencia significativa al 5%, \*=semilla curada con Riceprotex previo a la cuando se aplicó Cibelcol en preemergencia o preemergencia retrasada.

En el estudio de la interacción entre las secuencias 2, 3 y 4 con la aplicación en postemergencia tardía de la mezcla de tanque de Clincher + Aura (mezcla sinérgica) y Cyncha + Metamifox no se detectaron diferencias significativas entre las secuencias y las dos mezclas ni en su interacción en el control final ni en el rendimiento (datos no mostrados). Se observó muerte de plantas sin macollar (nacimiento desperejo) debido a que la dosis de Aura empleada no es tolerada en materiales *índicas* como CL212, además, en el resto de las plantas se apreció una detención del crecimiento relativamente severa, aunque estuvieran macolladas; sin embargo, las condiciones ambientales prevalecientes fueron muy favorables a fines del verano y principio del otoño para el cultivo redundando en una productividad similar entre las mezclas con Aura o con Metamifox. En otro análisis realizado dentro de secuencia 1, la premezcla del Clincher + Rinskor™ a 1,2 l/ha + 140 g/ha de Kifix mezclado en el tanque comparado con sólo Kifix a 182 g/ha (testigo) mostró que los tres principios activos mezclados fue superior en el control del capín a la cosecha siendo el rendimiento de arroz similar (datos no mostrados). Del capín escapado al Kifix en las parcelas del testigo, se cosechó la semilla y se puso a germinar, con una dosis de este herbicida que permite discriminar entre un biotipo susceptible (E0CL) y uno resistente (E3CL). Los resultados indican que el biotipo proveniente del sitio en Río Branco, RB1617, presentó un peso fresco/placa similar al testigo susceptible (E0CL) y menor significativamente al testigo resistente (E3CL), indicando que es altamente probable que la población en ese sitio particular no fuera resistente al Kifix.

#### CONCLUSIONES

La buena humedad del suelo posterior a la siembra permitió ser exitosos en el control del capín con Kifix + glifosato + Cibelcol en la preemergencia retrasada y Cibelcol o propanil o Exocet (si la población es susceptible) + Kifix en la aplicación en postemergencia temprana. En caso de ser necesario, una aplicación en postemergencia tardía, la mezcla de Cyncha + Metamifox y Kifix + (Clincher + Rinskor™) se comportaron con buena eficacia en el control y selectividad. La mezcla de Clincher + Aura presentó buena eficacia en el control aunque, afectó el crecimiento de CL212, no se tradujo en una reducción en el rendimiento de arroz.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

**NEWMAN, P.; BUSI, R.** 2016. Three reasons why mix and rotate herbicides is better than just rotate. [En línea]. Consultado el 30 de julio del 2018. Disponible en <https://grdc.com.au/resources-and-publications/grdc-update-papers/tab-content/grdc-update-papers/2016/02/three-reasons-why-mix-and-rotate-herbicides-is-better-than-just-rotate>.

**NORSWORTHY, J.K., WARD, S.M., SHAW D.R., LLEWELLYN, R.S., et al.** 2012. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. Weed Science Special Issue:31-62.

## EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE HERBICIDAS PARA EL CONTROL DE CAPÍN

N. Saldain<sup>1</sup>, B. Sosa<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:** mezclas aditivas, mezclas sinérgicas, mezclas preformuladas

### INTRODUCCIÓN

La intensificación creciente de los cultivos de arroz y la confirmación de resistencia al quinclorac, tanto en la zona este como en el centro-norte, lleva a explorar más alternativas para ampliar el menú de opciones disponibles para los técnicos asesores y los productores. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar nuevas mezclas de tanque de los herbicidas existentes, de mezcla preformulada de bispiribac-sodio + metamifop citada como no antagónica y de otras mezclas preformuladas como Rebelex y Novixid, con la introducción de un nuevo principio activo en esta última.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se condujo un experimento de evaluación de herbicidas en la Unidad Experimental Paso de Laguna en la zafra 2017-2018. El mismo constó de dos ensayos, uno con INIA Merín y otro con Parao. Se evaluaron seis tratamientos más un testigo (sin aplicación de herbicidas) asperjados en dos momentos: postemergencia temprana y tardía. Se ajustaron las dosis de las mezclas de acuerdo con el momento de aplicación y en el caso de la mezcla de tanque de Metamifox + Cibelcol en la postemergencia temprana se la cambió por Metamifox + Cyncha atento a que el Cibelcol no controla capines grandes en la postemergencia tardía. La mezcla de bispiribac sodio + Metamifox que se formuló exclusivamente para este trabajo contenía 40 g/l + 100 g/l; respectivamente. Rebelex contiene penoxsulam a 30 g/l más cihalofop a 180 g/l; mientras que Novixid es una mezcla con penoxsulam a 20 g/l más Rinskor a 12,5 g/l. Rinskor contiene el nuevo principio activo florpirauxifen-benzil y un coadyuvante. Los momentos de aplicación se asignaron al azar a las parcelas grandes y de la misma manera se hizo con la asignación de los siete tratamientos herbicidas a las parcelas chicas dentro de cada momento de aplicación. Se dispusieron los tratamientos en un diseño de parcelas divididas en bloques al azar con tres repeticiones. La metodología usada es la misma que en el informe sobre evaluación del Metamifox y Aura que se publica en esta serie. En el área útil de cada parcela se registró el número de panojas de capín y de panicum en ocho rectángulos de 0,5 m<sup>2</sup> para tener una medida objetiva. Los conteos se transformaron por raíz cuadrada de  $x + 0,5$  para su análisis estadístico. A continuación, en el cuadro 1, se introducen las actividades realizadas en el experimento para las dos variedades.

### RESULTADOS

Al momento de la aplicación de los tratamientos herbicidas, la población de capín promedio existente en las parcelas y la composición por estado de desarrollo del capín y del arroz se presentan en los cuadros 2 y 3; respectivamente. El control de capín obtenido por los tratamientos herbicidas y la separación de medias se muestran para cada momento de aplicación debido a que existió interacción significativa entre los factores estudiados en INIA Merín ( $p < 0,0001$ ) (Cuadro 4) y y Parao ( $p = 0,0001$ ) (Cuadro 5). Para ambas variedades, se aprecia que los tratamientos aplicados sobre poblaciones de capín con menos del 5% de individuos macollados, en postemergencia temprana, se obtuvieron controles desde buenos a excelentes, reflejándose en que la productividad siempre fue superior significativamente al testigo sin aplicación de herbicidas (Cuadros 4 y 5). En las parcelas de Novixid y Rebelex se detectó más presencia de panicum sin control, especialmente en Parao, sitio que presentó mayor infestación natural de esta maleza. En cuanto a los resultados, cuando se aplicaron los tratamientos en postemergencia tardía, con la población de capín con aproximadamente 50% de los individuos con más de un macollo, se detectaron más diferencias significativas entre los tratamientos en el control de esta especie.

<sup>1</sup> M.Sc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [nsaldain@inia.org.uy](mailto:nsaldain@inia.org.uy)

<sup>2</sup> Téc. Agrón. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

Cuadro 1. Actividades realizadas en el experimento. UEPL, 2017-2018.

Tareas realizadas	INIA Merín	Parao
Glifosato en barbecho	Sí	
Siembra variedades	16-oct-17	
Densidad de siembra	390 semillas viables/m <sup>2</sup>	
Cantidad de semilla de arroz/ha	117	125
Siembra capín	300 semillas viables/m <sup>2</sup>	
Fertilización (0-25/25-25)	126 k/ha en la línea	
Fecha de aplicación de tratamiento		
Postemergencia temprana	11 y 14-nov-17	
Postemergencia tardía	22-nov-17	
Urea al macollaje (PMN)	130 kg/ha	
Urea alargamiento entrenudos	50 kg/ha el 28-dic-17	
Baños	no	
Fecha de inundación		
Postemergencia temprana	17-nov-17 (6 y 3 días después aplicación)	
Postemergencia tardía	27-nov-17 (5 días después aplicación)	

PMN=potencial de mineralización del nitrógeno

Cuadro 2. Población de capín y estados de desarrollo previo al momento de la aplicación de los tratamientos herbicidas en INIA Merín. UEPL, 2017/2018.

Postemergencia	plantas/m <sup>2</sup>	Número de hojas y/o macollos de capín										
		1h	2h	3h	4h	5h	1m	2m	3m	4m	5m	6m
Temprana	217	4	31	49	13	2	2	-	-	-	-	-
Tardía	146	-	-	29	22	2	7	13	14	10	2	1

Cuadro 3. Población de capín y estados de desarrollo previo al momento de la aplicación de los tratamientos herbicidas en Parao. UEPL, 2017/2018.

Postemergencia	plantas/m <sup>2</sup>	Número de hojas y/o macollos de capín										
		1h	2h	3h	4h	5h	1m	2m	3m	4m	5m	6m
Temprana	293	4	23	55	13	4	1	-	-	-	-	-
Tardía	192	-	-	26	23	3	10	14	17	4	2	1

En ambas variedades, se observa que el control es estadísticamente igual en Novixid, Aura + Exocet y Metamifox + Cyncha y superior al testigo (sin aplicación), reflejándose esos controles en la productividad de INIA Merín que es superior al testigo. No ocurre así en Parao donde solo la mezcla de Metamifox + Cyncha fue significativamente superior al testigo. En cuanto al control del panicum, se aprecia que nuevamente Rebelex y Novixid presentan más abundancia de Panicum en las parcelas, indicando falta de control al haber sido aplicados con panicum de mayor tamaño. En la figura 1, se muestra la evolución de la temperatura durante 15 días centrada en los dos momentos de aspersión de los tratamientos. En el campo, se observó detención de crecimiento severa en Parao, de tal manera que se apreciaban las malezas salir por encima del cultivo al mes de la aplicación. En el inicio de floración, se notó cierto atraso especialmente cuando la mezcla llevaba inhibidores de la ALS como penoxsulam o bispiribac-sodio.

**Cuadro 4. Resultados obtenidos en el control de capín y Panicum a la cosecha, y el rendimiento de arroz en INIA Merín. UEPL, 2017-2018.**

Momento de aplicación	Herbicida o mezclas de herbicidas	Dosis l o g/ha	Panojas/m <sup>2</sup> de		inicio floración(50%)	Rend. arroz kg/ha
			capín	panicum		
Postemergencia Temprana	Testigo sin aplicación herbicida	-	111 a	12 ab	10-feb. a	5288 b
	Propanil + Cibelcol + Li 700	3,5 + 0,8 + 0,25	13 b	0 b	9-feb. a	12133 a
	Novixid	1,4	2 b	23 a	9-feb. a	13196 a
	Rebelex + Uptake	1,0 + 0,5	4 b	9 ab	10-feb. a	12260 a
	(bispiribac + metamifop) + Cibelcol + GRÜN ÖL	0,75 + 0,8 + 0,5	1 b	0 b	8-feb. a	11232 a
	Aura + Exocet + Dash	0,5 + 1,2 + 0,5%	25 b	0 b	10-feb. a	12841 a
	Metamifox + Cibelcol + GRÜN ÖL	0,75 + 0,8 + 0,5	5 b	0 b	8-feb. a	11527 a
Postemergencia Tardía	Testigo sin aplicación herbicida	-	133 a	11 b	10-feb. b	3789 d
	Propanil + Exocet + Li 700	5,5 + 2,0 + 0,25	117 a	3 b	11-feb. ab	4031 cd
	Novixid	1,4	16 c	52 a	12-feb. ab	9362 ab
	Rebelex + Uptake	1,0 + 0,5	84 b	37 a	13-feb. a	5874 bcd
	(bispiribac + metamifop) + Cyncha + GRÜN ÖL	1,0 + 2,4 + 0,5	69 b	3 b	11-feb. ab	7672 abc
	Aura + Exocet + Dash	0,875 + 1,5 + 0,5%	30 c	7 b	12-feb. ab	8969 ab
	Metamifox + Cyncha + GRÜN ÖL	1,0 + 2,4 + 0,5	19 c	0 b	12-feb. ab	9811 a
Media			45	11	11-feb.	9142
C.V.%			28,1	63,2	0,003	15,9
Tukey <sub>0,05</sub>			33	18	3	3813

La medias seguida(s) por la(s) mism(a)s letra(s) no difieren significativamente entre sí según la prueba de Tukey al 5% dentro de postemergencia temprana y tardía.

**Cuadro 5. Resultados obtenidos en el control de capín y Panicum a la cosecha, y el rendimiento de arroz en Parao. UEPL, 2017-2018.**

Momento de aplicación	Herbicida o mezclas de herbicidas	Dosis l o g/ha	Panojas/m <sup>2</sup> de		inicio floración(50%)	Rend. arroz kg/ha
			capín	panicum		
Postemergencia Temprana	Testigo sin aplicación herbicida	-	118 a	17 a	27-ene. b	3040 b
	Propanil + Cibelcol + Li 700	3,5 + 0,8 + 0,25	12 b	0 b	29-ene. ab	9423 a
	Novixid	1,4	9 b	43 a	29-ene. ab	8595 a
	Rebelex + Uptake	1,0 + 0,5	21 b	33 a	30-ene. ab	9609 a
	(bispiribac + metamifop) + Cibelcol + GRÜN ÖL	0,75 + 0,8 + 0,5	16 b	1 b	31-ene. a	9865 a
	Aura + Exocet + Dash	0,5 + 1,2 + 0,5%	32 b	2 ab	31-ene. a	9871 a
	Metamifox + Cibelcol + GRÜN ÖL	0,75 + 0,8 + 0,5	10 b	1 b	29-ene. ab	10624 a
Postemergencia Tardía	Testigo sin aplicación herbicida	-	97 ab	26 b	28-ene. c	1941 b
	Propanil + Exocet + Li 700	5,5 + 2,0 + 0,25	125 ab	1 b	2-feb. a	1681 b
	Novixid	1,4	46 bc	87 a	1-feb. ab	2725 b
	Rebelex + Uptake	1,0 + 0,5	93 ab	36 b	31-ene. b	1836 b
	(bispiribac + metamifop) + Cyncha + GRÜN ÖL	1,0 + 2,4 + 0,5	93 ab	8 b	30-ene. bc	3632 b
	Aura + Exocet + Dash	0,875 + 1,5 + 0,5%	57 bc	15 b	3-feb. a	4822 ab
	Metamifox + Cyncha + GRÜN ÖL	1,0 + 2,4 + 0,5	19 c	0 b	3-feb. a	7142 a
Media			51	20	31-ene.	6194
C.V.%			40,1	78,1	0,003	20,6
Tukey <sub>0,05</sub>			53	41	3	3345

La medias seguida(s) por la(s) mism(a)s letra(s) no difieren significativamente entre sí según la prueba de Tukey al 5% dentro de postemergencia temprana y tardía.

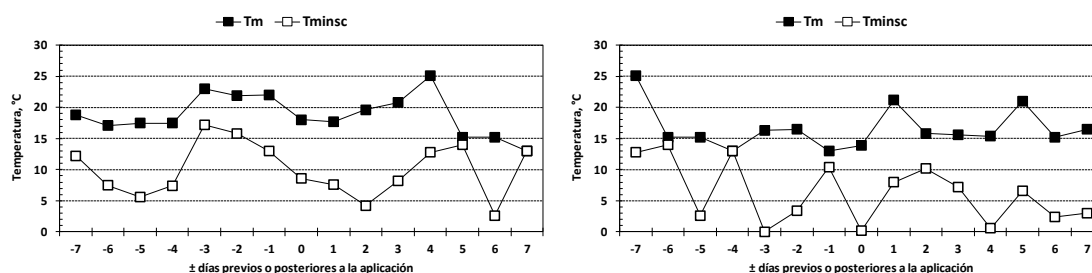


Figura 1. Evolución diaria de las temperaturas del aire media y mínima sobre 5 cm del césped por 15 días. Izquierda- Postemergencia temprana: 11/11/2017, Derecha- Postemergencia tardía: 22/11/2017

## CONCLUSIONES

Assumiendo una inundación oportuna, existen varias alternativas para el control del capín y panicum que deben ser elegidas en función de tamaño del capín y de la presencia de otras especies.

## AGRADECIMIENTOS

A Rutilan SA por la financiación parcial de los trabajos y a Cíbeles SA por formular una mezcla.

## DESENVOLVIMENTO DE ARROZ RESISTENTE A HERBICIDAS INIBIDORES DA ENZIMA ACCASE\*

J.A. Noldin<sup>1</sup>, A. de Andrade<sup>2</sup>

**PALAVRAS CHAVE:** Epagriase; ariloxifenoxipropionatos; quizalofop; haloxyfop

### INTRODUÇÃO

A ocorrência de plantas daninhas destaca-se como um dos principais fatores que limitam a produtividade da cultura do arroz irrigado. As perdas na produtividade variam em função da espécie, da população infestante e das práticas de manejo adotadas pelos agricultores. O arroz-daninho (*Oryza sativa* L.), pertencente a mesma espécie do arroz cultivado, destaca-se como sendo a de mais difícil controle e cuja ocorrência tem sido motivo de muitos estudos ao longo dos anos. Nos últimos 15 anos, a pesquisa em parceria com indústrias desenvolveu e disponibilizou para os agricultores o sistema Clearfield® de produção de arroz o qual tem se constituído numa alternativa eficaz para o controle seletivo do arroz-daninho em lavouras de arroz irrigado. No entanto, a crescente ocorrência de populações de arroz-daninho e outras plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores da ALS tem inviabilizado esta tecnologia, de importância fundamental para a rizicultura, tornando-se de fundamental importância a busca por novas alternativas de manejo dessa planta daninha.

No ano de 2018, foi disponibilizado nos Estados Unidos o Sistema Provisia, o qual consiste no uso de cultivares de arroz tolerantes a herbicidas inibidores da ACCase, utilizando o herbicida quizalofop.

Nesse sentido, a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), em parceria com o Centro de Energia Nuclear Aplicado a Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo (USP), tem realizado esforços para desenvolver linhagens de arroz com tolerância a herbicidas com mecanismos de ação alternativos aos inibidores da ALS. O desenvolvimento de linhagens de arroz resistentes a herbicidas inibidores da ACCase representa uma alternativa inovadora e se constitui uma opção estratégica para o manejo de plantas daninhas em arroz irrigado, beneficiando toda a cadeia produtiva (produtor, indústria e consumidor) com o aumento da qualidade e da produtividade deste cereal. Este trabalho teve como objetivo desenvolver linhagens de arroz com tolerância aos herbicidas ariloxifenoxipropionatos (FOPs).

### MATERIAL E MÉTODOS

No ano de 2010, a Epagri em parceria com o CENA/USP, submeteu sementes da cultivar comercial Sabbore ao processo de indução de mutação por raios gama (Andrade *et al.*, 2016 & 2017). Nos anos seguintes, foram desenvolvidas várias etapas visando o desenvolvimento da nova tecnologia: a) condução de populações mutantes segregantes visando a identificação de plantas com tolerância aos herbicidas inibidores da enzima ACCase; b) avaliação da tolerância de linhagens aos herbicidas inibidores da ACCase; c) avaliação de diferentes populações de arroz-daninho e cultivares convencionais e Clearfield® quanto a suscetibilidade aos herbicidas quizalofop e haloxyfop; d) estudos para avaliar a compatibilidade da aplicação de quizalofop e haloxyfop em associação com outros herbicidas utilizados em pós-emergência em arroz irrigado visando o aumento do espectro de controle das plantas daninhas.

---

\* Conferencia Invitada

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri, Estação Experimental de Itajaí, Brasil. [noldin@epagri.sc.gov.br](mailto:noldin@epagri.sc.gov.br).

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr., Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri, Estação Experimental de Itajaí, Brasil.



## RESULTADOS

O trabalho de melhoramento possibilitou a seleção de duas linhagens (SC 964 e SC 965) (Andrade et al., 2016, 2017, 2018) com elevado grau de tolerância aos herbicidas quizalofop e haloxyfop (Oliveira Neto *et al.*, 2017).

O herbicida quizalofop aplicado na dose de 50 g/ha i.a. resultou no controle de 100% das plântulas de 44 populações de arroz-daninho originárias de lavouras de arroz irrigado de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, assim como de plântulas das cultivares comerciais SCS117 CL, SCS121 CL, SCS116 Satoru e SCS118 Marques (Oliveira Neto *et al.*, 2017a).

Os estudos realizados a campo, tanto no sistema de semeadura em solo seco como no pré-germinado, com a aplicação isolada ou em associação com outros herbicidas visando estimar possíveis interações antagônicas sobre o controle das plantas daninhas, bem como a melhoria do espectro de controle, evidenciaram que o herbicida quizalofop aplicado na dose de 75 g/ha i.a. resultou no controle eficiente do arroz-daninho, tanto na aplicação isolada, como nas associações com bispyribac, penoxsulam, quinclorac, propanil, bentazon, saflufenacil e carfentrazone (Oliveira Neto & Noldin, 2016; Noldin & Andrade, 2018).

O sistema de cultivo de que envolve a utilização de cultivares de genótipos da Epagri tolerantes a herbicidas inibidores da ACCase é denominado de “Sistema de Produção Epagriase de Arroz”.

## CONCLUSÕES

- a) O processo de mutação induzida possibilita a seleção de linhagens de arroz com elevada tolerância aos herbicidas quizalofop e haloxyfop;
- b) O herbicida quizalofop aplicado no estágio inicial de até 4 folhas na dose de 50 g/ha i.a. proporciona controle adequado do arroz-daninho infestante das lavouras comerciais, assim como das cultivares convencionais e cultivares Clearfield®;
- c) A aplicação combinada de quizalofop e haloxyfop (75 g/ha i.a.) com os herbicidas bispyribac, penoxsulam, quinclorac, propanil, bentazon, saflufenacil e carfentrazone resulta no controle eficiente de arroz-daninho e capim-arroz, sem ocorrência de interações negativas.

## BIBLIOGRAFIA

**ANDRADE, A.; NOLDIN, J.A.; OLIVEIRA NETO, A.M.; SCHIOCCHET, M.A.; TCACENCO, F.A.; PEREIRA, A.; MARSCHALK, R.; EVERHARDT, D.S.; TULMANN NETO, A.** 2016. Development of rice lines resistant to aryloxyphenoxy-propionate herbicides through induced mutation with gamma rays. In: Rice Technical Working Group, 36, Galveston, TX, USA. Proceedings...

**ANDRADE, A.; NOLDIN, J.A.; SCHIOCCHET, M.A.; PEREIRA, A.; TCACENCO, F.A.; MARSCHALEK, R.; TULMANN-NETO, A.** 2017. Desenvolvimento de linhagens de arroz tolerantes aos herbicidas ariloxifenoxipropionatos. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 10, Gramado, RS, Brazil. Anais... Porto Alegre:IRGA/SOSBAI. (Disponível: [http://www.sosbai.com.br/docs/X\\_CBAI\\_Fitomelhoramento.pdf](http://www.sosbai.com.br/docs/X_CBAI_Fitomelhoramento.pdf))

**ANDRADE, A.; TULMANN-NETO, A. TCACENCO, F.A.; MARSCHALEK, R.; PEPREIRA, A.; OLIVEIRA NETO, A.M.; SCHEUERMANN, K.K.; WICKERT, E.; NOLDIN, J.A.** 2018. Development of rice (*Oryza sativa*) lines resistant to aryloxyphenoxypropionate herbicides through induced mutation with gamma rays. *Plant Breeding*, v.137, n.3, p.364-369.

**NOLDIN, J.A.; ANDRADE, A.** 2018. Interação dos herbicidas quizalofop-p-etílico e haloxyfop-p-metílico aplicados em associação com herbicidas pós-emergentes em arroz resistente a inibidores da ACCase. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 31, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. (Submetido)

**OLIVEIRA NETO, A.M.; NOLDIN, J.A.** 2016. Controle de arroz-daninho com aplicação de quizalofop-p-ethyl isolado ou em associação com outros herbicidas de pós-emergência. In:

Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 30, Curitiba, PR, Brazil. Anais... Londrina: SBCPD. p.264.

**OLIVEIRA NETO, A.M.; NAIARA, G.; ANDRADE, A.; NOLDIN, J.A.** 2017. Resposta aos herbicidas quizalofop-p-methyl de linhagens mutadas de arroz. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 10, Gramado, RS, Brazil. Anais... Porto Alegre:IRGA/SOSBAI.

(Disponível: [http://www.sosbai.com.br/docs/X\\_CBAI\\_Manejo\\_de\\_Plantas\\_Daninhas.pdf](http://www.sosbai.com.br/docs/X_CBAI_Manejo_de_Plantas_Daninhas.pdf))

**OLIVEIRA NETO, A.M.; NAIARA, G.; COFFIN, M.; BURGOS, N.R.; ANDRADE, A.; NOLDIN, J.A.** 2017a. Sensibilidade de genótipos de arroz-daninho ao herbicida quizalofop-p-ethyl. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 10, Gramado, RS, Brazil. Anais... Porto Alegre:IRGA/SOSBAI.

(Disponível: [http://www.sosbai.com.br/docs/X\\_CBAI\\_Manejo\\_de\\_Plantas\\_Daninhas.pdf](http://www.sosbai.com.br/docs/X_CBAI_Manejo_de_Plantas_Daninhas.pdf)).

## USE AND MANAGEMENT OF ACCASE-RESISTANT RICE TECHNOLOGY IN THE UNITED STATES\*

E. P. Webster<sup>1</sup>, B. M. McKnight<sup>2</sup>, S. Y. Rustom, Jr.<sup>3</sup>, M. J. Osterholt<sup>4</sup>, L. Connor Webster<sup>5</sup>,  
David C. Walker<sup>6</sup>

**KEYWORDS:** quizalofop, *Oryza sativa* L., herbicide resistant rice

### INTRODUCTION

A current weed management issue in rice-producing areas throughout the world is the management of weedy rice, more particularly, imidazolinone-resistant (IR) weedy rice (Rustom et al. 2018). IR rice technology, first commercialized in 2002, allowed producers to control red rice with a herbicide during cultivated rice production for the very first time (Webster et al. 2017). Weedy rice is taxonomically classified as the same species as cultivated rice but can include different phenotypic characteristics, such as various grain colors, medium-to-long grain size, awned or awnless seeds, light to dark green vegetation color, variable plant height, and pubescent to glabrous leaves. Weedy rice has greater height and tillering capabilities than does cultivated rice; therefore, it can compete for nutrients and light at a higher rate than cultivated rice.

IR hybrid rice seed has dormancy characteristics, and if these seed are allowed to germinate, emerge, and establish, the plants can become a weed in future growing seasons (Rustom et al. 2018). These offspring can segregate which can cause a serious weed problem with many different phenotypes, and can potentially be IR. Outcrossing between cultivated rice and its weedy and wild relatives has also been observed. Research has suggested that the technology used in IR rice can be transferred by natural outcrossing to produce IR red rice. The term weedy rice will refer to the entire complex of volunteer hybrids, outcrosses, and red rice.

Another weed management issue in rice-producing areas throughout the world is barnyardgrass. Barnyardgrass competing for nutrients and light can result in significant cultivated rice yield reductions. Barnyardgrass resistant to imazethapyr and imazamox has become a common issue in rice production throughout the southern United States, which further reduces the usefulness of IR rice. Historically, weed control programs in rice in the southern United States have included propanil for the control of annual grasses such as barnyardgrass. Propanil resistant barnyardgrass and other herbicide resistant weed biotypes have the potential to spread, and resistant biotypes must be managed to prevent future issues.

With rising concerns about IR weedy rice and barnyardgrass resistant to herbicides with different modes of action, BASF is currently developing a new herbicide-resistant rice to be sold under the trade name Provisia®. The herbicide targeted for use is quizalofop, which will also be sold under the trade name Provisia® (Anonymous 2017). Quizalofop is a Group 1 herbicide, with a mode of action that inhibits acetyl-coA carboxylase. Quizalofop provides postemergence control of annual and perennial grasses with little to no activity on broadleaf weeds and sedges. Quizalofop has been used to substantially reduce weedy rice infestations during soybean production and noncrop areas for annual or perennial grass control. The targeted single quizalofop application rate in ACCase-resistant (ACCCase-R) rice production will be 92 to 155 g/ha, not to exceed 240 g/ha yr.

---

\* Conferencia invitada

<sup>1</sup> Louisiana State University, USA, [ewebster@agcenter.lsu.edu](mailto:ewebster@agcenter.lsu.edu)

<sup>2</sup> Louisiana State University, USA, [bmmcknight@agcenter.lsu.edu](mailto:bmmcknight@agcenter.lsu.edu)

<sup>3</sup> Louisiana State University, USA, [srustom@agcenter.lsu.edu](mailto:srustom@agcenter.lsu.edu)

<sup>4</sup> Louisiana State University, USA, [mosterholt@agcenter.lsu.edu](mailto:mosterholt@agcenter.lsu.edu)

<sup>5</sup> Louisiana State University, USA, [lwebster@agcenter.lsu.edu](mailto:lwebster@agcenter.lsu.edu)

<sup>6</sup> Louisiana State University, USA, [dwalker@agcenter.lsu.edu](mailto:dwalker@agcenter.lsu.edu)

104 M.B. Sturgis Hall, Baton Rouge, LA 70803.

## MATERIAL AND METHODS

A study was conducted in 2015 and 2016 at the H. Rouse Caffey Rice Research Station (RRS) near Crowley, Louisiana to evaluate the activity of quizalofop applied independently or in a mixture with herbicides with the ALS mode of action or contact activity. The soil type at the RRS is a Crowley silt loam with a pH of 6,4 and 1,4% organic matter. Plot size was 5,1 by 2,2 m, with eight 19,5-cm-wide drill-seeded rows planted as follows: four center rows of ACCase-R 'PVL024B' long grain rice, two rows of IR 'CL-111' long grain rice, and two rows of IR 'CLXL-745' hybrid long grain rice. Rice was planted at a rate of 67 kg/ha. Awnless strawhull red rice was broadcast in the plot area prior to drill seeding at a rate of 50 kg/ha. The IR rice line, IR hybrid, and red rice were planted to represent a weedy rice population. The research area was naturally infested with barnyardgrass.

Each herbicide application was applied when ACCase-R rice was at the three- to four-leaf growth stage. Red rice, CL-111, and CLXL-745 were at the three- to four-leaf growth stage and barnyardgrass was at the two- to five-leaf growth stage with a population of 50 to 100 plants m<sup>2</sup> when the applications were applied. The study was a randomized complete block with a factorial arrangement of treatments with four replications. For the ALS study, factor A consisted of quizalofop applied at 120 g/ha or no quizalofop. Factor B consisted of penoxsulam at 40 g/ha ai, penoxsulam plus triclopyr at 352 g/ha ai, halosulfuron at 53 g/ha ai, bispyribac at 34 g/ha ai, orthosulfamuron plus halosulfuron at 94 g/ha ai, orthosulfamuron plus quinclorac at 491 g/ha ai, imazosulfuron at 211 g/ha ai, bensulfuron at 43 g/ha ai, or no mixture herbicide. In the contact study, factor A was quizalofop applied at 120 g/ha or no quizalofop. Factor B was bentazon at 1050 g/ha ai, carfentrazone at 18 g ai ha<sup>-1</sup>, propanil at 3360 g ai ha<sup>-1</sup>, saflufenacil at 25 g/ha ai, thiobencarb at 3360 g ai ha<sup>-1</sup>, or no mixture herbicide. A second quizalofop application was applied to all treatments at a rate of 120 g ha<sup>-1</sup> at 28 days after the initial quizalofop treatment (DAIT). This application was applied to evaluate quizalofop efficacy on weedy rice and barnyardgrass that escaped the initial application, potentially as a result of antagonism, and because it is recommended by the BASF stewardship program for managing resistance development for ACCase-R (Anonymous 2017). A crop oil concentrate was added to each herbicide application at a rate of 1% v v<sup>-1</sup> except treatments containing thiobencarb or propanil.

A field study was established in 2013 to evaluate long-term rotations for control of weedy rice plants. The long-term rotation field is located near Esterwood, Louisiana with a similar soil type as the RRS. The field has a large population of both hybrid rice dormancy issues and possible red rice out-crosses with IR rice. The plants present have a red rice appearance from a distance, but closer evaluation indicates both smooth and pubescent leaf surfaces, pale green to dark-green to purple vegetation, and long- and medium-grain rice. It is apparent the field was close to being a total failure with a loss of profitability due to weedy rice competition and possible need for abandonment.

The four-year rotation study evaluated five rotations including the use of Provisia rice in 2014. The rotations used are: Rotation 1) glyphosate-resistant (GR) soybeans (2013) followed by (fb) ACCase-R rice (2014) fb GR soybeans (2015) fb IR hybrid rice (2016); Rotation 2) Fallow (2013) fb ACCase-R rice (2014) fb GR soybeans (2015) fb IR hybrid rice (2016); Rotation 3) IR hybrid rice (2013) fb glufosinate-resistant (Glu-R) soybeans (2014) fb ACCase-R rice (2015) fb IR hybrid rice (2016); Rotation 4) GR soybeans (2013) fb Glu-R soybeans (2014) fb GR soybeans (2015) fb IR hybrid rice (2016); Rotation 5) GR soybeans (2013) fb IR hybrid rice (2014) fb GR soybeans (2015) fb IR hybrid rice (2016).

## RESULTS

**ALS Mixture Study.** Antagonistic responses were observed for red rice control at 14 DAIT when quizalofop was mixed with bispyribac or penoxsulam plus triclopyr. All other mixtures resulted in a neutral response on red rice at 14 DAIT. However, at 28 DAIT, all mixture herbicides evaluated antagonized quizalofop for red rice control. Penoxsulam, penoxsulam plus triclopyr, or bispyribac mixed with quizalofop reduced the expected control of 97% to an observed control of 59% to 67%. Halosulfuron, orthosulfamuron plus halosulfuron, orthosulfamuron plus quinclorac, imazosulfuron, or bensulfuron mixed with quizalofop reduced red rice control to an observed control of to 81% to 88%. Hybrid CLXL-745 rice was also treated with all mixtures evaluated for red rice control. At 14 DAIT, the addition of bispyribac or penoxsulam plus triclopyr antagonized quizalofop; however, the addition of penoxsulam alone,

halosulfuron, or orthosulfamuron plus quinclorac also antagonized quizalofop on CLXL-745. All ALS herbicides mixed with quizalofop proved to antagonize quizalofop on CLXL-745 at 28 DAIT. Antagonistic responses were observed at 14 DAIT for CL-111 when treated with quizalofop plus any ALS herbicide except bensulfuron, which indicated a neutral response. Bensulfuron was the only ALS herbicide that did not antagonize quizalofop activity on red rice, CLXL-745, or CL-111 evaluated at 14 DAIT, and this may indicate the potential as a mixture herbicide with quizalofop early in the growing season when weedy rice is present. At 14 DAIT, bispyribac and penoxsulam plus triclopyr antagonized quizalofop for barnyardgrass, red rice, CLXL-745, and CL-111 control. In addition, penoxsulam, orthosulfamuron plus halosulfuron, and orthosulfamuron plus quinclorac were also found to be antagonistic for barnyardgrass control at 14 DAIT. Any antagonism observed at 14 and 28 DAIT was overcome with a second application of quizalofop, except with penoxsulam-containing herbicides for barnyardgrass control.

**Contact Mixture Study.** Antagonistic responses were observed for red rice control when quizalofop was mixed with propanil at 14, 28, and 42 DAIT. At 42 DAIT, a slightly antagonistic response was indicated for red rice treated with quizalofop plus propanil. All other contact herbicides mixed with quizalofop resulted in a neutral response for red rice control at all evaluation dates, indicating the potential as mix partners with quizalofop for red rice control in ACCase-R rice production. Antagonistic mixtures for CLXL-745 control included quizalofop mixed with propanil, bentazon or saflufenacil at 14 DAIT. CL-111 responses were similar to CLXL-745, except a neutral response was observed for quizalofop mixed with saflufenacil at 14 DAIT. Similar to red rice, CLXL-745, and CL-111, propanil antagonized quizalofop activity on barnyardgrass at 14 and 28 DAIT. By 42 DAIT, the second quizalofop application at 28 DAIT could not overcome the antagonism observed at earlier evaluations 14 and 28 DAIT. In addition, quizalofop activity on barnyardgrass was antagonized by saflufenacil at 14 DAIT. Bentazon mixed with quizalofop resulted in a neutral response for barnyardgrass control at all evaluation dates. As with red rice, CLXL-745, and CL-111 at all DAIT, barnyardgrass treated with quizalofop plus carfentrazone or thiobencarb resulted in a neutral response, indicating the potential for use as a mixture in an ACCase-R rice production system for control of these weeds.

**Long-term study.** The entire research area reverted to the producer's rotational crop in 2016. The entire area was planted to CLXL 745 rice and treated with clomazone 336 g/ha plus penoxulam at 40 g/ha ai plus halosulfuron at 53 g/ha ai oz/A applied preemergence. The grower sprayed applications of imazethapyr at 70 g/ha ai at the one- to two-leaf stage fb 70 g/ha ai at the four-leaf to one-tiller stage. Rotation 4, which included 3 years of consecutive soybean reduced weedy rice to 50 plants/ha, and Rotation 1 employed a soybean-rice-soybean-rice rotation with ACCase-R rice planted the 2<sup>nd</sup> year, 2014, which resulted in a final count to 60 plants/ha in 2016. These populations were compared with the grower program in an adjacent area with 100 times more weedy rice plants in 2016.

## CONCLUSIONS

In conclusion, it is important that one understand the compatibility between quizalofop when applied in mixture with other herbicides. These data suggest that the application of quizalofop mixed with common herbicides used in rice production can result in an antagonistic response resulting in yield reduction, thus potentially reducing economic returns. However, the long-term research indicates ACCase-resistant rice can be a useful in reducing weedy rice infestations.

## BIBLIOGRAPHY

**ANONYMOUS** .2017. Provisia® herbicide product label. BASF Corporation Publication No. 2017-04-522-0004. Research Triangle Park, NC: BASF. 12 p.

**WEBSTER, E.P.; TELÓ, G.M.; BLOUIN, D.C.; MCKNIGHT, B.M.; BERGERON, E.A.** 2017. Synergism with imazamox co-applications for red rice control. *Weed Technology*. 31:373-379.

**RUSTOM, S.Y.; WEBSTER, E.P.; BLOUIN, D.C.; MCKNIGHT, B.M.** 2018. Interactions of quizalofop-p-ethyl mixed with acetolactate synthase inhibiting rice herbicides on ACCase-resistant rice. *Weed Technology*. 32:297-303.

## DEPOSICIÓN DE CLOMAZONE EN CULTIVO DE ARROZ Y LA VOLATILIZACIÓN POSTERIOR A LA APLICACIÓN\*

J. Villalba<sup>1</sup>, N. Besil<sup>2</sup>, S. Rezende<sup>2</sup>, M. Colazzo<sup>2</sup>, V. Cesio<sup>3</sup>

### INTRODUCCIÓN

El clomazone es uno de los herbicidas más ampliamente usado en el cultivo de arroz en el país. Se caracteriza por su alta capacidad de volatilizarse, consecuencia de la alta presión de vapor que presenta la molécula. A pesar de ello, el relevamiento realizado por los molinos de la última zafra verifica su uso, solo o en mezclas, en más del 60% del área, en aplicaciones de preemergencia y postemergencia del cultivo (Pereira *et al.*, 2018). Si bien es conocida la volatilización que experimenta el herbicida en condiciones de humedad de suelo y de altas temperaturas (Villalba *et al.*, 2016), se desconoce cuál es la dinámica de la deposición del herbicida en el cultivo luego de la aplicación y hasta cuándo ocurre la volatilización.

Durante los años 2014 y 2016 se ejecutó el proyecto FPTA 291 “Cuantificación de la deriva y de la eficacia de medidas de mitigación de clomazone en el cultivo de arroz”. En el marco del mismo, se planteó el objetivo de conocer la dinámica de la deposición del clomazone en el cultivo durante y posterior a la aplicación, y hasta cuando se constataba volatilización del herbicida. Se presentan a continuación los resultados en relación a estos objetivos para 2 experimentos realizados en cultivos comerciales de arroz, en diciembre de 2016, en el establecimiento El Junco- departamento de Salto.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Las evaluaciones de deposición del clomazone en cultivo de arroz se realizaron en dos aplicaciones aéreas comerciales. Las mismas se realizaron al momento de la aplicación y en diferentes tiempos post- aplicación. La colecta del herbicida se realizó usando colectores de vidrio colocados sobre soportes metálicos en la misma pasada del avión, en número de 6 repeticiones, las que fueron retiradas luego de la aplicación. Nuevos colectores fueron colocados para determinar la cantidad que continuaba depositándose en diferentes tiempos post- aplicación (hasta 1 hora, de 1 a 2 y 2 a 3 horas post- aplicación).

La determinación analítica del herbicida, tanto en placas como en las esponjas de poliuretano, se realizó en el laboratorio de Análisis de Contaminantes Traza (GACT) del Departamento de Química del Litoral, mediante cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas en tándem (LC-MS/MS). En ambos casos, todas las cifras de mérito fueron evaluadas y las metodologías validadas. Los límites de cuantificación (LOQ) de los métodos, fueron 2 µg/kg para esponja y de 0,01 µg/placa para la determinación de clomazone en placas.

Para el muestreo, se consideraron aspectos que son mencionados en la norma ASAE S386.2, que indica que la colecta debe comenzar luego de los 200m del comienzo de la aplicación.

En el cuadro 1 se describen las condiciones meteorológicas al momento de cada aplicación.

Cuadro 1. Descripción de las condiciones meteorológicas de cada aplicación

Situación	Fecha	Hora	Condiciones meteorológicas al momento de la aplicación		
			Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)	Viento (km/h)
1	02/12/2016	7:55	71,7	24,3	2,4
2	30/12/2016	9:40	67	32,4	0,4

En ambas situaciones los volúmenes de aplicación fueron altos para la generalidad de las aplicaciones aéreas en Uruguay y los cultivos estaban inundados (Cuadro 2).

<sup>1</sup> Ing. Agr. Dra. Juana Villalba. Prof. Adjunto. Facultad de Agronomía EEMAC. [juanavillalba69@gmail.com](mailto:juanavillalba69@gmail.com)

<sup>2</sup> Q. F. Natalia Besil. Prof. Asist., Depto Química Litoral, Facultad de Química, CENUR Litoral Norte.

<sup>3</sup> Lic. Sofía Rezende, Ayud. Investig. Depto Química Litoral, Facultad de Química, CENUR Litoral Norte

<sup>4</sup> MSc. Marcos Colazzo. Prof. Asist. Depto Química Litoral, Facultad de Química, CENUR Litoral Norte

<sup>5</sup> Dra. Verónica Cesio, Prof. Adscrito. Facultad de Química.

Cuadro 2. Detalle de las aplicaciones en las que se realizó la evaluación

Situación	Dosis (g/ha ai)	Volumen aplicación (l/ha)	Tamaño gota	Condición del cultivo
1	480	40	M	inundado
2	480	40	F	inundado

M: gota media; F: gota fina

La colecta de clomazone del aire también fue realizada en diferentes tiempos post- aplicación. A partir de los 5 minutos luego de la pasada del avión hasta 1 hora, de 1 a 2 y 2 a 3 horas post- aplicación, este último periodo solo para la situación 2. En cada tiempo de muestreo, se colocaron esponjas de poliuretano para colectar el clomazone producto de la volatilización. En dichas esponjas, podría depositarse además el clomazone que permanecía en suspensión luego de la aplicación.

## RESULTADOS

La deposición en el área aplicada al momento de la aplicación fue superior al 98% de lo que se colectó en todo el periodo del experimento. Se constató presencia de producto en suspensión que se depositó con posterioridad. Estas cantidades son ínfimas, en proporción a la aplicación realizada. Esto determina una dinámica de suspensión de gotas que termina depositándose en diferentes tiempos. (Cuadro 3, Figura 1).

 Cuadro 3. Clomazone ( $\mu\text{g/placa}$ ) colectado al momento de la aplicación y en tiempos sucesivos.

Tiempo de colecta	Situación 1	Situación 2
al momento de la aplicación	43,98	19,51
1h	0,15	0,08
2h	0,09	0,08
3h	--	0,08

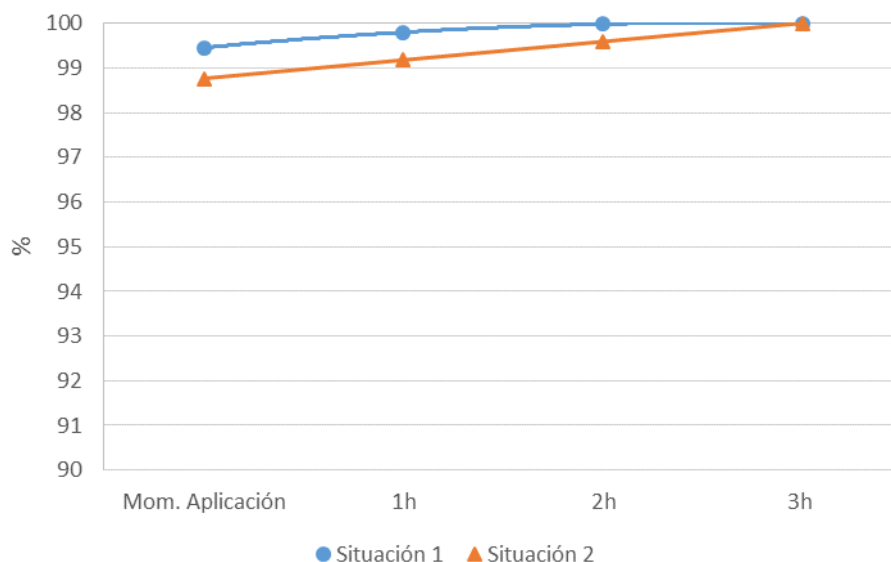


Figura 1. Deposición de clomazone en cultivo en diferentes tiempos, calculado sobre el total depositado

La evaluación de volatilización, indicó que en la situación 1 el pico de volatilización sucedió inmediatamente a la aplicación, mientras que en la situación 2 el mayor pico ocurrió más tarde, de 1 a 2 hora post- aplicación. Hasta las 3 horas post- aplicación se cuantificó clomazone en el aire aunque en menor cantidad (Cuadro 4). La volatilización de clomazone más allá de la aplicación fue reportada por Thelen *et al.* (1988), quienes obtuvieron daño por volatilización de clomazone hasta dos semanas luego de la aplicación. Los autores reportaron un pico de daño por volatilización del cuarto al sexto día debido a la ocurrencia de una lluvia.

Cuadro 4. Clomazone en el aire ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  esponja) en diferentes tiempos de colecta

	Situación 1	Situación 2
luego de aplicación y hasta 1h	33.724	20.745
de 1 h a 2h	9.454	40.772
de 2h a 3h	---	4.990

El total volatilizado hasta las 2 horas post- aplicación fue superior para la situación 2, (61.517 vs 43.178  $\mu\text{g}/\text{kg}$  esponja), este hecho está asociado a la mayor temperatura al momento de la aplicación. Como fuera comentado por Locke *et al.* (1996), la temperatura es uno de los principales factores en determinar la volatilización.

El clomazone cuantificado en las esponjas puede ser por producto volatilizado desde las plantas y desde el agua, ya que el cultivo estaba inundado. Si bien no se puede cerrar un balance por los métodos de evaluación en cada caso, uno expresado en  $\mu\text{g}/\text{L}$  y otro por  $\text{kg}$  de esponja, es indudable que el clomazone es un producto que permanece en el ambiente por mucho tiempo post- aplicación.

En otros experimentos (no presentados) se constató que la ocurrencia de pérdida por volatilización no implica efectos negativos en el control de capin. Aunque desde el punto de vista de los efectos en el ambiente, es claro que el herbicida permanece en ambiente por un tiempo posterior a la aplicación y la deposición puede efectuarse en el área objetivo o fuera de ella.

### CONCLUSIONES

El clomazone es un herbicida que no tiene una deposición total sobre el cultivo al momento de la aplicación, porque queda suspendido en el aire y continúa depositándose sobre el cultivo con posterioridad a la aplicación, aunque en menores cantidades. La deposición final en el cultivo y su permanencia en otros compartimentos ambientales dependerán, entonces, de las condiciones meteorológicas post- aplicación.

Las estrategias de disminución de contaminación deberán enfocarse en realizar aplicaciones solamente cuando se dan las condiciones de menores probabilidades de ocurrencia de volatilización.

### BIBLIOGRAFÍA

**LOCKE, M.A.; SMEDA, R.J.; HOWARD, K.D.; REDDY, K.N.** 1996. Clomazone volatilization under varying environmental conditions. *Chemosphere* 33(7) 1213-1225.

**PEREIRA, A. L.; PIMIENTA, A.; ZORRILLA, G.** 2018. Resumen de la zafra 16-17 base de datos empresas arroceras. Consultado Jul. 2018. Disponible en: [http://inia.uy/Documentos/Privados/INIA%20TT/Arroz/Informes%20de%20zafra/GT\\_ARROZ\\_JUNIO\\_2017\\_INFORME\\_FINAL.pdf](http://inia.uy/Documentos/Privados/INIA%20TT/Arroz/Informes%20de%20zafra/GT_ARROZ_JUNIO_2017_INFORME_FINAL.pdf).

**THELEN, K. D.; KELLS, J.J.; PENNER, D.** 1988. Comparison of application methods and tillage practices on volatilization of Clomazone. *Weed Technology* 2:323- 326.

**VILLALBA, J.; COLLAZO, M.; BESIL, N.; REZENDE, S.; CESIO, V.** 2016. Clomazone: factores afectando la volatilización y su manejo. En: Presentación de Resultados experimentales de arroz zafra 2015- 2016. Montevideo: INIA. p. 25-28. (Serie de Actividades de Difusión, 766)



**Enfermedades**



## LAS ENFERMEDADES DE TALLO Y VAINA EN UN CICLO COMPLETO DEL SISTEMA DE ROTACIONES ARROCERAS

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

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

### INTRODUCCIÓN

Existe desde hace años una tendencia a nivel mundial, particularmente en la agricultura convencional, a realizar cultivos en rotaciones cortas o en monocultivo. Esta tendencia se debe a un conjunto de factores que incluyen tendencias económicas de los mercados, avances tecnológicos, incentivos y demandas de los consumidores (Bennett *et al.*, 2012). Este uso de la tierra probablemente se incremente en los próximos años y las rotaciones largas ya no serán consideradas viables o prácticas. Sin embargo, la evidencia en muchos sistemas incluyendo arroz, indica que las rotaciones cortas o monocultivo sufren en muchos casos una reducción de la productividad y rendimiento comparado con los cultivos en rotaciones largas. Numerosos factores son considerados como responsables de contribuir a la reducción de rendimientos, incluyendo factores bióticos como la ocurrencia de patógenos, efectos deletéreos de los microorganismos del suelo, alelopatía y factores abióticos como manejo del suelo y nutrientes (Bennett *et al.*, 2012).

En Uruguay, la producción de arroz está enfocada a la implementación de sistemas productivos más intensivos, con menor laboreo y tiempo improductivo y con aumento de la frecuencia de siembra de arroz en la rotación (Macedo *et al.*, 2017). Algunas de estas prácticas pueden contribuir a la sustentabilidad a largo plazo del cultivo, aunque algunos factores bióticos, como las enfermedades, pueden atentar en contra de esta sustentabilidad en términos productivos (Bennett *et al.*, 2012).

Así, el objetivo del presente trabajo es presentar los resultados y conclusiones recabados sobre la ocurrencia de enfermedades del cultivo de arroz en el primer ciclo completo de 6 años del experimento de rotaciones de largo plazo instalado en 2012 en la Unidad Experimental Paso de la Laguna.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos para enfermedades se realizaron cada año previo a cosecha y para cada parcela con cultivo de arroz (n=27). En todos los casos se muestrearon aproximadamente 100 tallos por parcela tomados en grupos de 5-10 en diferentes puntos al azar. Los tallos fueron evaluados por incidencia (número de tallos) y severidad (escala 0-9) en cuanto a la presencia de síntomas de podredumbre de tallo y mancha de tallo y vaina. Estos valores fueron utilizados para calcular niveles de incidencia (%), porcentaje de tallos muertos e índice de grado de severidad (%IGS) según fórmula de Yoshimura (Ou, 1985). Los análisis estadísticos se realizaron mediante el procedimiento GLIMMIX en SAS versión 9.4 (SAS Institute, Cary, NC). La evaluación de enfermedades y rendimiento fueron analizados por medio de un modelo lineal mixto según procedimientos delineados por Onofri *et al.* (2016). Año, rotación y fase en rotación, así como sus interacciones dobles y triples fueron incluidas en el modelo. Bloques (3) y parcelas (60), sus interacciones y todas las interacciones entre los factores de los tratamientos y años, fueron incluidos como efectos aleatorios (Onofri *et al.* 2016).

Para más datos sobre los sistemas de rotación y manejo realizado consultar Macedo *et al.* (2017) y sobre manejo de enfermedades trabajos previos de los autores.

### RESULTADOS

Los resultados de incidencia, severidad, expresados como IGS (%) y porcentaje de tallos muertos para podredumbre de tallo y manchado de vainas en el período de seis años analizado se muestra en el cuadro 1.

<sup>1</sup> PhD, INIA, Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [smartinez@inia.org.uy](mailto:smartinez@inia.org.uy)

<sup>2</sup> Téc. Agr., INIA, Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

Cuadro 1. Promedios de IGS (%) de podredumbre de tallo por año para todas las rotaciones.

Efecto	Podredumbre de Tallo			Manchado de Vainas		
	Severidad (IGS%)	Incidencia (%)	Tallos muertos (%)	Severidad (IGS%)	Incidencia (%)	Tallos muertos (%)
Rotación	0,0310	0,0040	0,0009	<,0001	<,0001	0,0512
Rota*Fase	0,3654	0,0105	0,1284	0,9431	0,8654	0,9941
Año	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0013
Año*Rota	0.0081	0.1556	<.0001	<.0001	<.0001	0.0029
Año*Rota*Fase	0.0029	0.0114	<.0001	0.7125	0.7542	0.9161

Para los seis años evaluados en conjunto (modelo GLIMMIX) se encontraron diferencias significativas para rotación para ambas enfermedades, tanto en incidencia y severidad, como en porcentaje de tallos muertos a cosecha (Cuadro 1).

El año fue altamente significativo para todos los factores evaluados, condición que se ha repetido desde el primer año de instalación del experimento y que denota la variabilidad encontrada en cada ciclo de evaluación. Además, se encontraron diferencias significativas para la interacción entre ambos (año\*rotación) para todos los parámetros estudiados, excepto incidencia de podredumbre de tallo (Cuadro 1).

Para Fase (n=20) en rotación, tomando en cuenta el grupo de seis años, solo se encontró diferencias en incidencia de podredumbre de tallo. Además, se encontraron diferencias significativas en la triple interacción (Año\*Rotación\*Fase) para todos los parámetros analizados de podredumbre de tallo, pero no fue significativo para manchado de vainas (Cuadro 1).

Para todos los años, la incidencia y severidad de podredumbre de tallo fue mayor que para manchado de vainas, independientemente de rotación y fase analizada (Figura 1). La incidencia de podredumbre de tallo, medida como porcentaje de tallos afectados, fue diferente estadísticamente entre años (Cuadro 1) y se incrementó hasta el tercer año de cultivo, para registrarse valores promedio de 80-90% a partir de ese año y por cuatro años consecutivos (Figura 1). Valores de incidencia superiores a 70% son considerados altos en nuestras condiciones de cultivo.

76

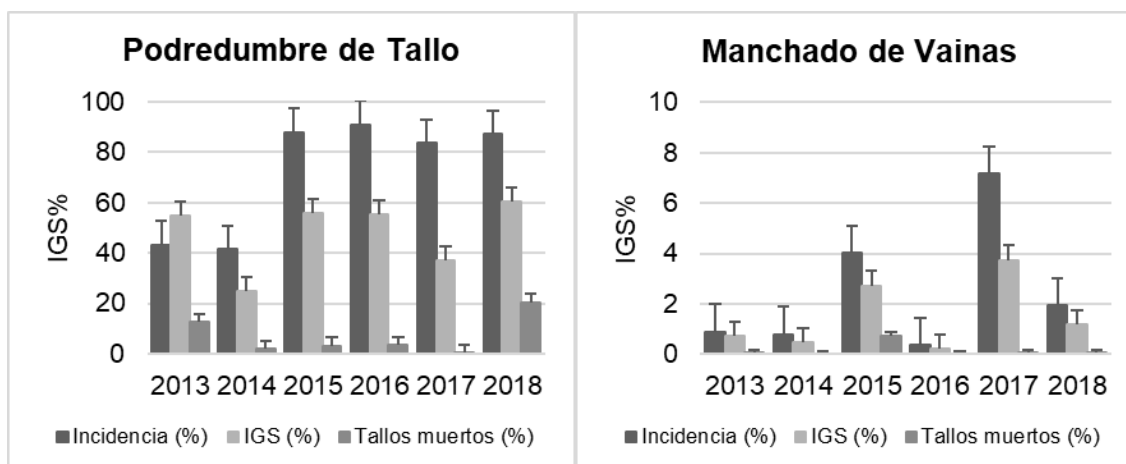


Figura 1. Valores de incidencia (% tallos afectados), severidad (IGS%) y tallos muertos (%) para cada año, para los complejos de enfermedades evaluados.

La severidad de podredumbre de tallo fue variable, pero estadísticamente diferente entre años (Cuadro 1). Sin embargo, estos valores fueron de 50-60% para cuatro de seis zafas, valores medios de severidad para nuestras condiciones. El porcentaje de tallos muertos, los que más afectan el rendimiento, fue bajo y variable entre años, pero estadísticamente significativo. Los valores más altos correspondieron a la zafra 2018, con aproximadamente 20% de tallos muertos (Figura 1).

Para el caso de manchado de vainas, se encontraron valores muy bajos en la mayoría de los años, con el valor más alto de incidencia y severidad para la zafra 2017, pero con un muy bajo porcentaje de tallos muertos (Figura 1).

Los mayores valores de severidad (%IGS) de podredumbre de tallo promedio por rotación para los seis años estudiados se encontraron para la rotación de arroz continuo y los menores para la rotación arroz y soja (Figura 2). Para manchado de vainas, el mayor valor promedio de severidad para los seis años se encontró para la rotación arroz continuo y aunque se registraron valores promedio bajos, este valor fue muy superior al de otras rotaciones (Figura 2).

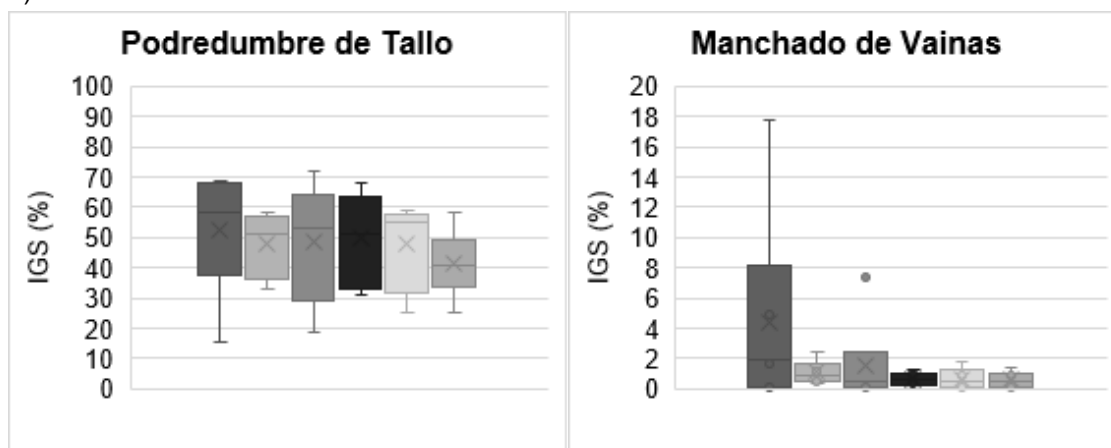


Figura 2. Valores de índice de grado de severidad para podredumbre de tallo y manchado de vainas por rotación para los 6 años del ensayo (2012-2018). De izquierda a derecha: Arroz Continuo, Az Cultivos, Az- Pastura Corta, Az- Pastura Larga, Az-Soja-Pastura Larga y Az-Soja.

## CONCLUSIONES

En el cierre del primer ciclo del sistema de rotaciones mientras se estabilizaban, se ha podido determinar que las enfermedades de tallo y vaina de arroz presentes en el país no han sido limitantes del cultivo con manejo de un fungicida a inicio de floración. Los valores observados para algunas rotaciones son altos, tanto en incidencia como severidad, pero no han limitado el sistema. Estudios actuales sobre estos permitirán conocer otros manejos alternativos que permitan explorar un mejor control con un posible aumento de rendimiento.

Los valores de incidencia de podredumbre de tallo parecen estabilizarse y la severidad variar de acuerdo al año y los cultivares sembrados. Así, es probable que se haya alcanzado un nivel de inóculo en suelo que garantice la alta incidencia del cultivo siguiente, pero con baja correlación con la severidad encontrada a cosecha.

## BIBLIOGRAFÍA

- MACEDO, I.; CASTILLO, J.; SALDAIN, N.; MARTÍNEZ, S.; BORDAGORRI, P.; HERNANDEZ, J.; TERRA, JA.** 2017. Cerrando un ciclo de las rotaciones arroceras: rendimiento del cultivo de arroz y cultivos alternativos. In: Zorrilla, G.; Martínez, S.; Saravia, H. (Eds.) Arroz 2017. Montevideo (UY): INIA, 2017. p. 63-65. (INIA Serie Técnica; 233)
- BENNETT, A.J.; BENDING, G.D.; CHANDLER, D.; HILTON, S.; MILLS, P.** 2012. Biological Reviews, v. 87, p. 52-71.
- ONOFRI, A., SEDDAIU, G., PIEPHO, H.-P.** 2016. European Journal of Agronomy, v. 77, p. 223-235.
- OU, S.H.** 1985. Rice Diseases. Commonwealth Mycological Institute, Kew, UK.



## **Rotaciones**





## BRECHAS DE RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ SOBRE DISTINTO ANTECESOR DE VERANO PARA DOS VARIEDADES DE ALTO POTENCIAL

A. Hernández<sup>1</sup>, G. Rovira<sup>1</sup>, A. Bordagorri<sup>2</sup>, F. Escalante<sup>3</sup>, J. Castillo<sup>4</sup>, S. Martínez<sup>5</sup>,  
I. Macedo<sup>6</sup>, J. Terra<sup>7</sup>

**PALABRAS CLAVE:** rotaciones; fertilización nitrogenada; protección de cultivo

### INTRODUCCIÓN

En 2012 comienza a funcionar en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (Treinta y Tres), el experimento de rotaciones arroceras de largo plazo con el objetivo de evaluar distintas alternativas de la intensificación del sistema arroz-pasturas característico de Uruguay, con sus correspondientes prácticas de manejo adaptadas a las mismas. El eje central de la plataforma es la intensificación sostenible de los sistemas arroceros, buscando optimizar la productividad y eficiencia de los procesos productivos, tanto del arroz como del sistema en su conjunto, minimizando los impactos ambientales y procurando el manejo sostenible de los recursos naturales. La productividad media del cultivo de arroz del experimento en las primeras 5 zafas fue de 9690 kg/ha, un 16% mayor al rendimiento comercial medio de la región Este (Macedo *et al.*, 2017). Entre las tecnologías asociadas que se utilizan en el experimento para alcanzar estos rendimientos, se encuentra el manejo del nitrógeno, basado en el Potencial de mineralización de nitrógeno en cada una de las rotaciones y el manejo integrado de las enfermedades, mediante el uso de una gran proporción de cultivares modernos resistentes a *Pyricularia oryzae* y una aplicación estratégica de fungicidas a inicios de la floración para el control de enfermedades del tallo. A los efectos de conocer que tan próximos se encuentran los rendimientos obtenidos en el experimento respecto a los rendimientos alcanzables (sin limitantes de N, agua y con los factores de reducción de rendimiento controlados), en la zafra 2016-2017 se condujo un trabajo que evaluó el potencial de rendimiento de dos variedades de arroz sembradas sobre distintas rotaciones con agregados no limitantes de nitrógeno y/o fungicida comparadas con el manejo estándar del experimento para estas variables.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se ubicó dentro del experimento de rotaciones arroceras de largo plazo en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL), INIA Treinta y Tres.

Las variedades evaluadas fueron INIA Merín, de grano largo tipo *índica*, y Parao, de grano largo tipo *japónica* tropical, ambas de alto potencial de rendimiento. Las fases evaluadas se corresponden con cuatro de las seis rotaciones presentes en el experimento de largo plazo, que tenían diferentes antecesores de verano. Pastura y soja como antecesores para el cv. Parao y pastura, soja y arroz para el cv. INIA Merín.

Para cada variedad se utilizó un diseño en bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, con tres repeticiones. En la parcela grande (15 x 18 m) se testeó el efecto antecesor de verano, y en la parcela chica (3 x 18 m) se evaluó el efecto de los tratamientos que se detallan en el cuadro 1, tales como, manejo recomendado por INIA, nitrógeno necesario para un cultivo de 15 t/ha, protección total contra enfermedades y la combinación de estos dos últimos. Para la separación de medias se utilizó Tukey (p-valor  $\leq 0,05$ ).

<sup>1</sup> Estudiantes, Tesis de Grado. Facultad de Agronomía

<sup>2</sup> Téc. Agrop. INIA. Programa Nacional de investigación en Producción y Sustentabilidad Ambiental.

<sup>3</sup> Téc. Agrop., Programa Nacional de Investigación en Arroz.

<sup>4</sup> Ing. Agr., INIA. Programa Nacional de Investigación en Arroz. [jcastillo@inia.org.uy](mailto:jcastillo@inia.org.uy)

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

<sup>6</sup> Ing. Agr. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción y Sustentabilidad Ambiental. [imacedo@inia.org.uy](mailto:imacedo@inia.org.uy)

<sup>7</sup> Ph.D. INIA. Director Programa Nacional de Investigación en Arroz. [jterra@inia.org.uy](mailto:jterra@inia.org.uy)

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Fertilización nitrogenada		Control sanitario
Testigo			
Testigo comercial	N a R0 variable según análisis		Fungicida en embuche
Nitrógeno (N) alto	N a V6 según PMN	138 kg/ha N a R0. *Después de R0 46 kg/ha N cada 7 días.	
Fungicida (F) alto			**Fungicida cada 15 días a partir de R0
Nitrógeno y Fungicida alto		138 kg/ha N a R0	*Después de R0 46 kg/ha N cada 7 días.

\*Después de R0 se realizan 3 aplicaciones \*\* Cuatro aplicaciones post R0

La fuente de nitrógeno utilizada fue urea, en los tratamientos N alto y N y F alto tomando en cuenta la dosis a V6 se aplicó la cantidad necesaria para alcanzar 138 kg/ha N aplicados a primordio. La dosis se dividió aplicándose la mitad previo a R0 y la otra mitad en R0. La dosis total de N aplicada en estos tratamientos alcanza los 276 kg/ha, lo que equivale a 600 kg/ha de urea.

En todas las aplicaciones de fungicida se utilizó Zuperior (Azoxistrobin + Kresoxim metil + Ciproconazole) 500 cc/ha + Dash (Coadyudante) 500 cc/ha.

Durante el ciclo del cultivo se realizaron determinaciones tales como, implantación, biomasa, altura, NDVI (Green seeker) e índice de clorofila (SPAD). A cosecha se determinó rendimiento en grano (13%H), componentes del rendimiento y lectura de enfermedades causadas por los patógenos *Sclerotium oryzae* y *Rhizoctonia spp.* Los tallos fueron evaluados por incidencia y severidad (escala 0-9) en cuanto a la presencia de síntomas de podredumbre de tallo y mancha de tallo y vaina. Estos valores fueron utilizados para calcular un índice de grado de severidad (%IGS) según la fórmula de Yoshimura (Ou, 1985).

## RESULTADOS

Se observó una gran variación en los rendimientos de arroz, no encontrándose diferencias significativas según antecesor en ninguna de las dos variedades (Figura 1). En la variedad INIA Merín se observó que la media de rendimiento después del antecesor arroz estuvo más de 2000 kg/ha por debajo de los otros dos antecesores.

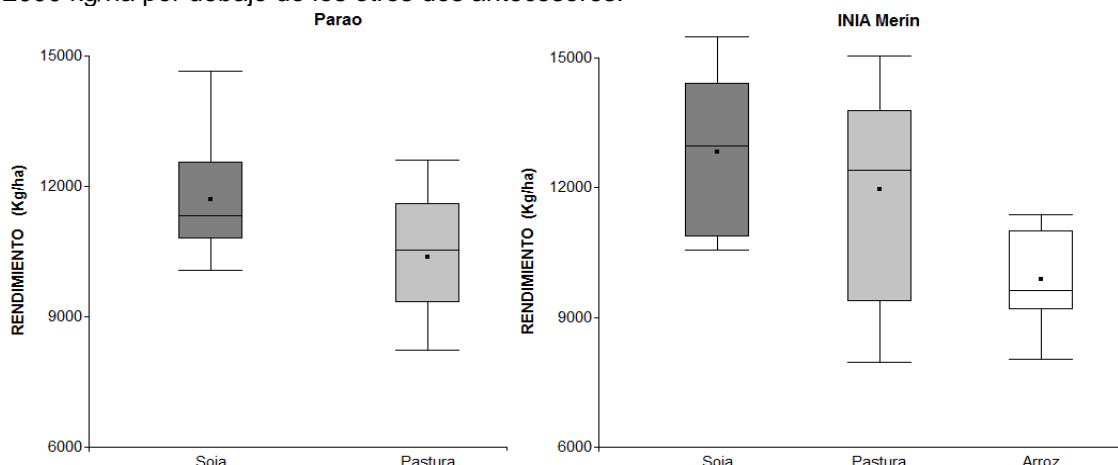


Figura 1. Rendimiento de arroz (seco y limpio) según antecesor de verano. Los rendimientos promedio de INIA Merín y Parao fueron de 11549 y 11044 kg/ha respectivamente.

Para INIA Merín no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos tanto para rendimiento como para severidad (IGS%) de podredumbre de tallo causada por *Sclerotium oryzae*, la misma presentó un grado de IGS promedio de 45 %. En cuanto al IGS de manchado de tallo y vaina causado por *Rhizoctonia spp.*, si hubo un efecto tratamiento significativo. Sin embargo, los valores son muy bajos haciendo difícil evaluar estadísticamente esta enfermedad ya que la alta severidad de podredumbre de tallo enmascara el manchado de tallo y vaina (Figura 2).

Por otro lado, Parao, presentó diferencias significativas en rendimiento entre tratamientos, siendo superiores T comercial, F alto y N y F alto. También existió significancia en cuanto a valores de IGS (%) de podredumbre de tallo, siendo máximo en el tratamiento de mayor suministro de nitrógeno y sin aplicación de fungicida, mientras que el valor de IGS (%) fue mínimo en el tratamiento con protección total del cultivo, correspondiéndose los tratamientos con mayor severidad con los de menor rendimiento obtenido (Figura 2).

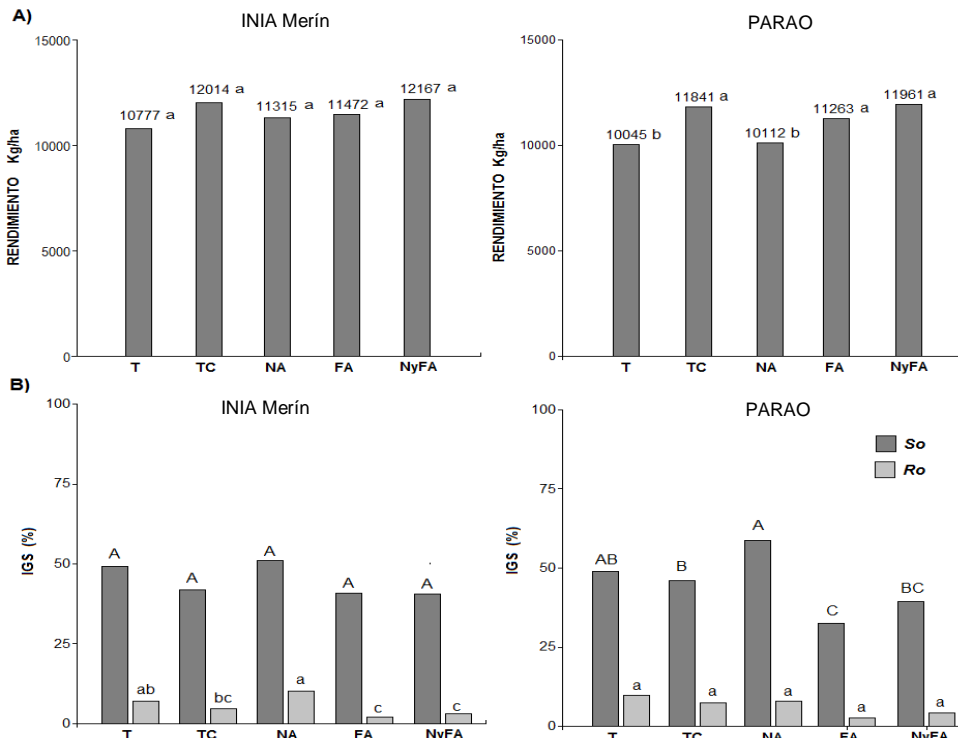


Figura 2. A) Rendimientos de arroz según tratamiento (T: testigo; TC: testigo comercial; NA: nitrógeno alto; FA: fungicida alto; NyFA: nitrógeno y fungicida alto) B) Índice de grado de severidad según variedad y tratamiento (So: *Sclerotium oryzae*; Ro: *Rhizoctonia spp.*). Letras distintas significan diferencias significativas según Tukey ( $p$ -valor  $\leq 0,05$ ).

## CONCLUSIONES

Los rendimientos alcanzados por el tratamiento T comercial, fueron similares que aquellos manejos con suministro de N y/o control de enfermedades no limitante, lo que marca una reducida brecha entre los rendimientos del experimento de largo plazo con las tecnologías utilizadas para su manejo y los rendimientos alcanzables.

Se observó superioridad en rendimiento cuando se aplicó nitrógeno a primordio y al menos una aplicación de fungicida frente al tratamiento que no aplico N a primordio ni fungicidas. El conjunto de la información sugiere que las recomendaciones de manejo del N basado en indicadores objetivos y la protección del cultivo con una aplicación de fungicida es adecuado para una diversidad amplia de situaciones del uso del suelo previo al cultivo.

## BIBLIOGRAFÍA

MACEDO, I.; CASTILLO, J.; SALDAIN, N.; MARTÍNEZ, S.; BORDAGORRI, P.; HERNANDEZ, J.; TERRA, JA. 2017. Cerrando un ciclo de las rotaciones arroceras: rendimiento del cultivo de arroz y cultivos alternativos. In: Zorrilla, G.; Martínez, S.; Saravia, H. (Eds.) Arroz 2017. Montevideo: INIA. p. 63-65. (Serie Técnica; 233)

OU, S.H. 1985. Rice Diseases. Commonwealth Mycological Institute, Kew, UK. 380 p.



**Nutrición**



## CURVAS CRÍTICAS DE DILUCIÓN DE NITRÓGENO EN URUGUAY

G. Fabini<sup>1</sup>, J. Castillo<sup>2</sup>, C. Marchesi<sup>3</sup>

**PALABRAS CLAVE:** Nutrición nitrogenada, niveles críticos, análisis de planta.

### INTRODUCCIÓN

El cultivo de arroz inundado tiene pérdidas significativas de nitrógeno (N), con recuperación de 35% del N aplicado (Cassman *et al.*, 1993). En Uruguay, la recuperación de N se estima en 45% y está afectada por las particularidades de nuestros agroecosistemas tales como la obtención de altos rendimientos con bajas dosis de N, la rotación con pasturas y, principalmente, el fraccionamiento de la fertilización con N durante el ciclo del cultivo sobre diferentes condiciones de humedad del suelo (Pittelkow *et al.* 2016). Estas condiciones determinan una alta variabilidad entre chacras para recomendar la dosis y el momento de fertilización. El uso de indicadores objetivos para las recomendaciones de fertilización contribuye a optimizar la nutrición del cultivo, sincronizando el suministro con la demanda. El modelo de fertilización con N del arroz ajustado en Uruguay, está basado en el potencial de mineralización del nitrógeno del suelo (anaeróbico) como indicador para definir las dosis de N en macollaje. No obstante, para la recomendación luego del macollaje no se han podido ajustar modelos robustos ni prácticos (Castillo, 2015).

Con el fin de aportar herramientas para el manejo eficiente del N, este trabajo se centra en la utilización del modelo de curvas críticas de dilución de N como parámetro para regular la nutrición del cultivo. Este concepto determina la concentración de N en planta a partir de la cual no se genera un aumento en la producción de materia seca, independiente de la etapa fenológica del cultivo (Justes *et al.*, 1994). Internacionalmente ha habido determinaciones de curvas críticas en arroz, pero estas han variado según clima e ideotipo. Sheehy *et al.* (1998) trabajó con ideotipos *índica* y *japónica* en clima tropical y subtropical, mientras que Shanyu *et al.* (2018), y Ata-UI-Karim *et al.* (2013), lo hicieron con variedades japónicas en climas templados y subtropicales, respectivamente. Por otro lado, Ata-UI-Karim (2013) generó un modelo de fertilización relacionado no solo a materia seca, sino a rendimiento en grano. El objetivo de este trabajo es determinar la utilidad de las curvas críticas de dilución de N en el cultivo de arroz en Uruguay.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Dos experimentos, uno con INIA Merín (*índica*) y otro con Parao (*japónica*) fueron instalados, en la Unidad Experimental Paso de la Laguna durante la zafra 2016/2017. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas con 3 repeticiones. La parcela grande correspondió a la dosis de N aplicada a macollaje (N<sub>mac</sub>), mientras que la parcela menor estuvo asociada a la dosis de N aplicada a primordio (N<sub>prim</sub>). En cada estadio fisiológico se utilizó la misma dosis de N, equivalentes a 0-25-50-100 kg/ha N (0N, 25N, 50N y 100N respectivamente) generando 16 combinaciones producto de la interacción. Se determinó biomasa, contenido de N en planta en seis momentos del ciclo del cultivo (15 días antes del primordio, primordio, 15, 30, y 50 días post primordio, y a cosecha) y rendimiento en grano SL.

Las respuestas agronómicas fueron evaluadas por cultivar ajustando modelos lineales generales mixtos, donde los tratamientos de fertilización y sus interacciones fueron definidos como efectos fijos, el bloque como efecto aleatorio y para la comparación múltiple de medias se usó la prueba LSD de Fisher al 5%. Para la comparación del ideotipo *índica* se utilizaron las curvas generadas por Sheehy *et al.* (1998) en la zona tropical. Para la comparación del ideotipo *japónica* se proponen las curvas de Sheehy *et al.* (1998) en la zona subtropical de Australia, las de Ata-UI-Karim (2013) en la zona sub tropical de China, y Shanyu *et al.* (2016) en la zona templada de China.

<sup>1</sup> Bach., Trabajo de tesis de grado de Facultad de Agronomía, UDELAR

<sup>2</sup> Ing. Agr., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [jcastillo@inia.org.uy](mailto:jcastillo@inia.org.uy)

<sup>3</sup> PhD., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [cmarchesi@inia.org.uy](mailto:cmarchesi@inia.org.uy)

## RESULTADOS

La acumulación de biomasa respondió solo al N en macollaje. La concentración de N en la planta y el rendimiento en grano respondieron tanto a la dosis de macollaje, como la de primordio. Para ninguno de los casos hubo respuesta para la dosis total, ni la interacción entre momentos.

En INIA Merín 100N siempre produjo más biomasa durante el ciclo que 0N, mientras 25N y 50N respondieron en forma intermedia, excepto para 15 DAP cuando 50N fue igual que 100 N (Cuadro 1). A los 50 DDP, 100 N acumuló 38 y 19 % más biomasa que 0N y las dosis intermedias respectivamente (Cuadro 1). En Parao la biomasa de 100N fue mayor que la de 0N y 25N durante todo el ciclo, comportándose 50N, de forma intermedia. En promedio, a los 30 DDP, 100 N acumuló 47 y 21% más biomasa que el testigo absoluto y 25N, respectivamente.

Cuadro 1. Acumulación de biomasa en los distintos momentos de ciclo de los cultivares INIA Merín y Parao en respuesta a las dosis de N aplicadas a macollaje.

		15 ADP	P	15 DDP	30 DDP	50 DDP
M I N I A	100	2068 A	5486 A	7127 A	14120 A	18028 A
	50	1943 A	4193 B	5662 B	12245 B	15581 B
	25	1516 B	2827 C	5158 B	11363 B	14827 B
	0	931 C	1950 D	4301 C	9797 C	13022 C
P A R A O	100	2058 A	4222 A	8033 A	12943 A	
	50	1617 B	3859 B	7286 AB	11772 AB	
	25	1396 C	3196 C	6915 BC	10668 B	
	0	971 D	2273 D	6196 C	8791 C	

\*letras diferentes difieren estadísticamente entre sí ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 2. Rendimiento de grano de arroz en los cultivares INIA Merín y Parao en respuesta al agregado de N en macollaje y primordio.

INIA Merín			Parao		
Rendimiento según Nmac					
Nmac	Rendimiento (kg/ha)		Nmac	Rendimiento (kg/ha)	
100	12909	A	100	11957	A
50	12541	AB	50	11681	AB
25	11840	B	25	11155	BC
0	10637	C	0	10685	C
P-	<0,00		P-	0,007	
Valor	1		Valor	0,007	
Rendimiento según Nmac					
Nmac	Rendimiento (kg/ha)		Nmac	Rendimiento (kg/ha)	
100	12642	A	50	11898	A
50	12363	A	100	11599	A
0	11545	B	25	11458	A
25	11377	B	0	10522	B
P-	<0,00		P-	0,003	
Valor	61		Valor	0,003	

Las dosis de N en macollaje fueron más influyentes que en primordio en la determinación del rendimiento en grano (Cuadro 2). Para el índice de cosecha no se detectaron diferencias significativas, variando entre 0,55 y 0,65 en ambos cultivares.

La figura 1 muestra cómo se sitúan las concentraciones de N y la MS de los tratamientos de N con mejor rendimiento, con respecto a las curvas de dilución crítica de N existentes. La curva de INIA Merín está compuesta por dos tratamientos (50+50 y 100+100), mientras que en el caso de Parao está compuesta por cinco (50+25, 100+100, 50+50, 100+50 y 100+25).

En INIA Merín, exceptuando los dos puntos en primordio de los tratamientos 50+50 y 100+100 a macollaje, la concentración de N en planta estuvo siempre por debajo de las curvas existentes. Estos resultados sugieren que un aumento en las dosis de N podría mantener concentraciones de N en el cultivo por encima de la curva de dilución planteada. Esto implicaría un aumento de biomasa, lo que con un índice de cosecha promedio podría llegar a tener rendimientos mayores a los alcanzados. Esto se sustenta cuando se ve que los tratamientos representados muestran una mayor acumulación de biomasa y rendimiento que el resto, aunque en este último, solo en términos absolutos. Cabe resaltar que el tratamiento 50+50 alcanzó el máximo rendimiento, sin necesidad de incrementar su concentración de N.

Para Parao, parecería que las curvas generadas en los trópicos y sub trópicos no son apropiadas, con excepción a la generada por Shanyu *et.al*, (2018). Esta última es muy similar a la curva obtenida por los tratamientos que alcanzaron los mejores rendimientos (que superaron el 95% del rendimiento relativo). En este sentido se puede apreciar la utilidad de tener las concentraciones críticas para cada momento del cultivo, ya que se podría hacer un manejo más eficiente de la fertilización, al saber si el cultivo se encuentra fuera del óptimo.



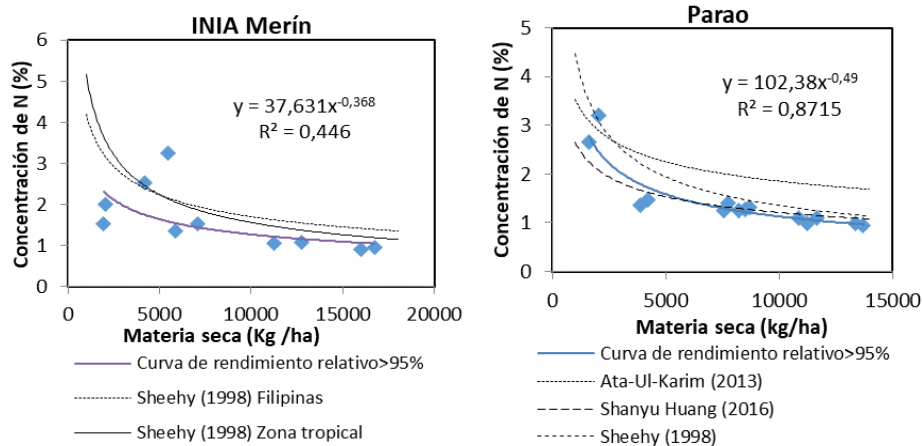


Figura 1. Comparación de curvas críticas de dilución de N internacionales con las curvas de dilución creadas para los cultivares de arroz INIA Merín y Parao, para los rendimientos que superaron el 95% del rendimiento relativo.

### CONCLUSIONES

Las curvas de dilución de N publicadas internacionalmente para el cultivo de arroz, y utilizadas en este trabajo para constatar su adaptabilidad a cultivares locales, tuvieron resultados contrastantes. En Parao se observó un comportamiento similar a una de las curvas de dilución de ideotipo *japónica* en clima templado, sin embargo, no ocurrió lo mismo con el ideotipo *índica*, INIA Merín. La curva de dilución publicada para el ideotipo japónica permitiría hacer un manejo objetivo de la fertilización con N en la variedad Parao, según los datos obtenidos en este trabajo. El rendimiento obtenido con una concentración de N similar a la publicada, es superior al reportado internacionalmente. Por otro lado, para la variedad INIA Merín, los resultados agronómicos encontrados, así como la comparación de la curva de dilución de N observada con las publicadas, indicarían la posibilidad de lograr mayores rendimientos utilizando fertilizaciones de N superiores a las realizadas en esta investigación.

### BIBLIOGRAFÍA

**ATA-UL-KARIM, S. T.; YAO, X.; LIU, X.; CAO, W.; ZHU, Y.** 2013. Development of critical nitrogen dilution curve of Japonica rice in Yangtze River Reaches. *Field Crops Research* 149: 149-158.

**CASSMAN, K.G.; KROPFF, M.J.; GAUNT, J.; PENG, S.** 1993. Nitrogen use efficiency of rice reconsidered: what are the key constraints? *Plant Soil* 155/156:359-362

**CASTILLO, J.** 2015. En sus dosis justas: N-P-K como forma de explorar altos rendimientos en arroz. (en línea). En: Seminario de Actualización Técnica en Fertilización de Arroz (2015, Treinta y Tres). Puesta a punto y avances de información sobre la nutrición del cultivo de arroz. Montevideo, INIA. pp. 1-19. Consultado 14 nov. 2018. Disponible en <http://www.inia.uy/Documentos/Privados/INIA%20TT/Arroz/Seminario%20Fertilizacion%202015/8-J%20Castillo.pdf>

**JUSTES, E.; MARY, B.; MEYNARD, J. M.; MACHET, J. M.; THELIER-HUCHE, L.** 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Annals of Botany* 74: 397-407.

**PITTELKOW, M.; ZORRILLA, G.; TERRA, J.; RICCETTO, S; MACEDO, I.; BONILLA, C.; ROEL A.** 2016. Sustainability of rice intensification in Uruguay from 1993 to 2013. *Global Food Security*. 9: 10-18

**SHEEHY, J. E.; DIONORA, M. J. A.; MITCHELL, P. L.; PENG, S.; CASSMAN, K. G.; LEMAIRE, G.; WILLIAMS, R. L.** 1998. Critical nitrogen concentrations: implications for high-yielding rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in the tropics. *Field Crops Research* 59: 31-41.

**SHANYU, H.; YUXIN, M.; QIANG, C.; YINKUN, Y.; GUANGMING, Z.; WEIFENG, Y.; JIANNING, S.; KANG, Y.; GEORG, B.** s.f. Critical nitrogen dilution curve for rice nitrogen status diagnosis in Northeast China. *Pedosphere*. (en prensa).

## OPTIMIZACIÓN DE LA POBLACIÓN Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA PARA NUEVOS CULTIVARES INIA DE ALTO RENDIMIENTO

C. Marchesi<sup>1</sup>, J. Castillo<sup>2</sup>, A. Ferreira<sup>3</sup>

**PALABRAS CLAVE:** manejo de arroz; INIA Merín, CL 212.

### INTRODUCCIÓN

La búsqueda de mayor eficiencia productiva que aporte a la mejor rentabilidad de la producción arroceras es una prioridad de la investigación. Los nuevos cultivares de INIA (o líneas avanzadas) de alto potencial de rendimiento requieren de ajustes en su manejo agronómico. La fertilización nitrogenada es un factor de manejo relevante de estos cultivares, la cual depende de las condiciones ambientales y propias del cultivo, como su instalación y desarrollo. Los criterios de fertilización con N resumidos en la app Fertiliz-Arr, están previstos para ciertas condiciones de cultivo, antecesores, tipos de suelo, variedad. Sin embargo, el ajuste de estas recomendaciones puede depender y a la vez hacer variar otros factores de manejo (densidad, incidencia de enfermedades). El objetivo fue evaluar los efectos conjuntos de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y rendimiento en grano de cultivares INIA promisorios o de reciente liberación.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizan 15 ensayos distribuidos en dos zafra (2016-2017 y 2017-2018) y dos sitios (Artigas y Treinta y Tres). Se utilizaron dos cultivares INIA nuevos (INIA Merín y CL 212), una línea promisoriosa (SLI 9197), e INIA Olimar como testigo, todos de tipo indica. Se utilizaron cuatro densidades de siembra (tres en el norte) y cuatro estrategias de fertilización, incluyendo un testigo sin agregado de N en macollaje o primordio (Cuadro 1). En Artigas, los ensayos de campo se instalaron sobre retornos de 3 años, sin pradera, con laboreo de verano y sistematización previa con siembra directa sobre taipas. En Treinta y Tres, los ensayos fueron instalados con un laboreo mínimo sobre laboreo de verano con antecesor de praderas mezcla con leguminosas.

Cuadro 1. Tratamientos de densidad de siembra, fertilización nitrogenada, y cultivares.

Densidad de siembra	Semilla (kg/ha)	Fertilización nitrogenada	Cultivares
1: 195 semv/m <sup>2</sup>	60-70	1: Testigo, 0N (m) + 0N (p)	CL 212
2: 325 semv/m <sup>2</sup>	100-110	2: Media 45N (m) + 30N (p)	INIA Merín
3: 488 semv/m <sup>2</sup>	150-160	3: Indicadores*, XN (m) + YN (p)	SLI 9197
4: 650 semv/m <sup>2</sup>	190-230	4: Alta 68N (m) + 45N (p)	INIA Olimar

§ N a macollaje determinado por PMN del suelo, y a primordio por % absorción.

El diseño experimental fue de parcelas divididas en bloques, donde dentro de cada densidad, las dosis de N se instalaron aleatorizadas. Las parcelas fueron de 16 m<sup>2</sup>, con 3 o 4 repeticiones. Se determinó implantación, biomasa, % de N en planta y NDVI en cuatro momentos del ciclo, rendimiento en grano, índice de cosecha, componentes de rendimiento, e infección por hongos del tallo. Se evaluaron los efectos de los factores individuales y la posible interacción para cada cultivar, para el conjunto de los dos sitios y años. El análisis estadístico de los datos se realizó mediante modelos lineales mixtos, utilizando el paquete Infostat ([www.infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar)). En esta oportunidad se presenta un resumen de algunas de las variables mencionadas.

### RESULTADOS

Se resume la importancia de los efectos evaluados -densidad y nitrógeno-, sobre las variables implantación, biomasa a elongación de entrenudos y pre cosecha, rendimiento y componentes de rendimiento, por cultivar, en el cuadro 2. No se obtuvieron efectos significativos de la interacción entre estos factores para ninguna de las variables analizadas.

<sup>1</sup> PhD., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [cmarchesi@inia.org.uy](mailto:cmarchesi@inia.org.uy)

<sup>2</sup> Ing. Agr., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. [jcastillo@inia.org.uy](mailto:jcastillo@inia.org.uy)

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

Cuadro 2. Importancia de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada sobre las distintas variables evaluadas en los cultivares CL 212, INIA Merín, SLI 9197 e INIA Olimar.

		CL 212	INIA Merín	SLI 9197	INIA Olimar
Variables		población			
Densidad	<i>p-value</i>	***	***	***	***
Biomasa a elongación entrenudos					
Densidad	<i>p-value</i>	ns	ns	*	**
Nitrógeno	<i>p-value</i>	***	***	***	***
Biomasa precosecha					
Densidad	<i>p-value</i>	*	**	ns	ns
Nitrógeno	<i>p-value</i>	***	***	***	***
Rendimiento en grano SL					
Densidad	<i>p-value</i>	ns	ns	***	***
Nitrógeno	<i>p-value</i>	***	***	***	***
panojas/m <sup>2</sup>					
Densidad	<i>p-value</i>	ns	*	ns	ns
Nitrógeno	<i>p-value</i>	***	**	ns	*
Granos llenos/panoja					
Densidad	<i>p-value</i>	***	***	*	*
Nitrógeno	<i>p-value</i>	ns	ns	ns	*
Peso de 1000 granos					
Densidad	<i>p-value</i>	*	ns	ns	ns
Nitrógeno	<i>p-value</i>	***	***	***	ns
% esterilidad granos					
Densidad	<i>p-value</i>	ns	ns	ns	**
Nitrógeno	<i>p-value</i>	ns	ns	ns	***
Índice de Cosecha					
Densidad	<i>p-value</i>	ns	ns	ns	ns
Nitrógeno	<i>p-value</i>	ns	ns	ns	ns

Significativo al: \*\*\* >0,01%; \*\* > 1%; \* >5%; ns es no significativo.

Existió respuesta clara de la implantación a la densidad de siembra, independiente del cultivar en estudio (Cuadro 1). Aumentos en la cantidad de semillas viables/m<sup>2</sup> desde 195, 325, 488 hasta 650, redujeron marcadamente el porcentaje de recuperación de plantas, con promedios de 74, 71, 58 y 48%, respectivamente. No obstante, un mayor número de plantas logradas no siempre implica mayor rendimiento, ya que el exceso de población puede favorecer la producción de panojas por superficie pero inhibir el número de granos llenos por panoja. Por otro lado, una excesiva biomasa puede, además, propiciar el desarrollo de enfermedades del tallo, especialmente en combinación con altas dosis de nitrógeno. Bajo buenas condiciones de cultivo (preparación previa, fecha de siembra, nivel de fertilidad, etc), es posible alcanzar poblaciones óptimas con 200 plantas/m<sup>2</sup>; para ello, la mejor densidad (325 semv/m<sup>2</sup>) se correspondió en el promedio de los dos años, a 100, 110, 105, y 100 kg/ha de semilla para los cultivares CL 212, INIA Merín, SLI 9197 e INIA Olimar, respectivamente. En condiciones menos favorables, es válido buscar un óptimo de 250 plantas/m<sup>2</sup>, lo cual correspondió a una densidad de 488 semv/m<sup>2</sup>, equivalente en el promedio de los dos años, a 150, 160, 160, y 150 kg/ha de semilla para los cultivares CL 212, INIA Merín, SLI 9197 e INIA Olimar, respectivamente (Figura 1).

Respecto a la biomasa, aunque el efecto positivo de altas densidades se trasladó hasta etapas más avanzadas del ciclo en algunos cultivares (SLI 9197 e INIA Olimar a elongación de entrenudos, CL 212 e INIA Merín a precosecha, Cuadro 1), el mayor efecto fue observado por las distintas dosis de N. Para la biomasa final (peso a precosecha), las mayores diferencias fueron observadas entre el testigo y las otras dosis de N (Media, Indicador o Alta). En SLI 9197 e INIA Olimar, la dosis Media tuvo menor biomasa que con Indicadores y Alta (datos no mostrados).

Respecto a la respuesta en rendimiento, la densidad fue relevante para SLI 9197 e INIA Olimar, mientras que la fertilización N lo fue en todas los cultivares (Cuadro 1); sin interacción significativa. El testigo sin N obtuvo siempre menor rendimiento (Figura 2); la respuesta al agregado de N fue casi constante, sugiriendo que, aún con las mayores dosis utilizadas, no se llegó al techo productivo. El rango de rendimiento en cada cultivar, considerando todas las densidades de siembra y dosis de N, para ambos sitios y años, fue de 7,4 a 10 ton/ha, 7,8 a 10,2 ton/ha, 8,3 a 10,9 ton/ha, y 7,9 a 11 ton/ha, para CL 212, INIA Merín, SLI 9197, e INIA Olimar, respectivamente.

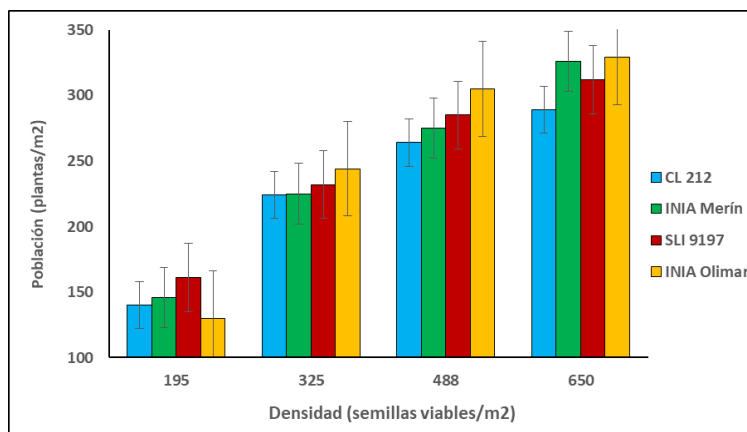


Figura 1. Poblaciones logradas en promedio ( $\pm$  ee) de los dos años y dos sitios, para cada densidad de siembra, en los cultivares CL 212, INIA Merín, SLI 9197 e INIA Olimar.

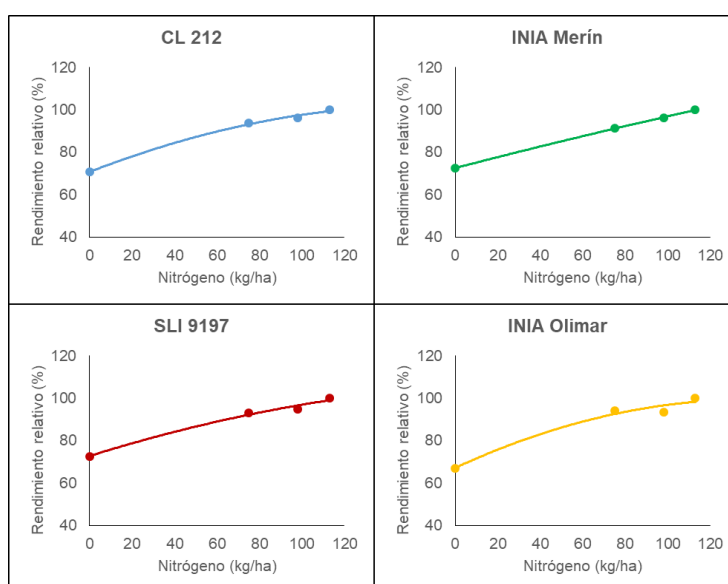


Figura 2. Respuesta en rendimiento en grano seco y limpio, expresada como rendimiento relativo (%) de los cultivares CL 212, INIA Merín, SLI 9197 e INIA Olimar, según tratamientos de fertilización nitrogenada aplicados. Dicha fertilización se realizó particionada en dos momentos, macollaje y primordio.

Para los componentes de rendimiento e índice de cosecha, se encontró respuesta positiva del N sobre pan/m<sup>2</sup> (excepto en SLI 9197), negativa de la densidad en granos/panoja en todas las variedades, e inconsistente para Peso 1000 granos. Únicamente INIA Olimar se vio afectado por la densidad y el nitrógeno en su % esterilidad, no detectándose ninguna influencia relevante de las variables sobre el índice de cosecha de ningún cultivar.

## CONCLUSIONES

En condiciones óptimas, es suficiente disponer de 325 semillas viables/m<sup>2</sup>, que equivalen en promedio de los dos años, a un rango de 100 a 110 kg/ha de semilla, dependiendo del peso de 1000 granos y el % de germinación de la variedad en cuestión. Todos los cultivares tuvieron una respuesta clara y casi lineal al agregado de N. Aparentemente, con la información recabada, aún se está dentro del rango de respuesta de rendimiento en grano a mayores dosis de N. No existe interacción entre los dos factores analizados para ninguna de las variables en cuestión.

### **INIA Dirección Nacional**

Andes 1365, P. 12  
Montevideo  
Tel.: 598 2902 0550  
Fax: 598 2902 3633  
iniadn@dn.inia.org.uy

### **INIA La Estanzuela**

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

### **INIA Las Brujas**

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

### **INIA Salto Grande**

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

### **INIA Tacuarembó**

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

### **INIA Treinta y Tres**

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

[www.inia.uy](http://www.inia.uy)