



**INSTITUTO  
NACIONAL DE  
INVESTIGACION  
AGROPECUARIA  
URUGUAY**



**Variedad (L5502)**

# **ARROZ**

**RESULTADOS  
EXPERIMENTALES  
2010- 2011**

Setiembre 2011

**ACTIVIDADES  
DE DIFUSIÓN**

# **651**

**INIA TREINTA Y TRES**

# **ARROZ**

## **Resultados Experimentales**

### **2010-2011**

**Setiembre de 2011.**

# Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

## Integración de la Junta Directiva

**Ing. Agr., M.Sc. Enzo Benech** - Presidente

**Ing. Agr., Dr. Mario García** - Vicepresidente



**Dr., MSc. Pablo Zerbino**

**Dr. Alvaro Bentancur**



**Ing. Agr., M.Sc. Rodolfo M. Irigoyen**

**Ing. Agr. Mario Costa**



# ARROZ

## Resultados Experimentales

### 2010-2011

#### TÉCNICOS INIA

##### Programa Nacional de Producción de Arroz/ Programa Nacional de Producción y Sustentabilidad Ambiental

Ing. Agr., MSc. Pedro Blanco <sup>1,2</sup>  
Ing. Agr. Guillermina Cantou <sup>1</sup>  
Ing. Agr. Jesús Castillo <sup>1</sup>  
Ing. Agr., MSc. Enrique Deambrosi <sup>1</sup>  
Ing. Agr., MSc. Andrés Lavecchia <sup>4</sup>  
Ing. Agr., PhD. Claudia Marchesi <sup>4</sup>  
Ing. Agr. Sebastián Martínez <sup>1</sup>  
Ing. Agr., Dr. Ramón Méndez <sup>1</sup>  
Ing. Agr. Federico Molina <sup>1</sup>  
Ing. Agr., MSc., PhD Fernando Pérez <sup>1</sup>  
Ing. Agr., MSc., PhD Alvaro Roel <sup>3,1</sup>  
Lic. Juan Rosas <sup>1</sup>  
Ing. Agr., MSc. Néstor Saldain <sup>1</sup>  
Ing. Agr., PhD. José Terra <sup>1,6</sup>

##### Dirección Regional

Ing. Agr., PhD. Walter Ayala <sup>5</sup>

##### Unidad Técnica de Semillas

Ing. Agr., MSc. Ana L. Pereira <sup>1</sup>

##### Unidad Técnica de Biotecnología

Ing. Agr., Lic., MSc. Victoria Bonnacarrère <sup>7</sup>

##### Unidad Agroclimatología - GRAS

Téc. Agrop. José Furest <sup>7</sup>

##### Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología

Ing. Agr., MSc. Horacio Saravia <sup>1,8</sup>

**Secretaría** – Edición, Diagramación  
Olga Alvarez

#### OTRAS INSTITUCIONES

##### Facultad de Agronomía

Bach. Federico Campos <sup>9</sup>  
Bach. Pablo del Barrio Bachino <sup>9</sup>  
Bach. Ignacio Falero <sup>9</sup>  
Bach. Gabriel Hernández <sup>9</sup>  
Ing. Agr., MSc. Pilar Irisarri  
Bach. Tilio Lucas <sup>9</sup>  
Bach. Guzmán Moreira <sup>9</sup>  
Ing. Agr., MSc. Cristina Mori  
Ing. Agr., PhD. Carlos Perdomo  
Bach. Luis César Techera Méndez <sup>9</sup>

##### Facultad de Química

Q.F., MSc, PhD Ana Fernández  
Q.F., Ph.D. Silvana Tarlera

##### UFPEL, Brasil

Bach. Marcos V. E. Silveira <sup>9</sup>

<sup>1</sup> Técnico INIA Treinta y Tres

<sup>2</sup> Director de Programa Nacional de Arroz hasta agosto 2011

<sup>3</sup> Director de Programa Nacional de Arroz desde agosto 2011

<sup>4</sup> Técnico INIA Tacuarembó

<sup>5</sup> Director Regional INIA Treinta y Tres

<sup>6</sup> Director de Programa Producción y Sustentabilidad Ambiental

<sup>7</sup> Técnico INIA Las Brujas

<sup>8</sup> Coordinador Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología

<sup>9</sup> Estudiante de Grado



Las siguientes personas colaboraron para que este trabajo fuera posible:

**Administración:**

Castro, Pablo  
Cecilia Correa  
Saavedra, Alicia

**Biblioteca:**

Mesones, Belky

**Manejo de Arroz:**

Casales, Luis  
Crosa, Gustavo  
Denis, César  
Duplat, Luzvel (hasta dic. 2010)  
Escalante, Fernando  
Ferreira, Alexandra  
Jara, Ruben  
Lauz, Fernando  
López, Adriana (hasta junio 2011)  
Sosa, Beto

**Mejoramiento de Arroz:**

Arismendi, Graciela  
Bordagorry, Alexander  
Duche, Luis A,  
Ferreira, Wilson  
Martínez, Luis  
Sanchez, Carolina  
Ramírez, Carlos  
Silvera, Walter H,  
Vargas, José

**Personal:**

Der Gazarián, Verónica

**Sustentabilidad Ambiental:**

Correa, José  
Furtado, Irma  
Gorosito, Julio (hasta dic. 2010)  
Oxley, Matías  
Rodríguez, Ruben

**Secretaría:**

Alvarez, Olga  
Crossa, Eloisa

**Semillas:**

Duplatt, Miguel  
Duplatt, Juan J,  
Oxley, Mabel  
Pimienta, Ariel

**Servicios Auxiliares:**

Bas, Rafael  
Domínguez, Miguel  
Figueroa, Mauro  
Mesa, Dardo  
Moreno, Daniel  
Sosa, Bruno

**Servicio de Operaciones:**

Acosta, Daniel  
Alonzo, Jorge  
Bauzil, Raúl  
Becerra, Germán  
Hernández, Jorge  
Ituarte, Gerardo  
Texeira, Mario

**Unidad de Comunicación y  
Transferencia de Tecnología**

González, Ramiro  
Segovia, Carlos

**Unidad de Informática:**

Sosa, Martín

---

Edición y Compaginación: Eloisa Crossa  
Impresión y Compaginación: Carlos Segovia  
Ramiro González

Compaginación:

José Correa  
Alexandra Ferreira  
Irma Furtado  
Cristhian Espel  
Luis Martínez  
Matías Oxley  
Beto Sosa

## ÍNDICE

	Página
<b>CAPÍTULO 1 - AGROCLIMATOLOGÍA</b>	
Información climática.....	1
Comportamiento de las principales variables climáticas en la zafra 2010-2011 .....	3
<b>CAPÍTULO 2 - RIEGO</b>	
Manejo del riego: Productividad del agua.....	1
Determinación de indicadores de sustentabilidad ambiental asociados a distintos usos y manejos en arroz que orienten buenas prácticas agrícolas .....	10
Cuantificación de las emisiones de metano y óxido nítrico en el cultivo de arroz.....	12
<b>CAPÍTULO 3 - MANEJO DE SUELOS Y NUTRICIÓN VEGETAL</b>	
Contribución a la toma de decisiones en aplicaciones de fósforo para el cultivo de arroz .....	1
Manejo alternativo del nitrógeno y fósforo en un cultivo de arroz sembrado con cero laboreo .....	6
Evaluación de fuentes alternativas de N en el cultivo de arroz .....	10
Evaluación de los efectos de la aplicación de urea verde (con inhibidor de la ureasa) en arroz .....	15
Determinación del momento óptimo de aplicación de la cobertura nitrogenada en la etapa reproductiva para INIA Olimar y El Paso 144.....	22
Respuesta del arroz a la inoculación con <i>Azospirillum</i> o <i>Herbaspirillum</i> Zafra 2010-2011 .....	27
Respuesta del arroz a la inoculación con <i>Azospirillum</i> o <i>Herbaspirillum</i> Análisis conjunto de las zafras 2008-2009 y 2010-2011 .....	34
Estimuladores del crecimiento. Zafra 2010-2011.....	45
Contribución relativa de las distintas fuentes de N al cultivo de arroz evaluada mediante la técnica isotópica de abundancia natural <sup>15</sup> N .....	55
<b>CAPÍTULO 4 - MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES Y PLAGAS</b>	
I. MANEJO DE ENFERMEDADES	
Evaluación de resistencia a <i>Pyricularia oryzae</i> en vivero en la zafra 2010-2011 en Uruguay .....	1
<b>CAPÍTULO 5 - MANEJO DE MALEZAS</b>	
Manejo de malezas .....	1
Evaluación de clomazone microencapsulado en el control del capín .....	3
Efecto del manejo del baño y la aplicación de clomazone en preemergencia .....	7
Conceptos referidos a resistencia de malezas a herbicidas .....	20
Detección de resistencia en biotipos de capín a los herbicidas comúnmente usados en arroz en la Zona Este.....	23

**CAPÍTULO 6 - MEJORAMIENTO GENÉTICO**

Comportamiento del nuevo cultivar L5502 en predios comerciales .....	1
Comentarios generales sobre la evaluación interna de cultivares .....	3
Evaluación de cultivares Clearfield en ensayos en fajas .....	5
Evaluación final de cultivares .....	6
Evaluación avanzada de cultivares de calidad americana .....	13
Evaluación de cultivares <i>Indica</i> .....	18
Evaluación avanzada de cultivares Clearfield.....	25
Evaluación de cultivares <i>Japónica</i> templado (granos cortos y medios) .....	33
Actividades de Mejoramiento Genético.	
Germoplasma <i>Indica</i> y <i>Japónica</i> templado .....	35

**CAPÍTULO 7 - ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO DE ARROZ**

Potencial de rendimiento en arroz. Aspectos de la ecofisiología del cultivo de arroz en Uruguay: III. Potencial biológico en la Región Este .....	1
IV. Incidencia de los factores climáticos en la productividad del cultivo de arroz en Uruguay .....	5
Exploración del potencial de rendimiento .....	9
Construcción del rendimiento en cultivares (variedades e híbridos) de alto potencial según densidad de siembra y fertilización nitrogenada .....	15
Nuevo método molecular para detección de arroz rojo resistente a imidazolinonas y su aplicación en un estudio de campo.....	18
Respuesta de cultivares de arroz a bajas temperaturas en estadios reproductivos....	20

**CAPÍTULO 8 - SEMILLAS**

Informe de producción de la zafra 2010/11 .....	1
Evolución histórica de producción y uso de semilla básica.....	1
Longevidad de semillas de variedades de arroz y de biotipos de arroz rojo y negro en el suelo .....	2

## PRÓLOGO

En esta publicación se presentan los productos de un nuevo año del trabajo de investigación realizado por los técnicos de distintas disciplinas del Programa Arroz, contándose también con aportes de otros programas y unidades técnicas de INIA, así como de otras instituciones del país y la región.

Nuevamente la publicación se elabora en el marco de otra zafra récord de productividad a nivel nacional, superando las 8 t/ha como rendimiento promedio nacional. Sin duda esto no es producto de la casualidad, sino que es debido al esfuerzo mancomunado y sostenido de los productores, la industria y la investigación, conformando un sector arrocero integrado, cuya permanente incorporación de tecnología ha permitido un crecimiento de los rendimientos promedio del país a un ritmo de 96 kg/ha por año, en los últimos 40 años.

Se considera importante, en este contexto, reflexionar acerca de los niveles de productividad que se vienen alcanzando por el sector, que por un lado lo ubican entre los países de mayor rendimiento a nivel internacional, pero que a su vez reflejan la maximización a nivel nacional del aprovechamiento de la interacción entre el genotipo y el ambiente. Esto determina que es razonable pensar que muy difícilmente se podrá sostener en el futuro las tasas de crecimiento alcanzado en los últimos 40 años.

Estos excelentes datos productivos sólo sirven como estímulo para seguir trabajando con la misma o mayor intensidad para ofrecer alternativas tecnológicas que signifiquen una mejora económica para los productores, mantengan los niveles de productividad y contribuyan a su sustentabilidad. En este sentido, es cada vez más clara la necesidad de capitalizar las diferencias de las características del sistema productivo uruguayo que permitan agregar valor al producto final.

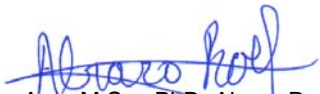
Un elemento importante a destacar es la inminente liberación como variedad comercial de la Línea 5502 fruto de un largo y continuo trabajo realizado por el equipo de Mejoramiento Genético

y la Unidad de Semillas. Esta variedad responde a la demanda del sector de poder contar con una alternativa de similar productividad que la variedad El Paso 144, pero con una mayor resistencia a Brusone, a lo que se debe agregar una mejora en la calidad industrial. Sin duda esta variedad aportará componentes que permitan consolidar y mantener los niveles productivos alcanzados en las últimas zafas.

Se destaca también la finalización del proyecto FONTAGRO sobre impacto ambiental de la adopción del arroz resistente a las imidazolinonas. La ejecución de dicho proyecto ha permitido posicionar al sector arrocero uruguayo y al INIA en particular a la vanguardia en la temática del uso de la tecnología Clearfield en arroz referente a los elementos a tener presente para su correcto uso y preservación de tan importante tecnología. A lo largo de la ejecución del mismo se ha capitalizado la experiencia y el conocimiento de destacados referentes de la región y el mundo.

Actualmente, INIA se encuentra en la elaboración de su Agenda de Investigación 2011-2015. En ese marco, algunas directrices institucionales definidas tendrán incidencia en la investigación a proponer para el sistema arroz-pasturas. Cabe mencionar la priorización de grandes temas relacionados a la productividad de los sistemas de producción, al agregado de valor en las cadenas agroalimentarias y agroindustriales, al cambio climático y los sistemas de producción limpia, al manejo de los recursos naturales y sus sostenibilidad entre otros.

Frente a este nuevo escenario, resulta de orden hacer mención a la incorporación de tres técnicos, dos con base en Treinta y Tres y uno en Tacuarembó, en las áreas de fitopatología, ecofisiología, manejo, y nutrición del cultivo que vienen a suplantar investigadores del programa que han adherido a planes de retiro definidos por el Instituto. Asimismo, se ha procesado un cambio en la dirección del programa a partir de agosto de 2011, con la incorporación del Ing. Agr. Alvaro Roel al frente del mismo y el retorno a tiempo completo del Ing. Agr. Pedro Blanco en el área de mejoramiento genético.



Ing. Agr., M.Sc., Ph.D. Alvaro Roel  
Director Programa Nacional de Arroz



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



## AGROCLIMATOLOGÍA

### INFORMACIÓN CLIMÁTICA

Ramón Méndez<sup>1/</sup>, Álvaro Roel<sup>1/</sup>, Matías Oxley<sup>1/</sup>, José Furest<sup>2/</sup>

INIA Treinta y Tres obtiene información agroclimática para el área de influencia de la Estación Experimental a partir de una estación instalada en el año 1972. El objetivo de ésta es el de obtener información detallada de clima y hacerla disponible para los diferentes Proyectos de Investigación.

Todos los días se registran a las 9 y 15 horas los siguientes datos:

- Temperatura al abrigo (Máxima, Mínima y Media)
- Temperatura de Suelo Cubierto y Desnudo (Máxima, Mínima y Media)
- Temperatura Mínima sobre Césped
- Humedad Relativa
- Evaporación: Piché y Tanque "A"

La información se procesa diariamente, se realizan los cálculos de las bandas y los datos se resumen cada 10 días y mensualmente, quedando así elaborados para el uso de los diferentes Proyectos y en la página web de

INIA ([www.inia.org.uy](http://www.inia.org.uy)). A partir del año 2009 la información está en la web en forma diaria.

Para esta Publicación, se presentan los datos mensuales de los parámetros climáticos detallados anteriormente:

- Zafra Anterior julio 2009 - junio 2010 (Cuadro 1).
- Última Zafra julio 2010 – junio 2011 (Cuadro 2).
- Promedios de la Serie Histórica julio 1973 – junio 2011 (Cuadro 3)
- Precipitación
- Heliofanía
- Radiación Solar
- Movimiento del aire, viento a 2m.
- Nubosidad

---

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres  
<sup>2/</sup> INIA Las Brujas

Cuadro 1. Datos meteorológicos obtenidos en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna - INIA T. y Tres. **Julio 2009 - Junio 2010.**

	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Anual
<b>TEMPERATURA(°C)</b>													
Media	9.2	13.7	13.4	15.3	20.3	20.6	23.6	23.7	21.6	17.6	15.2	11.1	<b>17.1</b>
Máxima media	14.6	20.4	18.1	21.4	25.1	25.7	29.4	28.1	27.4	23.7	20.6	16.8	<b>22.6</b>
Mínima media	3.7	6.6	8.9	9.1	15.5	16.6	17.8	19.2	15.9	11.7	9.9	5.5	<b>11.7</b>
HELADAS (Días)	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	<b>12</b>
<b>HELIOFANÍA</b>													
Media diaria (Horas)	4.9	5.8	5.1	7.2	4.8	6.5	8.9	5.8	7.4	6.4	3.6	4.2	<b>5.9</b>
<b>VIENTO (2 metros)</b>													
Velocidad media (k/h)	7.7	7.2	9.3	8.9	9.5	8.6	7.5	8.4	7.3	6.0	6.9	6.6	<b>7.9</b>
<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>													
Días de lluvia	48.3	115	92.3	105	211	163	122	449	109	89.1	50.0	54.4	<b>1608</b>
EVAPORACIÓN	6	6	9	6	16	10	6	12	6	9	9	8	<b>103</b>
<b>TANQUE "A"</b>													
Total mensual	68.0	90.5	94.2	151	139	171	211	132	157	105	68.3	61.1	<b>1448</b>

Cuadro 2. Datos meteorológicos obtenidos en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna - INIA T. y Tres. **Julio 2010 - Junio 2011.**

	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Anual
<b>TEMPERATURA(°C)</b>													
Media	10.6	11.7	14.6	15.4	15.4	22.1	25.0	22.7	20.4	18.0	13.9	11.0	<b>16.7</b>
Máxima media	16.2	17.3	19.9	22.6	25.0	29.7	31.4	28.6	27.0	24.0	19.5	16.4	<b>23.1</b>
Mínima media	5.0	5.7	9.2	8.3	10.7	14.5	18.7	16.8	13.9	12.0	8.4	5.6	<b>10.7</b>
HELADAS (Días)	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	<b>13</b>
<b>HELIOFANÍA</b>													
Media diaria (Horas)	4.6	5.0	5.3	8.0	8.0	9.1	8.3	7.6	7.6	6.0	5.0	3.9	<b>6.5</b>
<b>VIENTO (2 metros)</b>													
Velocidad media (k/h)	8.2	7.4	12.7	8.6	8.2	10.5	9.6	9.0	8.3	5.1	4.9	7.4	<b>8.3</b>
<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>													
Días de lluvia	191	50	140	16	119	49	108	124	106	151	132	125	<b>1310</b>
EVAPORACIÓN	9	7	13	2	7	8	11	10	4	9	6	6	<b>92</b>
<b>TANQUE "A"</b>													
Total mensual	63.9	63.5	106.1	167.5	192.4	286.5	281.5	215.2	181.3	88.7	59.9	45.2	<b>1752</b>

Cuadro 3. Datos meteorológicos obtenidos en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna - INIA T. y Tres. **Serie Histórica Julio 1973 - Junio 2011.**

	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Anual
<b>TEMPERATURA(°C)</b>													
Media	10.8	12.0	13.5	16.4	18.8	21.4	22.8	22.3	20.9	17.4	13.8	11.1	<b>16.8</b>
Máxima media	16.3	17.9	19.2	22.4	25.1	27.8	29.4	28.4	27.0	23.5	19.8	16.6	<b>22.8</b>
Mínima media	5.6	6.6	8.0	10.4	12.3	14.5	16.7	16.7	15.1	11.6	8.2	5.8	<b>11.0</b>
HELADAS (Días)	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	<b>11</b>
<b>HELIOFANÍA</b>													
Media diaria (Horas)	4.7	5.3	5.9	6.9	8.1	8.5	8.5	7.6	7.1	6.2	5.4	4.6	<b>6.6</b>
<b>VIENTO (2 metros)</b>													
Velocidad media (k/h)	6.9	7.3	8.7	8.6	8.8	8.6	8.4	7.5	6.4	6.3	6.0	6.3	<b>7.5</b>
<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>													
Días de lluvia	124	104	111	97	100	9	115	155	112	110	127	118	<b>1370</b>
EVAPORACIÓN	10	9	10	10	8	8	8	10	9	9	9	10	<b>112</b>
<b>TANQUE "A"</b>													
Total mensual	52.4	67.8	91.6	135.4	173.8	213.0	215.8	161.1	138.9	93.5	62.2	45.9	<b>1451</b>

COMPORTAMIENTO DE LAS PRINCIPALES VARIABLES CLIMÁTICAS EN LA ZAFRA 2010/2011

R. Méndez<sup>1/</sup>, A. Roel<sup>1/</sup>

En la información que se va a presentar se observará la información correspondientes a las últimas tres zafras conjuntamente con la dispersión histórica de los registros de cada variable. Los mismos son recabados diariamente en una casilla convencional ubicada en la "Unidad Experimental del Paso de la Laguna" donde se instalan los ensayos de todas las disciplinas correspondientes al Programa Arroz. Debe entenderse que los registros corresponden a una limitada zona de influencia y es sabido que algunos parámetros son variables de región a región.

Los registros son enviados y luego de procesados quedan a disposición de los usuarios colocándose también en la página web de INIA.

PRECIPITACIONES

En la figura 1 se muestran las precipitaciones decádicas desde setiembre a diciembre correspondientes a 2008, 2009 y 2010. En 2010 se caracterizó por muy bajos registros en los meses de preparación de suelos y siembra del cultivo así como también en las etapas posteriores a la misma. El comportamiento es muy similar a lo ocurrido en el año 2008 contrastando con el 2009 en el período posterior a la siembra. La diferencia ocurre en la 3ª década de noviembre y 1ª de diciembre en donde en 2008 llueven 64 mm mientras que en 2010, 0,5mm.

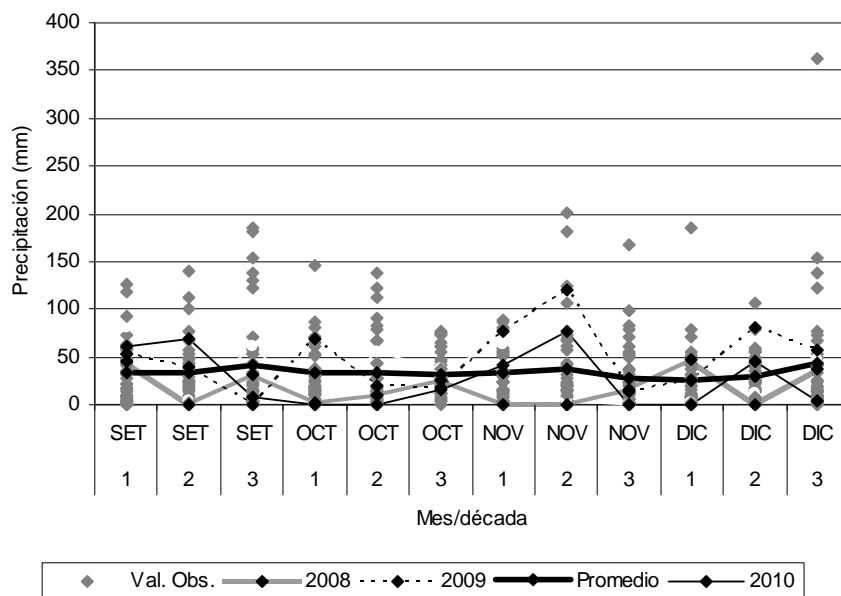


Figura 1. Registros decádicos de precipitaciones desde setiembre a diciembre.

En la figura 2 se muestra lo ocurrido desde enero a abril en donde los registros de 2011son similares o por debajo del promedio desde la 1ª década de enero hasta

la 2ª de febrero, luego en los primeros 20 días de marzo no hay lluvias de relevancia y posteriormente se revierte hasta el final del periodo.

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

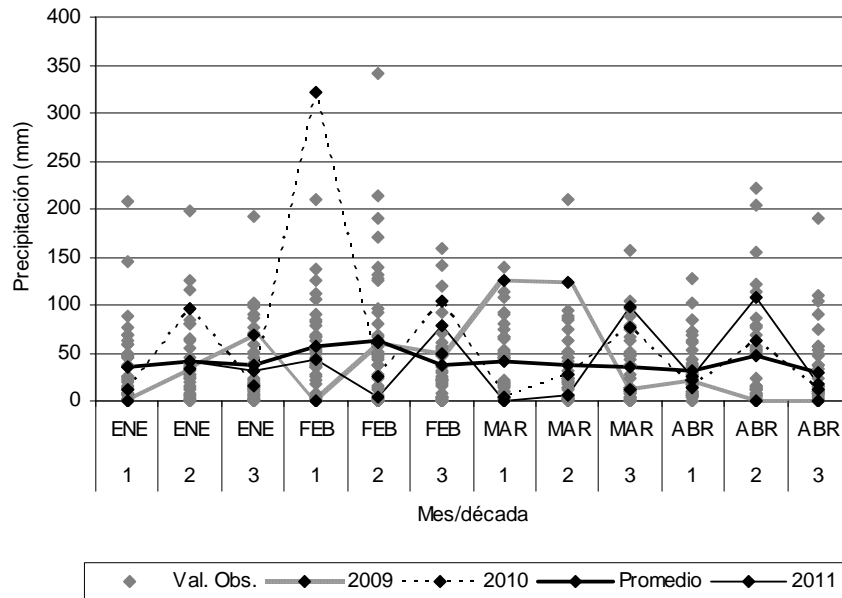


Figura 2. Registros decádicos de precipitaciones desde enero a abril.

### TEMPERATURA MÁXIMA

El comportamiento de esta variable es muy similar al promedio desde setiembre hasta la 2ª década de noviembre (figura 3) en donde el registro es inferior en un 7% del promedio y luego en el mes de diciembre el aumento es superior en el mismo valor pero para un periodo de 31 días.

En la figura 4 se muestra lo ocurrido con esta variable desde enero a abril. En el mes de enero hay un incremento en este mes de 7% por encima del promedio y posteriormente los registros son muy similares a este último.

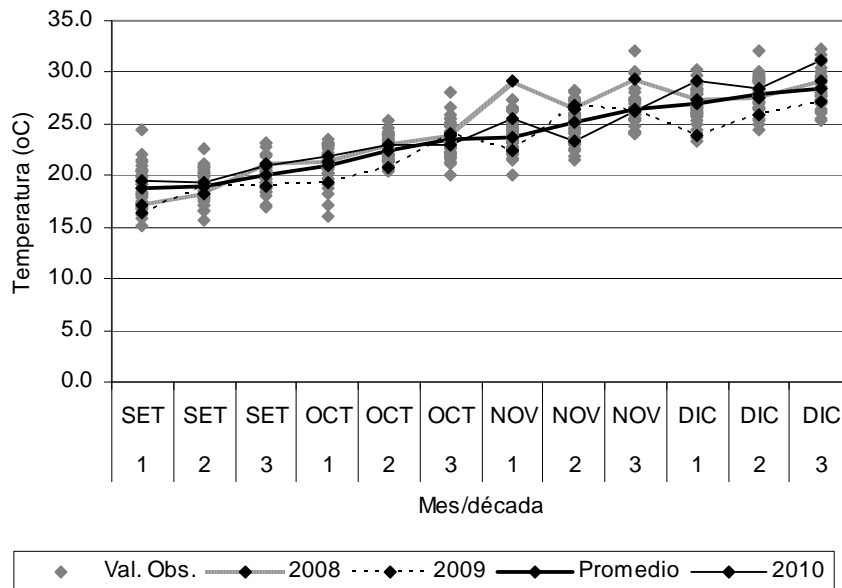


Figura 3. Registros decádicos de temperatura máxima desde setiembre a diciembre.

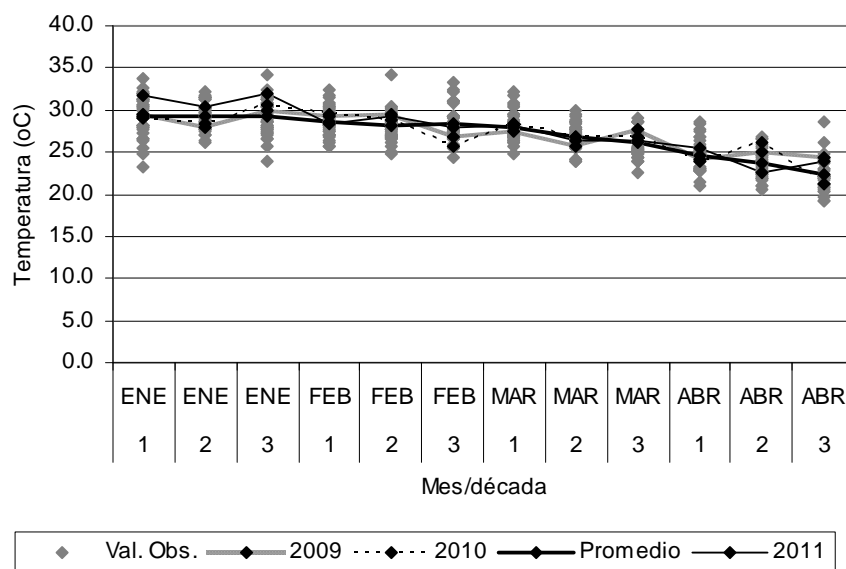


Figura 4. Registros decádicos de temperatura máxima desde enero a abril.

#### TEMPERATURA MÍNIMA

Los registros decádicos de esta variable desde setiembre a diciembre se observan en la figura 5. Es mas dispersa que la temperatura máxima y en 2010 desde la 1ª década de octubre hasta la 1ª de diciembre estuvo por debajo del promedio en un 17% con valores desde la 1ª década de octubre hasta la 2ª de noviembre por debajo o iguales a 10°C. También fue inferior inclusive a las zafras 2008 y 2009.

Los registros desde enero a abril de 2011 están por encima de 15°C excepto en la segunda y 3ª década de marzo, pero fueron inferiores a 2010 por lo menos hasta la 1ª década de marzo. En 2009 hubo un registro inferior a 15°C en la primera década de enero lo que es importante en la etapa reproductiva del cultivo y luego los valores en este año son bastante similares al promedio. En las etapas críticas del cultivo en 2011, como es el embarrigado, las temperaturas registradas no tuvieron incidencia desfavorable en las plantas.

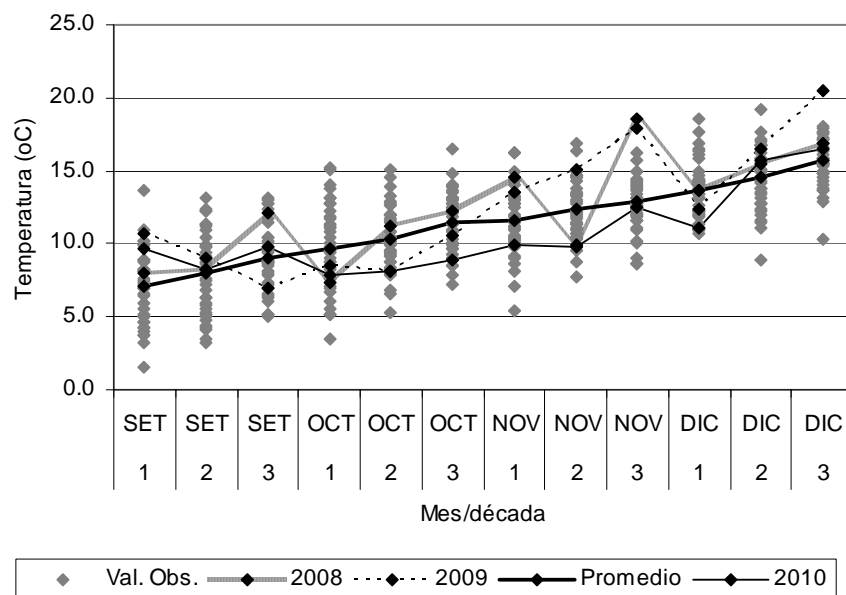


Figura 5. Registros decádicos de temperatura mínima desde setiembre a diciembre.



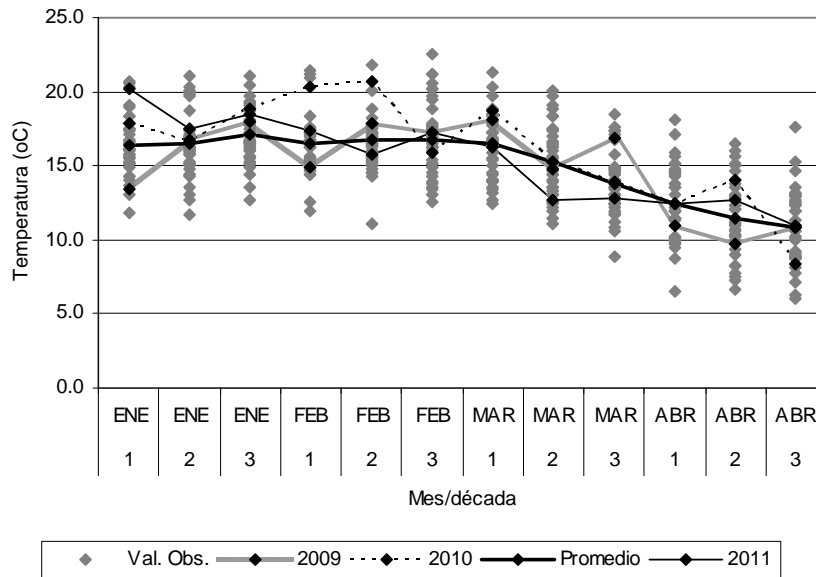


Figura 6. Registros decádicos de temperatura mínima desde enero a abril.

**HELIOFANÍA**

Los registros desde setiembre a diciembre de 2010 para este parámetro están cercanos al promedio histórico (Figura 7) a pesar de ser muy variable. Fueron

superiores al año 2009 en donde en la tres décadas de noviembre estuvo 42% por debajo del valor medio provocado por lluvias. No obstante las dos primeras décadas de noviembre de 2008 estuvieron un 25% por encima de lo registrado en 2010.

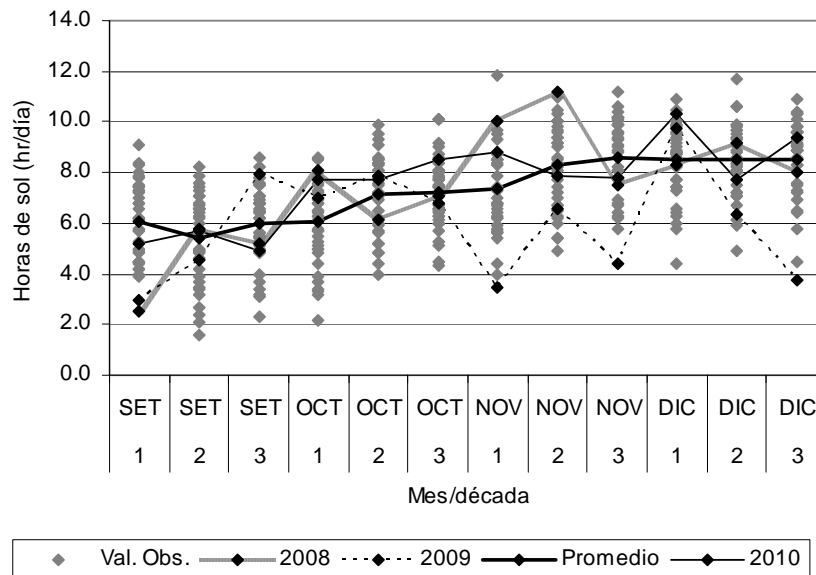


Figura 7. Registros decádicos de heliofanía desde setiembre a diciembre.

En la figura 8 se muestran los valores de heliofanía desde enero a abril. Se observa un 17% y 13% inferior en horas de sol en la 1ª década de enero y 1ª de febrero respectivamente en 2011 comparado al promedio histórico, mientras que en la 2ª de febrero y 1ª y 2ª de marzo juntas los incrementos por encima del valor

medio fueron de 16 y 12%. Debe considerarse que los registros de 2011 estuvieron por encima a lo ocurrido en los primeros 20 días de febrero de 2010 donde hubo un descenso de 32% respecto al promedio. Estos valores de 2011 posiblemente no fueron limitantes para el cultivo.

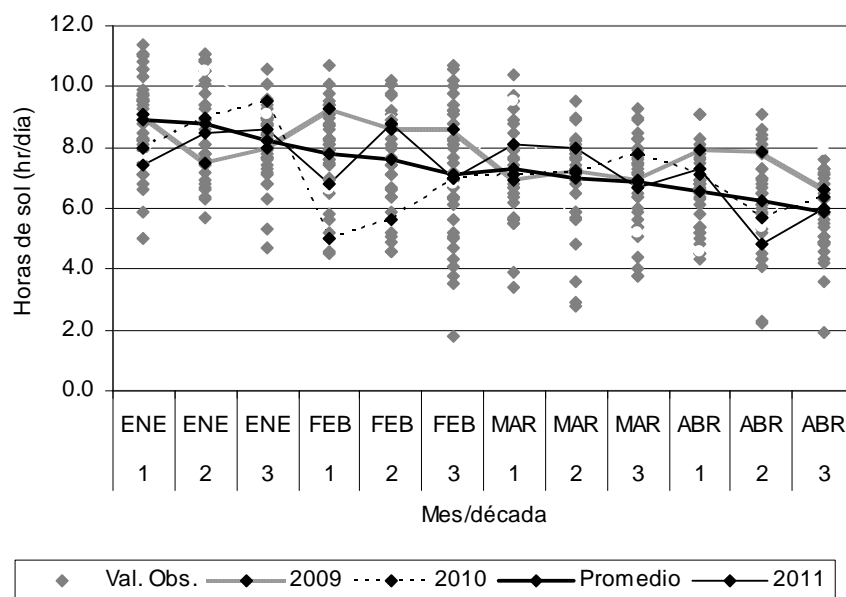


Figura 8. Registros decádicos de heliofanía desde enero a abril.

### CONSIDERACIONES FINALES

La zafra 2010/2011 fue desfavorable en lo referente a temperaturas bajas y falta de lluvias en las etapas iniciales del cultivo con registros extremos para ambas variables y quizás incidió más la temperatura baja y no la humedad debido a baños. No obstante las

condiciones de temperatura y heliofanía no fueron limitantes comparados con otras zafra y permitieron revertir las etapas iniciales y obtener rendimientos de grano muy buenos.



## RIEGO

### MANEJO DEL RIEGO: PRODUCTIVIDAD DEL AGUA

Alvaro Roel<sup>1/</sup>, Guillermina Cantou<sup>1/</sup>, Sebastián Martínez<sup>1/</sup>, Luis Casales<sup>1/</sup>  
Federico Campos<sup>2/</sup>, Ignacio Falero<sup>2/</sup>

#### INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso que se vuelve cada vez más escaso en el mundo, debido a la disminución de su disponibilidad y calidad (por contaminación, eutrofización y salinización) y a la creciente competencia que ejercen otros sectores como el urbano e industrial. Si bien Uruguay es un país rico en recursos hídricos, tanto en calidad como en cantidad, hoy en día el agua es un factor limitante para la expansión del cultivo de arroz. El actual escenario ha motivado a que el uso eficiente del agua y la optimización de su productividad se conviertan en un tema prioritario y estratégico para el sector arrocero.

En este sentido, resulta cada vez más importante adoptar estrategias de manejo que contribuyan al uso racional de este recurso. Entre estas se pueden destacar las siguientes: 1) sistematización de la chacra, 2) construcción de las taipas en forma anticipada, 3) reducción de las pérdidas de agua por infiltraciones laterales (escurrimiento superficial) y percolación, 4) reducción del período de riego mediante la utilización de variedades de ciclo más corto, 5) correcta definición de la finalización del riego. La clave para lograr el éxito en cuanto a economizar el uso de este recurso no se basa en la aplicación de alguna de estas estrategias en forma aislada, sino en la correcta combinación de todas ellas.

En este marco es necesario evaluar manejos alternativos de agua que sin afectar el rendimiento permitan hacer un uso más eficiente de la misma.

De la información generada anteriormente se desprende que en la fase vegetativa habría cierto margen para ajustar el manejo de agua tradicional, de inundación permanente, sin afectar el rendimiento y por ende aumentando la productividad del agua.

El objetivo del presente trabajo es evaluar manejos de agua alternativos en la variedad El Paso 144 que permitan hacer un uso más eficiente del agua, manteniendo o maximizando la productividad.

Un estudio similar a este fue realizado en la zafra pasada con la Variedad INIA Olimar (Cantou y Roel 2010).

#### MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra agrícola 2010/2011, se instaló un ensayo en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL/INIA), sobre un Brunosol Subéutrico Lúvico, con las siguientes características: pH (H<sub>2</sub>O) = 6.0, MO = 2.2 %, P (Bray) = 5 ppm, P (Citríco) = 4 ppm, K = 0,12 meq/100g,

Los datos de manejo generales del cultivo se detallan en el cuadro 1.

Se evaluaron cinco tratamientos agrupados en dos sistemas de riego: inundación continua y riego con déficit controlado (Cuadro 2).

Cuadro 1. Manejo del cultivo.

Fecha	Actividad	Detalle
8/10/2010	Siembra y fertilización basal	Variedad El Paso 144 - 154 kg/ha 182 kg/ha de 9-36-10 N <sub>16</sub> P <sub>66</sub> K <sub>18</sub>
10/11/2010	Emergencia	
19/11/2010	Aplicación de herbicida	Facet 1.5 l/ha + Propanil 3 l/ha + Command 0.85 l/ha + Cyperex 200 g/ha
Variable según trat.*	Fertilización	Macollaje: 60 kg/ha de urea** Primordio: 50 kg/ha de urea
Variable según trat.*	Fin de riego	15 días después de alcanzar 50% de floración

\* manejo realizado de acuerdo a la fenología del cultivo para cada tratamiento.

\*\* previo a la inundación de los tratamientos de riego continuo y previo al primer riego en los tratamientos con déficit controlado (en seco).

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

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

Cuadro 2. Tratamientos de riego.

<b>Inundación continua</b>	
<b>IC15</b>	Inundación 15 DDE
<b>IC30</b>	Inundación 30 DDE
<b>IC45</b>	Inundación 45 DDE
<b>Riego con déficit controlado*</b>	
<b>LV</b>	Con lámina variable (de 0 a 5 cm)
<b>RR</b>	Riego restrictivo (sin lámina de agua)

\* a partir de 30 DDE e inundación continua desde diferenciación del primordio floral.  
DDE = días después de emergencia.

Los tratamientos de inundación continua difirieron en el momento en que se estableció la inundación permanente (15, 30 o 45 días después de la emergencia - DDE).

En el caso de los manejos de riego con déficit controlado, los tratamientos se iniciaron a los 30 DDE y se llevaron a cabo hasta el inicio de la fase reproductiva (diferenciación del primordio floral), momento a partir del cual se estableció la inundación continua. El criterio de suministro de agua durante la fase vegetativa fue el siguiente:

- LV: se establecen láminas de 5 cm de profundidad en cada riego y se dejan resumir hasta suelo saturado (encharcado).

- RR: este tratamiento se inicia en condiciones de suelo saturado. Cuando se consume el 50% del agua disponible en el suelo (25 mm para un perfil de 30 cm de este suelo), de acuerdo al seguimiento de un balance hídrico, se suministra agua de manera de que el suelo vuelva a quedar saturado. Por lo tanto, se alternan períodos de suelo húmedo y seco.

Una vez establecida la inundación permanente, el criterio de riego utilizado fue el mismo para todos los tratamientos y consistió en mantener una lámina de agua continua de 10 cm de profundidad, a excepción del tratamiento inundado a los 15 DDE que se manejó una lamina de 5 cm de altura durante la primera semana luego de establecida la inundación (dado por el tamaño de las plantas - estado de 3/4 hojas).

El criterio de finalización del suministro del agua consistió en dejar de regar a los 15 días después del haber alcanzado el 50% de floración.

El diseño experimental utilizado fue el de parcelas divididas en bloques al azar, con cuatro repeticiones. Los resultados fueron evaluados usando modelos mixtos *PROC MIXED SAS* (Littell *et al.*, 1996). Fue establecido a priori, un nivel de significancia de  $P \leq 0,05$ .

#### **Determinaciones y registros**

Se extrajeron muestras de planta a macollaje, primordio, floración y cosecha, con el propósito de medir materia seca de la parte aérea. Paralelamente se realizaron conteos de tallos y mediciones de altura de planta. A

primordio y floración, se estimó el contenido relativo de clorofila en hoja (SPAD).

A cosecha se determinó rendimiento y sus componentes (panojas por m<sup>2</sup>, granos por panoja, porcentaje de esterilidad y peso de granos). Posteriormente, en el laboratorio se realizaron las mediciones de calidad industrial.

La evapotranspiración del cultivo manejado bajo el tratamiento RR se calculo utilizando el método FAO Penman-Monteith y a partir de los datos del tanque A (Allen *et al.*, 2006). Las variables climáticas (radiación, temperatura del aire, humedad atmosférica, velocidad del viento y la evaporación del tanque clase A), fueron obtenidas de la Estación Meteorológica ubicada en la propia UEPL. Paralelamente, se cuantifico el contenido de agua en el suelo de forma directa (humedad volumétrica) e indirecta por sonda de neutrones y sensores TDR (EC-5 Decagon Devices). Para realizar las lecturas correspondientes de la sonda de neutrones se instalaron tubos de acceso de aluminio y se consideraron tres profundidades de suelo (0-10, 10-20 y 20-30 cm). Los conteos de sonda fueron calibrados contra muestreos de humedad utilizando el método gravimétrico, teniendo en cuenta la densidad aparente del perfil.

Se cuantifico la cantidad de agua utilizada por cada tratamiento (m<sup>3</sup>/ha) mediante el uso de aforadores (caudalímetros), en cada parcela.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación se presentan los principales resultados obtenidos en el presente ensayo.

### **Manejo del agua**

En el cuadro 3 se detallan las fechas en que se realizaron los riegos y del establecimiento de la inundación en cada uno de los tratamientos. En esta zafra en particular fueron necesarios 2 baños para "nacer-emparejar" los cuales fueron realizados el 25 de octubre y 8 de noviembre. El 26 de noviembre se realizaron baños a los tratamientos IC30, IC45, LV y RR y el 27 de diciembre se realizó otro baño al IC 45. A los efectos de mantener los criterios de riego de los tratamientos RR y LV, fueron necesarios realizar riegos -previo al establecimiento de la inundación- en 6 y 8 oportunidades respectivamente, según lo indica el cuadro 3.



Cuadro 3. Fechas de riego e inundación de los tratamientos.

Tratamiento	Riego*	Riego intermitente	Inundación continua
<b>Riego continuo</b>			
IC <sub>15</sub>	25 oct, 8 nov		26 nov
IC <sub>30</sub>	25 oct, 8 y 26 nov		13 dic
IC <sub>45</sub>	25 oct, 8 y 26 nov, 27 dic		30 dic
<b>Riego con déficit controlado</b>			
LV	25 oct, 8 y 26 nov;	13, 15, 17, 21, 23, 27 y 30 de dic, 3 ene.	7 ene
RR	25 oct, 8 y 26 nov;	13, 21, 27 dic; 3, 7, 10, ene.	13 ene

\*Riego/s (baños) efectuado/s previo al establecimiento de la inundación continua.

El las figuras 1, 2 y 3 se presentan la evolución del agua del suelo medida por los sensores EC-5, de manera de ilustrar la situación hídrica de los tratamientos IC45, LV y RR respectivamente, a partir de la inundación del IC30 (13 de diciembre hasta que los mismos fueron inundados. En el tratamiento IC45, durante el período

comprendido entre el 13 y el 27 de diciembre (Baño), los niveles de agua en el suelo estuvieron consistentemente por debajo de los medidos en los tratamientos LV y RR que se encontraban dentro del período de riego controlado (desde 30 DDE hasta primordio).

Riego, precipitaciones y sensores en trat IC45

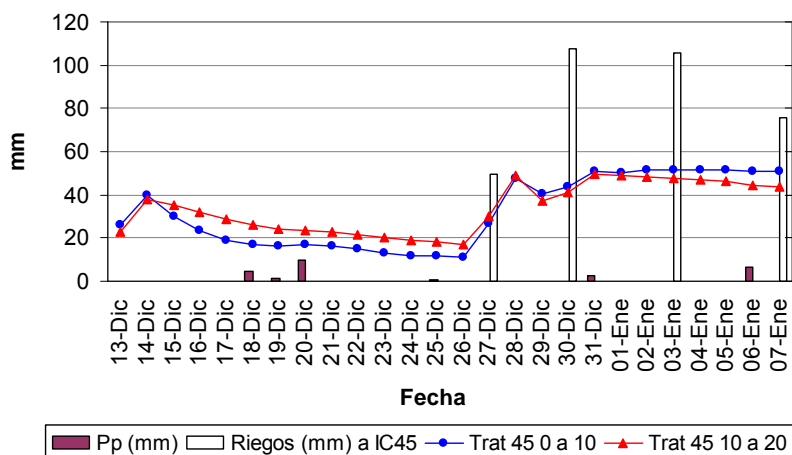


Figura 1. Evolución del agua en el suelo en el tratamiento IC 45.

Riego, precipitaciones y sensores en trat LV

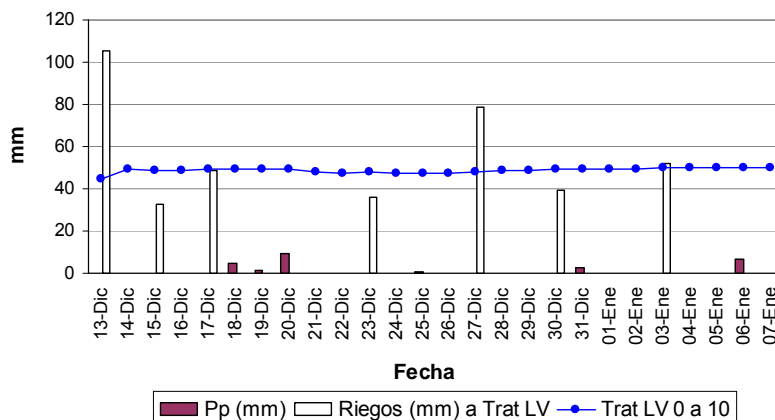


Figura 2. Evolución del agua en el Suelo Tratamiento LV.

Por otro lado se puede también apreciar comparando las diferentes figuras que si bien en el tratamiento RR el contenido de agua en el suelo oscilo en forma más importante que en el LV, los valores registrados fueron en general superiores que a los alcanzados en el

tratamiento IC45. Esto refleja las diferentes condiciones de déficit hídrico en los 3 tratamientos siendo la más extrema el IC45, seguida por RR y en menor grado el LV.

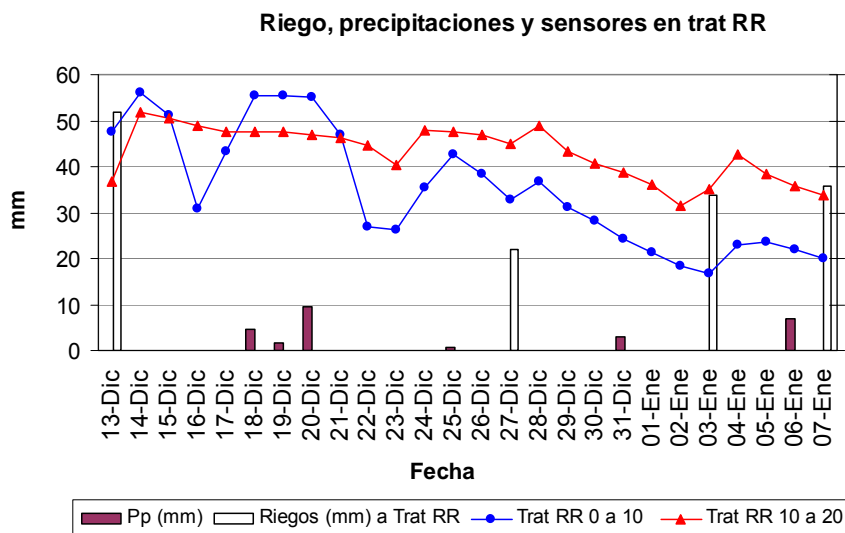


Figura 3. Evolución del agua en el suelo Tratamiento RR.

**Efecto sobre la fenología**

Los tratamientos de riego evaluados afectaron la fenología del cultivo (Cuadro 4). El tratamiento de riego continuo inundado a las 45 DDE fue el que presentó el ciclo más largo. El tratamiento de riego con déficit

controlado LV, por su parte, tuvo un comportamiento similar al presentado por IC30. El primordio para LV y RR fue registrado 4 y 12 días posteriores a IC30, respectivamente y estas diferencias se fueron atenuando a medida que transcurrió el ciclo.

Cuadro 4. Momento de los eventos fenológicos por tratamiento de riego.

Tratamiento	Primordio	Floración*	Fin de riego	Cosecha
<b>Riego continuo</b>				
IC15	28 dic	3 feb	18 feb	21 mar
IC30	3 ene	12 feb	27 feb	30 mar
IC45	13 ene	23 feb	10 mar	8 abr
<b>Riego con déficit controlado</b>				
LV	7 ene	15 feb	1 mar	30 mar
RR	15 ene	15 feb	1 mar	5 abr

\*Cultivo con 50 % de floración.

En el cuadro 5 se puede apreciar que si bien es lógico esperar que el tratamiento IC15 presente un mayor número de días de riego por adelantamiento de la inundación, esta diferencia no fue igual a la diferencia

en días entre momentos de inundación, debido al efecto que tiene esta variable sobre el ciclo del cultivo. El tratamiento IC15 se inundó 30 días antes que el IC45 pero tuvo solo 14 días más de riego.

Cuadro 5. Efecto del tratamiento de riego sobre la fenología y los días de riego.

Tratamiento	Días de ciclo*	Días a floración**	Días de riego***
IC <sub>15</sub>	131d	85c	85a
IC <sub>30</sub>	140c	93b	77b
IC <sub>45</sub>	149a	104a	71b
LV	140c	95b	79ab
RR	146b	95b	79ab
Media	141	94	78
CV (%)	4	7	4
P > F	0.001	0.001	0.001

\* Desde emergencia hasta cosecha

\*\* Desde emergencia a 50 % de floración.

\*\*\* Desde inicio del tratamiento (inundación para los tratamientos de riego continuo y 30 DDE para los de riego con déficit controlado), hasta 15 días después del 50% de floración.

P: Probabilidad, ns: diferencias estadísticamente no significativas. Letras diferentes en una misma columna difieren significativamente para  $p < 0,05$

### Caracterización microclimática

La zafra 2010-11 puede ser caracterizada por su alta demanda atmosférica a lo largo de todo el ciclo del cultivo (Ver Capítulo Agroclimatología) lo que como se verá determinaron altos niveles de rendimiento y consumos de agua.

De manera de cuantificar el efecto de las principales variables climáticas sobre los tratamientos de riego se procedió a comparar las horas de sol y las temperaturas medias y mínimas en el período 20 días antes y 20 días después del 50% floración de cada tratamiento de riego

de acuerdo a su ciclo fenológico y realizar su comparación con los promedios históricos.

En el cuadro 6 se puede observar que en general la oferta de horas de sol para esta zafra fue similar a superior a los valores promedios históricos. Es importante a su vez apreciar que en términos promedios (Serie Histórica), es esperable que un cultivo manejado en las mismas condiciones que en este ensayo, posee en promedio 0.5 horas de sol menos por día en un manejo de riego IC45 comparado con el manejo de riego IC15.

Cuadro 6. Heliofanía promedio diaria entorno al período crítico del cultivo (+/- 20 días 50% Floración). S.H. Serie Histórica.

Tratamientos	Horas de sol (2010/2011)	Horas de sol S.H. (1973/2010)
IC15	8.1	8.1
IC30	7.9	7.7
IC45	7.7	7.5
LV – RR	7.8	7.6

Para la temperatura, en el cuadro 7 se puede observar que los valores alcanzados en esta zafra fueron superiores a los valores históricos tanto para los mínimos como para los valores medios. Al igual que para las horas de sol es importante apreciar que solo

por manejo de riego es posible someter a una diferencia de 1 grado diario en las temperaturas mínimas si compramos los valores de la Serie Histórica de temperatura mínima diaria para IC45 vs IC 15.

Cuadro 7. Temperatura mínima y media diaria entorno al período crítico del cultivo (+/- 20 días 50% Floración). S.H: Serie Histórica.

Trat.	Temp. Mín. (2010/2011)	Temp. Mín. S.H (1973/2010)	Temp. Media (2010/2011)	Temp. Media S.H. (1973/2010)
IC15	17.4	16.4	23.7	22.2
IC30	17.1	16.1	23.2	22.2
IC45	16.5	15.3	22.4	21.9
LV – RR	16.8	15.7	22.9	22.0

### Efecto sobre el crecimiento

El ensayo en general, luego de los baños mencionados para emerger y emparejar, obtuvo una buena emergencia y población de plantas (promedio de 275 plantas/m<sup>2</sup>), no existiendo diferencias significativas entre tratamientos. Como se aprecia en el cuadro 8, el manejo del riego no afectó el número inicial de plantas. En términos generales se puede apreciar también que las panojas finales a cosecha no fueron limitadas por las inundaciones más tempranas indicando que el macollaje no fue afectado.

Estos resultados no concuerdan con Santos et al. (1999), quienes observaron una disminución en el número de panojas en el sistema continuo respecto a un sistema de riego intermitente aplicado durante la fase vegetativa. Los autores atribuyen estas diferencias a la presencia de la lámina de agua durante la fase vegetativa, la cual inhibió el macollaje. Se debe resaltar que en el presente ensayo la primera semana luego de establecida la inundación de IC15, se maneja una lámina de 5 cm de profundidad, justamente para favorecer el macollaje y evitar el desarrollo de una planta fina y alargada.

Cuadro 8. Número de plantas y panojas por m<sup>2</sup> según tratamiento de riego.

Tratamiento	Plantas/m <sup>2</sup> (29 DDE)	Panojas/m <sup>2</sup> (cosecha)
IC <sub>15</sub>	307	459bc
IC <sub>30</sub>	268	524ab
IC <sub>45</sub>	242	443bc
LV	275	584a
RR	281	368c
<b>Media</b>	<b>275</b>	<b>476</b>
CV (%)	18	22
P > F	ns	0.02

DDE: días después de emergencia, P: Probabilidad, ns: diferencias estadísticamente no significativas. Letras diferentes en una misma columna difieren significativamente para p<0,05.

Con referencia a la evolución de la altura los tratamientos de riego afectaron la misma en las primeras etapas del ciclo (Cuadro 9). Las notorias diferencias iniciales observadas a favor de los tratamientos que se inundaron temprano (15 y 30 DDE) se fueron atenuando en el transcurso del ciclo.

Cuadro 9. Evolución de la altura (cm) por tratamiento de riego, a lo largo del ciclo del cultivo

	29 DDE	49 DDE	54 DDE	58 DDE	70 DDE	75 DDE	90 DDE	103 DDE	125 DDE
IC <sub>15</sub>	27	48a	55a	65a	77a	82a	86a	84a	91a
IC <sub>30</sub>	15	39b	42b	52b	63b	72bc	79abc	80b	88a
IC <sub>45</sub>	15	21d	29d	42d	55d	62cd	76bc	80b	87a
LV	16	35b	40b	51b	65b	74ab	82ab	84a	87a
RR	16	30c	35c	35c	48c	57d	73c	79b	82b
<b>Media</b>	<b>18</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>49</b>	<b>62</b>	<b>69</b>	<b>79</b>	<b>81</b>	<b>87</b>
CV (%)	28	27	23	22	17	14	7	4	4
P > F	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.1	<0.01

DDE: días después de emergencia, P: Probabilidad, ns: diferencias estadísticamente no significativas. Letras diferentes en una misma columna difieren significativamente para p<0,05.

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la acumulación de materia seca a lo largo del cultivo (Cuadro 10).

El IC15, presentó en el muestreo de 29 DDE 90% más de materia seca que el promedio de los tratamientos. Esto es debido que a esta fecha este tratamiento había estado inundado durante 14 días mientras que el resto de los tratamientos aún no habían sido regados.

En floración, se hacen evidentes, las diferencias entre los tratamientos de inundación continua, y los de déficit controlado, presentando los primeros, mayor cantidad de MS.

El tratamiento LV fue el que presentó los mayores valores de MS en el muestreo realizado a cosecha, pero vale resaltar que no fue estadísticamente diferente a IC15 e IC30.

Cuadro 10: Producción de materia seca (kg/ha) en los diferentes tratamientos de riego

Trat.	29 DDE	49 DDE	61 DDE	70 DDE	Floración*	Cosecha
IC15	545a	3015a	5828a	8590a	14015a	21871ab
IC30	174b	1780b	3558b	6052b	14405a	23481ab
IC45	209b	843b	2076b	3985b	15617a	19854bc
LV	229b	1418b	3286b	5625b	13307b	25021a
RR	272b	1621b	2658b	3673b	11094c	17391c
<b>Media</b>	<b>286</b>	<b>1735</b>	<b>3481</b>	<b>5585</b>	<b>13688</b>	<b>21524</b>
CV (%)	58	47	43	36	16	18
P>F	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	0.03

\* 50% de floración. DDE: días después de emergencia, P: Probabilidad, ns: diferencias estadísticamente no significativas. Letras diferentes en una misma columna difieren significativamente para p<0,05.

Con los valores de Materia Seca registrados se calcularon las tasas de crecimiento (TC) diario para los diferentes tratamientos de riego en las fases vegetativas (28 DDE – Primordio) y reproductivas (Primordio – Floración) de cada uno de ellos (Cuadro 11).

Durante la etapa vegetativa la inundación temprana, IC 15, registró mayores tasas de crecimiento en concordancia con los mayores valores de altura y materia seca observados. En contraste los tratamientos RR e IC45, donde se observaron plantas menos vigorosas se registraron menores tasas de crecimiento.

Cuadro 11. Tasa de crecimiento (kg/ha/día) por tratamiento de riego.

Trat.	28 DDE – Primordio	Primordio – 50% de floración
IC15	145	297
IC30	92	316
IC45	62	330
LV	100	257
RR	79	272
<b>Media</b>	<b>96</b>	<b>294</b>

DDE: días después de emergencia.

Posteriormente, a partir de primordio en la fase reproductiva los tratamientos de inundación continua IC 30 e IC45 mostraron TC compensatorias, que le permitieron alcanzar valores de MS similares a IC15 sobre el fin del ciclo. (Cuadros 9 y 10)

Los tratamientos con déficit controlado, en el período previo a primordio (período vegetativo) mostraron tasas de crecimiento similares a IC30. Pero luego de primordio (fase reproductiva), si bien aumentaron su TC en forma importante no lograron alcanzar los valores que se observaron en los tratamientos con inundación

continua. Esta tendencia coincide con la observada en similar ensayo en la zafra anterior con la variedad INIA Olimar (Cantou y Roel 2010).

#### Efecto sobre los componentes del rendimiento y la calidad industrial

En el cuadro 12 se puede apreciar cierta compensación entre los diferentes componentes del rendimiento. Si bien las diferencias fueron significativas en los componentes de rendimiento entre los tratamientos, las mismas no fueron trasladadas al Índice de Cosecha.

Cuadro 12. Efecto del tratamiento de riego sobre los componentes del rendimiento.

Trat.	I.C.	N° granos/ panoja	N° granos/ m <sup>2</sup>	Esterilidad de granos (%)	Peso mil granos (gr)
IC <sub>15</sub>	0,51	126ab	57627ab	15,5abc	27,9a
IC <sub>30</sub>	0,48	132ab	68788a	18,1ab	27,3ab
IC <sub>45</sub>	0,54	141a	62593a	11,3bc	26,4c
LV	0,43	114bc	65924a	19,1a	26,8bc
RR	0,54	98c	56160b	8,4c	27,3ab
<b>Media</b>	<b>0,51</b>	<b>122</b>	<b>58218</b>	<b>14,48</b>	<b>27,14</b>
P > F	ns	0,051	0,048	0,05	<0,01

P.: Probabilidad, I.C.: Índice de cosecha, ns: diferencias estadísticamente no significativas. Letras diferentes en una misma columna difieren significativamente para p<0,05.

En el cuadro 13 se presentan los valores de calidad molinera. Los valores de calidad no se vieron severamente afectados por los tratamientos de riego y

se encuentran por encima de la base de comercialización del arroz (58% y 6% para entero y yesado, respectivamente).

Cuadro 13. Efecto del tratamiento de riego sobre la calidad molinera, humedad a cosecha y verde.

Trat.	Blanco Total (%)	Entero (%)	Yesado (%)	Manchado (%)	Humedad (%)	Verde (%)
IC <sub>15</sub>	70,4	63,6	2,4	0,15	23,5	6,3b
IC <sub>30</sub>	71,4	66,3	3,4	0,20	22,9	6,0b
IC <sub>45</sub>	70,9	63,3	2,7	0,15	20,9	9,5a
LV	69,3	64,4	3,3	0,13	22,3	5,0b
RR	70,7	65,5	4,5	0,18	21,5	5,7b
<b>Media</b>	<b>71</b>	<b>64,6</b>	<b>3,3</b>	<b>0,16</b>	<b>22,3</b>	<b>6,5</b>
P > F	ns	ns	ns	ns	ns	0,05

P.: Probabilidad, ns: diferencias estadísticamente no significativas. Letras diferentes en una misma columna difieren significativamente para p<0,05.



### Efecto sobre el comportamiento de las enfermedades

Previo a la cosecha de cada tratamiento se realizaron lecturas de enfermedades de tallo: podredumbre del tallo (*Sclerotium oryzae*) y mancha de vaina (*Rhizoctonia oryzae sativae*). A partir de estos datos se calculó el Índice de Grado de Severidad (IGS) para ambas enfermedades (Cuadro 14), el cual combina los conceptos de incidencia (porcentaje de tallos afectados) y severidad (altura a la que llega el ataque).

Cuadro 14 Índice de Grado de Severidad de *Sclerotium* (ISS) y de *Rizoctonia* (IRS)

Trat.	ISR	ISS
IC <sub>15</sub>	0,43	41,1
IC <sub>30</sub>	0,80	40,1
IC <sub>45</sub>	0,08	39,3
LV	1,08	41,5
RR	0,48	34,5
Media	0,57	39,3

Se puede apreciar que en términos generales los niveles de infección alcanzados fueron bajos y no se encontraron diferencias debidas a los tratamientos de riego evaluados.

### Efecto sobre el rendimiento y la productividad del agua

El rendimiento de grano del ensayo promedió 10.700 kg/ha y no fue significativamente afectado por el manejo del riego (Cuadro 15).

El consumo de agua siguió la misma tendencia que el grado de restricción de los manejos de riego, es decir, dentro de los tratamientos con riego continuos los

mayores consumos están asociados con los períodos de inundación más tempranas y dentro de los tratamientos con déficit controlado el menor consumo se encuentra en el tratamiento de mayor restricción, el tratamiento de riego restrictivo (RR).

Estos resultados coinciden con los reportados por Nwadukwe and Chude, (1998), Borrell et al. (1997), Tabbal et al. (2002) citados por Stone (2005), quienes mencionan reducciones del 20-40% en la cantidad de agua aplicada cuando se compara sistemas que favorecen el ahorro del agua con un sistema de riego continuo.

Los relativos altos consumos de agua registrados en este estudio son resultado de las excelentes condiciones climáticas y en particular de las altas demandas atmosféricas que caracterizaron la zafra.

Es importante resaltar el hecho de que los valores reportados en el cuadro 15 hacen referencia al agua que efectivamente se aplicó a la parcela y por lo tanto no incluyen las posibles ineficiencias del sistema de riego desde la captación del agua hasta la llegada a la misma.

Si se analizan los resultados en términos de productividad del agua y teniendo en cuenta la baja diferencia en productividad encontrada entre los tratamientos, la tendencia de la misma es directamente inversa al comportamiento descrito para el consumo del agua. A mayor restricción del agua mayor productividad de la misma. Esto indica que en el balance consumo de agua/productividad los tratamientos con déficit controlado, en particular el tratamiento RR, lograron en esta zafra, una reducción considerable del consumo del agua sin afectar de la misma forma su productividad.

Cuadro 15. Efecto de los tratamientos de riego sobre el rendimiento, el consumo y la productividad del agua para la variedad El Paso 144 considerando agua de riego.

	Rendimiento (kg)	Consumo de agua* (m <sup>3</sup> /ha)	Prod. del agua (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Riego continuo</b>			
IC15	11091	11854a	0,95b
IC30	11171	11056ab	1,02b
IC45	10642	8980bc	1,18 ab
<b>Riego con déficit controlado</b>			
LV	10840	10279b	1,06b
RR	10170	7411c	1,41a
<b>Media</b>	<b>10783</b>	<b>9916</b>	<b>1,12</b>
P > F	ns	<0.01	0,015

\* Agua suministrada por riego. P: Probabilidad, CV: coeficiente de variación, ns: diferencias estadísticamente no significativas. Letras diferentes en una misma columna difieren significativamente para p<0,05.

En el cuadro 16 se presentan los resultados adicionando el aporte de las precipitaciones al consumo total de agua. El valor de precipitaciones incorporado

corresponde al registro de lluvias ocurridas desde la emergencia de cada tratamiento hasta la fecha de finalización del riego (Ver Cuadro 4)

Cuadro 16. Efecto del sistema de riego sobre el consumo y la productividad del agua, considerando el agua de lluvia. Variedad El Paso 144

	<b>Consumo de agua* (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>Productividad del agua (kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Riego continuo (en DDE)</b>		
IC15	14713	0,76
IC30	14686	0,77
IC45	12610	0,84
<b>Riego con déficit controlado</b>		
LV	13908	0,78
RR	11041	0,93
<b>Media</b>	<b>13392</b>	<b>0,82</b>
P > F		ns

\* Agua suministrada por riego más precipitaciones. P: Probabilidad, CV: coeficiente de variación, ns: diferencias estadísticamente no significativas. Letras diferentes en una misma columna difieren significativamente para p<0,05.

### CONCLUSIONES

El presente estudio al igual que el desarrollado en la zafra pasada con la variedad INIA Olimar (Cantou y Roel 2010) permite generar información respecto a la implementación del riego con déficit controlado como estrategia de manejo para racionalizar el uso del agua. Sin embargo, el objetivo de alcanzar una alta productividad del agua será de poco interés sino se lo asocia a la obtención de altos o aceptables rendimientos.

Los resultados obtenidos en este estudio a diferencia de los alcanzados en la zafra anterior indicarían la posibilidad de reducir el consumo de agua sin afectar sensiblemente el rendimiento. De todas formas es muy importante tener en consideración las excelentes condiciones climáticas durante la zafra y en particular de aquellos tratamientos de riego que tienden a retrasar la floración, alargar el ciclo y postergar la cosecha.

Los valores de productividad de agua alcanzados en este trabajo, al igual que los registrados en la zafra pasada con la variedad INIA Olimar (Cantou y Roel 2010) se encuentran dentro de los niveles más altos reportados en el ámbito internacional en sistemas arroceros. Valores típicos de productividad del agua en ensayos experimentales son de 0,2-0,4 kg/m<sup>3</sup> en el centro y norte de India, 0,3-1,1 kg/m<sup>3</sup> en Filipinas (Boumang and Tuong, 2001) y 0,82-2,32 kg/m<sup>3</sup> en Wuhan, China, donde se registran altas precipitaciones, en el orden de los 950 mm durante la zafra de arroz (Hong et al., 2000).

Es importante tener presente que la razón de mayor peso en explicar los buenos valores de productividad de agua alcanzados, en comparación con los valores internacionales, son los niveles de rendimiento obtenidos, más que debido a menores niveles de agua utilizados; lo que refuerza la idea de buscar sistemas de manejo del agua que permitan reducir el consumo sin afectar la productividad.

### AGRADECIMIENTOS

A los funcionarios de la Sección: José Correa, Matías Oxley, Irma Furtado y Adán Rodríguez.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Denaje N° 56. FAO, Roma, Italia. 322p.

Bouman, B.A.M.; Tuong, T.P. (2001) Field water management to save water and increase its productivity in irrigated rice. *Agricultural Water Management* 49(1), 11–30.

Cantou, G. y Roel, A.. 2010. Manejo del riego: productividad del Agua. Arroz, Resultados experimentales 2010-2011. INIA Treinta y Tres. Actividades de Difusión N° 611. Cap. 2. pp. 1-12.

Hong, L., Li, Y.H., Deng, L., Chen, C.D., Dawe, D., Loefer, R., Barker, R. 2000. Impact of Water-Saving Irrigation Techniques in China: Analysis of changes in water allocations and crop production in the Zhanghe Irrigation System and District, 1996-1998. In: IWMI Annual Report 1999-2000. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, pp. 27-35.

Santos, A.B., Fageria, N.K., Stone, L.F., Santos, C. 1999. Manejo de agua e de fertilizante potásico na cultura de arroz irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 34, n. 4, p. 565-573.

Stone, L.F. 2005. Eficiência do uso da água na cultura do arroz irrigado. Santo Antonio de Goias, Embrapa Arroz e Feijão. 48 p.

Tabbal, D.F.; Bhuiyan, S.I.; Sibayan, E.B. 2002. Dry-seeding technique for saving water in irrigated rice production systems. In: Direct Seeding in Asian Rice Systems: Strategic Research Issues and Opportunities. Proceedings of an International Workshop, on Direct Seeding in Asia, Bangkok, Thailand, 25–28 January 2000. IRRI, Makati City, Philippines, pp. 281–297.

**DETERMINACIÓN DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL ASOCIADOS A DISTINTOS USOS Y MANEJOS EN ARROZ QUE ORIENTEN BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS**

Proyecto Innovagro PE\_FSA\_2009\_1\_1630

**Instituciones:**

Asociación de Cultivadores de Arroz  
Gremial de Molinos Arroceros  
Facultad de Agronomía  
Facultad de Química  
Facultad de Ciencias  
Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca  
Laboratorio Tecnológico del Uruguay  
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

**Objetivo Específico** del proyecto en el que se enmarca el siguiente Trabajo: Determinar bajo condiciones controladas las curvas de disipación de los principales productos fitosanitarios empleados en la producción de arroz.

Dentro del marco del Objetivo específico se definió comenzar por: Convalidar la no presencia en grano de los fungicidas de mayor uso utilizando las dosis y momentos recomendados

**Equipo Técnico Asociado a este Objetivo:**

Carlos Batello – ACA  
Natalia Queheille –ACA  
Daniel Gonnet – GMA  
Raúl Uruga – GMA  
Susana Franchi – MGAP/DGSA  
Guillermina Cantou –INIA  
Alvaro Roel - INIA

**MATERIALES Y MÉTODOS**

Diseño: Bloques al Azar: 3 productos X 2 momentos X 3 repeticiones (n=18)

**RESULTADOS**

Cuadro 1. Fechas de aplicaciones y cosecha de grano

	10 % Floración	100 % Floración	Cosecha Grano
Kresoxim metil	31 enero	11 de febrero	30 de marzo
Triciclazol	31 enero	11 de febrero	30 de marzo
Azoxistrobin	31 enero	11 de febrero	30 de marzo

Cuadro 2. Porcentaje de Humedad y Verde a Cosecha

	% Humedad Cosecha	% Verde
Kresoxim metil	21.1	5.1
Triciclazol	20.7	5.5
Azoxistrobin	21.0	4.8
Media	20.9	5.1

**Moléculas/Productos Evaluados**

- 1) Kresoxim metil (Producto Comercial: Concerto (1l /ha) + Grun OI (500cc/ha))
- 2) Triciclazol (Producto Comercial: Bim (400 gr /ha) + Uptake (500cc/ha))
- 3) Azoxistrobin (Producto Comercial: Amistar (0.5 l /ha)+ Nimbus (500 cc/ha))
- 4)

**Momentos de Aplicación:**

- 1) Inicio de Floración (10%)
- 2) 100 % Floración

Ubicación: Unidad Experimental de Paso de la Laguna

Variedad: El Paso 144

Siembra: 8 de octubre.

Emergencia : 10 de noviembre

Para la aplicación de los productos se utilizó una aplicadora de gas carbónico con barra lateral de 5 picos planos de 2.25 m de ancho de aplicación.

Las muestras fueron cosechadas de acuerdo a los momentos señalados e inmediatamente secadas a 13%. Las mismas fueron descascaradas y puestas en heladera a 5°C. Posteriormente fueron enviadas al laboratorio de la DGSA/MGAP manteniendo las condiciones de frío para su correspondiente análisis.

Cuadro 3. Resultados de los Análisis<sup>1</sup>

Muestra	Kresoxim metil	Triciclazol	Azoxistrobin
1	N.C.	N.C.	N.C.
2	N.C.	N.C.	N.C.
3	N.C.	N.C.	N.C.
4	N.C.	N.C.	N.C.
5	N.C.	N.C.	N.C.
6	N.C.	N.C.	N.C.
7	N.C.	N.C.	N.C.
8	N.C.	N.C.	N.C.
9	N.C.	N.C.	N.C.
10	N.C.	N.C.	N.C.
11	N.C.	N.C.	N.C.
12	N.C.	N.C.	N.C.
13	N.C.	N.C.	N.C.
14	N.C.	N.C.	N.C.
15	N.C.	N.C.	N.C.
16	N.C.	N.C.	N.C.
17	N.C.	N.C.	N.C.
18	N.C.	N.C.	N.C.
L.D.	0.01 ppm	0.05 ppm	0.05 ppm

<sup>1</sup> TÉCNICA: (1) LUKE ET.AL., PESTICIDES MULTIRESIDUE METHOD FOR NON FATTY FOODS; PESTICIDE ANALYTICAL MANUAL, VOL I, SECTION 302-1. NC.: NO CONTIENE POR ENCIMA DEL LÍMITE DE DETERMINACIÓN. L.D.: Límite de determinación (Concentración mínima en la cual se puede determinar el plaguicida analizado en la muestra). ppm: partes por millón

#### CONSIDERACIONES FINALES

No se detectaron concentraciones de productos por encima de los niveles de detección en ninguna de las muestras analizadas.

Los resultados demuestran que cuando los productos son aplicados en los momentos y dosis recomendadas no generan presencia de residuos a nivel de grano.

## CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE METANO Y ÓXIDO NITROSO EN EL CULTIVO DE ARROZ

Guillermina Cantou<sup>1/</sup>, Alvaro Roel<sup>1/</sup>, Pilar Irisarri<sup>2/</sup>, Silvana Tarlera<sup>3/</sup>, Ana Fernández<sup>3/</sup>

El cultivo de arroz bajo riego es considerado una de las principales fuentes mundiales de emisión de metano (CH<sub>4</sub>) derivadas de la actividad humana y una importante fuente de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O); ambos gases contribuyentes al efecto invernadero y responsables de un 25% del aumento del calentamiento global (Jacobson, 2005; Mosier, 1998, citados por Pereyra, 2009). Los gases de efecto invernadero (GEI) tienen diferente capacidad de calentamiento, basado en su impacto radiactivo y su duración en la atmósfera y el gas de referencia tomado como unidad es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O tiene un potencial de calentamiento 25 y 298 veces mayor que el CO<sub>2</sub> respectivamente, para una escala de tiempo de 100 años (IPCC, 2007).

En Uruguay se estima que el 90% del total de CH<sub>4</sub> emitido proviene del sector agropecuario, del cual el 84% proviene de la fermentación ruminal del ganado, un 2% al manejo del estiércol y un 4% corresponde al generado por cultivos como el arroz (DINAMA, 2006).

El CH<sub>4</sub> se produce en ambientes anóxicos (carentes de oxígeno), como humedales y arrozales, por organismos metanogénicos (archaea) durante la degradación anaeróbica de la materia orgánica (Itoh et al., 2011). Su emisión es el resultado de una serie de procesos complejos, que involucra la interacción plantas-microorganismos y su liberación hacia la atmósfera está determinada por las tasas de metanogénesis y de oxidación de metano (Mishra et al., 1997). Por otro lado, la agricultura es la principal fuente de la mayoría de las emisiones de N<sub>2</sub>O. Este es producido a partir de procesos que se dan en el suelo, como producto intermedio de la nitrificación y desnitrificación microbiana (Vibol and Towprayoom, 2010).

Existe poca información nacional acerca de los niveles de emisión de GEI en el cultivo de arroz. Las primeras determinaciones fueron realizadas en el marco del Proyecto "Emisiones de metano y óxido nitroso en la rotación arroz-pastura en el este uruguayo", financiado por el Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria de INIA (FPTA N° 238, 2007-2010) y ejecutado por Facultad de Química, como una primera aproximación al impacto de algunas prácticas de manejo del cultivo (fertilización nitrogenada y coberturas invernales), sobre la emisión de estos gases en la rotación arroz-pasturas. En este trabajo se estimó una emisión total del cultivo de arroz de entre 65 y 240 kg de CH<sub>4</sub>.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> y se constató que el manejo del agua determinó, en gran medida, la dinámica de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

Por otro lado, la fertilización nitrogenada y la presencia de la cobertura invernal (raigrás) influyó positivamente en la emisión de dichos gases (Pereyra, 2009).

A nivel internacional, varios autores afirman que el manejo del agua es una de las principales actividades agrícolas que afecta directamente las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en el cultivo de arroz. Estos sugieren modificar las técnicas de gestión del agua como una opción viable para mitigar las emisiones de CH<sub>4</sub>, previniendo el desarrollo de condiciones de reducción en el cultivo. Se ha demostrado que las emisiones de CH<sub>4</sub> son mayores en cultivos con inundación continua respecto a un cultivo manejado con riego intermitente, promoviendo a este último sistema como una estrategia potencialmente eficaz para mitigar las emisiones (Sass et al., 1992; Chen et al., 1993; Cai et al., 1994 citados por Itoh et al., 2011; Yagi et al., 1996; Minamikaway Sakai, 2006; Shiratori et al., 2007, Towprayoon et al., 2005). Por el contrario, las emisiones de N<sub>2</sub>O son despreciables en cultivos de arroz bajo inundación continua (Denmead et al., 1979; Freney et al., 1981; Smith et al., 1982; Zou et al., 2005 citados por Liu et al., 2009).

La cuantificación de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O bajo condiciones estándares es fundamental a la hora de computar la Huella de Carbono (H de C) del sector arrocero. Esta consiste en calcular y adicionar las emisiones de GEI a lo largo de toda la cadena arrocera (transporte de insumos - producción de insumos - fase primaria - fase industrial-transporte a destino, etc). Estos valores son reportados generalmente en términos de CO<sub>2</sub> equivalente/kg arroz elaborado.

La bibliografía internacional indica que dentro de los componentes de mayor peso en la H de C del arroz está el CH<sub>4</sub> producido en la fase productiva (Yoshikawa 2010). Por lo tanto es muy importante poder generar datos de emisiones locales a los efectos de los cálculos de la H de C.

El arroz producido en Uruguay es mayoritariamente exportado lo que determina la necesidad de poder contar con este tipo de cálculos. Estos valores podrían comenzar a ser requisitos en los mercados extranjeros. A su vez dependiendo de los valores alcanzados, podrían ser atributos de diferenciación. En este sentido, en junio de 2010 se procedió a implementar el grupo de trabajo de la H de C Arroz en el MGAP, que tiene por objetivo generar la primer versión de la H de C del sector.

El presente experimento tiene dos objetivos principales: 1) cuantificar las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O para la variedad El Paso 144, bajo prácticas de manejo estándares para el cultivo de arroz en Uruguay y 2) evaluar la interacción entre dichas emisiones y el manejo del agua, comparando dos sistemas de riego contrastantes. Para este último, la hipótesis de trabajo es que el cultivo de arroz bajo un sistema de riego con

1/ INIA Treinta y Tres.

2/ Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de la República (UDELAR).

3/ Cátedra de Microbiología, Departamento de Biociencias, Facultad de Química, UDELAR.

déficit controlado implementado en la fase vegetativa, permitiría disminuir las emisiones de CH<sub>4</sub> aunque aumentaría las de N<sub>2</sub>O respecto a un sistema de inundación continua, por lo que sería una herramienta eficaz para mitigar las emisiones de GEI (expresada en CO<sub>2</sub> equivalente).

sobre un Brunosol Subéutrico Lúvico, con las siguientes características: pH (H<sub>2</sub>O) = 6, MO = 2.2 %, P Bray I = 5 ppm, P Ac. Cítrico = 4 ppm, K int. = 0,12 meq/100g, N = 0.11%, PMN = 78 mg/kg N-NH<sub>4</sub>, Textura = franca (25% arena, 48% limo y 27% arcilla).

**MATERIALES Y MÉTODOS**

En la zafra agrícola 2010/2011, se instaló un ensayo en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL/INIA),

Se evaluaron dos sistemas de riego: inundación continua (IC<sub>30</sub>) vs. riego con déficit controlado (RR). Se utilizaron parcelas de 66 m<sup>2</sup>. El manejo del cultivo se detalla en el cuadro 1.

Cuadro 1. Manejo del cultivo.

Actividad	Fecha	Detalle
Siembra y fertilización basal	08/10/10	Variedad El Paso 144 - 154 kg/ha de semilla. Fertilización: 182 kg/ha de 9-36-10 (N <sub>16</sub> P <sub>66</sub> K <sub>18</sub> )
Emergencia	10/11/10	
Aplicación de herbicida	19/11/10	Facet 1.5 l/ha + Propanil 3 l/ha + Command 0.85 l/ha + Cypex 200 g/ha
Fertilización	13/12/10	Macollaje: 60 kg/ha de urea*
	Variable según tratamiento	Primordio: 50 kg/ha de urea** : 03/01/11 para IC <sub>30</sub> y 13/01/11 para RR
Inundación permanente	13/12/10	Tratamiento IC <sub>30</sub>
	13/01/11	Tratamiento RR

IC<sub>30</sub>: tratamiento de inundación continua; RR: riego con déficit controlado.  
\*previo a la inundación de IC<sub>30</sub> y previo al primer riego de RR (en seco).  
\*\*previo a la inundación (en seco) para el tratamiento de riego con déficit controlado.

Para el tratamiento IC<sub>30</sub>, la inundación permanente se estableció a los 33 días después de la emergencia (DDE). En el caso de RR, el tratamiento se inició en ese mismo momento y se llevó a cabo hasta el inicio de la fase reproductiva (diferenciación del primordio floral), momento a partir del cual se estableció la inundación continua (Figura 1). El criterio de suministro de agua durante la fase vegetativa para este último tratamiento

fue el siguiente: se inicia en condiciones de suelo saturado y cuando se consume (evapotranspira) el 50% del agua disponible en el suelo (25 mm para un perfil de 30 cm de este suelo), se suministra agua de manera que este quede nuevamente saturado. Por lo tanto, durante este período (33 a 63 DDE) se alternan períodos de suelo húmedo y seco.

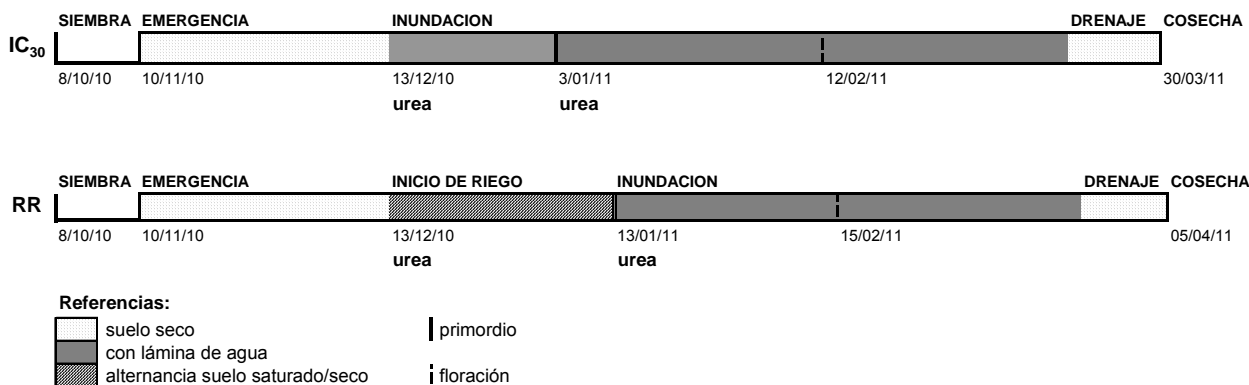


Figura 1. Representación del ciclo del cultivo para los tratamientos de inundación continua (IC<sub>30</sub>) y riego con déficit controlado (RR).

Una vez establecida la inundación permanente, el criterio de riego utilizado fue el mismo para ambos tratamientos y consistió en mantener una lámina de agua continua de 10 cm de profundidad. Se dejó de suministrar agua a los 15 días después del haber alcanzado el 50% de floración.

de acrílico transparentes (de 60 cm de altura), diseñados en el marco del FPTA N° 238, que permiten incluir la planta de arroz hasta su máximo desarrollo, considerando que el transporte de CH<sub>4</sub> hacia la atmósfera se da mayoritariamente a través de la planta, a pesar de producirse en el suelo (Nouchi y col., 1990; Irisarri et al., 2010). Al momento de tomar las muestras de aire, dichas cámaras eran colocadas sobre una base de acero inoxidable de 20 cm de alto, la cual permaneció enterrada en el suelo durante todo el



transcurso del experimento. La unión de ambas partes se aseguró mediante un cierre de agua para evitar el escape de los gases. Las cámaras contaron además con un ventilador a batería para asegurar la homogeneidad de la atmósfera interior y un "tubo de ventilación" que atraviesa su sección superior, sumergido en su extremo externo en un vial con agua, con el fin de mantener el equilibrio entre las presiones

externa e interna de la cámara. Algunas cámaras contaban también con un termómetro interno para la detección y el seguimiento de la temperatura dentro de la misma.

Para las mediciones se tomaron los siguientes criterios (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Criterios para la toma de muestras de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.**

	<b>Momento de muestreo</b>	<b>Intervalos de medición por muestreo*</b>
N <sub>2</sub> O	- Desde siembra hasta una semana después de establecida la inundación permanente (una vez por semana y/o luego de un evento de lluvia). - 15 días posteriores al drenaje de la parcela.	3 medidas a intervalos de 15 minutos (tiempos 0-15'-30').
CH <sub>4</sub>	A partir de la inundación hasta una semana después de realizado el drenaje de la parcela (una vez por semana).	3 medidas a intervalos de 30 minutos (tiempos 0-30'-60').

\*En el momento del muestreo se tomaron 3 muestras de aire en tubos al vacío en dichos intervalos. A su vez, cada muestra contaba con su duplicado, el cual se utilizaba como control de calidad.

Los flujos de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en los arrozales presentan patrones diurnos distintivos: las tasas de emisión suelen aumentar rápidamente después del amanecer, se da un pico de emisión temprano en la tarde y luego cae rápidamente, estabilizándose por la noche (Schutz et al., 1989; Yagi y Minami, 1993, citados por Neue, 1997). En este experimento todos los muestreos se iniciaron aproximadamente a las 12 pm, por lo que, considerando que la temperatura máxima diaria de la atmósfera ocurre luego del mediodía y teniendo en cuenta la correlación positiva entre la temperatura atmosférica y las emisiones de GEI (Yamane y Sato, 1967; Yang y Chang, 1998; Devezre y Horwath, 2000, citados por Minamikawa et al., 2006), resulta importante aclarar que los valores determinados en dichos muestreos para ambos gases corresponderían a las emisiones máximas diarias.

Los cromatogramas de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> obtenidos fueron analizados mediante el Software GC Solution y el Software PeakSimple, respectivamente. La tasa de emisión de ambos gases se calculó según Watanabe et al. (2000):

$$F = \rho \cdot h \cdot (dC/dt)$$

donde *F* corresponde a la tasa de emisión de N-N<sub>2</sub>O o C-CH<sub>4</sub> en g.ha<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>;  $\rho$  es la densidad de N-N<sub>2</sub>O o C-CH<sub>4</sub> corregida por la temperatura existente en el interior de la cámara de muestreo; *h* es la altura de la cámara desde el suelo o el nivel de agua y *dC/dt* es el incremento de la concentración de N<sub>2</sub>O o CH<sub>4</sub> dentro de la campana con el tiempo. La tasa de emisión obtenida para las réplicas de cada tratamiento fue promediada para determinar el valor final de emisión por tratamiento.

El análisis de las concentraciones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en las muestras de aire se realizó mediante cromatografía gaseosa en los Laboratorios de Microbiología de las Facultades de Química y Agronomía. Para la determinación de la concentración de N<sub>2</sub>O se utilizó un cromatógrafo de gases Shimadzu ECD-2014 (temperaturas de columna, inyector y detector: 40°C, 90°C y 250°C respectivamente, volumen de inyección: 2 ml, gas carrier: N<sub>2</sub>), equipado con un lector de captura electrónica <sup>63</sup>Ni. El análisis de la concentración de CH<sub>4</sub> se realizó mediante un cromatógrafo de gases Chrompack CP-9001 2014 (temperaturas de columna, inyector y detector: 55°C, 105°C y 140°C respectivamente, volumen de inyección: 0.5 ml, gas carrier: N<sub>2</sub>), equipado con un detector de ionización de llama. Sólo una de las muestras duplicadas de CH<sub>4</sub> fue analizada y su duplicado se utilizó ocasionalmente como control de calidad, en cambio para el N<sub>2</sub>O, se analizaron ambos duplicados.

El diseño experimental utilizado fue el de parcelas divididas en bloques al azar, con seis repeticiones (tres bloques y dos campanas por parcela).

## RESULTADOS

En ambos manejos del agua se observó que la tasa de emisión de CH<sub>4</sub> tuvo un incremento progresivo a partir del día en que se inundó el cultivo hasta llegar a un valor máximo y luego descendió con el tiempo (Figura 2), aunque en el tratamiento IC<sub>30</sub> posteriormente a ese máximo se registró un segundo pico de emisión. El nivel máximo alcanzado en IC<sub>30</sub> fue 44% mayor al detectado en el tratamiento RR (9,5 vs. 6,6 kg CH<sub>4</sub>.ha<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>, respectivamente), valores que fueron registrados a los 43 días luego de haberse establecido la inundación (DDI) para ambos tratamientos. Cabe resaltar que en ambos se detectaron emisiones de CH<sub>4</sub> desde las primeras muestras de aire recolectadas (3 y 14 DDI para IC<sub>30</sub> y RR, respectivamente).



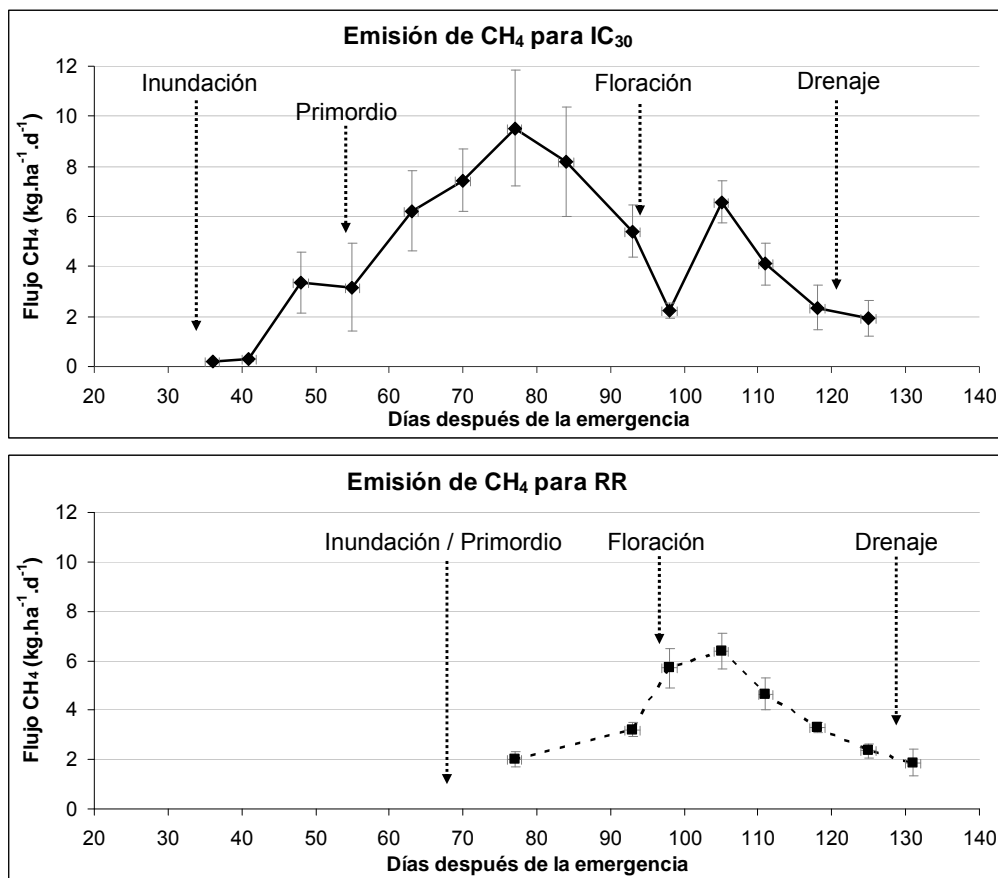


Figura 2. Emisiones de metano por tratamiento de riego (kg.ha<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>), desde la inundación hasta el drenaje del cultivo.

La baja tasa de emisión de CH<sub>4</sub> observada durante la etapa vegetativa en el tratamiento IC<sub>30</sub> puede ser resultado de la baja capacidad de transporte (desde el suelo a la atmósfera) que posee la planta debido al poco desarrollo que presentan las raíces y los macollos en dicho momento. Existe una alta correlación entre la biomasa de la planta (tanto de la parte aérea como de la subterránea), con el flujo de emisión del CH<sub>4</sub>. Una mayor biomasa radical proporcionaría una mayor superficie para la difusión del CH<sub>4</sub> desde el suelo reducido a las raíces, mientras que una mayor biomasa aérea facilitaría el transporte del gas a través de la planta (Baruah et al., 2010).

Algunos estudios reportan que la población y la estructura de la comunidad metanogénica se mantiene constante en los diferentes períodos de crecimiento del cultivo de arroz, aún en condiciones de drenaje (Asakawa and Hayano, 1995; Watanabe et al., 2004, 2006, citados por Li et al., 2011), aunque su actividad comienza a aumentar poco después de la inundación y la magnitud con la que lo hace (la presencia de un pico de emisión temprano en la etapa vegetativa) dependería de la fermentación de la materia orgánica fácilmente degradable y de las condiciones de reducción del suelo por inundación (Li et al., 2011).

En el tratamiento IC<sub>30</sub>, el primer pico se generó en la etapa reproductiva del arroz (17 días antes de que el cultivo alcance el 50% de floración) y el segundo a

inicios de la etapa de llenado de granos (11 días después del 50% de floración). En RR, el pico se manifestó iniciando la etapa de llenado de granos (8 días después de alcanzado el 50% de floración) y ocurrió en la misma fecha (23 de febrero de 2011) y con un valor similar al obtenido por el segundo pico de IC<sub>30</sub> (6,6 vs 6,4 kg CH<sub>4</sub>.ha<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>, respectivamente). Estas altas emisiones generadas en dichas etapas fueron producto de las condiciones favorables para la actividad metanogénica, como las fuertes condiciones de anaerobiosis en suelos inundados y la presencia de abundantes nutrientes para la actividad metanogénica resultantes de la descomposición de residuos del cultivo (ej. hojas muertas) y de la secreción de exudados desde las raíces de las plantas hacia la rizósfera que actúan como una importante fuente de carbono, suministrando energía para la actividad microbiana (Aulakh et al., 2001, citado por Baruah et al., 2010).

En RR, la aplicación de riegos intermitentes durante el período vegetativo (desde 33 a 63 DDE) afectó el patrón de emisión de CH<sub>4</sub>, así como los valores diarios obtenidos luego de establecida la inundación. Si bien no se hicieron muestreos, se esperaba que durante dicho período (33 a 63 DDE) no haya emisiones de CH<sub>4</sub> dado que la humedad del suelo (el potencial redox del mismo) no es lo suficientemente apropiada para la producción de este gas. A partir de 105 DDE (23 de febrero), el patrón de emisión fue similar en ambos tratamientos.

Cuando el cultivo de arroz se drena para la cosecha, las emisiones de CH<sub>4</sub> aumentan durante la fase inicial de secado. A medida que los macroporos se van aireando, se va liberando la mayor parte del CH<sub>4</sub> que estaba "atrapado" por el suelo. Este proceso culmina una vez que el suelo se airea totalmente (Neue et al., 1994, citado por Neue, 1997) y las emisiones de CH<sub>4</sub> disminuyen a valores de cero (Peng et al., 2011). Las condiciones de aerobiosis que se dan luego del drenaje también promueven la oxidación del CH<sub>4</sub> producido durante la inundación. En el presente experimento se detectaron flujos de CH<sub>4</sub> siete días después de efectuar el retiro de agua de las parcelas de arroz, registrando 1,9 kg CH<sub>4</sub>.ha<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup> en ambos tratamientos.

En la figura 3 se presenta la temperatura media atmosférica y las precipitaciones ocurridas en el período en que se realizaron los muestreos. La temperatura tiene efectos sobre la emisión de GEI, no solo porque afecta a los microorganismos responsables de llevar a cabo los procesos de producción y consumo de CH<sub>4</sub> presentes en el suelo (35 a 40°C es la temperatura óptima para la producción de CH<sub>4</sub> por metanogénesis),

sino que también afecta la conductancia a través de la planta de arroz para el transporte del CH<sub>4</sub> producido en el suelo y el sustrato suministrado por los tejidos de la planta (Nouchi et al., 1994; Minoda y Kimura, 1994; Yang y Chang, 1998 citados por Minamikawa et al., 2006). Por lo tanto, las variaciones mensuales de temperatura favorecerían a una mayor emisión de este gas en el mes de enero y parte de febrero, particularmente en esta zafra, donde se observa una tendencia a que las temperaturas medias estén por encima de la serie histórica desde el 11 de diciembre al 5 de marzo de 2011.

En el presente trabajo se determinó una emisión total de CH<sub>4</sub> de 215 y 102 kg.ha<sup>-1</sup>, para IC<sub>30</sub> y RR, respectivamente. Es importante resaltar, que para dicho cálculo se corrigieron los valores de emisiones considerando las temperaturas medias del día para tener el dato de emisión media diaria de los gases (como ya se mencionó anteriormente, los muestreos se realizaron en horas donde se dan las temperaturas máximas diarias de la atmósfera).

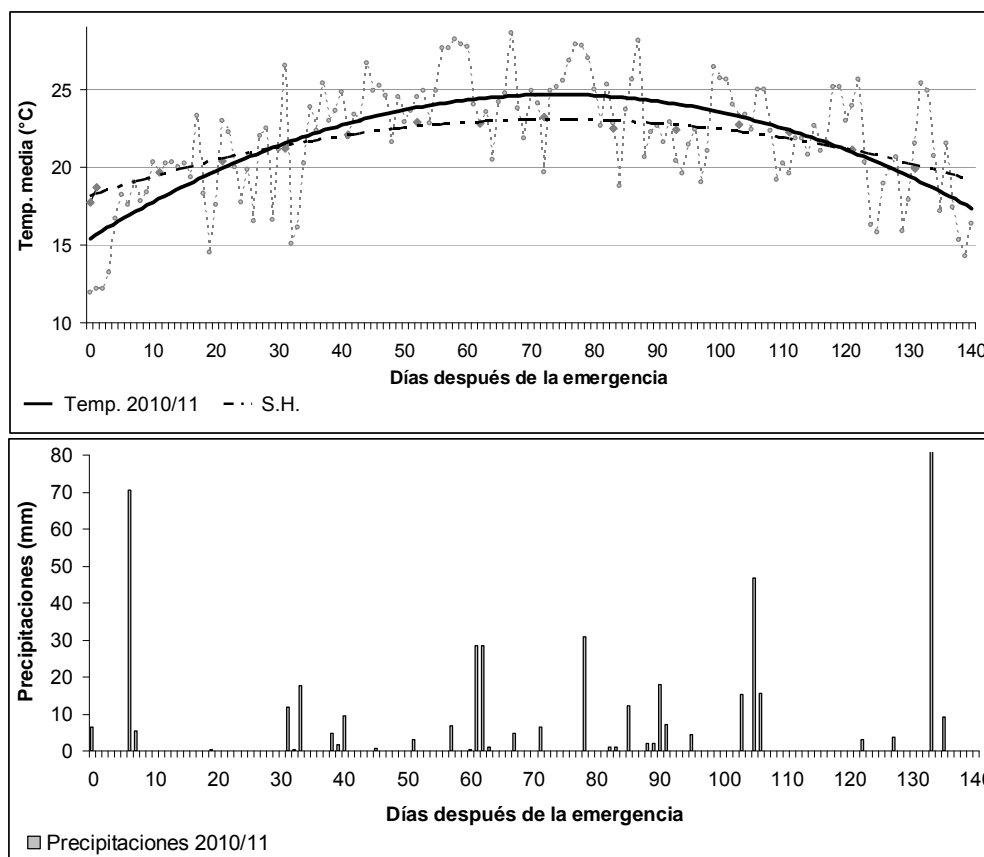


Figura 3. Temperatura media (°C) y precipitaciones para zafra 2010/2011 desde el 10 de noviembre 2010 al 30 de marzo 2011. Datos de la Estación Meteorológica de la UEPL/INIA, Treinta y Tres, Uruguay. S.H: Serie Histórica (1973-2011).

Los patrones de emisión de N<sub>2</sub>O fueron parecidos entre los tratamientos (Figura 4). La fertilización con urea no indujo a grandes picos de emisión de este gas sino que dichas emisiones estuvieron más asociadas al régimen de agua (a la alternancia de episodios de anaerobiosis/aerobiosis generados por riegos o lluvias).

La emisión de N<sub>2</sub>O en el cultivo de arroz es causada por nitrificación en suelos oxidados y desnitrificación en suelos semi-reducidos, por lo que luego de una lluvia o de un riego es esperable que los flujos de este gas se incrementen.

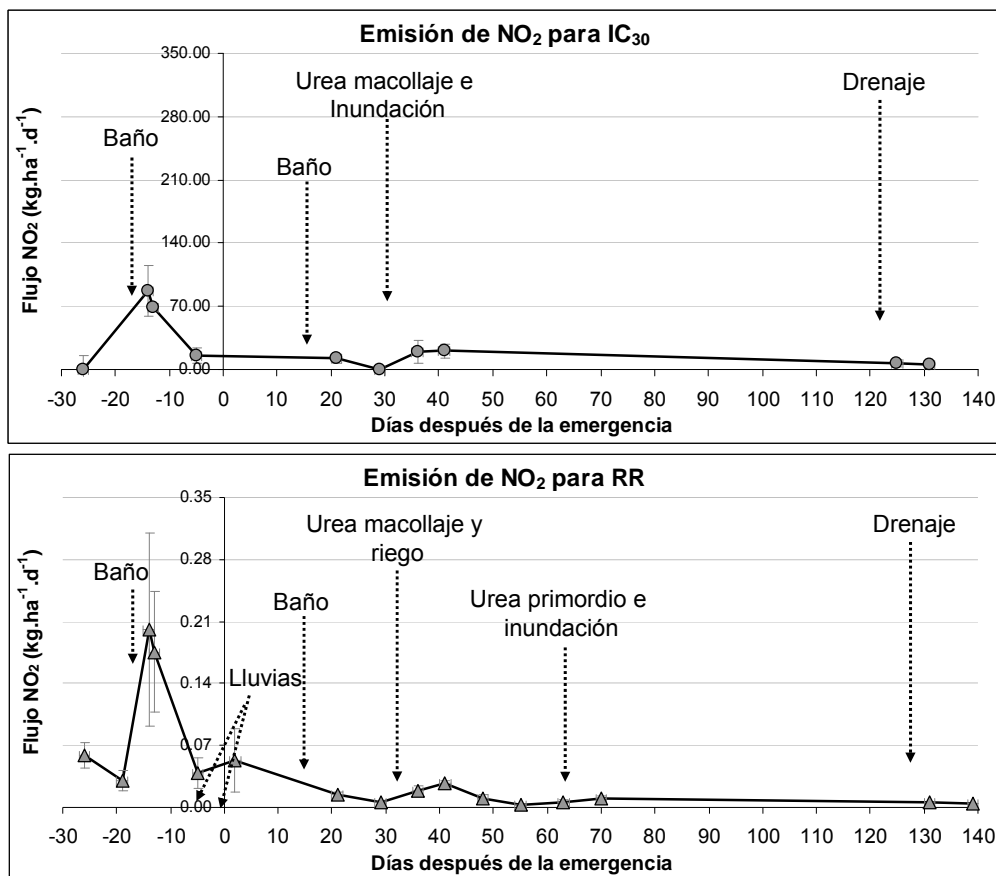


Figura 4. Emisiones de óxido nítrico por tratamiento de riego ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ), desde la siembra del cultivo hasta 15 días después del drenaje del mismo.

En ambos sistemas de riego, los máximos de emisión detectados ocurrieron luego del primer baño (posteriormente a la fertilización basal), el cual fue efectuado con el objetivo de favorecer la emergencia del cultivo. Este fue realizado 17 días luego de la siembra (16 días antes de la emergencia). Los máximos alcanzaron valores de 201 y  $87 \text{ g N}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$  para IC<sub>30</sub> y RR, respectivamente. En RR, siempre se detectaron

valores de emisión de  $\text{N}_2\text{O}$  durante el período de muestreo de 33 a 63 DDE, debido a que en este se aplicaron riegos intermitentes (6 en total), que determinaron una alternancia de períodos de suelo húmedo y seco y generaron una adecuada disponibilidad de  $\text{O}_2$  en el suelo para la producción de  $\text{N}_2\text{O}$  como producto intermedio ya sea de la nitrificación como de la desnitrificación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Fechas de riego y volumen aplicado a los tratamientos.

Trat.	Baños		Riegos intermitentes	
	Fecha	Volumen (mm)	Fecha	Volumen (mm)
IC <sub>30</sub>	25 Oct (-16 DDE)	54	---	---
	8 Nov (-2 DDE)	65		
	26 Nov (16 DDE)	68		
RR	25 Oct (-16 DDE)	69	13 Dic (33 DDE)	29
	8 Nov (-2 DDE)	72	21 Dic (41 DDE)	44
	26 Nov (16 DDE)	68	27 Dic (47 DDE)	32
			3 Ener (54 DDE)	39
			7 Ener (58 DDE)	36
			10 Ener (61 DDE)	79

IC<sub>30</sub>: tratamiento de inundación continua; RR: riego con déficit controlado.  
Baños efectuados previo al establecimiento de la inundación permanente.

Si bien no se continuaron los muestreos de  $\text{N}_2\text{O}$  posteriormente al establecimiento de la inundación permanente, en base a información bibliográfica se asume que no habría emisiones ya que ante

condiciones anaeróbicas estrictas, se restringe la formación de este gas y su emisión (Towprayoon et al., 2005). Una vez inundado el cultivo y en condiciones

favorables para la desnitrificación, posiblemente esta continúe hasta la formación de  $N_2$ .

Luego del retiro de agua (previo a la cosecha), se detectaron valores bajos de  $N_2O$  en ambos tratamientos.

En el presente trabajo se determinó una emisión total de  $N_2O$  de 800 y 1800  $g \cdot ha^{-1}$ , para  $IC_{30}$  y RR, respectivamente (para estos cálculos se hizo la misma asunción que la descripta para  $CH_4$ ).

Para el cálculo de las emisiones de GEI, es necesario que todos los gases se conviertan en una métrica común, la cual suele expresarse en términos de equivalente de carbono o  $CO_2$  equivalente.

El Potencial de Calentamiento Global (GWP - *Global Warming Potential*) se utiliza para comparar las capacidades de diferentes GEI en atrapar el calor en la atmósfera. El GWP es la relación entre el calentamiento global (o forzamiento radiativo) de 1 kg de GEI con 1 kg de  $CO_2$ , en un período de tiempo determinado (el IPCC proporciona valores de GWP a 20, 100 y 500 años para cada uno de los principales GEI). Por lo tanto, el GWP es una métrica estándar para la conversión de las emisiones de varios gases en una medida común (IPCC, 2007). En la figura 5 se presentan los resultados obtenidos para ambos tratamientos en términos de GWP (GWP = emisiones  $CH_4 \times 25$  + emisiones de  $N_2O \times 298$ ).

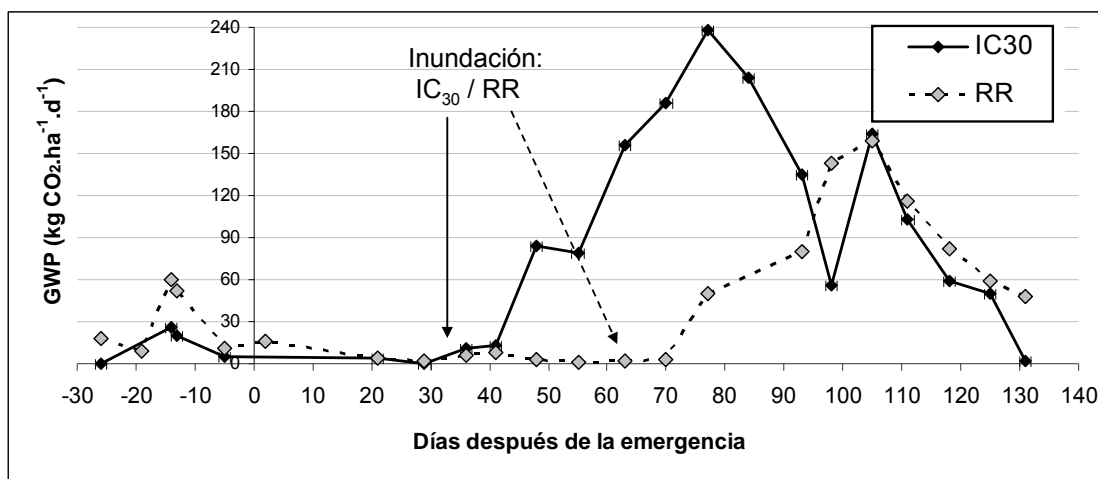


Figura 5. Potencial de Calentamiento Global (GWP) por tratamiento de riego ( $kg \ CO_2 \cdot ha^{-1} \cdot d^{-1}$ ), desde la siembra del cultivo hasta 15 días después del drenaje del mismo.

Para la presente zafra,  $IC_{30}$  registró durante todo el ciclo del cultivo de arroz un GWP 76 % mayor al cuantificado por RR (5636 vs 3207  $kg \ CO_2 \cdot ha^{-1}$ , respectivamente). Estos valores coinciden con los encontrados por Towprayoon et al. (2005), quienes mencionan valores de 5231 y 3412  $kg \ CO_2$  equivalente para un cultivo con inundación continua y otro con drenajes múltiples (dos períodos de drenajes intermitentes de tres días de duración realizados a los 30 y 73 días después del transplante), respectivamente. Es importante resaltar, que dichos datos de emisiones totales se calcularon considerando las emisiones medias diarias de los gases, a diferencia de lo presentado en la figura 5, donde se graficaron los valores de GWP según las emisiones máximas diarias obtenidas (debido a que, como ya se mencionó anteriormente, los muestreos se realizaron en las horas donde se dan las temperaturas máximas diarias de la atmósfera).

A partir de los resultados obtenidos en este año de evaluación se puede afirmar que la aplicación de un sistema de riego con déficit controlado (RR) permitiría reducir el potencial de calentamiento global en aproximadamente un 43% respecto a un sistema de inundación continua ( $IC_{30}$ ), por lo que sería una buena opción para mitigar las emisiones de GEI.

Como se puede observar en el cuadro 4, el GWP de las emisiones de  $N_2O$  es considerablemente pequeño respecto de las de  $CH_4$  en ambos manejos del agua. La bibliografía internacional también reporta bajas contribuciones del gas  $N_2O$  al GWP, por ejemplo, Itoh et al. (2011) determinaron que las emisiones de  $N_2O$  contribuyen en un 3,6% y 1,5% al GWP para distintas estrategias de manejo del agua.

Cuadro 4. Contribución por gas al GWP de la zafra (kg CO<sub>2</sub> equivalente.ha<sup>-1</sup>).

Gas	IC <sub>30</sub>		RR	
	Kg CO <sub>2</sub> .ha <sup>-1</sup>	%	Kg CO <sub>2</sub> .ha <sup>-1</sup>	%
CH <sub>4</sub>	5354	95	2630	82
N <sub>2</sub> O	282	5	577	18
<b>Total</b>	<b>5636</b>		<b>3207</b>	

 IC<sub>30</sub>: tratamiento de inundación continua; RR: riego con déficit controlado.

El rendimiento de grano del ensayo no fue afectado por el manejo del riego (Capítulo 2, Manejo del riego: productividad del agua). Si analizamos los resultados en términos de emisión de los gases por kg de arroz producido (expresado en CO<sub>2</sub> equivalente), vemos que el tratamiento RR emite 36% menos de CH<sub>4</sub> + N<sub>2</sub>O por unidad de producto respecto al IC<sub>30</sub> (Cuadro 5). Se resalta el hecho de que ambos tratamientos obtienen una muy buena eficiencia, si los comparamos con los que aparecen en la bibliografía: 1,42 kg CO<sub>2</sub> eq/kg de arroz cáscara en China.

El promedio de emisión de CH<sub>4</sub> por kg de arroz cáscara para el cultivo de arroz en USA y Tailandia (países que presentan una gran variabilidad en cuanto a fuentes de agua, sistemas de riego, rendimiento final, etc., y que por lo tanto son representativos de diversas condiciones) es de 0,50 y 0,55 kg CO<sub>2</sub> eq/kg respectivamente (Carlsson-Kanyama, 2007); 0,64 kg CO<sub>2</sub> eq/kg en India (Garg et al., 2006 citado por Carlsson-Kanyama, 2007); 0,59 Kg CO<sub>2</sub> eq/Kg en Japón (Breiling et al., 2005, citado por Carlsson-Kanyama, 2007), datos que posicionan bien al cultivo de arroz en Uruguay en el ámbito internacional (0,48 kg CO<sub>2</sub> eq/kg para un cultivo bajo prácticas de manejo estándares).

Cuadro 5. Rendimiento y emisión de GEI por unidad de producto.

Trat.	Rendimiento (kg/ha)	Emisión CH <sub>4</sub> + N <sub>2</sub> O (kg C <sub>2</sub> O eq/kg arroz)	Emisión CH <sub>4</sub> (kg C <sub>2</sub> O eq/kg arroz)
IC <sub>30</sub>	11171	0.50	0.48
RR	10170	0.32	0.26
Media	10671	0.41	0.37

 IC<sub>30</sub>: tratamiento de inundación continua; RR: riego con déficit controlado.

## CONCLUSIONES

- El presente experimento permitió aumentar el conocimiento y contar con las primeras estimaciones relativas a las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O para el cultivo de arroz. Para la variedad El Paso 144 -bajo prácticas de manejo estándares para el cultivo en Uruguay- las emisiones fueron de 215 kg CH<sub>4</sub>.ha<sup>-1</sup> y 800 g N<sub>2</sub>O.ha<sup>-1</sup> (cuantificado desde la siembra hasta 15 días después de efectuado el drenaje). Cabe resaltar que el factor de emisión de CH<sub>4</sub> determinado es similar al reportado por otros países y superior al tomado como referencia por el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (190 kg CH<sub>4</sub>.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, MVOTMA, 2004). Por lo tanto, resulta importante continuar evaluando los procesos que controlan los flujos de emisión en los campos arroceros, aplicando tecnologías que mantengan la productividad del arroz, en pos del desarrollo sustentable, para identificar las prácticas de manejo más adecuadas para reducir dichas emisiones.

- Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O mostraron un comportamiento opuesto durante el transcurso del ciclo de cultivo: la emisión de N<sub>2</sub>O fue máxima previo a la emergencia del cultivo, mientras que la mayor concentración de CH<sub>4</sub> se alcanzó en la etapa reproductiva.

- La emisión de N<sub>2</sub>O durante el ciclo del cultivo fue baja y por lo tanto el principal GEI emitido por el arroz fue el CH<sub>4</sub>. Su contribución al GWP fue de tan solo 5% en el cultivo manejado bajo condiciones estándares (IC<sub>30</sub>).

- Si bien son datos preliminares (un año de evaluación), el presente estudio permite ir generando información acerca de cómo las prácticas de manejo del agua interaccionan con los niveles de emisión de los GEI y constituye el pilar inicial para delinear buenas prácticas de manejo que permitan alcanzar buenos niveles productivos, preservando a su vez el medio ambiente.

- El manejo del agua afectó las tasas de emisiones de los gases evaluados. La aplicación del sistema de riego con déficit controlado implementado en la fase vegetativa (tratamiento RR), introdujo fluctuaciones en la humedad del suelo (alternancia de periodos de suelo húmedo-seco / anaerobiosis-aerobiosis) que influyó en las emisiones de ambos gases aunque no afectó el rendimiento en grano.

- Bajo las condiciones en las cuales se realizó el estudio, el tratamiento RR disminuyó a la mitad las emisiones de CH<sub>4</sub> producidas durante el ciclo del cultivo de arroz respecto a IC<sub>30</sub>, mientras que aumentó en 2,3 veces las emisiones de N<sub>2</sub>O. El GWP (CH<sub>4</sub> + N<sub>2</sub>O) fue reducido en un 43% en RR respecto a IC<sub>30</sub>.

## AGRADECIMIENTOS

A los funcionarios de la Sección: Matías Oxley, Adán Rodríguez, José Correa e Irma Furtado. A Sabrina La Torre y Adalgisa Martínez, por analizar las concentraciones de los gases mediante cromatografía gaseosa en los Laboratorios de Microbiología de las Facultades de Agronomía y Química, respectivamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baruah, K.K., Gogoi, B., Gogoi, P. 2010. Plant physiological and soil characteristics associated with methane and nitrous oxide emission from rice paddy. [Physiology and Molecular Biology of Plants](#), v. 16, N° 1, p. 79-91.

Carlsson-Kanyama, A., González, A.D. 2007. Non-CO2 greenhouse gas emissions associated with food production: methane (CH4) and nitrous oxide (N2O). Disponible en: [http://www.ima.kth.se/eng/respublic/emissions\\_report\\_17\\_set\\_ACK.pdf](http://www.ima.kth.se/eng/respublic/emissions_report_17_set_ACK.pdf)> Acceso en: 17 de agosto, 2011

IAEA (International Atomic Energy Agency). 1992. Methane and nitrous oxide flux measurements from soil and plant systems. In Manual of measurement of methane and nitrous oxide emissions from agriculture. IAEA-TECDOC-674. Internacional Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. Vienna, Austria, p. 45-89.

Irisarri, P.; Tarlera, S.; Fernández, A.; Pereira, V.; Urraburu, M.; Terra, J. 2010. Arroz y gases de efecto invernadero. Revista Arroz N° 62. Disponible en: <http://www.aca.com.uy/oldsite/revista/>> Acceso en: 27 de julio, 2011.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.

Itoh, M; Sudo, S.; Mori, S.; Saito, H.; Yoshida, T; Shiratori, Y.; Suga, S.; Yoshikawa, N.; Suzue, Y.; Mizukami, H.; Mochida, T.; Yagi, K. 2011. Mitigation of methane emissions from paddy fields by prolonging midseason drainage. [Agriculture, Ecosystems and Environment](#), v. 141, p. 359-372.

Li, D., Liu, M., Cheng, Y., Wang, D., Qin, J., Jiao, J., Li, H., Hua, F. 2011. Methane emissions from double-rice cropping system under conventional and no tillage in southeast China. *Soil & Tillage Research*, v. 113, p. 77-81.

Minamikawa, K., Sakai, N., 2006. The practical use of water management based on soil redox potential for decreasing methane emissions from a paddy field in Japan. In [Agriculture, Ecosystems & Environment](#), v. 116, p. 181-188.

Mishra, S; Rath, A.K.; Adhya, T.K.; Rao, V.R.; Sethunathan, N. 1997. Effect of continuous and alternate water regimes on methane efflux from rice under greenhouse conditions. *Biology and Fertility of Soils*, v. 24, N° 4, p. 399-405.

Neue, H.U. 1997. Fluxes of methane from rice fields and potential for mitigation. *Soil Use and Management*, v. 13, p. 258-267.

Nouchi, I.; Mariko, S.; Auki, K. 1990. Mechanism of methane transport from the rhizosphere to atmosphere through rice plants. In *Plant Physiology*, v. 94 (1), p. 59-66.

Peng, S.Z., Yang, S.H., Xu, J.Z., Gao, H.Z. 2011. Field experiments on greenhouse gas emissions and nitrogen and phosphorus losses from rice paddy with efficient irrigation and drainage management. [Science China Technological Sciences](#), v. 54, N°6, p. 1581-1587.

Pereyra; V. 2009. Emisiones de metano y óxido nítrico en arrozales de la zona este del Uruguay: el manejo de cultivo como factor determinante. Pasantía de grado de la Licenciatura en Ciencias Biológicas. Profundización en Biotecnología. Facultad de Química-Facultad de Ciencias. UDELAR. 40 p.

Liu, S., Qin, Y., Zou J, Liu Q. 2009. Effects of water regime during rice-growing season on annual direct N(2)O emission in a paddy rice-winter wheat rotation system in southeast China. In *Science of the Total Environment*, v. 408 (4), p. 906-913.

Shiratori, Y., Watanabe, H., Furukawa, Y., Tsuruta, H., Inubushi, K. 2007. Effectiveness of a subsurface drainage system in poorly drained paddy fields on reduction of methane emissions. In *Soil Science and Plant Nutrition*, v. 53, N° 4, p. 387-400.

Towprayoon, S., Smakgahn, K., Poonkaew, S. 2005. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from drained irrigated rice fields. In *Chemosphere*, v. 59, p. 1547-1556.

Vibol, S. and Towprayoom, S. 2010. Estimation of methane and nitrous oxide emissions from rice field with rice straw management in Cambodia. In *Environmental monitoring and assessment*, v. 161, p. 301-313.

Yagi, K., Tsuruta, H., Kanda, K., Minami, K., 1996. Effect of water management on methane emission from a Japanese paddy field: automated methane monitoring. In *Global Biogeochemical Cycles*, v. 10, N° 2, p. 255-267.



## MANEJO DE SUELOS Y NUTRICIÓN VEGETAL

### CONTRIBUCIÓN A LA TOMA DE DECISIONES EN APLICACIONES DE FÓSFORO PARA EL CULTIVO DE ARROZ

Enrique Deambrosi<sup>1/</sup>, Ramón Méndez<sup>1/</sup>, Jesús Castillo<sup>1/</sup>

#### INTRODUCCIÓN

En la producción de arroz en nuestro país se pueden distinguir 2 períodos claramente diferentes respecto a la presencia del agua: desde la siembra hasta la inundación del cultivo, y luego de ella. Si bien se dispone de la posibilidad de realizar baños o riegos rápidos con retiro del agua en la primera etapa, los procesos y relaciones entre suelos y plantas pueden considerarse semejantes a los que ocurren en otros cultivos de secano. Por el contrario, son muy diferentes en la segunda etapa, porque la inundación tiene un marcado efecto en el comportamiento de varios nutrientes importantes, y como consecuencia en el crecimiento y rendimiento del cultivo de arroz sembrado en él (Sturgis, 1935; Chang, 1971; Ponnampertuma, 1981, 1985; Patrick, 1981, Patrick et al., 1985).

Según Ponnampertuma (1985) fertilidad del suelo es la habilidad del mismo para entregar nutrientes a las raíces para el óptimo crecimiento de un cultivo específico. Dicha habilidad depende de la presencia en el suelo de un adecuado suministro de nutrientes en formas que las plantas pueden absorber, de la capacidad del suelo para mantener el suministro y la entrega de los mismos por flujo de masa y difusión a las superficies de las raíces de acuerdo a las necesidades de las plantas, de la presencia de una composición favorable de iones, y de la ausencia de sustancias que puedan perjudicar o interferir con la absorción de nutrientes.

El incremento en la disponibilidad de fósforo como consecuencia de la inundación, ha sido comprobado en varias oportunidades (Patrick y Mahapatra, 1968; Ponnampertuma, 1972, 1985) y es por ello que muchas veces el arroz sembrado en esas condiciones no responde a la aplicación de P, mientras que sí lo hacen otros cultivos de secano (Deambrosi y Méndez, 1996).

De acuerdo a una revisión sobre métodos de análisis de P en los suelos y sus correlaciones con la respuesta del arroz a la aplicación, Chang (1978) concluyó que en general Olsen y Bray 1 son los más ampliamente aplicables, especialmente el primero de ellos. El Programa Nacional de Investigación en Arroz ha trabajado muchos años en el tema (desde su etapa dependiente del CIAAB-MGAP y posteriormente de INIA), contrastando los resultados obtenidos en la comparación de métodos de análisis de fósforo. De acuerdo a los mismos, se ha comprobado la conveniencia de utilizar el método del Ácido cítrico en vez de Bray 1 (comúnmente utilizado en el país), en caso de existir antecedentes de aplicaciones de fósforo

al suelo ya sea en la producción de arroz o de pasturas, por ser más sensible a la detección de su residualidad (Chebataroff y Deambrosi, 1980, 1982, 1983, 1984, 1985; Deambrosi y Bonilla, 2002, 2004, 2005, 2006, 2007; Deambrosi, 2009 a, Deambrosi 2009 b. Presencia de formas de P no disponibles para las plantas en la etapa de secano que no son detectadas por el método Bray 1 y que quedan posteriormente disponibles para el arroz luego de establecerse la inundación, si lo son por el de Ácido cítrico

En los ensayos de respuesta del arroz a la aplicación de fósforo conducidos en distintos tipos de suelos y ambientes, realizados con la variedad Bluebelle en la década de los noventa y posteriormente con El Paso 144 y/o INIA Tacuarí, en general no se encontró respuesta por encima del rango 4-7 ppm según el método Bray 1 (Deambrosi et al., 2000, 2001). No obstante la generalidad, algunos suelos de la Unidad La Charqueada constituyeron la excepción a la regla, dada la dificultad mencionada para detectar P residual con dicho método.

Hernández y Berger (2003) compararon distintos métodos para seleccionar indicadores que permitieran estimar la disponibilidad de fósforo e identificar niveles críticos para decidir la necesidad de agregar fertilizante fosfatado. Utilizando la información generada en 43 experimentos (entre los que se encontraba la base de datos de INIA), concluyeron que el método del Ácido cítrico mostró el mejor ajuste con el rendimiento seguido por Mehlich y Bray 1. Los niveles críticos de P en el suelo se ubicaron en el entorno de 6-7 ppm para los 3 métodos.

Si bien se utiliza el análisis de suelo para estimar la presencia de P, en la producción arrocería uruguaya nunca se ha determinado la equivalencia entre las cantidades de fertilizante fosfatado aplicado (kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y la variación que produce en los niveles de nutriente en el suelo. Como primera aproximación al tema, se instaló un experimento en la Unidad Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres, donde se aplicaron dosis crecientes del elemento utilizando 3 fuentes de fertilizante (2 solubles y una fosforita) y se evaluó su efecto en los niveles de P detectados en el suelo según los métodos de Bray 1 y Ácido cítrico 50 días después.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron Fosfato de amonio (18-46-0), (12-52-0) y Fosforita (10-28-0) como fuentes de fertilizante, realizándose aplicaciones de 5 dosis 20, 40, 60, 80 y 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> con cada una de ellas. Junto a los 15 tratamientos resultantes se ubicó un testigo sin agregado de fósforo, los que fueron dispuestos al azar

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres



con 4 repeticiones (Cuadro 1). Se consideró un tamaño de parcelas de 3,13 x 2 m<sup>2</sup>, aplicándose el fertilizante a

mano al voleo e incorporándolo con el pasaje de una disquera en forma superficial.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados según fuentes y dosis aplicadas\*

Fuente	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha					
	0	20	40	60	80	100
18-46	-	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
12-52	-	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
10-28	-	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Testigo	(16)	-	-	-	-	-

\*Los números entre paréntesis indican Nº de tratamientos

El trabajo se instaló el 28 de octubre de 2010 en un solod de textura franca perteneciente a la Unidad de Suelos La Charqueada, cuyas características son presentadas en el cuadro 2.

El 17 de diciembre, cincuenta días después de realizadas las aplicaciones, se hicieron muestreos compuestos de 6 extracciones de suelo hasta 15 cm de profundidad en cada una de las 64 parcelas, los que fueron remitidos al Laboratorio de Suelos, Plantas y Agua de INIA La Estanzuela. Se analizó el contenido de

fósforo de cada una de ellas, según los métodos de Bray 1 y de Ácido cítrico.

Para analizar los resultados se calcularon en primera instancia las diferencias entre los registros obtenidos en cada parcela el 17/12 y los correspondientes al análisis inicial de fósforo en cada uno de los bloques. Se promediaron los 4 valores así obtenidos según la dosis de P aplicado y finalmente se calcularon las cantidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/ha) necesarias para elevar 1 ppm de P en el suelo (dividiendo la dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> correspondiente por el valor promedio obtenido).

Cuadro 2. Resultados de análisis del suelo en la fecha de instalación \*

Bloque	pH	C.O. %	P Bray 1 ppm	P Ác. Cítric ppm	K meq/100g	Arena %	Limo %	Arcilla %
1	5,3	1,48	4,6	5,2	0,28	30	41	29
2	5,1	1,33	4,7	5,9	0,24	28	42	30
3	5,1	1,75	3,1	6,6	0,34	29	41	30
4	5,2	1,49	3,0	4,0	0,27	27	42	30
prom.		1,51	3,9	5,4	0,28	29	41	30

\*Laboratorio de Suelos, Plantas y Agua de INIA La Estanzuela

## RESULTADOS y DISCUSIÓN

Se presentan en el cuadro 3 los resultados obtenidos y en las Figuras 1, 2 y 3 las tendencias observadas en cada fuente, según las dosis de fósforo aplicadas. En el promedio de tratamientos de cada fuente fue necesario aplicar: 10,7 y 13,4 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de Fosfato de Amonio (18-46-0), 10,5 y 18,3 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de (12-52) y 20,4 y 10,4 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como Fosforita (10-28-0), para elevar 1 ppm de P en el suelo según se considere el método de Bray 1 o del Ácido cítrico respectivamente.

En algunos casos donde las diferencias entre los valores finales e iniciales de una parcela resultaron negativos, el cociente entre la dosis aplicada y el promedio de las 4 diferencias del tratamiento resultó bastante mayor al resto.

En general los promedios obtenidos en las 20 parcelas de las fuentes solubles dan relaciones de equivalencia "cantidad de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para aumentar 1 ppm" muy similares, aunque la forma en que se llega a dichos números fue algo diferente. Con ambos fertilizantes fue necesario aplicar más cantidad para subir 1 ppm detectable por el método de Ácido cítrico que por Bray 1 (25% en el caso

del Fosfato de amonio y 75% en el caso de 12-52, aunque debe tenerse en cuenta, que en el segundo aparecen 4 valores negativos en las diferencias lo que eleva el promedio genera). Ello se ve reflejado en las tendencias presentadas en las Figuras 1 y 2. En la primera de ellas se puede apreciar que con el Fosfato de amonio fue necesario aplicar una mayor cantidad para elevar el P en el suelo, cuando se utilizaron las dosis más altas. La tendencia del 12-52 que luce bastante diferente está fuertemente influenciada por las razones explicadas, en especial cuando se aplicaron 20 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ya que en los cálculos aparecen 2 valores negativos entre los 4 que componen el promedio.

Cuando se aplicó Fosforita, se encontraron relaciones bastante diferentes, siendo necesario aplicar 20,4 y 10,4 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> según se consideren los métodos de Bray 1 y Ácido cítrico respectivamente, para incrementar en una unidad el nivel de P en el suelo. Ello representa una situación inversa a la comentada para las fuentes solubles, ya que en este caso se precisó una cantidad 96% superior cuando se utilizó Bray 1 (Figura 3).

**Cuadro 3. Cantidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/ha) necesarias para elevar 1 ppm de P en el suelo, según fuentes y dosis utilizadas\***

Fuente	Trt Nº	Nivel P Inicial (i)		Nivel P Final (f)		Diferencia (f-i)		kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> necesarios			
		ppm		ppm		ppm		para subir 1 ppm			
		Bray 1	Cítrico	Bray 1	Cítrico	Bray 1	Cítrico	Bray 1	Cítrico		
1	1	3,1	6,6	7,2	7,6	4,1	1,0				
1	1	3,0	4,0	4,1	3,6	1,1	-0,4				
1	1	4,6	5,2	10,1	10,6	5,5	5,4	5,97	9,88		
1	1	4,7	5,9	7,4	8,0	2,7	2,1				
1	2	3,0	4,0	5,2	5,5	2,2	1,5				
1	2	4,6	5,2	8,4	8,4	3,8	3,2	9,88	11,43		
1	2	4,7	5,9	9,0	12,2	4,3	6,3				
1	2	3,1	6,6	9,0	9,6	5,9	3,0				
1	3	3,1	6,6	8,2	8,0	5,1	1,4				
1	3	3,0	4,0	13,2	15,4	10,2	11,4	9,68	10,53		
1	3	4,6	5,2	10,6	10,2	6,0	5,0				
1	3	4,7	5,9	8,2	10,9	3,5	5,0				
1	4	3,1	6,6	9,7	10,0	6,6	3,4				
1	4	3,0	4,0	8,5	9,8	5,5	5,8	14,35	19,39		
1	4	4,6	5,2	10,6	9,2	6,0	4,0				
1	4	4,7	5,9	8,9	9,2	4,2	3,3				
1	5	3,0	4,0	14,3	15,3	11,3	11,3				
1	5	4,6	5,2	6,3	6,2	1,7	1,0	13,56	15,63		
1	5	4,7	5,9	12,8	14,7	8,1	8,8				
1	5	3,1	6,6	11,5	11,1	8,4	4,5				
1		Promedio Fosfato de Amonio (18-46-0)						10,69	13,37		
2	6	3,1	6,6	4,9	4,9	1,8	-1,7				
2	6	3,0	4,0	5,8	5,4	2,8	1,4	8,89	32,00		
2	6	4,6	5,2	6,8	8,1	2,2	2,9				
2	6	4,7	5,9	6,9	5,8	2,2	-0,1				
2	7	3,0	4,0	5,5	5,1	2,5	1,1				
2	7	4,6	5,2	9,7	10,6	5,1	5,4	10,53	18,39		
2	7	4,7	5,9	8,3	8,8	3,6	2,9				
2	7	3,1	6,6	7,1	5,9	4,0	-0,7				
2	8	3,1	6,6	7,7	8,0	4,6	1,4				
2	8	3,0	4,0	8,3	8,5	5,3	4,5	12,31	14,63		
2	8	4,6	5,2	8,2	8,4	3,6	3,2				
2	8	4,7	5,9	10,7	13,2	6,0	7,3				
2	9	3,1	6,6	6,1	5,8	3,0	-0,8				
2	9	3,0	4,0	13,8	11,7	10,8	7,7	12,65	17,58		
2	9	4,6	5,2	10,6	12,1	6,0	6,9				
2	9	4,7	5,9	10,2	10,3	5,5	4,4				
2	10	3,1	6,6	21,7	23,0	18,6	16,4				
2	10	3,0	4,0	9,0	9,4	6,0	5,4	8,03	8,87		
2	10	4,6	5,2	16,0	16,4	11,4	11,2				
2	10	4,7	5,9	18,5	18,0	13,8	12,1				
2		Promedio (12-52-0)						10,48	18,30		
		Promedio de las 2 fuentes de P soluble (18-46) y (12-52)						10,58	15,83		
3	11	3,1	6,6	6,4	8,8	3,3	2,2				
3	11	4,6	5,2	6,4	8,7	1,8	3,5	9,41	5,88		
3	11	4,7	5,9	6,2	11,8	1,5	5,9				
2	11	3,0	4,0	4,9	6,0	1,9	2,0				
3	12	3,1	6,6	6,4	9,2	3,3	2,6				
3	12	3,0	4,0	6,1	6,2	3,1	2,2	15,38	12,12		
3	12	4,6	5,2	6,8	7,4	2,2	2,2				
3	12	4,7	5,9	6,5	12,1	1,8	6,2				
3	13	3,0	4,0	8,1	17,2	5,1	13,2				
3	13	4,6	5,2	6,1	7,6	1,5	2,4	18,05	8,25		
3	13	4,7	5,9	6,5	16,9	1,8	11,0				
3	13	3,1	6,6	8,0	9,1	4,9	2,5				
3	14	3,1	6,6	5,3	8,9	2,2	2,3				
3	14	3,0	4,0	6,4	14,1	3,4	10,1	28,32	9,36		
3	14	4,6	5,2	9,0	19,1	4,4	13,9				
3	14	4,7	5,9	6,0	13,8	1,3	7,9				
3	15	3,1	6,6	7,0	19,1	3,9	12,5				
3	15	3,0	4,0	6,9	13,4	3,9	9,4	30,77	16,33		
3	15	4,6	5,2	7,6	2,7	3,0	-2,5				
3	15	3,0	4,0	5,2	9,1	2,2	5,1				
3		Promedio Fosforita (10-28-0)						20,39	10,39		

\*Análisis realizados en el Laboratorio de Suelos, Plantas y Agua de INIA La Estanzuela

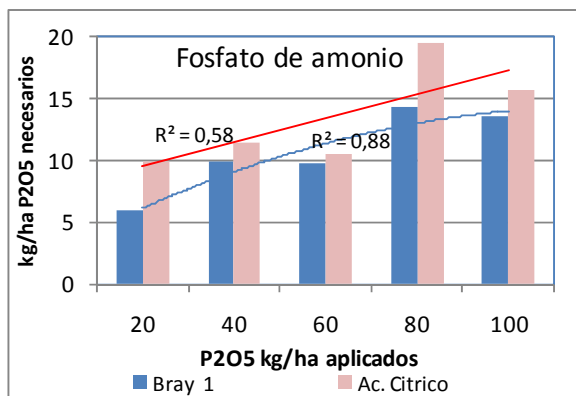


Figura 1. Cantidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/ha) necesarias para elevar 1 ppm de P en el suelo según las dosis aplicadas, cuando se utilizó Fosfato de Amonio (18-46-0).

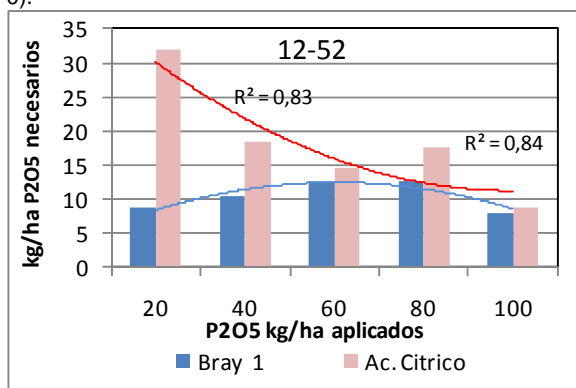


Figura 2. Cantidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/ha) necesarias para elevar 1 ppm de P en el suelo según las dosis aplicadas, cuando se utilizó (12-52-0)

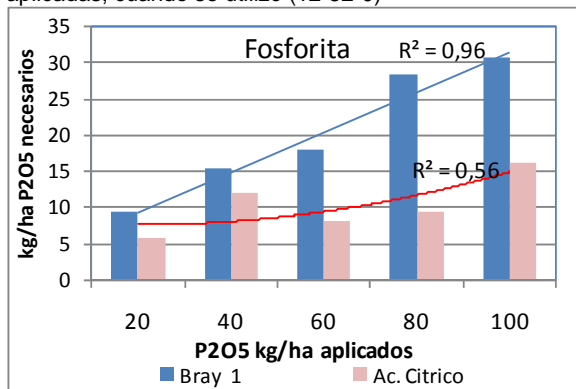


Figura 3. Cantidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/ha) necesarias para elevar 1 ppm de P en el suelo según las dosis aplicadas, cuando se utilizó Fosforita (10-28-0).

### CONSIDERACIONES FINALES

Se pretende en este trabajo aportar algunos conceptos generales que pueden resultar útiles al momento de tomar decisiones en el uso de los fertilizantes fosfatados. Se incluyó en la introducción un resumen refrescando conocimientos viejos quizás, pero de plena vigencia para aquellos jóvenes que están ingresando al mercado laboral del arroz.

Con el paso del tiempo se van modificando algunas prácticas comunes en el manejo del cultivo, para las que por un lado existe cierta información generada anteriormente y por otro un déficit importante de conocimiento. En esa situación se encuentran las prácticas de fertilización, ya sea nitrogenada como fosfatada, para las que se está trabajando actualmente con nuevas líneas de investigación. Es en ese contexto, que se presenta en el mismo capítulo un experimento que evalúa la eficiencia de anticipar la aplicación de fertilizante fosfatado o binario en relación a su utilización en la siembra, así como la importancia de la presencia del nitrógeno en ese momento.

Como complemento del mismo, se decidió comenzar a cuantificar de la necesidad del agregado de fertilizante fosfatado, para incrementar un nivel de P en el suelo según el análisis del mismo. Durante muchos años, se trabajó en los requerimientos de aplicación de fósforo para incrementar la productividad del arroz, de acuerdo a los diferentes tipos de suelos, ambientes, usos anteriores de las chacras, ingreso del agua y época de inundación. Con los trabajos conducidos por INIA y complementados por la Facultad de Agronomía, se llegó a determinar rangos de P detectados por los análisis, por encima de los cuales no se encuentra respuesta en el arroz. También la importancia del método de análisis a utilizar, según los antecedentes de uso y fertilización del suelo que se va a sembrar. En tal sentido, puede resultar de utilidad en el manejo del cultivo, la utilización de ambos métodos de análisis (Bray 1 y Ácido cítrico) cuando se sospeche la existencia de P residual. De registrarse diferencias importantes entre los métodos a favor del cítrico, se dispondrá de una estimación de la disponibilidad dada por el método Bray 1 durante la primera etapa, con el agregado de la diferencia al establecerse la inundación.

Este experimento constituye un antecedente de una serie de trabajos que se van a conducir en los próximos años, en referencia a la evaluación de aplicaciones anticipadas de fertilizantes solubles y/o fosforita sobre el cultivo de arroz. Probablemente sea criticable la época en que se comenzó con el mismo, pero se decidió su ejecución para iniciar la generación de información al respecto.

La evaluación del P disponible según los análisis, se realizó 50 días después de la aplicación, lo que podría responder a una aplicación anticipada de 30 días con respecto a la siembra y su presencia a comienzos del macollaje, etapa donde el fósforo cumple un rol de gran importancia en la planta.

En el promedio de los resultados obtenidos en todas las parcelas que se manejaron con las 2 fuentes de P soluble y con distintas dosis de aplicación, fue necesario aplicar 11 y 16 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para incrementar en una unidad el P en el suelo según los análisis de Bray 1 y Ácido cítrico respectivamente. En la evaluación de aplicaciones de la fosforita, los resultados indican que en promedio se precisaron aplicar 20 y 10 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> según Bray y cítrico para obtener dicho aumento.

Se debe aclarar, que estos resultados fueron generados en un determinado tipo de suelo y que los mismos

pueden ser diferentes en otras unidades, y también en otras condiciones ambientales. Otro aspecto importante a resaltar, es que las relaciones evaluadas fueron exclusivamente con el suelo y que sin duda los trabajos en el futuro se deben realizar con la siembra posterior de arroz, donde se pueda medir la verdadera disponibilidad del nutriente, a través de su absorción por el cultivo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chang, S.C., 1971. Phosphorus in submerged soils and phosphorus nutrition and fertilization of rice. En: The fertility of paddy soils and fertilizer applications for rice. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. Taipei, Taiwan, China.

Chang, S.C., 1978. Evaluation of the fertility of rice soils. En: Soils and rice. IRRI. Los Baños, Laguna, Philippines. P. 521-541.

Chebataroff, N., Deambrosi, E. 1980. Reunión Técnica Anual de Arroz – Soja. Resumen de Resultados de Experimentación Año 1979-80. MGAP. Centro de Investigaciones Agrícolas “Alberto Boerger” (CIAAB), Estación Experimental del Este.

Chebataroff, N., Deambrosi, E. 1982. Resultados de la Experimentación Regional en Cultivos Arroz – Soja 1981-82. MGAP. Centro de Investigaciones Agrícolas “Alberto Boerger” (CIAAB), Estación Experimental Agropecuaria del Este.

Chebataroff, N., Deambrosi, E. 1983. Resultados de la Experimentación Regional en Cultivos Arroz – Soja 1982-83. MGAP. Centro de Investigaciones Agrícolas “Alberto Boerger” (CIAAB), Estación Experimental Agropecuaria del Este.

Deambrosi, E., Méndez, R., 1996. Fertilidad de suelos en el cultivo de arroz. En: Manejo y Fertilidad de Suelos. INIA Serie Técnica 76. INIA La Estanzuela.

Deambrosi, E., Méndez, R., Avila, S., 2000. Respuesta a las aplicaciones de fósforo y potasio. En: Fertilización, Actividades de Difusión 224, INIA Treinta y Tres. cap 5:14-22.

Deambrosi, E., Méndez, R., Avila, S., 2001. Respuestas a las aplicaciones de fósforo y potasio. En: Fertilización, Actividades de Difusión 257, INIA Treinta y Tres. cap 5:1-10.

Deambrosi, E., Bonilla, O., 2002. Resultados de producción de arroz. En: Unidad de Producción Arroz-Ganadería (UPAG) Resultados 2001-2002. Actividades de Difusión 293, INIA Treinta y Tres. p.12-14.

Deambrosi, E., Bonilla, O., 2004. Resultados de producción de arroz. En: Unidad de Producción Arroz-Ganadería (UPAG) Resultados 2003-2004, Actividades de Difusión 362, INIA Treinta y Tres. p.14-21.

Deambrosi, E., Bonilla, O., 2005. Resultados de producción de arroz. En: Unidad de Producción Arroz-Ganadería (UPAG) Resultados 2004-2005, Actividades de Difusión 411, INIA Treinta y Tres. p.21-31.

Deambrosi, E., Bonilla, O., 2006. Resultados de producción de arroz. En: Unidad de Producción Arroz-Ganadería (UPAG) Resultados 2005-2006, Actividades de Difusión 446, INIA Treinta y Tres. p.21-27.

Deambrosi, E., Bonilla, O., 2007. Resultados de producción de arroz. En: Unidad de Producción Arroz-Ganadería (UPAG) Resultados 2006-2007, Actividades de Difusión 490, INIA Treinta y Tres. p.21-28.

Deambrosi, E., 2009 (a). Resultados de producción de arroz. En: Unidad de Producción Arroz-Ganadería (UPAG) Resultados 2008-2009, Actividades de Difusión 570, INIA Treinta y Tres. p.21-27.

Deambrosi, E., 2009 (b). Importancia de la investigación integrada a escala semicomercial. En: 10 Años de la Unidad de Producción Arroz – Ganadería. INIA Treinta y Tres, Uruguay. Serie Técnica 180.

Hernández J., Berger, A., 2003. Dinámica del fósforo en sistemas de Arroz-Pasturas: caracterización de parámetros de suelos para estimar la disponibilidad de fósforo. En: INIA Investigaciones Agronómicas, Reporte Técnico Annual, Área Cultivos, Programa Nacional de Arroz. Vol 01 cap. 3:34-40.

Patrick, W.H.Jr., Mahapatra, I.C., 1968. Transformation and availability to rice of nitrogen in waterlogged soils. En: Advances in Agronomy 20: 323-359. Academic Press. New York.

Patrick, W.H.Jr., 1981. The role of inorganic redox systems in controlling reduction in paddy soils. En: Proceedings of symposium on paddy soil. Institute of Soil Science, Academia Sinica (ed.) Science Press, Beijing. p. 107-117.

Ponnamperuma, F.N., 1972. The chemistry of submerged soils. En: Advances in Agronomy 24: 29-96. Academic Press. New York.

Ponnamperuma, F.N., 1981. Some aspects of the physical chemistry of paddy soils. En: Proceedings of symposium on paddy soils. Institute of Soil Science, Academia Sinica (ed.). Science Press, Beijing. p.59-94.

Ponnamperuma, F.N., 1985. Chemical kinetics of wetland rice soils relative to soil soil fertility. En: Wetland soils: characterization, classification and utilization. Proceedings of a workshop (26 mar-5 abr, 1984). IRRI. Los Baños, Laguna, Philippines. p. 71-87.

Sturgis, M.B., 1936. Changes in the oxidation-reduction equilibrium in soils as related to the physical properties of the soil and the growth of rice. Louisiana Agr. Exp. Sta. Bull. 271. Louisiana, U.S.A.

## MANEJO ALTERNATIVO DEL NITRÓGENO Y FÓSFORO EN UN CULTIVO DE ARROZ SEMBRADO CON CERO LABOREO

R. Méndez<sup>1/</sup>, E. Deambrosi<sup>1/</sup>, J. Castillo<sup>1/</sup>

### INTRODUCCIÓN

En trabajos realizados en laboreos de verano en distintos tipos de suelos se ha demostrado la ventaja de anticipar la aplicación de glifosato por lo menos 50 días antes de la siembra del cultivo en tapices con predominancia de raigrás, sobre la mayor acumulación de nitrógeno (N) inicial. En contraposición, en el uso alternado del suelo, se pretende maximizar el aprovechamiento del forraje disponible en la producción pecuaria, reduciendo el período existente entre ésta y el inicio de la producción arrocería. Por otro lado algunos productores han comenzado a anticipar la fertilización del suelo con fósforo (P) o binario (NP), de manera de disponer de mayor agilidad en el período de siembra.

Es importante conocer la disponibilidad del N en el suelo en el período entre la siembra y la primera cobertura de N en diferentes largos de barbecho. También hay carencia de información sobre la eficiencia de utilización del N y P con la anticipación a su aplicación en referencia a la efectuada en forma habitual.

El objetivo del experimento es comparar la eficiencia de aplicaciones anticipadas de N y P en un cultivo sembrado con cero laboreo con dos largos de barbecho.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se instaló en la Unidad Experimental Paso de la Laguna sobre un retorno de tres años de descanso en un solod perteneciente a la unidad de suelos "La Charqueada", en donde fue realizado un laboreo en el verano anterior. Posteriormente, fue sembrado un raigrás (variedad La Estanzuela 284) el 9 de abril de 2010 a razón de 20 kg/ha de semilla. En el invierno se efectuaron dos cortes el 12 de julio y 3 de agosto con retiro del material. Los tratamientos efectuados están descriptos en el cuadro 1.

Los tratamientos fueron dispuestos en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones y previo a la siembra se extrajeron muestras de suelo para realizar análisis químico de los mismos cuya información está en el cuadro 2.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Aplicación glifosato	Glifosato DAS	Fertilizante	DAS/DDS
1	17/08	52	FA línea siembra	0
2	17/08	52	SPTL siembra	0
3	17/08	52	FA al voleo 27/08	42 DAS
4	17/08	52	SPT al voleo 27/08	42 DAS
5	04/10	4	FA línea siembra	0
6	04/10	4	SPTL siembra	0
7	17/08	52	SPTL+Urea (18N) 04/11	0 DAS+26 DDS
8	04/10	4	SPTL+Urea (18N) 04/11	0 DAS+26 DDS

DAS: Días antes de la siembra; DDS: Días después de la siembra;  
FA: 100 kg/ha de Fosfato de amonio (N18 - P46 - K0); SPT: 100 kg/ha de Super Triple (N0 - P46 - K0);  
SPTL: 100 kg/ha de Super triple en la línea

Cuadro 2. Resultados de los análisis químicos del suelo

Bloque	pH (H <sub>2</sub> O)	C. org. (%)	Bray 1 (ppm)	Ac. Cítrico (ppm)	K (meq/100 g)
1	5,2	1,19	3,1	4,5	0,21
2	5,4	1,16	3,5	4,9	0,19
3	5,3	1,22	3,3	4,9	0,21
4	5,4	1,33	2,7	4,9	0,21

El arroz se sembró el 8 de octubre con la variedad El Paso 144 a razón de 150 kg/ha de semilla y la cantidad de fertilizante fue de 100 kg/ha (FA y SPT) tanto en la línea como al voleo anticipado. Debido a la falta de lluvias se efectuó un baño el 22 de octubre siendo la emergencia muy despereja registrándose el 3 de noviembre como inicio de la misma.

El control de malezas se realizó el 18 de noviembre con una mezcla de tanque con Cibelcol (Clomazone), 0,8 l/ha + Facet SC (Quinclorac), 1,5 l/ha + Plurafac, 0,75 l/ha. Se hicieron dos coberturas de urea, una al macollaje con 70 kg/ha (24 de noviembre) y la segunda al inicio de elongamiento de entrenudos con 50 kg/ha el 29 de diciembre. La inundación definitiva del ensayo fue el 25 de noviembre.

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

Para la evaluación del experimento se efectuaron las siguientes determinaciones: número de plantas a la emergencia (10 de noviembre), contenido de nitratos y amonio antes de la siembra, del baño y la inundación. Al inicio de elongamiento de entrenudos se extrajeron dos muestras de plantas para registrar la materia seca, el contenido de P y N y determinar el P y N absorbido. Se efectuó una lectura del 50% de floración y SPAD en cada parcela y finalmente a la cosecha se obtuvo el

registro del rendimiento (8 hileras a 0,17 cm y 6 m de largo) y sus componentes (en dos muestras de 0,30 x 0,17 m<sup>2</sup>).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las determinaciones en las etapas iniciales del ensayo hasta la inundación se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Resultados de los efectos de los tratamiento en número de plantas/m<sup>2</sup> a la emergencia, nitratos y nitratos + amonio en tres momentos en el suelo a 5 cm de profundidad.

Tratam.	Nº Plantas/m <sup>2</sup>	Nitratos M 1 (ppm)	Nitratos M 2 (ppm)	Nitratos M 3 (ppm)	Nitratos + Amonio M 1 (ppm)	Nitratos + Amonio M 2 (ppm)	Nitratos + Amonio M 3 (ppm)
1	214 a*	14,6 ab	27,5 ab	52,0 a	23,0 b	40,3 ab	63,6 a
2	217 a	12,9 b	23,7 b	30,8 bcd	23,3 b	34,1 b	41,9 b
3	196 a	19,9 a	31,6 a	32,6 bc	35,0 a	45,5 a	42,0 b
4	216 a	12,8 b	23,1 b	26,4 cd	24,1 b	35,5 b	36,1 b
5	274 a	4,2 c	6,9 c	16,1 cd	10,4 d	17,5 c	24,5 b
6	286 a	4,4 c	7,2 c	13,4 d	13,2 cd	18,2 c	24,8 b
7	237 a	11,8 b	22,6 b	49,1 ab	20,5 bc	31,8 b	61,7 a
8	248 a	4,6 c	7,3 c	24,4 cd	13,0 cd	17,1 c	35,2 b
Prob.	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Prom.	236	10,6	18,7	30,6	20,3	30,0	41,2
CV (%)	16,5	23,1	13,7	25,9	19,8	12,8	19,5
BL	216	14,4	25,7	38,2	25,2	37,4	49,1
BC	270	4,4	7,1	20,0	12,2	17,6	28,1
Prob. Contraste BL vs BC	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Tukey <sub>0,05</sub>	92,6	5,85	6,08	18,84	6,31	5,95	5,30

BL: barbecho largo (52 días); BC: barbecho corto (4 días); M 1: Muestreo antes de la siembra;

M 2: Muestreo antes del baño; M 3: Muestreo antes de la inundación;

\* Los valores seguidos por la/s misma/s letra/s no difieren estadísticamente entre sí según el test de Tukey al nivel de 5% de probabilidad.

En el número de plantas/m<sup>2</sup>, según el test de Tukey, no se encontraron diferencias por efecto de los tratamientos. Sin embargo, como se muestra el contraste de todos los tratamientos con barbecho largo (BL) con aquellos correspondientes a barbecho corto (BC) son favorables al segundo. Para este resultado no hay una explicación clara pero es posible que el BC con plantas secas paradas tuvieran un ambiente más protegido que aquellos tratamientos con el suelo desnudo en virtud de las bajas temperaturas registradas en las etapas iniciales (Figura 1). Esto es más factible ya que la humedad del suelo no fue limitante para todos los tratamientos debido al baño realizado.

estadísticamente en los BC mientras que en el M 3 (antes de la inundación) son inferiores pero no diferentes a los de otros tratamientos con BL. La correspondiente a la suma de nitratos + amonio en M 1 no sigue el mismo comportamiento de los nitratos en el mismo momento, pero si en el M 2. Sin embargo los contrastes realizados tanto para nitratos como para nitratos + amonio son significativos y favorables al BL en los tres momentos.

En el cuadro 4 se muestran los resultados de los registros realizados al inicio del elongamiento de entrenudos.

Los registros de nitratos en los momentos M 1 (antes de la siembra) y M 2 (antes del baño) son inferiores



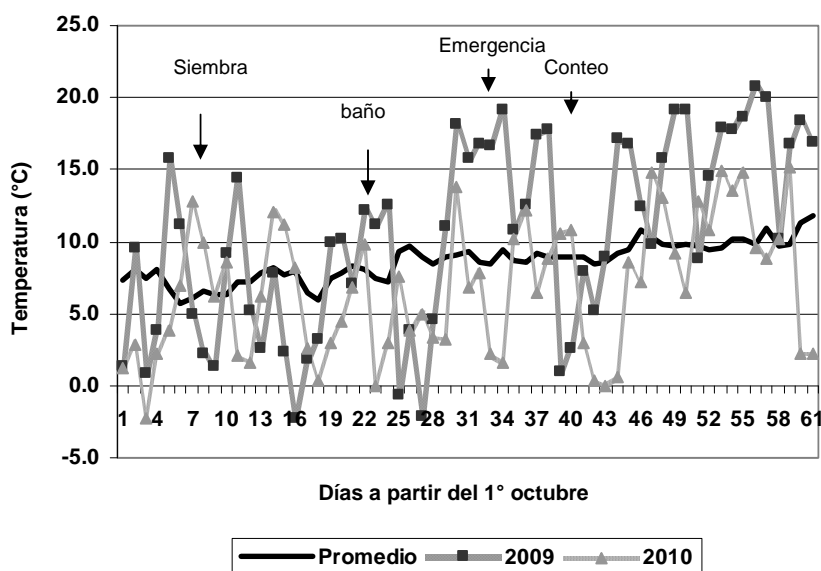


Figura 1. Temperaturas mínimas del aire a nivel del césped a 5 cm de altura desde el 1° de octubre al 30 de noviembre para el promedio histórico, años 2009 y 2010.

Cuadro 4. Resultados de los efectos de los tratamiento en la materia seca, contenido y absorción de N y P al inicio del elongamiento de entrenudos.

Tratam.	Materia seca (kg/ha)	%N	%P	N absorbido (kg/ha)	P absorbido (kg/ha)
1	2891	2,21 ab*	0,32	64,19	9,18
2	2631	2,15 ab	0,31	56,32	8,22
3	2886	2,30 a	0,32	65,96	9,27
4	2477	2,33 a	0,34	57,55	8,36
5	2953	1,99 b	0,31	58,84	9,22
6	2645	2,14 ab	0,32	56,71	8,58
7	2879	2,12 ab	0,31	60,82	8,78
8	2806	2,12 ab	0,32	59,54	8,91
Prob.	ns	0,011	0,085	ns	ns
Prom.	2771	2,17	0,32	59,99	8,82
CV (%)	18,8	5,2	3,8	18,8	17,9
Tukey <sub>0,05</sub>		0,27			

\*: Los valores seguidos por la/s misma/s letra/s no difieren estadísticamente entre sí según el test de Tukey al nivel de 5% de probabilidad.

No se encontraron efectos significativos de los tratamientos en la materia seca, N absorbido y P absorbido en esta etapa. En cambio se obtuvo efecto significativo para el contenido de N y tendencias al 8,5% para el contenido de P en las plantas. Para el contenido de N no se encuentran diferencias siendo el tratamiento 5 el que presenta el promedio más bajo y diferente a los tratamientos 3 y 4. El contraste realizado entre los tratamientos con BL y BC para el contenido de N fue altamente significativo ( $P= 0,004$ ) y favorable al primero en un 7% (BL: 2,22% y BC: 2,08%).

El efecto de los tratamientos en el ciclo siembra – 50% floración resultó altamente significativo en donde los tratamientos 5 y 7 tuvieron el ciclo mas corto y el 4 el más largo (Cuadro 5). Los tratamientos con BL tuvieron ciclo algo mas largo respecto al BC (125 vs 122 días) ( $p= 0,000$ ).

Cuadro 5. Resultados en el ciclo siembra – 50% floración

Tratam.	Ciclo siembra - 50% Floración
1	123 bc
2	125 abc
3	126 ab
4	128 a
5	121 c
6	123 bc
7	122 c
8	123 bc
Prob.	0,000
Prom.	124
CV (%)	1,3
Tukey <sub>0,05</sub>	3,8

Los registros de rendimiento en grano y sus componentes no fueron afectados por los tratamientos realizados (Cuadro 6).



**Cuadro 6. Efectos de los tratamientos en el rendimiento en grano y sus componentes**

Tratam.	Rend. kg/ha	Pan/m <sup>2</sup>	GLI/pan	GVac/pan	GTot/pan	% Est.	Pmg
1	9882	659	82	18	100	18,3	27,2
2	9681	686	84	17	102	17,0	27,5
3	9837	748	84	22	106	20,4	27,1
4	9832	618	84	20	105	19,3	27,2
5	10100	679	79	22	102	21,6	27,1
6	10351	652	76	19	96	20,0	27,3
7	9987	637	87	22	109	20,1	27,5
8	9987	711	71	21	92	22,0	26,9
Prob.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Prom.	9957	674	81	20	102	19,8	27,2
CV (%)	6,0	10,8	13,2	29,5	13,3	22,4	1,5

Rend: rendimiento; Pan/m<sup>2</sup>: Panojas/m<sup>2</sup>; GLI/pan: Granos Llenos/panoja; GVac/pan: Granos Vacíos/panoja; GTot/pan: Granos Totales/panoja; Pmg: Peso de mil granos

Para ampliar la información anterior, se efectuaron contrastes combinando y comparando diferentes tratamientos que podrían ser importantes. En los cuadros 7 y 8 se muestran la significación y los promedios de los mismos agrupamientos. La materia seca al inicio del elongamiento de entrenudos y el rendimiento no fueron significativos a los diferentes

contrastes efectuados. En los valores del cuadro 8 resulta interesante la diferencia en contenido de P favorable a las aplicaciones al voleo y la incidencia superior del BL en el contenido de N. Con referencia al ciclo siembra – 50% floración se encontraron registros mayores en los tratamientos correspondientes a BL y las aplicaciones al voleo.

**Cuadro 7. Contrastes realizados en rendimiento, contenidos y absorción de N y P y ciclo siembra – 50% de floración (Probabilidades).**

Contraste	Rend.	MSee	%P	%N	P absorbido	N absorbido	Ciclo S – 50% F
BL(1,2,3,4,7)* vs BC (5,6,8)	ns	ns	ns	0,004	ns	ns	0,000
Fuentes FA(1,3) vs SPT (2,4)	ns	ns	0,004	0,027	ns	ns	0,075
NP inicial (1,7) línea vs (4) P voleo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,000
N inicial línea (5,8) vs (6)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,000
Línea (s)** vs voleo (ant.) (1,2) vs (3,4)	ns	ns	0,053	0,027	ns	ns	0,000

\* Los números corresponden a tratamientos. Rend.: Rendimiento. MSee: Materia seca al elongamiento de entrenudos

\*\* (s) = siembra; (ant)= anticipado

**Cuadro 8. Registro promedio de los contrastes significativos.**

Contraste										
	Var.	BL (1,2,3,4,7)*	BC (5,6,8)	FA (1,3)	SPT (2,4)	NP inicial línea vs P voleo (1,7) (4)	N inicial línea (5,8) (6)	Línea vs Voleo (1,2) (3,4)		
%P		ns	0,320	0,325	ns	ns	0,316	0,328		
%N		2,22	2,08	2,25	2,24	ns	2,18	2,32		
Ciclo		125	122	124	122	127	122	123	124	127

\* Los números corresponden a tratamientos

### CONSIDERACIONES FINALES

Se confirma el efecto de anticipar las aplicaciones de glifosato en la mayor acumulación de N inicial en el suelo con las posibles consecuencias que puede tener en la nutrición nitrogenada temprana del cultivo.

De acuerdo a las condiciones en las cuales se realizó el ensayo resulta indiferente aplicar en forma anticipada cualquiera de las dos fuentes probadas de fósforo soluble, ya que no se encontraron diferencias en los rendimientos finales en grano. Tampoco se detectaron diferencias debido a aplicaciones basales de N.

El barbecho largo incrementó el contenido de N al inicio de elongamiento de entrenudos, mientras que las aplicaciones de fertilizante al voleo aumentaron los contenidos de N y P. Ninguno de estos efectos se vio

reflejado en la absorción en kg/ha de ambos nutrientes en esta etapa.

El ciclo siembra – 50% floración fue más largo por incidencia del BL y de la aplicación de fosfato de amonio frente al supertriple sin urea. Las aplicaciones de fertilizante al voleo florecieron más tarde que las en línea.

Se continuará con esta línea de trabajo para confirmar o ajustar ventajas o desventajas de esta práctica con más años de evaluación, incluyendo un testigo sin P para comprobar la respuesta a este nutriente.

### AGRADECIMIENTOS

Al capataz de la Sección Sr. Gustavo Crossa y al asistente Beto Sosa por la conducción del ensayo.

EVALUACIÓN DE FUENTES ALTERNATIVAS DE N EN EL CULTIVO DE ARROZ

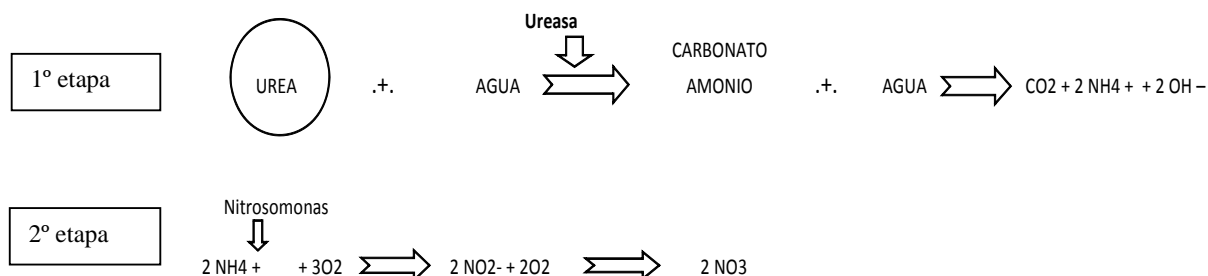
Jesús Castillo<sup>1/</sup>, Enrique Deambrosi<sup>1/</sup>, Ramón Méndez<sup>1/</sup>

INTRODUCCIÓN

El N es por excelencia el nutriente más necesario en la producción de arroz irrigado en todos los sistemas productivos. La forma de suministrarlo es mediante coberturas de urea, fertilizante de muy buena relación costo/concentración de nutriente. No obstante es sabido y citado en varios trabajos las potenciales pérdidas a las que puede estar sujeto este nutriente una vez en contacto con el suelo (Lara Cabezas et. al. 1997a-1997b; Mendoza et.al. 2007). Entre otras se mencionan las pérdidas por volatilización de amoníaco (NH<sub>3</sub>), nitrificación (oxidación de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), desnitrificación (reducción biológica de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a N gaseoso) y lavado de nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). En los sistemas arroceros los 3 primeros mecanismos son potencialmente los

responsables de la disminución de la eficiencia de utilización de la urea. En este sentido es que a nivel comercial se han desarrollado diferentes alternativas de fertilizantes N que proponen disminuir por diferentes vías algunas de las pérdidas mencionadas anteriormente. Una de ellas es la Verde Urea que incorpora en su formulación el tiosulfato de N-N butiltrimida (NBTP), un inhibidor de la enzima ureasa que funciona inhibiendo temporariamente la degradación enzimática de la urea luego de la hidrólisis de ésta. La otra fuente de N que incorpora un inhibidor enzimático es el Novatec. En este caso el compuesto integrado al fertilizante es dimethylpyrazole phosphate (DMPP), molécula que actúa inhibiendo la nitrificación al actuar sobre las Nitrosomonas, bacterias que obtienen su energía a partir de sustancias inorgánicas.

Esquema 1. Mecanismo de hidrólisis de la Urea en la etapa de secano. 1º etapa: Urea – Amonio, 2º etapa: Amonio – Nitrato



Como se aprecia en el esquema el inhibidor de la Verde urea trabaja en la primera etapa de la hidrólisis de la urea mientras que el inhibidor de Novatec actúa en la segunda etapa, luego de hidrolizada la urea a nivel de la molécula de amonio.

El objetivo del trabajo fue evaluar la potencial reducción de pérdidas de nitrógeno en la producción de arroz utilizando fuentes alternativas de la urea común (con inhibidores de la ureasa o Nitrosomonas), en coberturas realizadas en seco al macollaje y al comienzo de la etapa reproductiva

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue instalado en la Unidad Experimental Paso de la Laguna utilizando la variedad El Paso 144. Se sembró el 28 de octubre a razón de 490 semillas viables/m<sup>2</sup> equivalente a 150 kg/ha de semilla. La fertilización basal utilizada correspondió a 100 kg/ha de fosfato de amonio 18-46/46 -0, incorporado en la línea de siembra. Los momentos de realización de las coberturas de urea fueron el 2 y 8 de diciembre para macollaje (tratamientos que evaluaban la aplicación de

urea 7 o 1 día antes de la entrada del agua respectivamente). La inundación definitiva del cultivo se realizó el 9 de diciembre. En aquellos tratamientos que llevaron una segunda cobertura nitrogenada a elongación de entrenudos la fecha de realización de la misma fue el 10 de enero. El control de malezas se efectuó el 1 de diciembre con la mezcla 3 l/ha Propanil + 1,5 l/ha Facet SC + 0,9 l/ha Cibelcol.

A inicio de floración se extrajeron en cada parcela 2 muestras de 0,3 m de hilera, cortándose a ras del suelo la parte aérea de las plantas, para medir la producción de materia seca y la absorción de nitrógeno. En forma simultánea se realizaron estimaciones de actividad clorofiliana en la hoja bandera a través de determinaciones con SPAD. En forma previa a la cosecha se midió altura de las plantas y se extrajeron al azar cortando al ras del suelo muestras aéreas de las mismas en 2 tramos de 0,3 m de hilera por parcela, determinándose la producción de materia seca de la paja y del grano. Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Suelos y Plantas de INIA la Estanzuela para analizar contenido de N, y con ellos calcular absorción de N. Para la estimación de rendimiento, se desbordaron las cabeceras y se cortaron con cortadora mecánica nueve surcos de 5 m en cada parcela. La cantidad de grano obtenida fue pesada en campo y se

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

extrajo una muestra para medir contenido de humedad; posteriormente el peso fue corregido a 13% de humedad. Previo a la cosecha de grano se realizó una lectura de enfermedades de cada parcela.

El diseño utilizado para el ensayo fue en bloques al azar con 4 repeticiones. El tamaño de la parcela fue de 6 m de largo por 2,21 de ancho. En el cuadro 1 se presenta la información sobre los tratamientos evaluados y en el cuadro 2 las características químicas del sitio donde se instaló el ensayo.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Trat No.	Fuente	Cantidades en kg/ha		Época aplic. en macollaje en relación a inundación	N total kg/ha en cobertura
		Macollaje	Elongac. E.		
1	Urea	50	50	1 día antes	46
2	Urea	50	50	7 días antes	46
3	Urea	100	-	1 día antes	46
4	Urea	60	-	1 día antes	27.6
5	Novatec	50	50	7 días antes	45
6	Novatec	100	-	7 días antes	45
7	Novatec	30	30	7 días antes	27
8	Novatec	60	-	7 días antes	27
9	Verde Urea	50	50	días antes	46
10	Verde Urea	100	-	7 días antes	46

Cuadro 2. Resultados de análisis químico del suelo

BLOQUE	pH – agua -	C. Orgánico %	P (Bray I) ppm	K meq/100 gr
1	5,2	1,5	4,8	0,29
2	5,1	1,43	4,6	0,34
3	5,3	1,45	3,6	0,28
4	5,3	1,56	4,3	0,38

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con una media general del experimento de 10550 kg/ha no se encontraron diferencias significativas en rendimiento ni en las principales variables productivas asociadas a éste (Cuadro 4). El análisis sí detectó diferencias en variables que relacionan la productividad con la cantidad de nutriente suministrada y la cantidad total de N absorbida en función de los kg de N aplicados.

Por otro lado, al analizar los componentes de rendimiento, solo se encontraron diferencias asociadas a los tratamientos en el peso de mil granos (PMG) según se observa en el cuadro 7.

En función de los datos presentados en el cuadro 4 se puede apreciar que los tratamientos tampoco tuvieron incidencia en parámetros fisiológicos ni de arquitectura de las plantas. Esto se aprecia cuando observamos la variable que estima actividad clorofiliana (SPAD), y la duración del ciclo. Tampoco la arquitectura de la planta se vio afectada a juzgar por la altura de estas, por la acumulación de materia seca a floración y por la medida de luminosidad registrada. La determinación de

luminosidad es producto de la diferencia entre dos alturas de referencia, una sobre la superficie del cultivo y otra a 20 cm del suelo dentro del canopeo. De haber existido modificaciones en la arquitectura la diferencia en luminosidad interceptada hubiese variado entre tratamientos.

Cuadro 3. Rendimiento en grano kg/ha de los diferentes tratamientos

Tratamiento	Rendimiento, kg/ha
1	11099
2	10880
3	9898
4	10640
5	10530
6	10470
7	10747
8	10,470
9	10612
10	10280
<b>Media</b>	<b>10552</b>
<b>CV %</b>	<b>6,24</b>

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos en rendimiento, materia seca, SPAD, Luminosidad interceptada Altura y ciclo en días

F de V	Rendimiento	M.S floración	SPAD	Luminos.	Altura	Ciclo días 50% floración
Bloque	0,002	ns	0,006	0,00001	0,014	ns
Tratamiento	ns	ns	0,27	ns	ns	ns
Error C.M.E	0,434	3,596	0,398	15646023	0,000	1,644
No Aditiv.	-	-	-	-	-	-
<b>Media</b>	<b>10,551</b>	<b>18,813</b>	<b>34,9</b>	<b>107816</b>	<b>0,96</b>	<b>115</b>
<b>CV %</b>	<b>6,24</b>	<b>10,08</b>	<b>1,8</b>	<b>3,67</b>	<b>2,22</b>	<b>1,12</b>

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos en rendimiento, materia seca, altura, %N, absorción N, Rend./kg N aplicado, N absorbido/N aplicado

F de V	% N planta	N absorbido	Rend. / %N	Rend./ kg MS	Rend. Mg/kg N abs.	Rend. Mg /kg N aplic.	N abs/kg N aplic.
Bloque	0,197	ns	0,009	0,226	0,126	0,003	ns
Tratamiento	ns	0,35	ns	0,31	0,281	0,000	0,000
Error C.M.E	0,014	1061,7	0,923	0,004	0,000	0,000	0,773
No Aditiv.	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<b>Media</b>	<b>1,237</b>	<b>232,8</b>	<b>8,61</b>	<b>0,566</b>	<b>0,046</b>	<b>0,278</b>	<b>6,063</b>
<b>CV %</b>	<b>9,48</b>	<b>14</b>	<b>11,51</b>	<b>11</b>	<b>14,8</b>	<b>5,81</b>	<b>14,5</b>

Se encontró diferencias significativas en el rendimiento logrado en función de los kg totales de N absorbido y en la relación de N absorbido en función del N aplicado. Para estas variables se presenta la separación de medias de los diferentes tratamientos.

En términos generales todos los tratamientos absorbieron cantidades de N importantes independientemente de la dosis de N agregada. Los tratamientos que contenían menores dosis de N fueron los que lograron la mayor productividad por unidad de nutriente adicionada. Esto también se aprecia al

observar que la cantidad de N absorbido no presenta diferencias significativas entre los tratamientos. Es muy probable que más que un efecto relacionado a la dosis agregada lo que reflejan estos valores es la gran cantidad de N aportada por el suelo. La otra variable que muestra esto es la absorción lograda según la dosis de N agregada. Nuevamente la cantidad de N absorbido en relación a la cantidad agregada fue mayor en aquellos tratamientos que manejaban menores dosis. Probablemente, si el experimento hubiese contado con un testigo sin aplicación de N, la absorción de N sería alta.

Cuadro 6. N absorbido, Relaciones entre Rendimiento y absorción de N y eficiencia del fertilizante agregado para los distintos tratamientos. Separación de Medias Tukey p=0,05

Tratamiento	N absorbido kg/ha	Rend. kg/ kg N aplicado	N absorbido/kg N aplicado
1	236,4	239 b	5,13 c
2	258,8	237 b	5,62 bc
3	253,7	215 b	5,51 bc
4	202,9	385 a	7,35 ab
5	217,7	234 b	4,83 c
6	251,9	233 b	5,59 bc
7	222,4	398 a	8,23 a
8	226,6	388 a	8,39 a
9	226,6	231 b	4,92 c
10	230,7	224 b	5,01 c
<b>p-valor</b>	<b>0,35</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>
<b>Media</b>	<b>232,8</b>	<b>278</b>	<b>6,06</b>
<b>CV%</b>	<b>14</b>	<b>5,81</b>	<b>14,5</b>

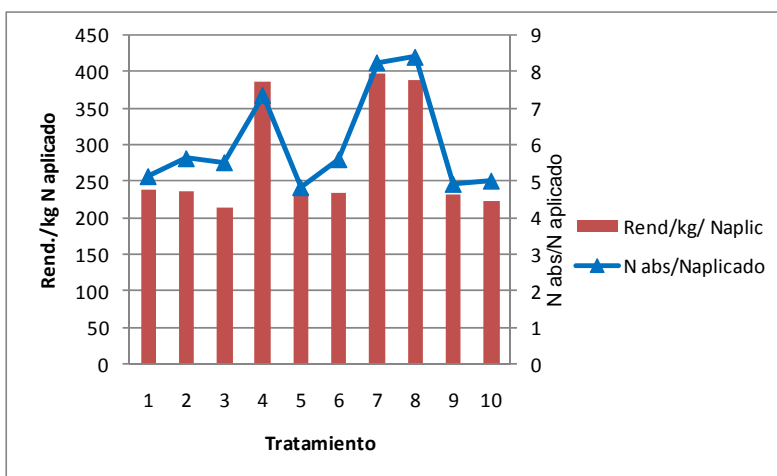


Figura 1. Productividad y N absorbido en función del N aplicado.

El análisis estadístico detectó diferencias significativas para el PMG (p=0,0001) y para el componente granos vacíos por panoja una tendencia al 8% (p=0,08)

Si bien se detectaron diferencias significativas para P.M.G, se contó con una media general del ensayo de 28,07 gr/1000 granos, peso que para El Paso 144 es bueno. .

Cuadro 7. Análisis estadístico de componentes de rendimiento

	Panojas/m <sup>2</sup>	Granos llenos/pan	Granos vacíos/pan	Granos semillenos/pan	Granos Totales/pan	PMG	Esterilidad %
Bloque	ns	0,087	0,015	ns	0,196	0,0001	0,001
Tratamiento	ns	ns	0,08	0,348	0,29	0,0001	0,4
Error C.M.E	7429	85,65	8,503	0,055	116	0,041	6,85
No Aditiv.	-	-	0,041	0,16	0,116	ns	ns
<b>Media</b>	<b>644</b>	<b>71,2</b>	<b>14</b>	<b>0,3</b>	<b>85,6</b>	<b>28</b>	<b>16,3</b>
<b>CV%</b>	<b>13,3</b>	<b>13</b>	<b>20,81</b>	<b>73</b>	<b>12,6</b>	<b>1,1</b>	<b>16</b>

Cuadro 8. Granos vacíos y P.M.G según tratamiento.  
Separación de Medias Tukey p=0,05

Tratamiento	Granos vacíos/pan	P.M.G
1	14,9	27,79 abc
2	14,5	27,52 c
3	11,1	28,42 ab
4	12,4	28,41 ab
5	12,6	27,69 bc
6	15	28,45 a
7	15	28,1 abc
8	12,2	28,43 ab
9	18,3	27,59 c
10	14,4	28,13 abc
<b>p-valor</b>	<b>0,08</b>	<b>0,0002</b>
<b>Media</b>	<b>14</b>	<b>28,07</b>
<b>CV%</b>	<b>20,01</b>	<b>1,1</b>

No obstante existieron tratamientos que combinan menores P.M.G con mayor número de granos vacíos por panoja y tratamientos que obtienen un número de granos vacío por panoja contenido, con valores de P.M.G altos. Por otro lado, los tratamientos que tienen los menores P.M.G son los que fueron fertilizados con 45 y 46 kg/ha de N en forma fraccionada

Como se mencionó al inicio, al momento de la cosecha fueron realizadas lecturas de enfermedades de cada tratamiento para Mancha agregada de la vaina y Podredumbre del tallo.

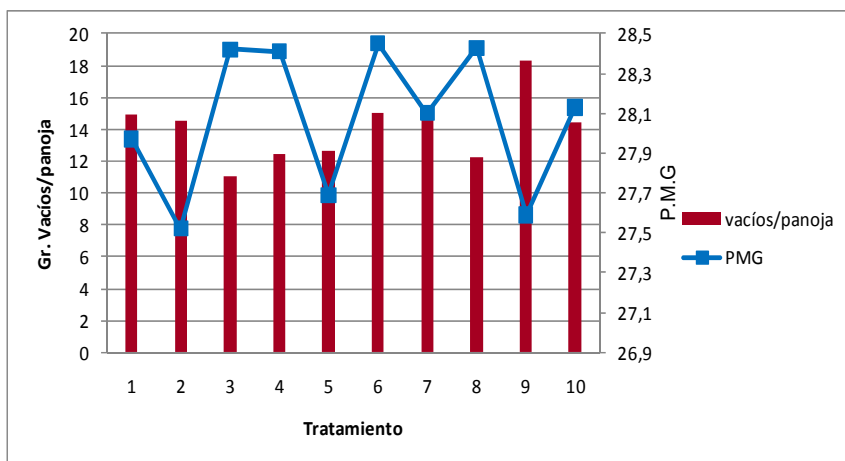


Figura 2. Relación entre el número de granos vacíos por panoja y el P.M.G de los diferentes tratamientos.

Cuadro 9. Índice de grado de severidad para manchado confluyente de las vainas y podredumbre del tallo de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Manchado confluyente de vainas	Podredumbre del tallo
1	1,5	50,63
2	1,55	50,25
3	0,86	49,38
4	0,93	37,88
5	1,25	49,94
6	1,42	47,5
7	1,73	51,81
8	1,68	41
9	1,53	51,06
10	1,35	47,38
<b>p-valor</b>	<b>0,152</b>	<b>0,14</b>
<b>Media</b>	<b>1,38</b>	<b>47,7</b>
<b>CV%</b>	<b>45</b>	<b>15</b>

A nivel de análisis estadístico se detectó una tendencia al 14% para podredumbre del tallo. Si bien no se está frente a la presencia de una severidad de la enfermedad demasiado importante los resultados obtenidos muestran que los tratamientos que presentaron los mayores valores absolutos de afecciones son los que fraccionaron la aplicación de N (6 % de diferencia entre aplicaciones fraccionadas vs. aplicaciones únicas). Las diferencias entre dosis altas vs. dosis bajas también son en el entorno de 6% de diferencia a favor de la dosis baja.

Por otro lado se realizaron una serie de contrastes con el objetivo de comparar:

- Urea 1 día antes entrada agua vs. Urea 7 días antes
- Dosis completa en única aplicación vs. Dosis fraccionada
- Dosis completa en única aplicación de diferentes fuentes
- Dosis completa fraccionada de distintas fuentes

no encontrándose diferencias significativas entre los grupos contrastados para las variables asociadas al rendimiento.

Cuadro 10. Contrastes entre tratamientos para diferentes variables.

Contraste	Rend.	MS Floración	Granos vacíos	Granos totales	Esterilidad	PMG	Rend/Lux	Rend/kg MS	Rend./kg N abs
1,2,4 vs 2,5,6,7,8	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
1,2,5,9 vs 3,6,10	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
3 vs 6	ns	ns	0,07	0,09	ns	ns	ns	ns	ns
3 vs. 10	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
6 vs. 10	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
5 vs 9	ns	ns	0,0093	ns	0,029	ns	ns	ns	ns
2 vs 5	ns	ns	ns	ns	ns	0,0025	0,052	0,042	0,048
2 vs 9	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

### CONSIDERACIONES FINALES

En las condiciones en que se condujo este ensayo no se encontraron diferencias significativas referente a los aspectos productivos del cultivo Sabido es que se contó con una zafra de rendimientos record que pudo haber enmascarado los resultados.

Las diferencias estuvieron dadas tanto por la cantidad de grano producido por unidad de insumo agregada y por la absorción total de nutriente en función del N agregado. En este aspecto aquellos tratamientos que agregaron las menores cantidades de N fueron los que lograron los mejores registros de las variables mencionadas sin presentar mermas en el rendimiento.

En este año en particular y para estas condiciones no se encontró diferencias significativas en las variables de mayor interés al comparar aplicaciones de N 1 día antes de la inundación que 7 días antes de la inundación.

Tampoco se encontraron diferencias en rendimiento, producción de materia seca, ciclo, altura, actividad clorofiliana, concentración N y N absorbido. Cuando se comparó una cobertura única de dosis completa con coberturas fraccionadas.

Ninguna de las 3 fuentes fue superior a otra, ni en coberturas únicas ni en coberturas fraccionadas.

Incluso los tratamientos que incluían menores dosis de N, lograron altos rendimientos y altas absorciones de N, lo que está diciendo que el suelo sea probablemente la fuente que realiza la contribución de N más importante al cultivo de arroz.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lara Cabezas, W.A.R., G. H. Komdorfer, e. S. A. Motta. 1997<sup>a</sup>. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura do Milho: 1: efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. Revista Brasileira de Ciência do Solo 21: 481-487.

Lara Cabezas, W.A.R., G. H. Komdorfer e S.A. Motta. 1997<sup>b</sup>. Volatilização de N- NH<sub>3</sub> na cultura do Milho: 2: Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. Revista Brasileira de Ciência do Solo 21:489-496.

Mendoza Duarte, F.; Pcojeski, E., Suza da Silva, L. y Graupe, F.A., Britzkc, D., 2007. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia com aplicação de uréia em solo de várzea com diferentes níveis de umidade. Cienc. Rural 37: No. 3.

Perdomo, C. H., Barbazan, M. 2010. Guía de Nitrógeno. Código 501/150/2010. 6ta. Reimpresión. Facultad de Agronomía.

## EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE VERDE UREA (Con inhibidor de la ureasa) EN ARROZ

R. Méndez<sup>1/</sup>, E. Deambrosi<sup>1/</sup>, J. Castillo<sup>1/</sup>

La urea es el fertilizante nitrogenado más utilizado en las coberturas nitrogenadas realizadas en el cultivo de arroz en el Uruguay debido a su menor costo por unidad de nutriente. No obstante, es una fuente que ante determinadas condiciones puede sufrir pérdidas por volatilización de amoníaco las que pueden ser disminuidas con el uso del inhibidor de la ureasa (enzima que degrada la urea) NBPT (n-butil-triamida tiosforica). En tal sentido el objetivo del presente ensayo es evaluar los efectos de dicho inhibidor presente en la verde urea comparando su efecto frente a la urea común a través del contenido de nitrógeno (N)

y el N absorbido por las plantas al inicio del elongamiento de entrenudos.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue sembrado en líneas con la variedad El Paso 144 a razón de 150 kg/ha de semilla el 8 de octubre de 2010 siendo conjuntamente fertilizado con 100 kg/ha de fosfato de amonio (18-46-0). En forma previa, se efectuó un muestreo de suelos en los 3 bloques del ensayo cuyos resultados se observan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Resultados del análisis químico de suelos

Bloque	pH (H <sub>2</sub> O)	C. Org. (%)	P (Bray) (ppm)	P (Ac.Cítrico) (ppm)	K (meq/100 g)
1	5,4	1,21	2,7	-	0,24
2	5,4	1,20	3,1	4,4	0,21
3	5,4	1,39	5,0	-	0,27

Como se muestra en el cuadro 2, en el ensayo se utilizó un factorial (2x2x3) consistente de dos fuentes de N (urea común y verde), dos dosis de N al macollaje (23 y 46 kg/ha de N) y 3 momentos de aplicación de N antes de la inundación definitiva del cultivo (10, 5 y 1 día antes). El diseño del ensayo fue en bloques al azar con 3 repeticiones siendo las dimensiones de la parcela 7 m de largo por 2,21 m de ancho. Las determinaciones más importantes tendientes a evaluar los resultados por efectos de los tratamientos fueron realizadas en la época de elongamiento de entrenudos (24 días después de la inundación). En ese momento se registró la producción de materia seca, el contenido de N y la cantidad total de este elemento absorbido en la parte aérea. En el mismo cuadro aparecen además 2 tratamientos adicionales (13 y 14) que fueron incluidos por razones diferentes, tendientes a posibilitar una mejor interpretación de los resultados generados. En el

tratamiento 14 el cultivo sólo recibió la fertilización realizada en la siembra y permite estudiar los efectos de las aplicaciones nitrogenadas realizadas en el macollaje. En el tratamiento 13 se aplicaron 23 kg/ha de N al inicio de la etapa reproductiva, luego de haberse aplicado 23 kg/ha en el macollaje (en forma similar a como se lo hizo en el tratamiento 9). Por un lado, su presencia podría explicar la necesidad de aplicación de una dosis mayor a 23 kg/ha de N en el macollaje para construir el potencial de producción final de grano, y por otro comparar la eficiencia relativa de aplicaciones únicas de 46 al macollaje versus fraccionadas 23 al macollaje y 23 al elongamiento de entrenudos (kg/ha de N, respectivamente). Se estudió además la eficiencia del N aplicado según la siguiente formula: Eficiencia de Aplicación de N (EAN)= (Nabs en trt "x" – Nabs en trt 14)\*100/ N (aplicado en "x").

Cuadro 2. Tratamientos

Tratamientos	Fuente de N (urea)	N al macollaje (Kg/ha)	N etapa reproductiva kg/ha	Días antes inundación
1	Común	23	0	10
2	Verde	23	0	10
3	Común	46	0	10
4	Verde	46	0	10
5	Común	23	0	5
6	Verde	23	0	5
7	Común	46	0	5
8	Verde	46	0	5
9	Común	23	0	1
10	Verde	23	0	1
11	Común	46	0	1
12	Verde	46	0	1
13	Común	23	23	1
14		0	0	

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres



Las parcelas estuvieron separadas por tapias para realizar un riego independiente y de tal forma impedir probables corrimientos de nutriente nitrogenado.

En el ensayo se observó el 90% de emergencia el 10 de noviembre de 2010 debiéndose efectuar un baño para uniformizar la misma el 22 de octubre. Se realizó un registro de plantas el 22 de noviembre de acuerdo a 3 muestras por parcela de 1 metro lineal. Se obtuvo un promedio de todo el ensayo de 181 plantas/m<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de 12,24 % dentro de un stand de plantas desuniforme.

Las fechas de aplicación de N al macollaje fueron las siguientes: 10 días antes de la inundación, el 26 de noviembre; 5 días antes, el 01 de diciembre y 1 día antes el 05 de diciembre. La inundación se realizó el 06 de diciembre. En el periodo de aplicación de los tratamientos solo hubo 0,5 mm de lluvia el 29 de noviembre.

El control de malezas se efectuó el 24 de noviembre con una mezcla de propanil, quinclorac y clomazone (Propanil 2,5 l/ha, Facet SC 1,6 l/ha y Cibelcol 0,85 l/ha).

Al inicio de elongamiento de entrenudos (30 de diciembre) se extrajeron dos muestras de plantas de 0,3 m por parcela. Estas fueron lavadas, secadas en estufa a 60°C, registrado su peso, molidas y enviadas al Laboratorio de suelos de INIA La Estanzuela a los efectos de la determinación del contenido de N vegetal. De la multiplicación de la materia seca y del %N se obtuvo el N absorbido al estado de inicio de elongamiento de entrenudos.

Se registraron además la lectura de SPAD, rendimiento en grano, componentes del mismo, % de esterilidad de granos y altura de plantas a la cosecha. La lectura de SPAD se realizó en 10 tomas de la hoja bandera al 50% de floración. Para rendimiento en grano se cosechó un área útil de 8,15 m<sup>2</sup> en donde se extrajo una muestra para la determinación de humedad de grano corrigiendo a 13% de humedad. Los componentes del rendimiento se extrajeron de dos muestreos al azar en cada parcela de 0,30 m por 0,17 m y antes de la cosecha se registró la altura en 8 plantas al azar en cada parcela. El % de esterilidad de granos resultó de la relación entre los granos vacíos y totales/panoja multiplicados por 100.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos fueron analizados en 2 formas: por un lado considerando los 12 tratamientos que constituyen el factorial fuentes x dosis x épocas de aplicación (1) y por otro considerando la inclusión de los 2 tratamientos adicionales (2).

### Análisis como factorial

Los resultados del análisis de varianza de los registros de materia seca, el contenido de N vegetal, N absorbido y eficiencia de aplicación de N (EAN) al inicio del elongamiento de entrenudos se muestran en el cuadro 3. Se obtuvieron efectos altamente significativos para los 4 registros mencionados por efecto de la dosis de N, interacción significativa entre fuentes y dosis de N para el contenido de N, interacción entre dosis de N y momentos de aplicación de los tratamientos en el contenido de N vegetal (Figuras 1 y 2), y tendencia significativa al 10,7% para el N absorbido (Figura 3). En las figuras 1 y 3 se observan registros algo inferiores con la verde urea respecto a la urea común tanto en el contenido como en el N absorbido en la dosis de 23 kg/ha de N, pero en la dosis de 46 kg/ha es superior. En la figura 2 la verde urea presenta el contenido de N mayor a la urea común en los 10 y 5 días antes de la inundación mientras que 1 día antes es levemente superior, pero siempre superiores a la urea común. Se produjo más MS con la mayor dosis de aplicación de N (3.109 vs 2472 kg/ha). También existieron tendencias significativas al 7,1% por efecto de los momentos de aplicación del N en donde se registró reducción en el contenido en referencia a la disminución de los días antes de la inundación (2,82, 2,71 y 2,59% para 10, 5 y 1 día antes de la inundación). Respecto a la EAN los resultados para esta variable de acuerdo a las dosis de N fueron los siguientes: 4,9% vs 63,8% para 23 y 46 kg/ha de N y tendencias significativas al 12% para la interacción entre fuentes de urea y dosis de N (Cuadro 4). El valor negativo es consecuencia de que el N absorbido en el tratamiento 14 considerado como testigo tiene registros por encima de algunos tratamientos con aplicación de N (Cuadro 8). A pesar de que el resultado de esta variable no tiene una alta significación y con un CV alto, resulta interesante la eficiencia de la verde urea en la dosis alta.

Cuadro 3. Resultados estadísticos del análisis factorial de características determinadas al inicio de elongamiento de entrenudos (probabilidad).

Causa de variación	MS (kg/ha)	%N	N absorbido (kg/ha)	EAN (*)
Bloque	ns	0,067	ns	ns
Fuente N (F)	ns	ns	ns	ns
Dosis N (D)	0,001	0,000	0,000	0,004
F X D	ns	0,043	0,107	0,118
Días antes in. (Dai)	ns	0,071	ns	ns
F X Dai	ns	ns	ns	ns
D X Dai	ns	0,079	ns	0,130
F X D X Dai	ns	ns	ns	ns
Promedio	2794	2,706	76,68	34,35
CV (%)	18,02	8,31	24,50	163,02

(\*) EAN: Eficiencia de aplicación de N

Cuadro 4. Tendencia de la interacción en los registros de eficiencia del N aplicado (%) (EAN)\* por las dos fuentes.

Fuente/Dosis de N	23N	46N
Urea común	20,0	48,5
Verde urea	-10,2	79,1

\* (EAN)= (Nabs en trt "x" – Nabs en trt 14)\*100/ N  
(aplicado en "x").

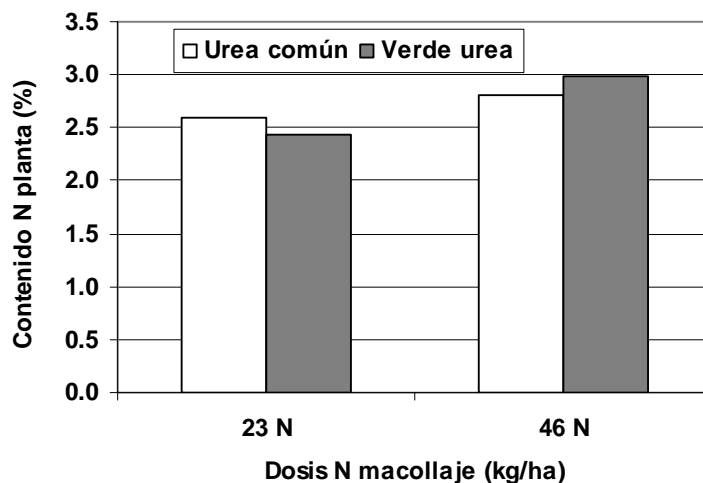


Figura 1. Interacción entre dosis de N y fuentes de urea en el contenido de N al inicio de elongamiento de entrenudos.

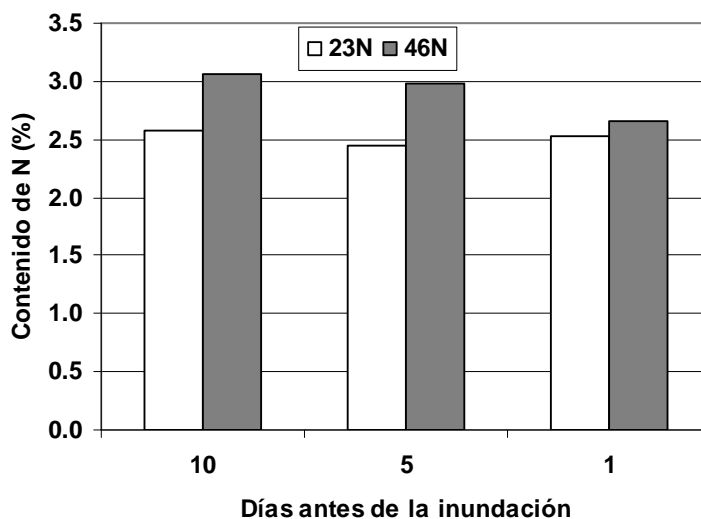


Figura 2. Interacción entre dosis de N y momento de aplicación de los tratamientos en el contenido de N al inicio de elongamiento de entrenudos.

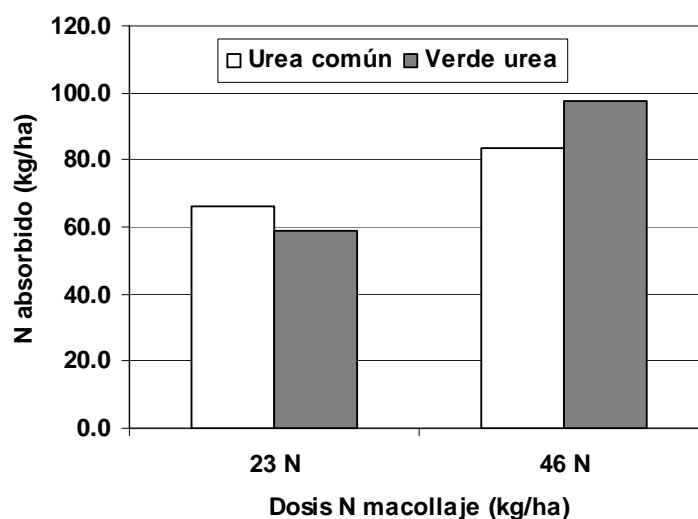


Figura 3. Interacción significativa al 10,7% entre dosis de N y fuente de urea en N absorbido al inicio de elongamiento de entrenudos.

Se consideró el inicio de la etapa reproductiva como el momento principal de evaluación del experimento. Sin ser el objetivo más importante de trabajo, se analizó el rendimiento y sus componentes. Se debe resaltar que en la mayoría de los tratamientos del ensayo no se realizó la segunda cobertura nitrogenada, pues se consideró que su aplicación podría enmascarar posibles efectos producidos por los tratamientos de macollaje.

Como se observa en el cuadro 5 el rendimiento no se vio afectado por los efectos simples ni las interacciones. El número de panojas fue afectado por efecto de las dosis de N siendo el registro de 751 y 687 panojas/m<sup>2</sup> con 23 y 46 kg/ha de N respectivamente. Para los granos llenos/panoja (Figura 4) se encontró interacción significativa entre fuentes de urea y días antes de la inundación en donde la verde urea entre los tratamientos de 10 y 5 días antes fue superior cambiando el comportamiento en el tratamiento de 1 día antes de la inundación. En los granos vacíos/panoja se

obtuvo interacción significativa al 6% para fuentes de urea y dosis de N y tendencia significativa al 10% para los momentos de aplicación de los tratamientos antes de la inundación. Según se muestra en la figura 5 la verde urea tiene registros inferiores en la menor dosis y mayores con la dosis alta. En los granos totales se obtuvo tendencia significativa al 8,6% para los efectos de la fuente y los días antes de la inundación. Se observa que en los momentos de aplicación antes de la inundación de los 10 y 5 días hay una tendencia de la verde urea a tener registros superiores a la urea común mientras que en el tratamiento de 1 día antes esta última fuente es superior (Figura 6). El peso de mil granos fue afectado por la interacción entre fuentes y dosis de N observándose en la figura 7 que la urea común muestra registros bastante similares con las 2 dosis mientras que los correspondientes a la verde urea son bajos con la dosis de 23 kg/ha de N y aumentan con la dosis de 46 kg/ha de N.

Cuadro 5. Resultados estadísticos del análisis factorial en rendimiento en grano y componentes (probabilidad).

Causa	Rend	Pan/m <sup>2</sup>	ll/pan	vac/pan	tot/pan	Pmg
Bloque	0,000	ns	0,000	ns	ns	0,056
A (Fuente)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B (Dosis)	ns	0,097	ns	ns	ns	ns
A X B	ns	ns	ns	0,059	nn	0,046
C (Dai)	ns	ns	ns	0,105	ns	ns
A X C	ns	ns	0,017	ns	0,086	ns
B X C	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A X B C	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Promedio	8797	719	62	15	78	27,25
CV (%)	8,55	15,27	18,69	23,88	17,03	2,95

ns: no significativo, Dai: días antes de la inundación, Rend: rendimiento en grano, Pan/m<sup>2</sup>: panojas por metro cuadrado, ll/pan: N° de granos llenos por panoja, vac/pan: N° de granos vacíos por panoja, tot/pan: N° de granos de granos totales por panoja, Pmg: Peso de mil granos

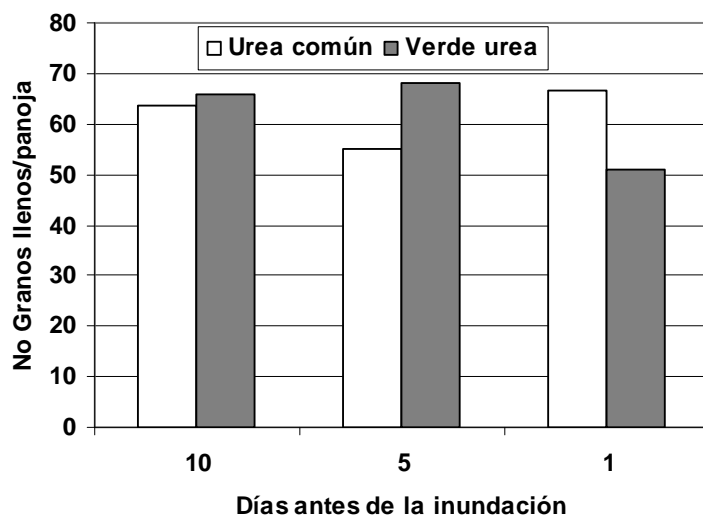


Figura 4. Interacción entre las fuentes de urea y los días de aplicación de los tratamientos antes de la inundación en el número de granos llenos por panoja.

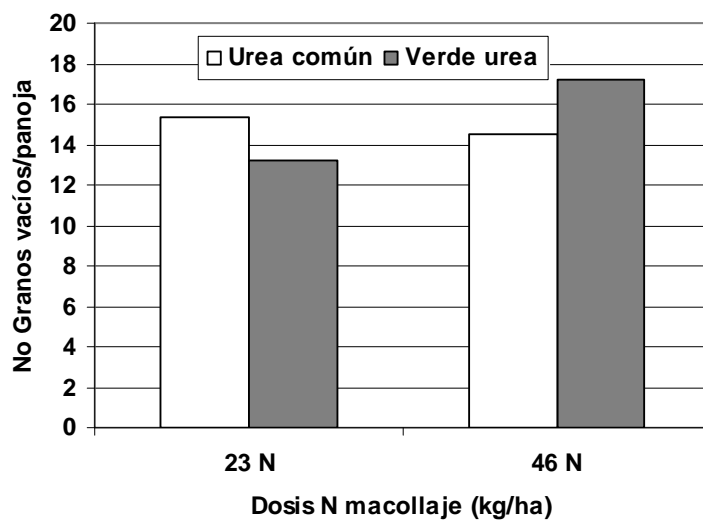


Figura 5. Interacción entre fuentes de urea y dosis de N al macollaje en el número de granos vacíos por panoja.

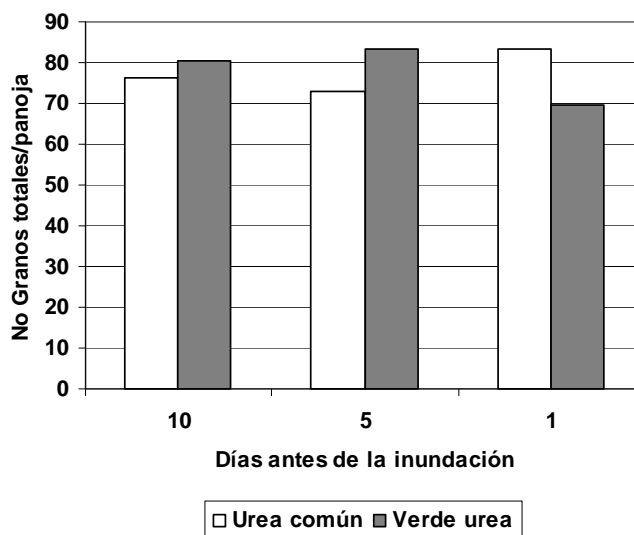


Figura 6. Tendencias de la Interacción entre fuentes de urea y días antes de aplicación de los tratamientos en el número de granos totales por panoja.

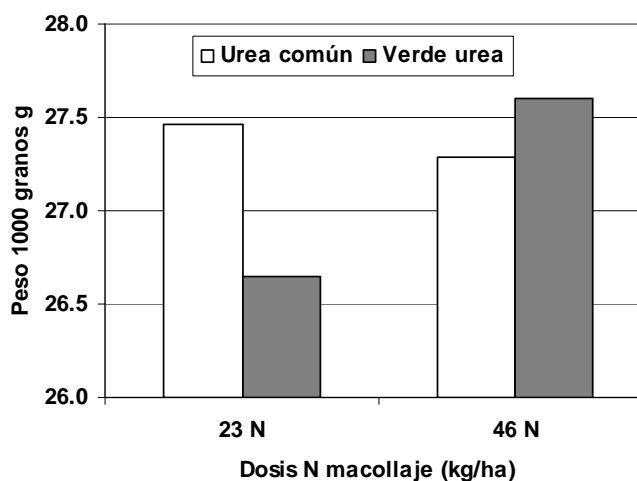


Figura 7. Interacción entre dosis de N y fuentes de urea para el peso de mil granos.

Las lecturas con el SPAD no fueron afectadas por los efectos simples o interacciones de fuentes, dosis o período de tiempo antes de la inundación. La altura de plantas a la cosecha tuvo efecto simple de la dosis de N siendo de 0,90 y 0,92 m para las dosis de 23 y 46 kg/ha de N respectivamente.

#### Análisis del ensayo en tratamientos en bloques al azar

En este análisis se obtuvo diferencias significativas para el contenido de nitrógeno ( $p=0,001$ ), materia seca de plantas (0,061) y N absorbido (0,015) al inicio de la etapa reproductiva

Para el contenido de nitrógeno los tratamientos 4 y 8 con 23 y 46 kg/ha de N con verde urea a los 10 y 5 días previos a la inundación tuvieron los registros más altos y diferentes a los tratamientos 5, 6, 9 y 10 (urea común y verde), aplicados 5 y 1 día antes de la inundación respectivamente y el 2 (verde urea aplicados 10 días

antes) (Cuadro 6). La materia seca de plantas no registró diferencias entre las medias según el test de Tukey (Cuadro 7). El nitrógeno absorbido muestra los valores más altos en los tratamientos 8 y 4 al igual que el contenido de nitrógeno y diferente a los tratamientos 2 y 6 con verde urea de 23 kg/ha con aplicación de la misma a los 10 y 5 días previos (Cuadro 8). En tales resultados se debe destacar el buen aporte de N por parte del suelo reflejado en los valores obtenidos en el tratamiento 14, donde no se aplicó cobertura nitrogenada al macollaje.

El rendimiento en grano y componentes del mismo no fueron afectados por los tratamientos (Cuadro 9). Sólo el número de granos vacíos por panoja fue significativamente afectado al 4,8% en donde el tratamiento 13 con las 2 coberturas de urea común presenta el valor más alto diferente a los tratamientos 11 (urea común, 46 kg/ha de N y 1 día antes de inundación) y 2 (verde urea, 23 kg/ha de N y 10 días antes) (Cuadro 10).

**Cuadro 6. Resultados en el contenido de N en plantas al inicio de elongamiento de entrenudos ordenados decreciente**

Tratamientos	Contenido de N (%)
4	3,24 a (*)
8	3,01 ab
7	2,94 abc
3	2,88 abc
12	2,1 abc
1	2,71 abc
14	2,69 abc
13	2,63 abc
11	2,60 abc
5	2,58 bc
10	2,58 bc
9	2,47 bc
2	2,43 bc
6	2,31 c
Promedio	2,70
CV (%)	7,88
Tukey (0,05)	0,64

(\*) Los valores seguidos por la (s) misma (s) no difieren estadísticamente según el test de Tukey al 5%.

**Cuadro 7. Resultados en la materia seca en plantas al inicio de elongamiento de entrenudos ordenados decreciente**

Tratamientos	Materia seca (kg/ha)
8	3596 a (*)
4	3087 a
12	3061 a
3	3039 a
7	2964 a
11	2907 a
9	2784 a
10	2670 a
13	2544 a
1	2534 a
5	2368 a
6	2285 a
14	2285 a
2	2229 a
Promedio	2739
CV (%)	17,51
Tukey (0,05)	1282

(\*) Los valores seguidos por la (s) misma (s) no difieren estadísticamente según el test de Tukey al 5%.

**Cuadro 8. Resultados en el N absorbido en plantas al inicio de elongamiento de entrenudos ordenados decreciente**

Tratamientos	N absorbido (kg/ha)
8	109,28 a (*)
4	100,83 ab
7	87,83 ab
3	87,47 ab
12	83,36 ab
11	75,99 ab
10	70,03 ab
9	68,55 ab
1	68,19 ab
13	66,57 ab
14	61,45 ab
5	61,37 ab
2	54,56 b
6	52,72 b
Promedio	74,87
CV (%)	23,69
Tukey (0,05)	46,54

(\*) Los valores seguidos por la (s) misma (s) no difieren estadísticamente según el test de Tukey al 5%.

**Cuadro 9. Resultados en rendimiento en grano, ordenados decreciente**

Tratamientos	N° de granos vacíos/panoja
14	9375 (ns)
13	9349
5	9270
8	9228
3	9106
10	9035
1	8892
2	8688
11	8674
6	8665
12	8623
4	8469
7	8462
9	8455
Promedio	8878
CV (%)	8,86
Tukey (0,05)	2376

(ns) = no significativo

**Cuadro 10. Resultados en el número de granos vacíos por panoja ordenados decreciente**

Tratamientos	N° de granos vacíos/panoja
13	24 a (*)
10	19 ab
9	18 ab
12	18 ab
8	17 ab
6	15 ab
1	15 ab
4	15 ab
3	14 ab
14	14 ab
5	14 ab
7	13 ab
11	12 b
2	11 b
Promedio	16
CV (%)	24,72
Tukey (0,05)	12

(\*) Los valores seguidos por la (s) misma (s) no difieren estadísticamente según el test de Tukey al 5%.

### CONSIDERACIONES GENERALES

De acuerdo a los parámetros estudiados del contenido de nitrógeno y N absorbido al inicio de la etapa reproductiva se encontró pocas diferencias entre las dos fuentes de urea en la dosis menor de cobertura de N al macollaje, acentuándose las diferencias con la cobertura más alta a favor de la verde urea. Las condiciones de escasas precipitaciones en el periodo de aplicación de los tratamientos en la actual zafra pueden haber incidido en los resultados a diferencia de los encontrados en el año anterior en el cual el periodo de aplicación de los tratamientos fue con mayor humedad del suelo. Resultaría interesante continuar los trabajos incluyendo en la evaluación dosis mayores que las utilizadas en los años anteriores, dada la mayor eficiencia de aplicación sugerida en la interacción detectada. Esto puede ser ventajoso para aquellos productores que aplican dosis más altas de N al macollaje que las utilizadas en esta evaluación, evitando algunos de ellos la segunda aplicación por avión o porque aplican solamente fósforo previo a la siembra.

### AGRADECIMIENTOS

Al capataz de la Sección Sr. Gustavo Crossa y al asistente Beto Sosa por la conducción del ensayo.



## DETERMINACIÓN DEL MOMENTO ÓPTIMO DE APLICACIÓN DE LA COBERTURA NITROGENADA EN LA ETAPA REPRODUCTIVA PARA INIA OLIMAR Y EL PASO 144

R. Méndez<sup>1/</sup>, E. Deambrosi<sup>1/</sup>, J. Castillo<sup>1/</sup>

### INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la información experimental la mayor eficiencia de uso del nitrógeno (N) se obtiene aplicando el nutriente en forma dividida tanto en trabajos con la variedad Bluebelle (Ferrés y Píriz, 1989) como en ensayos más recientes (Deambrosi et al., 2010). En la zona Este, y a nivel comercial, con la variedad INIA Olimar no se han obtenido rendimientos similares a El Paso 144. Esto no ocurre a nivel de ensayos realizados con dicha variedad (Deambrosi et al., 2010). Una de las probables causas es de que la cobertura de urea en la etapa reproductiva no se realice en el momento adecuado al ser una variedad de ciclo diferente. Existe información respecto de las coberturas nitrogenadas para El Paso 144 e INIA Tacuarí en la Serie Técnica N° 179 (Méndez y Deambrosi, 2009) sobre los momentos más adecuados de aplicación de urea en la etapa reproductiva de estas variedades. El objetivo del presente experimento es determinar el momento óptimo de la cobertura nitrogenada en la etapa reproductiva de INIA Olimar tomando la performance de El Paso 144

como referencia repitiendo lo realizado en la zafra anterior.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue instalado en la Unidad Experimental del Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres con las variedades INIA Olimar y El Paso 144. El diseño experimental fue parcelas divididas en bloques al azar con 4 repeticiones. La parcela mayor fue la variedad y la menor 5 momentos sucesivos de aplicación de 50 kg/ha de urea cada 5 días (excepto el tratamiento 2, que fue de 6 días) y 1 testigo sin N, a partir del inicio del elongamiento de entrenudos (cuadro 1). El comienzo de la elongación fue muy similar entre las 2 variedades pero el primordio ocurrió el 07/01 para INIA Olimar y el 17/01 para El Paso 144.

En forma previa, se efectuó un muestreo de suelos en los 3 bloques del ensayo cuyos resultados se observan en el cuadro 2.

Cuadro 1. Tratamientos, momentos y fecha de aplicación de N.

Tratamiento	Momento aplicación N	Fecha aplicación
1	Inicio EE	27/12/2010
2	6 días después T1	02/01/2011
3	11 días después T1	07/01
4	16 días después T1	12/01
5	21 días después T1	17/01
6	Testigo sin N etapa reproductiva	

EE: Elongamiento Entrenudos

Cuadro 2. Resultados del análisis químico de suelos del ensayo.

Bloque	pH (H <sub>2</sub> O)	C. Org. %	P (Bray I) ppm	P (Cítrico) ppm	K meq/100g
I	5,2	1,36	4,3	-	0,28
II	5,2	1,30	3,7	5,4	0,22
III	5,2	1,26	3,3	-	0,21
IV	5,3	1,34	4,8	-	0,25

La siembra se realizó el 08/10 con 153 kg/ha de semilla para INIA Olimar y 150 kg/ha para El Paso 144. En este momento se fertilizó con 100 kg/ha de fosfato de amonio. Se realizó un baño de emergencia el 25/10. Al macollaje se aplicaron 40 kg/ha de urea el 26/11 a todo el ensayo.

El control de malezas se efectuó el 24/11 con una mezcla de propanil, quinclorac y clomazone (Propanil 2,5 l/ha, Facet SC 1,6 l/ha y Cibelcol 0,85 l/ha).

Las determinaciones realizadas fueron: al 50% floración, materia seca, contenido y absorción de N. A la cosecha se registraron rendimiento en grano y componentes del mismo. El 50% de floración ocurrió del 06 al 10/02 para INIA Olimar y del 16 al 19/02 para El Paso 144.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 3 se presentan los resultados de las características evaluadas al 50% de floración. De las 3 variables sólo se encontró efecto significativo en la materia seca, contenido y absorción de N por efecto de la variedad cuyos promedios se muestran en el cuadro 4 presentando la variedad El Paso 144 los registros mayores. Los tratamientos no afectaron las 3 variables y tampoco se obtuvo interacción entre las mismas.

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

Cuadro 3. Probabilidades encontradas en el análisis de la materia seca, contenido y absorción de N considerando las 2 variedades.

F. Variación	Materia seca	Contenido de N	N absorbido
Variedad (1)	0,005	0,013	0,005
Tratamiento (2)	ns	ns	ns
1*2	ns	ns	ns
Promedio	17590	1,231	216,81
C.V. %	13,27	8,01	15,89

Cuadro 4. Resultados en los promedios de las características significativas por efecto de la variedad.

Variedad	Materia seca (kg/ha)	Contenido de N	N absorbido
El Paso 144	18924	1,243	235,20
INIA Olimar	16256	1,219	198,42

El rendimiento, las panojas/m<sup>2</sup> y el peso de mil granos fueron afectados por la variedad. El rendimiento fue favorable a INIA Olimar el cual fue de 10806 kg/ha frente a 9991 kg/ha para El Paso 144. Los tratamientos tuvieron tendencia significativa al 10,6% en el rendimiento (cuadro 5). Esto se muestra en la figura 1 y coincide con condiciones climáticas adversas de baja luminosidad y vientos fuertes en los momentos de aplicación de los tratamientos 2 y 4 en los cuales los rendimientos fueron menores. Se obtuvo interacción entre variedad y tratamientos para el número de panojas/m<sup>2</sup> (Figura 3). Esto puede estar explicado por la

diferencia en ciclo de las variedades ya que INIA Olimar al tener un ciclo más corto puede necesitar el N mas cercano al inicio del elongamiento de entrenudos como puede observarse en los tratamientos 1 y 2. En cambio El Paso 144 con un periodo reproductivo más largo los efectos del N se manifiestan atrasando la aplicación del nutriente. Estos dos resultados anteriores confirman los resultados publicados en la Serie Técnica N° 179 (Méndez y Deambrosi, 2009) donde la variedad más precoz fue más sensible al atraso de la aplicación de la cobertura de urea.

Cuadro 5. Probabilidades encontradas en el análisis del rendimiento y componentes del mismo considerando las 2 variedades.

F. V.	Rend.	Pan./m <sup>2</sup>	G.LI./pan.	G.V. /pan.	G.T./pan.	Pmg
V. (1)	0,007	0,065	ns	ns	ns	0,014
T. (2)	0,106	ns	ns	ns	ns	0,032
1*2	ns	0,022	ns	ns	ns	0,008
Prom.	10398	594	75	14	90	27,70
C.V.%	5,14	14,44	12,96	23,95	11,34	1,43

F. V.: Fuentes de Variación, V.: variedad, T.: tratamiento, Prom.: Promedio, Rend: rendimiento, Pan./m<sup>2</sup>: Panojas por metro cuadrado, G.LI./pan.: granos llenos por panoja, G.V./pan.: granos vacíos por panoja, G.T./pan.: granos totales por panoja, Pmg: peso de mil granos.

La interacción entre variedad y tratamientos encontrada para el peso de mil granos puede estar explicada por la capacidad generada (granos llenos/m<sup>2</sup>) de los tratamientos 2 y 3 (Cuadro 6 y Figura 2) en donde, la variedad El Paso 144, al tener valores mayores el peso de mil granos es menor. Los granos llenos/m<sup>2</sup> resultan de la multiplicación del número de panojas/m<sup>2</sup> y el número de granos llenos/panoja.

Cuadro 6. Numero de granos llenos/m<sup>2</sup> por variedad y tratamiento

Tratamientos	INIA Olimar	El Paso 144
1	58142	37198
2	53897	40904
3	52979	42375
4	44793	37932
5	42023	35092
6	48562	40936

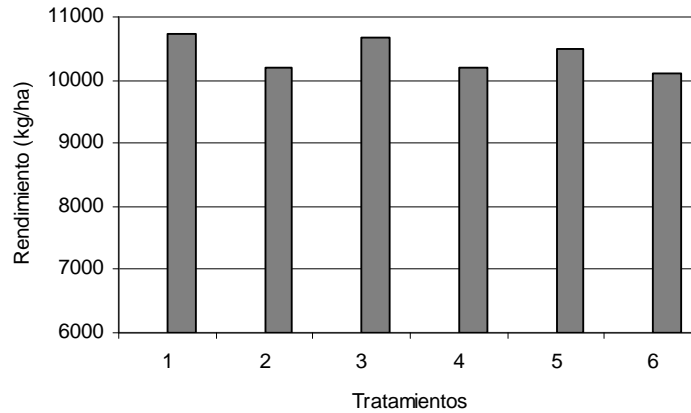


Figura 1. Efecto de la tendencia significativa por efecto de los tratamientos sobre rendimiento en grano (promedio de las 2 variedades).

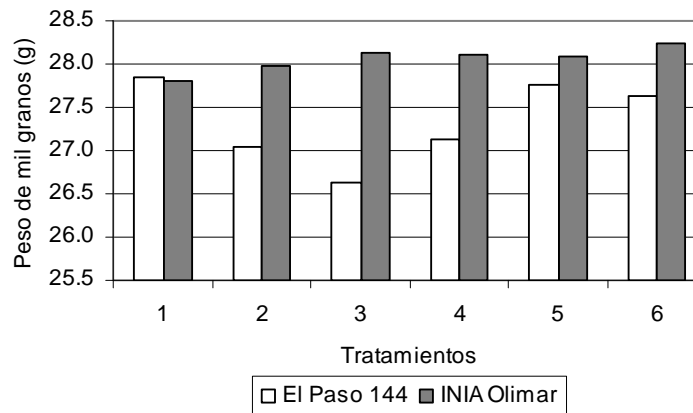


Figura 2. Efecto de la interacción entre variedad y tratamientos para el peso de mil granos.

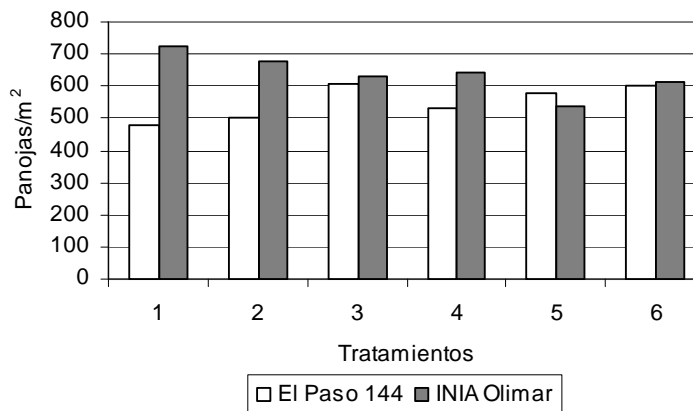


Figura 3. Efecto de la interacción entre variedad y tratamientos en el número de panojas/m<sup>2</sup>.

Se efectuó un segundo análisis dentro de cada variedad estudiando la incidencia de los tratamientos tanto en las evaluaciones realizadas al 50% de floración, rendimiento en grano y componentes del mismo (Cuadros 7, 8, 9 y 10).

Para la variedad INIA Olimar no se encontraron efectos significativos para las variables registradas en el 50% de floración (Cuadro 7). El rendimiento no se vio

afectado y hubo tendencia significativa al 9,7% para el n° de panojas/m<sup>2</sup> y al 10% para el número total de granos por panocha (Cuadro 8). La tendencia en el número de panojas puede estar explicada por lo comentado anteriormente sobre las mayores necesidades de aplicaciones de N mas tempranas sobre el inicio del elongamiento de entrenudos para esta variedad más precoz (Figura 4).

Cuadro 7. Probabilidades encontradas en el análisis, de la materia seca, contenido y absorción de N considerando la variedad INIA Olimar.

F. Variación	Materia seca	Contenido de N	N absorbido
Tratamiento	ns	ns	ns
No aditividad	ns	ns	ns
Promedio	16256	1,219	198,42
C.V. %	11,41	7,21	13,85

F. Variación: Fuentes de Variación

Cuadro 8. Probabilidades encontradas en el análisis, del rendimiento y componentes del mismo considerando la variedad INIA Olimar.

F. V.	Rend	Pan./m <sup>2</sup>	G.LI./pan.	G.V./pan.	G.T./pan.	Pmg
Trat.	ns	0,097	ns	ns	0,100	ns
N ad.	ns	ns	ns	ns	0,083	ns
Prom.	10806	637	78	14	93	28,06
C.V.%	4,72	12,99	8,46	19,30	7,41	1,10

F. V.: Fuentes de Variación, Trat.: tratamiento, N ad.: No aditividad, Prom.: Promedio, Rend: rendimiento, Pan. /m<sup>2</sup>: Panojas por metro cuadrado, G.LI. /pan.: granos llenos por panoja, G.V./pan.: granos vacíos por panoja, G.T./pan.: granos totales por panoja, Pmg: peso de mil granos.

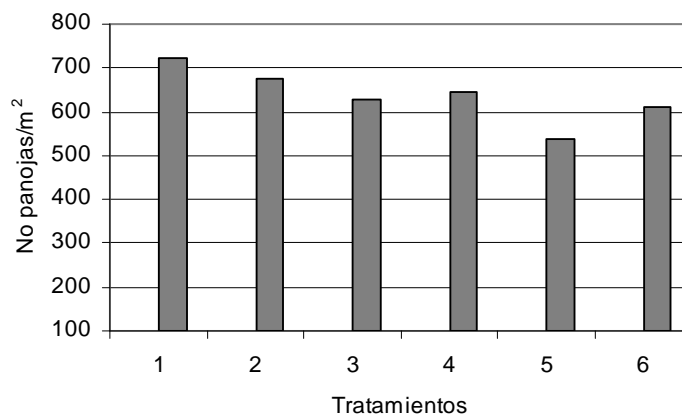


Figura 4. Tendencia del efecto de los tratamientos en el N<sup>o</sup> de panojas/m<sup>2</sup> para la variedad INIA Olimar

Para la variedad El Paso 144 tampoco se encontraron efectos de los tratamientos para las variables medidas en la floración (Cuadro 9). En el cuadro 10 se observa efecto de los tratamientos en el peso de mil granos lo

que puede explicarse por lo establecido anteriormente en donde los tratamientos 2 y 3 al haber formado mayor número de granos llenos/m<sup>2</sup> posiblemente tuvieron un peso de grano menor (Figura 5).

Cuadro 9. Probabilidades encontradas en el análisis de la materia seca, contenido y absorción de N al 50% de floración considerando la variedad El Paso 144.

F. Variación	Materia seca	Contenido de N	N absorbido
Tratamiento	ns	ns	ns
No aditividad	ns	ns	ns
Promedio	18924	1,243	235,20
C.V. %	14,43	8,70	17,10

Cuadro 10. Probabilidades encontradas en el análisis, del rendimiento y componentes del mismo considerando la variedad El Paso 144.

F. V.	Rend	Pan./m <sup>2</sup>	G.LI./pan.	G.V./pan.	G.T./pan.	Pmg
Trat.	ns	ns	ns	ns	ns	0,011
N ad.	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Prom.	9991	550	72	14	86	27,34
C.V.%	5,58	16,11	16,76	28,04	14,60	1,70

F. V.: Fuentes de Variación, Trat.: tratamiento, N ad.: No aditividad, Prom.: Promedio, Rend: rendimiento, Pan. /m<sup>2</sup>: Panojas por metro cuadrado, G.LI. /pan.: granos llenos por panoja, G.V. /pan.: granos vacíos por panoja, G.T. /pan.: granos totales por panoja, Pmg: peso de mil granos.

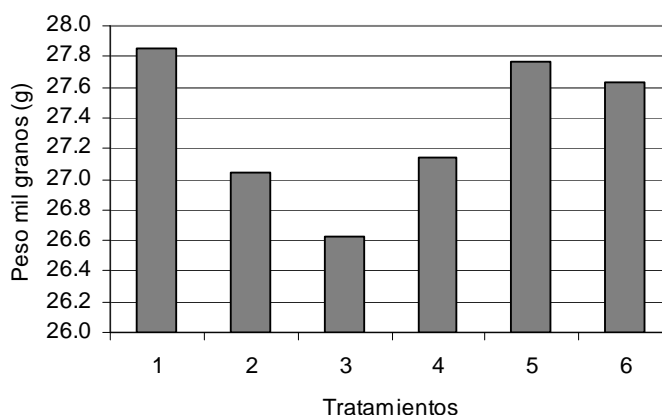


Figura 5. Efecto de los tratamientos en el peso de mil granos en la variedad El Paso 144.

### CONSIDERACIONES FINALES

Se confirman resultados encontrados anteriormente de que las aplicaciones de N en condiciones adversas como baja luminosidad y viento fuerte pueden afectar el rendimiento final.

De acuerdo a los resultados obtenidos la variedad INIA Olimar en el número de panojas/m<sup>2</sup> es más exigente en la realización de la segunda cobertura en el inicio del elongamiento de entrenudos con respecto a El Paso 144.

Si bien el rendimiento de INIA Olimar no fue afectado por los tratamientos el n° de panojas fue mayor con la aplicación de la segunda cobertura de urea en los 2 primeros tratamientos. En años en donde no se dispongan de buenas condiciones climáticas en los estados finales eso podrá tener incidencia en el resultado final.

### AGRADECIMIENTOS

Al capataz de la Sección Sr. Gustavo Crossa y al asistente Beto Sosa por la conducción del ensayo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ferrés, J. C.; Piriz, M. Respuesta del arroz (variedad Bluebelle) a fechas de aplicación y fraccionamiento de la fertilización nitrogenada en Planosol Ocre de la Unidad Río Branco. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 156 p.

Deambrosi, E.; Méndez, R.; Avila, S. 2010. Respuesta de cultivares de arroz de tipo indica a coberturas nitrogenadas em 4 épocas de siembra. INIA Treinta y Trés, Actividades de difusión No 611, Cap. 3, p. 57-76.

Méndez, R.; Deambrosi, E. 2009. Coberturas nitrogenadas para la producción de arroz. Parte I. Eficiencia de aplicación. Serie Técnica N° 179, INIA Treinta y Tres, 38 p.

RESPUESTA DEL ARROZ A LA INOCULACIÓN CON  
*Azospirillum* o *Herbaspirillum*

ZAFRA 2010-2011

Enrique Deambrosi<sup>1/</sup>, Ramón Méndez<sup>1/</sup>, Jesús Castillo, Sebastián Martínez<sup>1/</sup>

El objetivo del trabajo que se instaló por tercer año consecutivo, es evaluar los efectos de inoculación de semilla de arroz con *Azospirillum* o *Herbaspirillum*, en distintos niveles de fertilización nitrogenada.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

El 12 de octubre de 2010 se sembró la variedad El Paso 144, a razón de 490 semillas viables/m<sup>2</sup>, sobre un solod de textura franca (27% arena, 43% limo, 30% arcilla) perteneciente a la Unidad "La Charqueada".

En forma previa a la siembra, se extrajeron muestras de suelos en cada uno de los bloques del ensayo. En el cuadro 1 se presentan los resultados de sus análisis.

Cuadro 1. Análisis de suelos\*

Bloque	pH (H <sub>2</sub> O)	C.O %	P ppm Bray1	K meq/100g
I	5,3	1,47	6,4	0,26
II	5,2	1,59	7,1	0,30
III	5,2	1,35	6,5	0,26

\* Realizado en el laboratorio de Suelos, Plantas y Agua de INIA La Estanzuela

Todas las parcelas fueron fertilizadas a la siembra, con 100 kg/ha de fosfato de amonio (N<sub>18</sub> P<sub>46</sub>).

Se consideró un factorial completo 3x3, siendo los factores:

- a) inoculación de semilla: sin inóculo, ó inoculada con *Azospirillum* o *Herbaspirillum*;
- b) nivel de nitrógeno en cobertura (0, 23 y 46 kg/ha de N).

En las inoculaciones se utilizaron fuentes proporcionadas por la empresa Lage & Cía, "Graminsoil-L" (*Azospirillum*) y "EndoRice", (*Herbaspirillum*) a razón de 1200 cc para ambos productos, con el agregado de 250 cc de Bioprotector L-23, cada 100 kg de semilla.

Se utilizó urea como fuente de nitrógeno para realizar las aplicaciones en cobertura.

Se usó el diseño de bloques completos al azar, con 3 repeticiones. El tamaño de parcelas utilizado fue el resultante de pasar 2 veces una sembradora de 9 hileras separadas 0,17 m entre sí, en un largo de 8,1 m (24,79 m<sup>2</sup>). Cada parcela fue aislada de sus vecinas, mediante la construcción de tapias por los 4 frentes, de

manera de poder realizar un riego independiente, para evitar posibles traslados de los organismos entre ellas.

Junto a los 9 tratamientos resultantes de la combinación de los 2 factores mencionados, se incluyó un testigo sin inoculación de semilla que recibió una dosis nitrogenada mayor (150 kg/ha de urea en cobertura).

En el cuadro 2 se presentan los tratamientos utilizados.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados

Trat. N°	Inoculación	Coberturas N*		N total kg/ha
		mac	EE	
1	Sin	0	0	18
2	<i>Azospirillum</i>	0	0	18
3	<i>Herbaspirillum</i>	0	0	18
4	Sin	23	23	64
5	<i>Azospirillum</i>	23	23	64
6	<i>Herbaspirillum</i>	23	23	64
7	Sin	11,5	11,5	41
8	<i>Azospirillum</i>	11,5	11,5	41
9	<i>Herbaspirillum</i>	11,5	11,5	41
10	Sin	34,5	34,5	87

\* mac= macollaje; EE= elongación de entrenudos

En referencia a los niveles de nitrógeno, se trató de evaluar un rango de cantidades de urea utilizadas habitualmente por los productores de arroz de la región, dividiendo el suministro 50% al macollaje y el resto previo a la formación del primordio floral. En los tratamientos 4, 5 y 6 se aplicaron 50 kg/ha de urea en cada etapa, y en los tratamientos 7, 8 y 9, 25 kg/ha respectivamente. En el caso del tratamiento 10, se aplicaron 75 kg/ha.

La fertilización de macollaje fue realizada sobre suelo drenado el 1 de diciembre de 2010 y la correspondiente a la elongación de entrenudos en agua el 3 de enero 2011.

Las malezas fueron controladas el 23 de noviembre, mediante la aplicación de una mezcla de tanque, compuesta por propanil, quinclorac y clomazone (Propanil 48 2,5 l/ha, Facet 1,5 l/ha, Cibelcol 0,85 l/ha).

En relación al manejo del agua, dada la falta de humedad en el suelo el 25 de octubre se dio un baño para favorecer la emergencia. Dos días después de la aplicación de herbicidas se regó el cultivo, manteniéndose el agua en las parcelas durante 4 días para controlar insectos presentes en el suelo. El cultivo fue inundado en forma definitiva un día después de realizada la primera cobertura de urea.

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

Asistente de investigación: Alexandra Ferreira



Al 50% de floración se realizaron estimaciones de la actividad clorofiliana en la última hoja desarrollada, mediante lecturas con un SPAD.

En forma previa a la cosecha se midió la altura de 6 plantas y se extrajeron 2 muestreos al azar de 0,3 m x 0,17 m por parcela, para realizar un análisis de componentes del rendimiento. Dos muestras adicionales de igual tamaño, fueron utilizadas para estimar el índice de cosecha (producción de grano / producción total de materia seca) y la absorción de N en paja y grano respectivamente. También se realizó una evaluación por apreciación visual de las enfermedades presentes.

Para la cosecha las parcelas fueron desbordadas en su largo mayor, cosechándose 6,6 m en los 5 surcos centrales de cada pasaje de sembradora (5x2x6,6x0,17) m<sup>2</sup>. La cantidad de grano cosechada fue pesada en el campo y se tomó una muestra para determinar su humedad. Posteriormente, se corrigió el peso obtenido en cada unidad a una base uniforme de 13% de humedad, para analizar los rendimientos obtenidos. A su vez, se utilizó parte de dicha muestra para realizar análisis de rendimiento y calidad industrial.

Para la evaluación de los resultados obtenidos en las distintas variables en estudio, se realizaron 2 tipos de análisis estadístico. En uno de ellos se utilizaron los 10 tratamientos presentados en el cuadro 2 con sus 3 repeticiones; en otro, se analizó como un factorial 3 x 3, (inoculación x nitrógeno) excluyendo el tratamiento 10.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos en el análisis estadístico del rendimiento y sus componentes en el primer tipo de análisis (considerando 10 tratamientos).

Cuadro 3. Rendimiento y sus componentes. Resultados de los análisis de varianza considerando 10 tratamientos\*

Fuente	Rend	pan	ll/p	v/p	t/p	PMG
Bloque	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Trat.	0,001	0,04	0,06	0,005	ns	ns
Media	9.487	614	79	19,8	99	27,38
C.V.%	7,4	10,3	10,8	29,1	9,2	2,1
no-adit	0,1	-	-	0,006	-	-

\* Trat= tratamientos; Rend= rendimiento; pan= panojas/m<sup>2</sup>; ll/p= granos llenos por panoja; v/p= granos vacíos por panoja; PMG= peso de mil granos; no-adit.= no aditividad

Con un rendimiento promedio de 9.487 kg/ha se encontraron diferencias muy significativas debidas a los tratamientos. En el Cuadro 4 se presentan los promedios obtenidos por tratamiento y la separación de medias de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidad. El máximo valor de cosecha correspondió a la mayor cobertura nitrogenada (trat. 10), seguido en forma decreciente por los 3 tratamientos que recibieron una aplicación de 50 kg/ha de urea al macollaje y 50 kg a la elongación de entrenudos (trat. 5,4,6). El tratamiento 5 inoculado con *Azospirillum* y fertilizado de dicha manera, rindió sólo 297 kg/ha menos que el

obtenido sin inocular pero al que se le aplicaron 50 kg más de urea por hectárea. El test de Tukey no encuentra diferencias estadísticamente significativas incluso entre la máxima cosecha y la obtenida con el trt 3 inoculado con *Herbaspirillum* y que sólo recibió la fertilización basal. En una de las parcelas del testigo sin inocular y que no recibió cobertura nitrogenada, se observaron síntomas de "espiga erecta", que se vio reflejado en un rendimiento bastante menor que los obtenidos en las otras 2 repeticiones.

Cuadro 4. Rendimiento promedio de 10 tratamientos. ordenados en forma decreciente \*

Trat.	Inoculación	N tot	Rendimiento kg/ha
10	Sin	87	10.699 a
5	<i>Azospirillum</i>	64	10.402 ab
4	Sin	64	10.210 ab
6	<i>Herbaspirillum</i>	64	10.140 ab
8	<i>Azospirillum</i>	41	9.662 abc
9	<i>Herbaspirillum</i>	41	9.476 abc
3	<i>Herbaspirillum</i>	18	9.171 abc
7	Sin	41	8.815 abc
1	Sin	18	8.402 bc
2	<i>Azospirillum</i>	18	7.888 c

\*Valores seguidos por mismas letras no difieren en forma significativa según el test de Tukey al nivel de 5% de probabilidad

En relación a los componentes del rendimiento, se detectaron diferencias estadísticamente significativas en el número de panojas por unidad de superficie y en los números de granos llenos y vacíos por panoja (Cuadro 5). Llama la atención que el tratamiento inoculado con *Azospirillum* y que no recibió cobertura nitrogenada, presentó el menor número de panojas y el mayor de granos vacíos.

Cuadro 5. Número de panojas/m<sup>2</sup> y de granos llenos y vacíos por panoja de 10 tratamientos. Separación de medias\*

Tratamiento	pan/m <sup>2</sup>	llen/p	vac/p
1 Sin I N18	539 ab	76.9 ab	17.0 b
2 Azos N18	503 b	61.3 b	36.5 a
3 Herb N18	569 ab	86.1 ab	14.5 b
4 Sin I N64	628 ab	77.7 ab	15.8 b
5 Azos N64	617 ab	87.6 a	20.1 ab
6 Herb N64	689 a	73.8 ab	16.5 b
7 Sin I N41	624 ab	82.2 ab	26.0 ab
8 Azos N41	660 ab	78.8 ab	16.8 b
9 Herb N41	673 ab	85.0 ab	16.5 b
10 Sin I N88	640 ab	80.6 ab	19.6 b
Tukey <sub>0,05</sub>	185	25.0	16.9

\*I= inocular; Azos= *Azospirillum*; Herb= *Herbaspirillum*; pan/m<sup>2</sup>= número de panojas por metro cuadrado; llen/p= número de granos llenos por panoja; vac/p= número de granos vacíos por panoja

En el cuadro 6 donde se presentan los resultados obtenidos en el análisis factorial 3x3, se reafirma que el factor principal de la determinación del rendimiento corresponde a las aplicaciones de nitrógeno. Además, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas debidas a los efectos de la inoculación ni de la interacción de ambos factores.

Cuadro 6. Rendimiento y sus componentes. Resultados de los análisis estadísticos del factorial 3x3 (Inoculación x N)\*

Fuente	Rend	pan	ll/p	v/p	t/p	PMG
Bloque	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Inoc.	ns	ns	ns	0,02	ns	ns
N	0,000	0,002	ns	ns	ns	ns
In. x N	ns	ns	0,03	0,008	0,09	ns
Media	9.352	611	78,8	19,9	99	27,4
C.V.%	7,8	10,6	11,3	30,1	9,4	2,1

\* Rend= rendimiento; pan= panojas/m<sup>2</sup>; ll/p= granos llenos por panoja; v/p= granos vacíos por panoja; PMG= peso de mil granos / Inoc.= inoculación; In. x N= interacción inoculación por nitrógeno

En la figura 1 se presenta en forma gráfica la respuesta obtenida por el agregado del nutriente, cuando no se inoculó la semilla (rango 18 a 87 kg/ha de N). En la misma se señalan además con símbolos los rendimientos reales obtenidos en las parcelas en los niveles de nitrógeno correspondientes (18/41/64 kg/ha), cuando la semilla fue o no inoculada con *Azospirillum* o *Herbaspirillum*. Se puede observar que cuando se aplicaron las menores dosis de nitrógeno, existió un mayor rango de variación, mientras que en general la dispersión en referencia a la tendencia de respuesta a nitrógeno de los "sin inocular" es menor cuando se incrementó la cobertura.

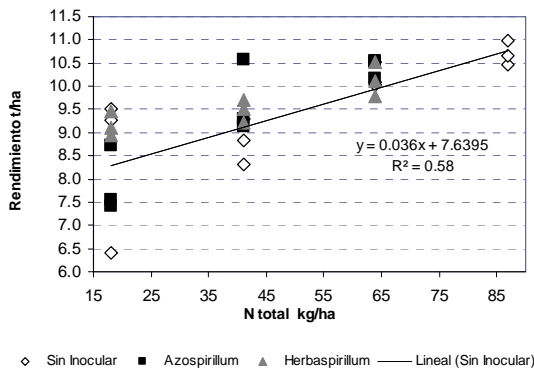


Figura 1. Respuesta del arroz a la aplicación de nitrógeno en el rango de 18 a 87 kg/ha, cuando la semilla no fue inoculada ( $y = 0,036x + 7,6395$   $R^2 = 0,58$ \*). Los símbolos representan los valores reales de rendimientos obtenidos en los respectivos niveles de N cuando la semilla fue o no inoculada

En el análisis factorial de los componentes del rendimiento (Cuadro 6), se puede observar que el número de panojas sólo varió de acuerdo al N aplicado, mientras que se detectó interacción significativa de la inoculación de la semilla con el nitrógeno aplicado en los números de granos llenos y vacíos por panoja.

En la figura 2 se muestra el efecto general obtenido por la aplicación de nitrógeno (con y sin inocular la semilla) en la producción de panojas por unidad de superficie. En las figuras 3 y 4 respectivamente se presentan los efectos de interacción de los 2 factores en estudio en los registros obtenidos en los números de granos y vacíos por panoja. En ambos casos, parecería que el tratamiento correspondiente a semilla inoculada con

*Azospirillum* y que no recibió N en cobertura, fuera el principal responsable del diferente comportamiento detectado en estas variables.

En las figuras 5 y 6 se presentan los registros de temperaturas mínimas y de radiación solar en el período +/- 20 días de la fecha promedio de floración del cultivo en el experimento. Se puede observar en la primera de ellas, que coincidentemente con la época de floración se registraron temperaturas mínimas inferiores a 15°C (consideradas críticas en nuestro ambiente) en 5 de 6 días consecutivos. Ello podría ser una causa del alto porcentaje de esterilidad detectado (superior al 20%). Por el contrario, en la figura 6 se desprende que la disponibilidad de radiación solar en dicho período fue favorable para la expresión de una buena productividad.

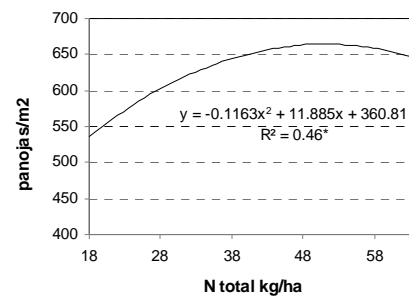


Figura 2. Efectos de la aplicación de nitrógeno en el número de panojas/m<sup>2</sup> (incluye parcelas con y sin inoculación)

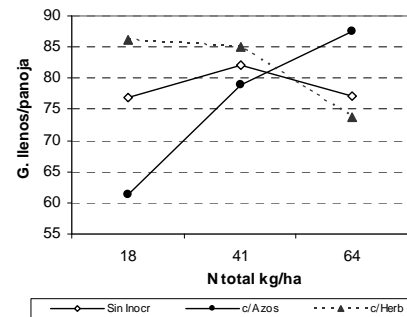


Figura 3. Efectos de la aplicación de nitrógeno en el número de granos llenos por panoja

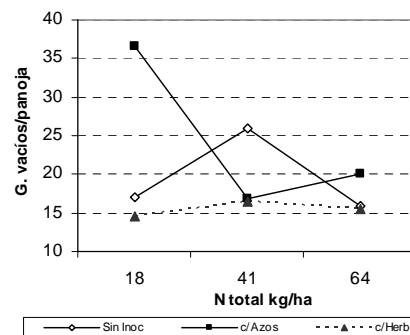


Figura 4. Efectos de la aplicación de nitrógeno en el número de granos vacíos por panoja

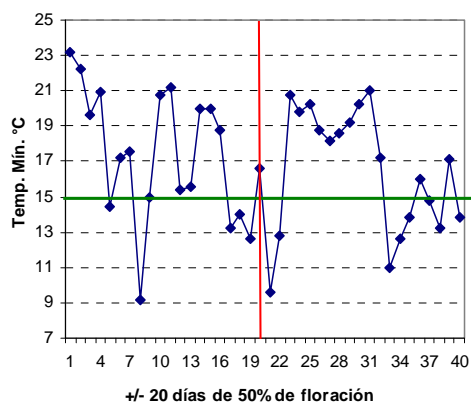


Figura 5. Temperaturas mínimas registradas en el período +/-20 días respecto a la fecha donde ocurrió el 50% de floración

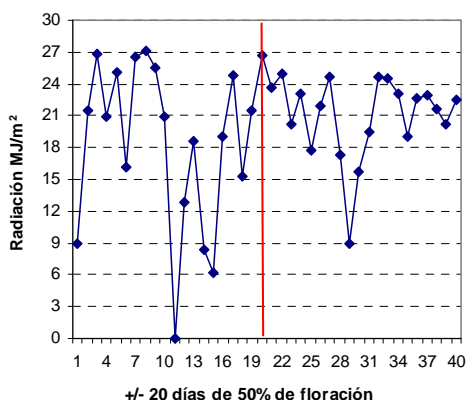


Figura 6. Radiación solar registrada en el período +/-20 días respecto a la fecha donde ocurrió el 50% de floración

En los cuadros 7 (10 tratamientos) y 8 (factorial 3x3) se presentan resultados obtenidos en los análisis de otras variables, de acuerdo a los registros tomados al inicio de floración (lecturas con SPAD) y en forma previa a la cosecha (producciones de materia seca, contenidos y absorciones de N en paja y en grano).

Tal como se hizo en el cuadro 3, cuando se consideran los 10 tratamientos en los resultados de los análisis de varianzas, se incluye la no-aditividad de efectos de bloques y tratamientos como fuente de variación. En 6 de las variables presentadas en el cuadro 7 se encontraron probabilidades de significación  $\leq 0,10$  de este factor. Ello podría en parte incidir en la no detección de efectos significativos en esos registros debido a los factores en estudio. No se encontraron diferencias en las estimaciones de la actividad clorofiliana a la floración (lecturas con SPAD), ni en la altura de las plantas. Como era de esperar de acuerdo a los resultados de cosecha, sí se encontraron diferencias debido a los tratamientos en la producción de materia seca en grano y en la cantidad de N absorbido (probabilidades:  $p=0,001$  y  $p=0,005$  respectivamente).

En el cuadro 8, donde se desdoblamos los efectos de los tratamientos en sus componentes N e inoculación de la semilla, se puede observar que ni la inoculación ni la interacción de los 2 factores tuvo incidencia en los resultados de ninguna de las 11 variables presentadas. Los efectos del N aplicado sobre la cantidad de nutriente absorbido, se presentan en la figura 7. En ella, al igual que en la figura 1, se muestra la tendencia lineal de respuesta de absorción ajustada según los registros obtenidos en los casos sin inocular en el rango de aplicación de 18 a 87 kg/ha de N (incluyendo el tratamiento 10). Los símbolos representan los valores reales obtenidos en todas las situaciones (con o sin inoculación).

Cuadro 7. Registros a comienzos de floración (SPAD) y cosecha. Resultados de los análisis de varianza considerando 10 tratamientos\*

Fuente	Spad floración	Alt	% N paja	% N grano	MS paja	MS grano	MS total	IC	N abs p	N abs g	N abs t
Bloque	ns	0,10	0,02	0,2	0,02	ns	0,02	0,04	0,004	ns	0,000
Trat.	ns	ns	0,08	ns	ns	0,001	0,02	ns	ns	0,005	ns
No adit.	0,02	0,02	ns	ns	0,004	0,10	ns	0,000	0,001	ns	ns
Media	34,6	0,86	0,95	1,09	7.995	8.253	16.249	0,51	76,1	90,0	166,1
C.V.:%	2,4	4,1	11,6	9,3	13,9	7,4	5,7	8,8	21,4	10,7	7,9

\* Alt= altura; MS= materia seca; IC= índice de cosecha; abs p= absorbido en paja; abs g= absorbido en grano; abs t= absorbido total; Trat= tratamientos; No adit.= no aditividad

Cuadro 8. Registros a comienzos de floración (SPAD) y cosecha. Resultados de los análisis del factorial 3x3 (Inoculación x Nitrógeno) \*

Fuente	Spad floración	Alt	% N paja	% N grano	MS paja	MS grano	MS total	IC	N abs p	N abs g	N abs t
Bloque	ns	0,03	0,02	ns	0,02	ns	0,02	0,03	0,005	ns	0,000
Inoc.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N	ns	ns	ns	ns	ns	0,000	0,002	ns	ns	0,001	0,07
In x N	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Media	34,5	0,86	0,95	1,09	8.024	8.136	16.160	0,50	77,2	88,6	165,8
C.V.:%	2,2	3,9	11,9	9,5	14,3	7,8	6,0	9,1	21,7	11,4	7,9

\* Alt= altura; MS= materia seca; IC= índice de cosecha; abs p= absorbido en paja; abs g= absorbido en grano; abs t= absorbido total ; Inoc.= inoculación; In x N= interacción inoculación por nitrógeno

En la lectura de enfermedades realizada en forma previa a la cosecha, se destacó la presencia de

Podredumbre de los Tallos, provocada por *Sclerotium oryzae*. En el cuadro 9 se presentan los resultados

obtenidos en el análisis considerando los 10 tratamientos. A pesar de resultar significativos los efectos de "no aditividad" ( $p=0,06$ ), se detectan los efectos de los tratamientos sobre el IGS ( $p= 0,02$ ). En el cuadro 10 se puede observar que cuando se desagregaron los componentes del factorial, la aplicación de N resulta ser la responsable de las variaciones en la enfermedad, no encontrándose diferencias debidas a la inoculación, ni a la interacción de ésta con el agregado de N.

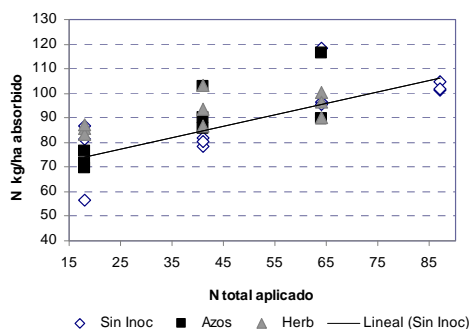


Figura 7. Nitrógeno absorbido a la floración en respuesta a la aplicación de nitrógeno en el rango de 18 a 87 kg/ha, cuando la semilla no fue inoculada ( $y= 0,4636x+65,922 R^2 0,60^*$ ). Los símbolos representan los valores reales de N absorbidos en los respectivos niveles de N cuando la semilla fue o no inoculada

Cuadro 9. Podredumbre de los Tallos<sup>#</sup>. Resultados del análisis de varianza cuando se consideraron 10 tratamientos.

Tratamientos	IGS	P. de los Tallos*
1		52,1
2		49,1
3		54,8
7		48,7
8		54,8
9		55,2
4		68,3
5		71,3
6		67,7
10		67,5
p(bloques)		0,03
p(tratamientos)		0,02
p(no aditividad)		0,06
CV%		14,8

<sup>#</sup> lecturas realizadas por Luis Casales

\* IGS= índice grado de severidad

Cuadro 10. Podredumbre de los Tallos<sup>#</sup>. Resultados de los análisis estadísticos del factorial 3x3 (Inoculación x N). Probabilidades y medias.

Fuente	Prob.	IGS *	Promedios N e inoculación
Bloques	0,03	N	IGS Inoc IGS
Inoculación	ns	18	52,0 Sin In 56,4
Nitrógeno	0,001	41	52,9 Azos. 58,4
Inoc x N	ns	64	69,1 Herb. 59,2
Media	58,0		
C.V.%	15,6		

<sup>#</sup> lecturas realizadas por Luis Casales

\* IGS= índice grado de severidad

En los cuadros 11 y 12 se presentan los resultados obtenidos en rendimiento y calidad industrial. No se encontraron diferencias significativas atribuibles a los tratamientos en ninguno de los análisis realizados, ya sea tomando en consideración los 10 tratamientos, como en el factorial inoculación por nitrógeno. En general se obtuvieron buenos promedios, en especial en porcentaje de granos enteros: 70,3% en Blanco total, 68,8% en granos enteros, 2% en granos yesados.

Se estudió la correlación simple entre algunas de las variables estudiadas y el rendimiento obtenido. En el Cuadro 13 se presentan cuatro tipos de análisis: a) considerando en conjunto todos los datos (con y sin inocular); b) utilizando sólo los generados en parcelas sin inocular; c) inoculadas con *Azospirillum*; d) inoculadas con *Herbaspirillum*.

Considerando todos las parcelas correspondientes al factorial 3x3 en su conjunto (27 pares de datos), se detectaron 8 casos en los 15 análisis realizados donde las correlaciones resultaron muy significativas ( $0,000 < p <= 0,01$ ) y 3 significativas ( $0,05 < p <= 0,06$ ). Dentro del primer grupo se encuentran las variables: días entre siembra y floración, altura de plantas, índice de cosecha, contenido de N en paja (negativa), absorción de N tanto en grano como en paja (negativa), número de panojas/m<sup>2</sup> y número de granos vacíos por panoja. La relación con la producción total de materia seca resultó significativa al 5% mientras que con el número de granos llenos por panoja y el peso de granos lo fue al 6%.

Cuando las correlaciones fueron analizadas dentro de cada una de las condiciones de inoculación de la semilla, se encontraron algunas situaciones diferentes. A modo de ejemplo, el número de días entre siembra y floración mostró una relación importante y significativa en los tratamientos de semilla con *Azospirillum* ( $r=0,76$ ; probabilidad= 0,02), lo que no sucedió en los otros 2 casos ( $r=0,33$  en las no inoculadas y  $r= 0,36$  en las inoculadas con *Herbaspirillum*, ambas no significativas). El tratamiento 2, que corresponde a los inoculados con *Azospirillum* y que no recibió cobertura nitrogenada fue el primero en florecer en el experimento (dentro de un rango promedio de 5 días), el que presentó mayor esterilidad y el menor rendimiento (Cuadros 1- 5 y Figura 4). En el otro extremo, el tratamiento 5 también inoculado con *Azospirillum*, pero que recibió 46 kg de N/ha en cobertura, floreció en promedio 4 días después que el anterior, tuvo 20% menos de esterilidad y rindió sólo 297 kg/ha menos que el testigo donde se aplicaron 150 kg/ha de urea.

Otros casos contrastantes a destacar son el índice de cosecha y el nitrógeno absorbido en la paja. El primero resultó muy importante para los "no inoculados" ( $r= 0,80$ , probabilidad= 0,009), intermedio para los que fueron tratados con *Azospirillum* ( $r= 0,75$ ; prob.= 0,02) y no tuvo relación significativa para los tratados con *Herbaspirillum* ( $r=0,21$ ; prob.= 1,0). A su vez el nutriente absorbido en la paja, cuya relación con el rendimiento había resultado muy significativa en el análisis conjunto ( $r= -0,48$ , probabilidad= 0,01, con n=27 pares de datos), no fue significativa en ninguno de las 3 situaciones de inoculación (n=9).

Aparentemente, el grupo de tratados con *Herbaspirillum*, es el que presenta un mayor número de asociaciones diferentes de las obtenidas en los otros análisis.

Cuadro 11. Rendimiento y calidad industrial. Resultados de los análisis de varianza considerando 10 tratamientos\*

Fuente	BT	Entero	Yesado
Bloque	ns	ns	0,000
Trat.	ns	ns	0,08
No adit.	-	-	-
Media	70,3	68,8	2,06
C:V:%	0,3	0,6	34,6

BT= % Blanco total; Trat.= tratamiento;  
No adit.= no aditividad

Cuadro 12. Rendimiento y calidad industrial. Resultados de los análisis del factorial 3x3 (Inoculación x Nitrógeno)

Fuente	BT	Entero	Yesado
Bloque	ns	ns	0,000
Inoc.	ns	ns	ns
N	ns	0,14	ns
In x N	ns	ns	ns
Media	70,3	68,8	1,96
C.V.%	0,3	0,6	36,8

\*BT= % Blanco total; Inoc.= inoculación;  
In x N= interacción inoculación por nitrógeno

Cuadro 13. Correlaciones simples entre distintas variables estudiadas y el rendimiento\*

Variable	Con y Sin inocular.		Sin Inocular		c/ <i>Azospirillum</i>		c/ <i>Herbaspirillum</i>	
	r	Probab.	r	Probab.	r	Probab.	r	Probab.
SPAD	0,28	0,16	0,14	1,0	0,32	1,0	0,48	0,20
Días S-flor.	0,55	0,002	0,33	1,0	0,76	0,02	0,36	0,34
Altura	0,58	0,001	0,65	0,06	0,58	0,10	0,54	0,13
Índice Cos.	0,72	0,000	0,80	0,009	0,75	0,02	0,21	1,0
MS total	0,37	0,05	0,14	1,0	0,71	0,03	0,55	0,12
%N grano	0,08	1,0	0,37	0,33	-0,12	1,0	-0,24	1,0
%N paja	-0,49	0,01	-0,25	1,0	-0,66	0,06	-0,73	0,03
N <sub>abs</sub> grano	0,76	0,000	0,85	0,003	0,71	0,03	0,45	0,22
N <sub>abs</sub> paja	-0,48	0,01	-0,49	0,18	-0,51	0,16	-0,42	0,26
N <sub>abs</sub> total	0,02	1,0	0,14	1,0	0,05	1,0	-0,25	1,0
Panojas/m <sup>2</sup>	0,50	0,007	0,46	0,21	0,71	0,03	0,25	1,0
G. llenos/p	0,37	0,06	-0,29	1,0	0,86	0,003	-0,90	0,001
G. vacíos/p	-0,56	0,002	-0,49	0,18	-0,75	0,02	-0,02	1,0
Tot. Gr/p	-0,07	1,0	-0,47	0,20	0,43	0,25	-0,77	0,02
PMG	0,37	0,06	0,87	0,002	0,10	1,0	0,23	1,0
Pares de datos	n=27		n=9		n=9		n=9	

\* r= coeficiente de correlación; Probab.= probabilidad de error (significación estadística); Días S-flor.= días entre siembra y 50% de floración; Índice Cos.= índice de cosecha; MS= materia seca; N<sub>abs</sub>= nitrógeno absorbido; G. llenos/p= granos llenos por panoja; G. Vacíos/p= granos vacíos por panoja; Tot. Gr/p= total de granos por panoja; PMG= peso de mil granos

### CONSIDERACIONES FINALES

En el tercer año de evaluación, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en los rendimientos de arroz, por inocular la semilla con *Azospirillum* o *Herbaspirillum*. El estudio, que incluyó distintos niveles de fertilización nitrogenada, fue instalado sobre un solod perteneciente a la Unidad de suelos La Charqueada, que presentaba al momento de la siembra un contenido de carbono orgánico de 1,47% (rango: 1,35-1,59%).

El experimento fue conducido bajo condiciones climáticas favorables desde el punto de vista de radiación solar y condicionado por la ocurrencia de temperaturas bajas en la floración, para la producción de arroz.

Se obtuvo un rendimiento promedio de 9.487 kg/ha de arroz. La máxima productividad 10.699 kg/ha fue

lograda cuando se aplicaron 87 kg totales de N/ha. Según el test de Tukey no existieron diferencias significativas al 5% de probabilidad entre ese tratamiento y otros donde se aplicaron 41 o 64 kg/ha del nutriente, e incluso con el tratamiento 3 donde la semilla fue tratada con *Herbaspirillum* y no recibió otra fertilización que la realizada a la siembra.

En el análisis factorial (inoculación de la semilla x aplicación de N), se encontró que el aporte del fertilizante nitrogenado fue el factor principal en la determinación del rendimiento.

La inoculación de la semilla no tuvo efectos sobre la presencia de Podredumbre de los Tallos, la que sólo varió de acuerdo al N aplicado.

En el cuadro 14 y figura 8, se presenta la eficiencia relativa "ER" del N aplicado en cobertura (promedio de las 3 repeticiones), considerando como tal la relación



entre el incremento de productividad logrado sobre el rendimiento obtenido en el tratamiento 1 (sin inocular que sólo recibió la fertilización basal) y la cantidad del nutriente aplicada en forma posterior a la siembra.

Cuadro 14. Eficiencia relativa del N aplicado en cobertura\*

Trat	Inoculación	N cob	Rend	ER
10	Sin	69	10.699	33,3
5	<i>Azospirillum</i>	46	10.402	43,5
4	Sin	46	10.210	39,3
6	<i>Herbaspirillum</i>	46	10.140	37,4
8	<i>Azospirillum</i>	23	9.662	54,8
9	<i>Herbaspirillum</i>	23	9.476	46,5
3	<i>Herbaspirillum</i>	0	9.171	-
7	Sin	23	8.815	18,0
1	Sin	0	8.402	-
2	<i>Azospirillum</i>	0	7.888	-

ER= incremento de productividad sobre el rendimiento obtenido en el tratamiento 1 dividido la cantidad de N aplicada en cobertura; N cob= nitrógeno en cobertura en kg/ha

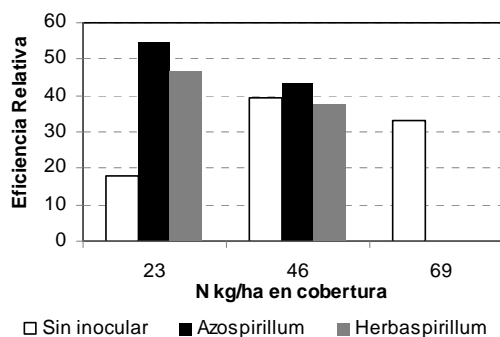


Figura 8. Eficiencia relativa del N aplicado en cobertura. Eficiencia relativa de un tratamiento es el incremento de productividad logrado sobre el testigo sin inocular que sólo recibió fertilización basal

Si bien los efectos no son estadísticamente significativos (probablemente debido a la alta variabilidad), se puede apreciar que los valores numéricos de ER de los tratamientos inoculados son superiores a los correspondientes a "sin inocular", en 5 de los 6 casos posibles donde se aplicaron 23 ó 46 kg/ha de nitrógeno. La mayor diferencia a favor de la inoculación se da con la aplicación de la dosis nitrogenada menor (54,8 y 46,5 kg de incremento de producción por kg de N aplicado, versus 18 en el caso de los sin inocular).



RESPUESTA DEL ARROZ A LA INOCULACIÓN CON  
*Azospirillum* o *Herbaspirillum*

ANÁLISIS CONJUNTO DE LAS ZAFRAS 2008-2009 Y 2010-2011

Enrique Deambrosi<sup>1/</sup>, Ramón Méndez<sup>1/</sup>, Jesús Castillo<sup>1/</sup>, Sebastián Martínez<sup>1/</sup>, Stella Avila<sup>2/</sup>

INTRODUCCIÓN

Existen distintas condiciones en que los organismos o bacterias llevan a cabo la fijación de nitrógeno en relación a su asociación con las plantas. Algunas especies conocidas como simbióticas se caracterizan por fijar N sólo cuando se encuentran en asociaciones mutualistas con las plantas y el nitrógeno fijado es posteriormente transferido a sus socias. En su contraparte, la planta proporciona compuestos que son utilizados como fuentes de carbono y energía por la bacteria (ejemplo *Bradyrhizobium* con las leguminosas). Otro tipo de fijadoras lo constituyen las bacterias diazotófas, dentro de las que se pueden diferenciar 2 tipos: las de vida libre que no requieren estar asociadas a algún organismo, y las que aunque no lo precisen prefieren hacerlo, tal el caso de *Azospirillum* de la que existen evidencias que en asociación con plantas fija N a una tasa indetectable o nula (Fuentes et al., 2003).

Durante muchos años, los investigadores fracasaron en el intento de demostrar un aporte importante por Fijación Biológica de Nitrógeno (BNF en inglés) a las plantas. Fuera de fijar nitrógeno, las bacterias diazotófas pueden contribuir al crecimiento de las plantas a través de la síntesis de fitohormonas y vitaminas, inhibición de síntesis de etileno por las plantas, mejora en la absorción de nutrientes, mejorando la resistencia a estrés, solubilizando fosfatos inorgánicos o mineralizando los orgánicos, previniendo efectos de organismos patógenos a través de síntesis de antibióticos o compuestos fungicidas, o induciendo resistencia sistémica (Dobbelaere et al, 2003). Bastian et al., (1998) trabajando con las bacterias endófitas *Acetobacter diazotrophicus* y *Herbaspirillum seropedicae*, mostró la importancia de la producción de fitohormonas (ácido indol acético y giberelinas) en referencia a las interrelaciones entre las plantas y los microorganismos. El autor sugiere que pueden explicar los efectos benéficos de las bacterias endófitas a las plantas huéspedes, como fue demostrado anteriormente para *Azospirillum*.

En Uruguay, Canzani et. al (1998) reportaron la cuantificación y aislamiento de microorganismos fijadores de nitrógeno en arroz, en muestras extraídas en la Unidad Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres y en la Unidad Yacaré (Artigas) de INIA Tacuarembó. Los autores concluyeron que encontraron bacterias fijadoras de nitrógeno en todas las muestras de rizósfera de arroz

analizadas, en todas las muestras de interior de granos y en la mayoría de las muestras de parte interna de hoja. También mencionaron que se encontraron claras diferencias en el número de fijadores entre variedades, siendo un poco mayores a nivel de rizósfera en INIA Tacuarí y mucho mayores en hojas en El Paso 144.

Labandera et al. (2004), al finalizar el proyecto "Desarrollo de inoculantes a base de bacterias fijadoras de nitrógeno en arroz" (LIA 009), concluyen que existe un potencial de respuesta a la inoculación con bacterias endófitas fijadoras de N en arroz, en cámara de crecimiento e invernáculo, tanto en parte aérea como en raíz. Mencionan que ese potencial se asocia a la variedad y a la fertilización nitrogenada del cultivo; los resultados más significativos se asocian con INIA Tacuarí y su mayor expresión se manifiesta en ausencia de N combinado. Finalizan sugiriendo que los resultados muestran que existe un potencial de manejo de la expresión de los endófitos del arroz en relación al marco agronómico.

El objetivo del trabajo que se presenta a continuación es evaluar los efectos de inoculación de semilla de arroz con *Azospirillum* o *Herbaspirillum*, en distintos niveles de fertilización nitrogenada.

Los experimentos de campo fueron instalados en la Unidad Experimental de Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres en las zafras 2008-09, 2009-10 y 2010-11. Se presenta el análisis conjunto de la información generada en el primer y tercer año, en los que se sembró la variedad El Paso 144.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se consideró un factorial completo 3x3, siendo los factores:

- a) inoculación de semilla: sin inóculo, ó inoculada con *Azospirillum* o *Herbaspirillum*;
- b) nivel de nitrógeno en cobertura (0, 23 y 46 kg/ha de N), utilizándose urea como fuente de nitrógeno.

En las inoculaciones se utilizaron fuentes proporcionadas por la empresa Lage & Cía, "Graminosoil-L" (*Azospirillum*) y "EndoRice", (*Herbaspirillum*) a razón de 1200 cc para ambos productos, con el agregado en el último año de 250 cc de Bioprotector L-23, cada 100 kg de semilla.

Se usó el diseño de bloques completos al azar, con 3 repeticiones. El tamaño de parcelas utilizado fue el resultante de pasar 2 veces una sembradora de 9 hileras separadas 0,17 m entre sí, en un largo de 8,1 m (24,79 m<sup>2</sup>). Cada parcela fue aislada de sus vecinas,

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

<sup>2/</sup> INIA Treinta y Tres hasta diciembre 2010

Asistentes de investigación: Alexandra Ferreira, Beto Sosa

mediante la construcción de tapias por los 4 frentes, de manera de poder realizar un riego independiente, para evitar posibles traslados de los organismos entre ellas.

Junto a los 9 tratamientos resultantes de la combinación de los 2 factores mencionados, se incluyó un testigo sin inoculación de semilla que recibió una dosis nitrogenada mayor (150 kg/ha de urea en cobertura).

En el cuadro 1 se presentan los tratamientos utilizados.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados\*

Trt No	Inoculación	Coberturas		N total kg/ha
		N*	EE	
1	Sin	0	0	18-19
2	<i>Azospirillum</i>	0	0	18-19
3	<i>Herbaspirillum</i>	0	0	18-19
4	Sin	23	23	64-65
5	<i>Azospirillum</i>	23	23	64-65
6	<i>Herbaspirillum</i>	23	23	64-65
7	Sin	11,5	11,5	41-42
8	<i>Azospirillum</i>	11,5	11,5	41-42
9	<i>Herbaspirillum</i>	11,5	11,5	41-42
10	Sin	34,5	34,5	87-88

\* Trt= tratamientos; mac= macollaje; EE= elongación de entrenudos; las cantidades de N total variaron en 1 unidad entre los 2 años (mayor en 2008-2009)

Todas las parcelas fueron fertilizadas a la siembra, con 104 y 100 kg/ha de fosfato de amonio (N<sub>19</sub> P<sub>48</sub> - N<sub>18</sub> P<sub>46</sub>) en 2008 y 2010 respectivamente.

En referencia a los niveles de nitrógeno, se trató de evaluar un rango de cantidades de urea utilizadas habitualmente por los productores de arroz de la región, dividiendo el suministro 50% al macollaje y el resto previo a la formación del primordio floral. En los tratamientos 4, 5 y 6 se aplicaron 50 kg/ha de urea en cada etapa, y en los tratamientos 7, 8 y 9, 25 kg/ha respectivamente. En el caso del tratamiento 10, se aplicaron 75 kg/ha.

La fertilización de macollaje fue realizada sobre suelo drenado y la correspondiente a la elongación de entrenudos en agua.

Las fechas de siembra utilizadas fueron el 24 y el 12 de octubre de 2008 y 2010 respectivamente. Se sembró la variedad El Paso 144, a razón de 490 semillas viables/m<sup>2</sup>, sobre un solod de textura franca perteneciente a la Unidad de Suelos "La Charqueada".

En forma previa a la siembra, se extrajeron muestras de suelos en cada uno de los bloques de los ensayos. En el cuadro 2 se presentan los resultados de sus análisis.

Las malezas fueron controladas mediante la aplicación de una mezcla de tanque, compuesta por propanil, quinclorac y clomazone; en el primer año además se incluyó pirazosulfuron para el control de cyperus.

En relación al manejo del agua, dada la falta de humedad en el suelo en los días posteriores a las siembra, en los 2 años se dio un baño para favorecer

y/o uniformizar la emergencia El cultivo fue inundado un día después de realizada la primera cobertura de urea.

Cuadro 2. Análisis de suelos\*

Bloque	pH (H <sub>2</sub> O)	C.O %	P		K meq/100g
			ppm	Bray1	
I	5,6	1,65	6,2	0,26	0,26
II	5,4	1,47	4,3	0,21	0,21
III	5,7	1,58	4,5	0,27	0,27

Bloque	pH (H <sub>2</sub> O)	C.O %	P		K meq/100g
			ppm	Bray1	
I	5,3	1,47	6,4	0,26	0,26
II	5,2	1,59	7,1	0,30	0,30
III	5,2	1,35	6,5	0,26	0,26

\*Realizados en el Laboratorio de Suelos, Plantas y Agua de INIA La Estanzuela

Al 50% de floración se realizaron estimaciones de la actividad clorofiliana en la última hoja desarrollada, mediante lecturas con un SPAD.

En forma previa a la cosecha se midió la altura de 6 plantas y se extrajeron 2 muestreos al azar de 0,3 m x 0,17 m por parcela, para realizar un análisis de componentes del rendimiento. Dos muestras adicionales de igual tamaño, fueron utilizadas para estimar el índice de cosecha (producción de grano / producción total de materia seca) y la absorción de N en paja y grano respectivamente.

Para la cosecha las parcelas fueron desbordadas en su largo mayor, cosechándose 6,6 m en los 5 surcos centrales de cada pasaje de sembradora (5x2x6,6x0,17) m<sup>2</sup>. La cantidad de grano cosechada fue pesada en el campo y se tomó una muestra para determinar su humedad. Posteriormente, se corrigió el peso obtenido en cada unidad a una base uniforme de 13% de humedad, para analizar los rendimientos obtenidos. A su vez, se utilizó parte de dicha muestra para realizar análisis de rendimiento y calidad industrial.

En forma previa a la cosecha se realizó una evaluación por apreciación visual de la presencia y severidad de las enfermedades de los tallos.

Para la evaluación de los resultados obtenidos en las distintas variables en estudio, se realizaron 2 tipos de análisis estadístico. En uno de ellos se utilizaron los 10 tratamientos presentados en el cuadro 2 con sus 3 repeticiones; en otro, se analizó como un factorial 3 x 3 (inoculación x nitrógeno) excluyendo el tratamiento 10.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos en el análisis estadístico del rendimiento y sus componentes en el primer tipo de análisis (considerando 10 tratamientos).

Cuadro 3. Rendimiento y sus componentes. Resultados de los análisis de varianza considerando 10 tratamientos\*

Fuente	Rend	pan	ll/p	v/p	t/p	PMG
Año	0,004	0,009	ns	0,000	0,04	0,001
Bl(año)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Trat.	0,000	0,004	ns	0,002	ns	ns
AñoXtrt	ns	ns	0,09	0,01	ns	ns
Media	10.546	576	79,0	14,8	94,5	26,8
C.V.%	6,4	11,7	14,0	30,9	13,5	1,7

\* Rend= rendimiento; pan= panojas/m<sup>2</sup>; ll/p= granos llenos por panoja; v/p= granos vacíos por panoja; PMG= peso de mil granos; Bl(año)= bloque anidado en año; Trat= tratamientos; AñoXtrt= interacción año con tratamientos

Con un promedio de 10.546 kg/ha se encontraron diferencias muy significativas en rendimiento debidas a los tratamientos y al año considerado, no detectándose interacción entre ambos factores. El promedio de rendimientos obtenido en el año 2008-09 fue un 22% superior al logrado en la última zafra (11.605 vs 9.487 kg/ha respectivamente). En el Cuadro 4 se presentan los rendimientos promedios obtenidos por tratamiento y la separación de medias de acuerdo a los tests de Tukey y LSD al 5% de probabilidad.

El máximo valor de cosecha correspondió a la mayor cobertura nitrogenada (trt 10), seguido en forma decreciente por los 3 tratamientos que recibieron una aplicación de 50 kg/ha de urea al macollaje y otra de 50 kg/ha a la elongación de entrenudos (trt 5,4,6). El trt 5 inoculado con *Azospirillum* y fertilizado de dicha manera, rindió 436 kg/ha menos que el obtenido sin inocular pero que recibió 50 kg/ha más de urea.

El test de Tukey no encuentra diferencias estadísticamente significativas entre la máxima cosecha y las obtenidas con los 3 tratamientos 9-8-7, que sólo recibieron la fertilización basal y 50 kg/ha de urea en cobertura (25 al macollaje y 25 a la elongación). Además, el rendimiento medio obtenido en las 2 zafras con el tratamiento 3, inoculado con *Herbaspirillum* y fertilizado sólo en la siembra, no fue estadísticamente diferente de aquellos que recibieron 100 kg/ha de urea.

Cuadro 4. Rendimiento promedio de 10 tratamientos. ordenados en forma decreciente \*

Trat	Inoc.	Nt kg/ha	Rend kg/ha	Test	
				Tukey	LSD
10	Sin	87	11.544	a	a
5	<i>Azosp.</i>	64	11.108	ab	ab
4	Sin	64	11.032	ab	ab
6	<i>Herb.</i>	64	10.956	ab	ab
9	<i>Herb.</i>	41	10.827	ab	ab
8	<i>Azosp.</i>	41	10.748	abc	bc
7	Sin	41	10.352	abc	bc
3	<i>Herb.</i>	18	9.970	bc	cd
1	Sin	18	9.465	c	d
2	<i>Azosp.</i>	18	9.457	c	d
MDS <sub>0,05</sub>				1.322	0.792

\*Trat= tratamientos; Inoc.= inoculación; Nt= nitrógeno total; Rend= rendimiento; MDS= mínima diferencia significativa

La separación de medias según LSD, menos rigurosa y que exige una separación menor, agrupa las mismas en forma distinta. Del trío mencionado (9-8-7) que

recibió en total 50 kg/ha de urea en cobertura, solamente el tratamiento 9 inoculado con *Herbaspirillum* no fue diferente del obtenido con la máxima cobertura.

En el cuadro 5 se presentan los resultados obtenidos en el análisis factorial 3x3. La aplicación de nitrógeno en cobertura fue el factor principal de la determinación del rendimiento. No se detectaron efectos significativos de las interacciones "inoculación por nitrógeno" ni de los años con las inoculaciones. Sí existió una tendencia de respuesta a N diferente según la zafra considerada (significativa al 7%).

Cuadro 5. Rendimiento y sus componentes. Resultados de los análisis estadísticos del factorial 3x3 (Inoculación x N)<sup>#</sup>

Fuente	Rend	pan	ll/p	v/p	t/p	PMG
Año	0,000	0,000	ns	0,000	0,03	0,000
Bl (año)	0,003	ns	ns	ns	ns	0,09
Inoc.	ns	0,02	ns	0,03	ns	ns
Año*In	ns	ns	ns	0,02	ns	ns
N	0,000	0,002	ns	ns	ns	ns
Año*N	0,07	0,07	ns	ns	0,05	ns
Inoc * N	ns	ns	ns	0,003	ns	ns
A* In*N	ns	ns	ns	0,03	ns	ns
Media	10.435	571	79,6	14,8	95,1	26,8
C.V.%	6,7	11,1	13,5	32,1	13,1	1,7

# Rend= rendimiento; pan= panojas/m<sup>2</sup>; ll/p= granos llenos por panoja; v/p= granos vacíos por panoja; PMG= peso de mil granos; Bl(año) = bloque anidado en año; Inoc.= inoculación; Año\*In= interacción año por inoculación; In.\* N= interacción inoculación por nitrógeno; A\*In\*N= interacción año por inoculación por nitrógeno

En las figuras 1 y 2 se presentan las respuestas obtenidas en el rendimiento por el agregado del nutriente, cuando no se inoculó la semilla (rango 18-19 a 87-88 kg/ha de N).

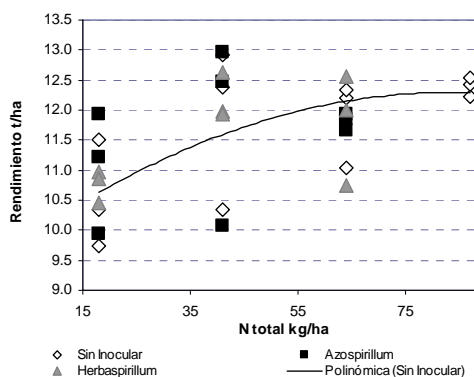


Figura 1. Respuesta del arroz a la aplicación de nitrógeno en el rango de 19 a 88 kg/ha, cuando la semilla no fue inoculada ( $y = -0,0004x^2 + 0,065x + 9,5823$   $R^2 = 0,42$ ). Año 2008-2009. Los símbolos representan los valores reales de rendimientos obtenidos en los respectivos niveles de N cuando la semilla fue o no inoculada

En las mismas se señalan además con símbolos los rendimientos reales obtenidos en las parcelas en los niveles de nitrógeno correspondientes (18-19/ 41-42/ 64-65 kg/ha), cuando la semilla fue o no inoculada con *Azospirillum* o *Herbaspirillum*. Se puede observar un

ajuste polinómico cuadrático en el primer año y lineal en el segundo ( $R^2 = 0,42$  y  $0,58$  respectivamente).

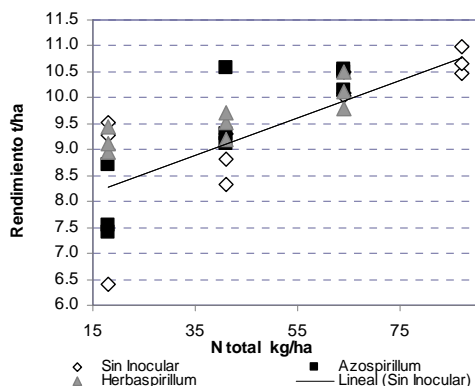


Figura 2. Respuesta del arroz a la aplicación de nitrógeno en el rango de 18 a 87 kg/ha, cuando la semilla no fue inoculada ( $y = 0,036x + 7,6395$   $R^2 = 0,58$ ). Año 2010-2011. Los símbolos representan los valores reales de rendimientos obtenidos en los respectivos niveles de N cuando la semilla fue o no inoculada

Si bien no fueron significativos los efectos de la inoculación en los rendimientos, en la figura 3 se presentan las respuestas a las aplicaciones de N en forma de histograma, discriminando las 3 situaciones diferentes utilizadas en relación a la semilla. Además de observarse la respuesta general, en los niveles menores de aplicación del nutriente existe una leve tendencia de mejor performance de los tratamientos inoculados con *Herbaspirillum*.

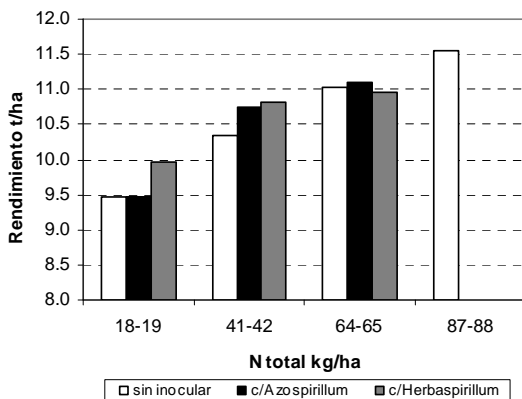


Figura 3. Respuestas promedio de 2 años del rendimiento de arroz a la aplicación de nitrógeno en el rango de 18-19 a 87-88 kg/ha, según la semilla haya sido o no inoculada con *Azospirillum* o *Herbaspirillum*

En relación a los componentes del rendimiento, en el número de panojas por unidad de superficie se detectaron diferencias estadísticamente significativas debidas a la inoculación ( $p = 0,02$ ) y muy significativas por efectos de las aplicaciones de N ( $p = 0,002$ ). Se detectó además una tendencia, significativa al 7% de probabilidad por la cual la respuesta a N fue diferente según el año considerado. En el cuadro 6 se presenta un resumen de los efectos hallados en cada año en

particular y también en el conjunto en la cantidad de panojas por metro cuadrado, que explican la significación de las interacciones encontradas. En el primer año se detectó una tendencia significativa al 10% de la inoculación y no hubo efecto del N, mientras que en el segundo la aplicación del nutriente fue el factor principal de la variación en el rendimiento. Cuando se estudiaron los datos en conjunto, resultaron estadísticamente significativos los efectos del N, de la inoculación y de la interacción año por nitrógeno.

Cuadro 6. Número de panojas/m<sup>2</sup>. Efectos de la inoculación y aplicaciones de N

Análisis	N prob	Inoc prob	N x In prob	A x N prob
2008-09	ns	0,1	ns	
2010-11	0,002	ns	ns	
Conjunto	0,002	0,02	ns	0,07

Inoc= inoculación; N x In= interacción nitrógeno x inoculación; A x N= interacción año por nitrógeno

En la figura 4 se muestra el efecto general obtenido por la aplicación de nitrógeno, con y sin inocular la semilla, en la producción de panojas por unidad de superficie. La semilla inoculada con *Herbaspirillum* produjo más panojas en los 3 niveles de N utilizados.

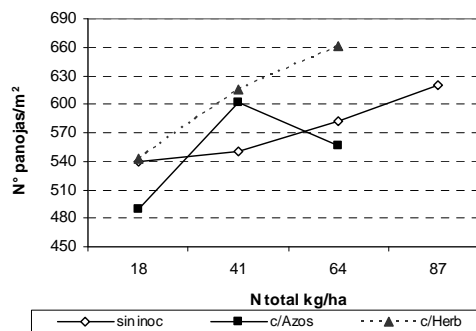


Figura 4. Efectos de las aplicaciones de N en el número de panojas por unidad de superficie, con semilla sin inocular o inoculada con *Azospirillum* o *Herbaspirillum*

En relación al número de granos vacíos por panoja, se encontraron efectos estadísticamente significativos de las interacciones de la inoculación de la semilla con el N aplicado por un lado, y con el año por otro. También resultaron significativos los efectos de la interacción triple (año x inoculación x N), que se presenta en la figura 5. En la gráfica superior se pueden observar los registros de la zafra 2008-2009 y en la inferior los correspondientes a 2010-2011. En primer lugar, se destacan en general los mayores valores de granos vacíos obtenidos en la última zafra en relación a la primera. También que los tratamientos de semilla inoculada con *Azospirillum* que no recibieron cobertura nitrogenada presentaron en los 2 años el mayor número de granos vacíos por panoja.

Finalizando el análisis de los componentes del rendimiento, en el estudio conjunto el peso de granos no resultó afectado por ninguno de los factores en estudio, ni por sus interacciones.

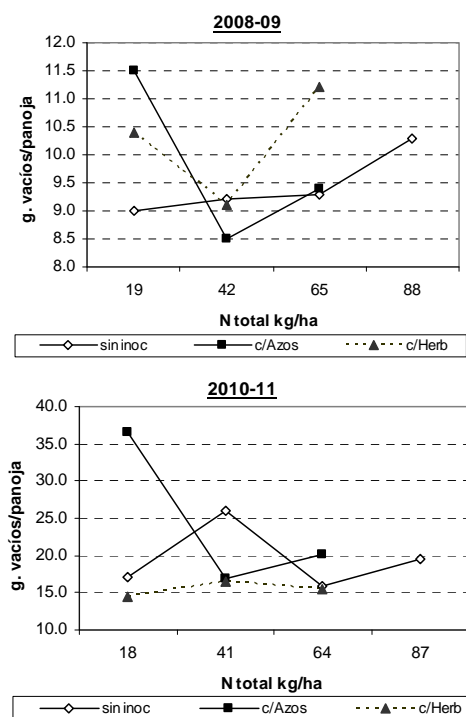


Figura 5. Efectos de la interacción "año \* inoculación \* aplicaciones de N en el número de granos vacíos por panoja (gráfico superior: año 2008-09; inferior: 2010-11)

En los cuadros 7 (considerando 10 tratamientos) y 8 (correspondiente al factorial inoculación por niveles de N) se presentan los resultados de los análisis de varianza de la información obtenida en 11 variables registradas a la floración o previo a la cosecha (directamente o por cálculo combinando 2 de ellas). De la observación de ambos, se puede concluir en general que los efectos significativos de los tratamientos (detectados en el cuadro 7), se deben en su mayor parte al agregado de nitrógeno. La altura de plantas, la cantidad de materia seca producida a la cosecha (grano y total), así como las cantidades de N absorbido (grano y total) que variaron en el primer caso en forma significativa debido a los tratamientos, sólo resultaron afectados en una forma estadísticamente significativa por las aplicaciones del nutriente. Ni la inoculación, ni sus interacciones con la aplicación de N, tuvieron efectos en esas variables (Cuadro 8).

Cuadro 7. Registros a comienzos de floración (SPAD) y cosecha. Resultados de los análisis de varianza considerando 10 tratamientos\*

Fuente	Spad floración	Alt	% N paja	% N grano	MS paja	MS grano	MS total	IC	N abs p	N abs g	N abs t
Año	0,000	ns	0,02	ns	ns	0,04	0,05	0,03	0,1	0,000	ns
Bl(año)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Trat.	ns	0,09	ns	ns	ns	0,000	0,005	ns	ns	0,000	0,03
AñoXtrt	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Media	35,8	10.546	0,83	1,1	7.927	9.175	17.102	0,54	66,5	101,3	167,8
C.V.:%	2,0	6,4	11,1	7,5	11,8	6,4	6,2	6,3	19,4	9,3	8,3

\* Alt= altura; MS= materia seca; IC= índice de cosecha; abs p= absorbido en paja; abs g= absorbido en grano; abs t= absorbido total; Bl (año)= bloque anidado en año; Trat= tratamientos; AñoXtrt= interacción año con tratamientos

Cuadro 8. Registros a comienzos de floración (SPAD) y cosecha. Resultados de los análisis estadísticos del factorial 3x3 (Inoculación x N) \*

Fuente	Spad floración	Alt	% N paja	% N grano	MS paja	MS grano	MS total	IC	N abs p	N abs g	N abs t
Año	0,000	0,03	0,000	ns	ns	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	ns
Bl(año)	ns	0,05	0,001	0,06	0,09	0,003	0,005	0,01	0,000	ns	0,000
Inoc.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Año*In	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N	0,01	0,01	ns	0,07	ns	0,000	0,000	0,10	ns	0,000	0,001
Año*N	ns	ns	0,07	ns	ns	0,07	0,12	ns	0,09	ns	0,12
Inoc*N	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A*In*N	ns	ns	0,11	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Media	35,7	0,85	0,84	1,1	7.924	9.078	17.002	0,53	67,2	100,0	167,2
C.V.:%	1,9	3,8	11,5	7,7	12,2	6,7	6,6	6,5	19,8	9,7	8,5

\*Alt= altura; MS= materia seca; IC= índice de cosecha; abs p= absorbido en paja; abs g= absorbido en grano; abs t= absorbido total; Bl (año)= bloque anidado en año; Inoc.= inoculación; Año\*In= interacción año por inoculación; Nit.= nitrógeno; In.\* N= interacción inoculación por nitrógeno; A\*In\*N= interacción año por inoculación por nitrógeno



En el cuadro 9 se presentan los promedios obtenidos en cada tratamiento, en contenido y absorción de N en paja y grano, independientemente de que los efectos hayan sido o no estadísticamente significativos. En el caso de N absorbido en grano donde se detectó significación, se presentan en el mismo los resultados del test de Tukey de separación de medias al nivel de 5% de probabilidad.

De igual manera en el cuadro 10 se presentan los promedios obtenidos en cantidades totales de materia seca producida y de nitrógeno absorbido (paja + grano). En estas 2 variables donde se detectaron efectos significativos debido a los tratamientos en los análisis de varianza, se presentan las separaciones de medias según los 2 tests comúnmente más utilizados (Tukey y LSD) al nivel de 5% de probabilidad. En ambos casos, Tukey (que exige un valor 67% más alto de mínima diferencia significativa) no separa medias entre los tratamientos.

Para comprender mejor lo que sucedió con la materia seca producida y el N total absorbido (paja + grano), en los cuadros 10 y 11 se presentan resúmenes de los resultados obtenidos en los análisis de varianza anuales y también conjuntos realizados con sus registros y en las figuras 6 y 7 su expresión gráfica. En ellos se incluye información generada en los 2 tipos de análisis, o sea considerando o no el tratamiento 10 que recibió la máxima fertilización nitrogenada. En algunos casos, un factor tuvo una incidencia significativa o se detectó una leve tendencia en sólo uno de los años, pero aparece luego el impacto en una forma más importante en el análisis conjunto. Las 2 variables aumentaron respuesta lineal a la aplicación del nutriente hasta el nivel 64-65 kg/ha de N. No se detectaron efectos estadísticamente significativos de la inoculación en ninguno de los 6 análisis presentados, ni tampoco de su interacción con el nitrógeno aplicado, lo que puede ser observado en las figuras respectivas.

Cuadro 9. Contenidos (%) y absorciones (kg/ha) de N en paja y grano (10 trt)\*

Trat.	% N		N abs paja	N abs grano	
	p	gr			
1 Sin N18	0,83	1,05	69,6	86,5	c
2 Azos N18	0,86	1,07	67,0	87,6	c
3 Herb N18	0,89	1,08	67,5	94,0	bc
7 Sin N42	0,93	1,07	73,2	96,7	abc
8 Azos N42	0,80	1,10	60,6	102,8	abc
9 Herb N42	0,81	1,14	62,2	106,6	ab
4 Sin N64	0,84	1,13	72,0	108,1	ab
5 Azos N64	0,80	1,15	64,9	111,3	ab
6 Herb N64	0,82	1,12	67,6	107,1	ab
10 Sin N87	0,77	1,12	60,7	112,6	a
Tukey <sub>0,05</sub>				18,3	

\* Trat.= tratamientos; Sin= sin inocular; p= paja; gr= grano; abs= absorbido; Valores seguidos por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente según el test de Tukey; al 5% de significación.

Cuadro 10. Materia seca total producida y absorciones de nitrógeno (paja + grano)\*

Trat.	MS total	1		2	
		Nt	1	Nt	2
		abs		abs	
1 Sin 18	16305	a	b	156	a c
2 Az 18	15982	a	b	155	a c
3 He 18	16149	a	b	162	a bc
7 Sin 42	16975	a	ab	170	a abc
8 Az 42	16900	a	ab	163	a bc
9 He 42	17067	a	ab	169	a abc
4 Sin 64	18063	a	a	180	a a
5 Az 64	17824	a	a	176	a ab
6 He 64	17755	a	a	175	a ab
10 Sin 87	17997	a	a	173	a ab
MDS		2084	1250		27,1 16,3

\* Trat.= tratamientos; Sin= sin inocular; Az= *Azospirillum*; He= *Herbaspirillum*; MS= materia seca; Nt abs= nitrógeno total absorbido; 1= test de Tukey, 2= test LSD, MDS= mínima diferencia significativa para cada test; medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) dentro de una misma columna (1 ó 2) no difieren significativamente al 5% de probabilidad

Cuadro 11. Resumen de análisis individuales y conjunto de la materia seca total producida. Significación de efectos de tratamientos, inoculación y agregado de N\*

	2008-09	2010-11	Conjunto
Trat.	ns	0,02	0,005
Inoc	ns	ns	ns
N	0,02	0,000	0,000
Inoc x N	ns	ns	ns
A x N			0,12
A x Inoc			ns
A x I x N			ns

\*Trat= tratamientos; Inoc= inoculación; N= nitrógeno; A x N= interacción año con nitrógeno; A x Inoc= interacción año con inoculación; A x I x N interacción triple

Cuadro 12. Resumen de análisis individuales y conjunto de N total absorbido Significación de efectos de tratamientos, inoculación y agregado de N

	2008-09	2010-11	Conjunto
Trat.	0,08	ns	0,03
Inoc	ns	ns	ns
N	0,006	0,07	0,001
In x N	ns	ns	ns
A x N			0,12
A x Inoc			ns
A x I x N			ns

\*Trat= tratamientos; Inoc= inoculación; N= nitrógeno; A x N= interacción año con nitrógeno; A x Inoc= interacción año con inoculación; A x I x N interacción triple



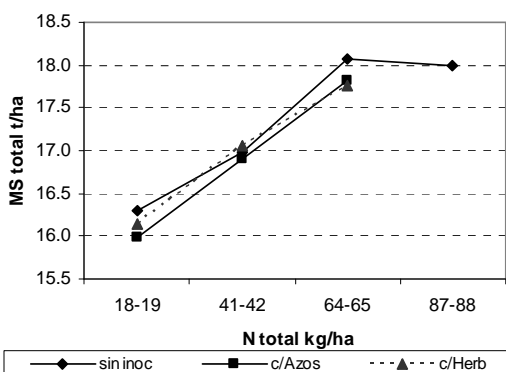


Figura 6. Materia seca promedio producida en los 2 años en respuesta a N, según la inoculación de la semilla

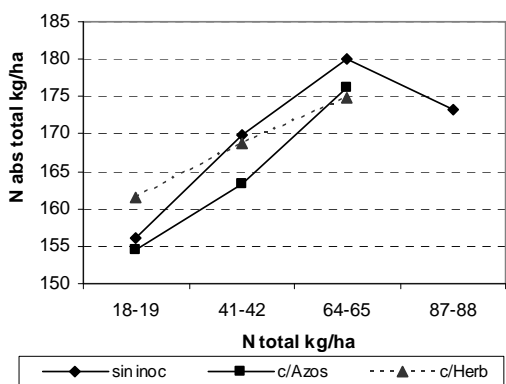


Figura 7. Nitrógeno total promedio absorbido (paja + grano) en los 2 años en respuesta a N, según la inoculación de la semilla

Para comparar algunos aspectos relativos a los ambientes donde crecieron y se desarrollaron los cultivos, se presenta en el cuadro 13 información sobre temperaturas y precipitaciones registradas en 2008 y 2010 en los períodos fecha de siembra – fecha de inundación. En el primero de los 2 años, el cultivo fue sembrado más tarde en el año calendario (24 vs 12 de octubre) e inundado 21 días antes tomando como referencia la fecha de siembra. Ese mayor período siembra-inundación del arroz está directamente relacionado a las condiciones térmicas registradas en la última zafra. Los promedios de las temperaturas máximas, medias y mínimas registradas en el 2010 fueron 2 grados menores que las correspondientes a 2008.

Cuadro 13. Registros de actividades y de algunas variables climáticas en el período siembra – inundación en 2008 y 2010

	2008	2010
Fecha de siembra FS	24 oct	12 oct
Fecha inundación FI	21 nov	1 dic
Período FS-FI en días	29	50
Precipitaciones mm	4,8	134,9
En FS-FI promedios de		
Temperatura máxima	26,4	24,4
Temperatura media	19,3	17,2
Temperatura mínima	12,2	10,0

En las figuras 8 y 9 se presentan los registros de temperaturas mínimas y de radiación solar en el período +/- 20 días de la fecha promedio de floración del cultivo en los experimentos conducidos en los 2 años. En la primera de ellas se puede observar que en las 2 zafras, existieron varios períodos con días consecutivos con temperaturas mínimas menores o iguales a 15°C. A su vez existieron buenos niveles de radiación solar con gran amplitud térmica, coincidiendo las fechas de máxima radiación con los de mínima temperatura en las horas tempranas. Es de destacar que en el período de 40 días considerado entorno al 50% de floración en el año 2009 se registró una sumatoria de 884 MJ/m<sup>2</sup> de radiación, lo que resulta un 11,6% superior a los 792 MJ/m<sup>2</sup> correspondientes al 2011. A su vez, en esos días el promedio de horas de sol diarias en 2009 resultó un 7,7% superior (8,4 vs 7,8) al de 2011. Quizás sea esta mayor disponibilidad, una de las razones por la cual en el primer año de ejecución se obtuvo una productividad general 23,1% superior a la lograda en la última zafra (11.518 vs 9352 kg/ha de arroz promedio de los ensayos respectivamente).

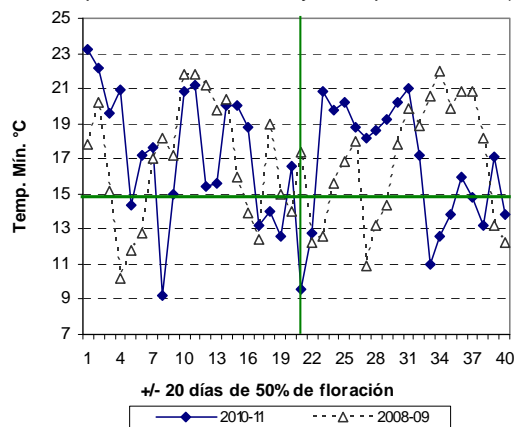


Figura 8. Temperaturas mínimas registradas en los períodos +/-20 días respecto a las fechas donde ocurrieron los estados de 50% de floración

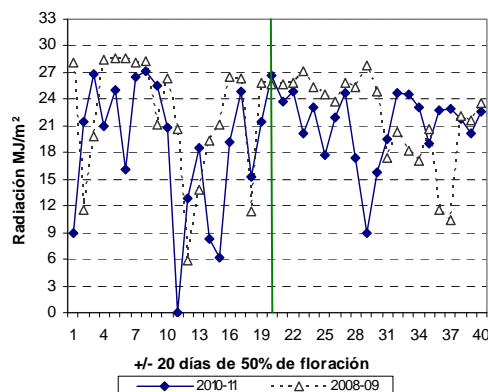


Figura 9. Radiación solar registrada en el período +/- 20 días respecto a las fechas donde ocurrieron los estados de 50% de floración

Al comienzo fue comentado que no se detectaron efectos significativos de interacción de la inoculación con la aplicación de nitrógeno en los rendimientos.

No obstante, teniendo en consideración las diferencias climáticas registradas en los períodos de crecimiento y desarrollo del cultivo, se presentan en las figuras 10, 11 y 12 las tendencias de incrementos de la productividad obtenidas en los 2 años en respuesta a la aplicación de nitrógeno, según la semilla no haya sido inoculada o se lo haya hecho con *Azospirillum* o *Herbaspirillum*, respectivamente. Se incluye también en las mismas, la tendencia media promedio de los 2 años.

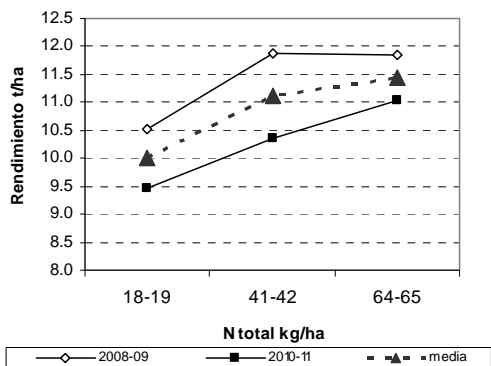


Figura 10. Tendencias de respuesta a la aplicación de N en 2008-09 y 2010-11 cuando la semilla no fue inoculada (basada en los promedios)

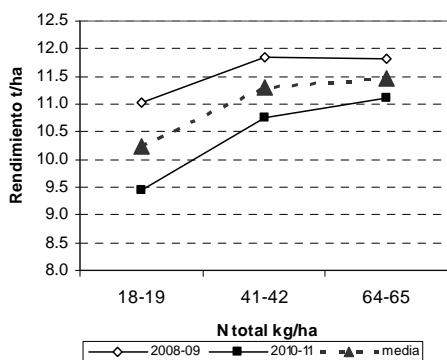


Figura 11. Tendencias de respuesta a la aplicación de N en 2008-09 y 2010-11 cuando la semilla fue inoculada con *Azospirillum* (basada en los promedios)

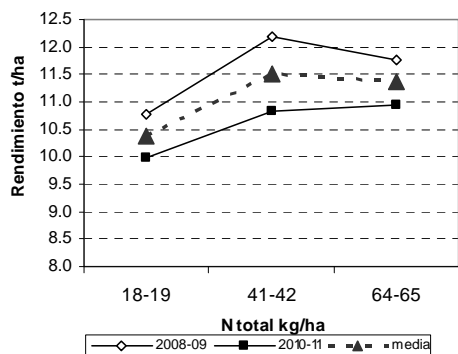


Figura 12. Tendencias de respuesta a la aplicación de N en 2008-09 y 2010-11 cuando la semilla fue inoculada con *Herbaspirillum* (basada en los promedios)

En primer lugar se puede observar que en 2009 donde existieron condiciones climáticas más favorables

durante el período reproductivo considerado crítico (disponibilidad de radiación solar), en las 3 situaciones se obtuvo mayor rendimiento en todo el espectro de aplicaciones del nutriente. Se distingue una respuesta de tipo cuadrático en los 3 casos, lográndose los máximos rendimientos con la aplicación de la dosis media de N. En 2008-2009 se obtuvo el mayor potencial cuando la semilla fue inoculada con *Herbaspirillum* y se fertilizó con 42 kg/ha de N; incrementar la fertilización nitrogenada por encima de dicho nivel no fue favorable provocando una pequeña merma en el rendimiento.

En el último año, cuando la semilla no fue inoculada se observa una tendencia de respuesta de tipo lineal, mientras que en los 2 casos donde se inoculó se pueden observar incrementos decrecientes en los rendimientos a partir de la aplicación de la dosis media.

Las respuestas promedio de los 2 años tienden a ser cuadráticas; parecería haberse obtenido un mejor comportamiento cuando la semilla fue inoculada con *Herbaspirillum*, lográndose el máximo físico con la aplicación de una dosis menor de fertilizante nitrogenado.

En relación a la evaluación del estado sanitario de las plantas al momento de cosecha, se presentan en los cuadros 14 y 15 los resultados obtenidos en los análisis conjuntos, según se consideraran los 10 tratamientos o como factorial N x inoculación, respectivamente. En el año 2008-2009 no existieron problemas importantes de enfermedades en el experimento, mientras que en la última zafra se destacó la presencia de Podredumbre de los Tallos, la que varió por efecto de los tratamientos. El índice de grado de severidad (IGS) de la enfermedad se vio incrementado por la adición de nitrógeno. Por tales motivos, en el análisis conjunto resultan significativos los efectos de la interacción año x nitrógeno. En el cuadro 15 se presentan también los promedios obtenidos en el índice de la enfermedad, quedando clara la importancia del agregado de N, mientras que la inoculación de la semilla de arroz no tuvo incidencia en la lectura de enfermedades.

Cuadro 14. Podredumbre de los Tallos. Resultados del análisis de varianza conjunto 2008-09 / 2010-11 cuando se consideraron 10 tratamientos\*

Tratamiento	Índice Grado Severidad	
	2008-09	2010-11
1 Sin N18-19	7,0	52,1
2 Azosp. N18-19	6,6	49,1
3 Herb N18-19	5,4	54,8
7 Sin N41-42	7,0	48,7
8 Azosp N41-42	3,5	54,8
9 Herb N41-42	6,0	55,2
4 Sin N64-65	9,8	68,3
5 Azosp. N64-65	9,4	71,3
6 Herb N64-65	7,8	67,7
10 Sin N87-88	10,3	67,5
promedio	7,3	59,0
Prob.(año)		0,000
Prob.(tratamiento)		0,001
Prob. (año x trt)		0,08
C.V.%		19,7

\*Lecturas realizadas por S. Avila en 2008-09 y L. Casales en 2010-11

Cuadro 15. Podredumbre de los Tallos. Promedios y resultados del análisis de varianza conjunto 2008-09 / 2010-11 analizado como factorial\*

IGS Promedios N e Inoculación						
	N	08-09	10-11	Inoc	08-9	10-11
m	18	6,3	52,0	Sin	7,9	56,4
	41	5,5	52,9	Az	6,5	58,4
	64	9,0	69,1	He	6,4	59,2
p	p(año)= 0,000			p(Inoc)= ns		
	p(N)= 0,000			p(año x In)= ns		
	p(año x N)= 0,005			p(año x In)= ns		
	p(año x Inoc x N)= ns					
	Promedio: 32,5		C.V.: 20,7%			

\*Lecturas realizadas por S. Avila en 2008-09 y L. Casales en 2010-11

IGS= índice grado de severidad; m= promedio; p= probabilidad de efectos; N= nitrógeno; Inoc= inoculación; Az= *Azospirillum*; He= *Herbaspirillum*

En el cuadro 16 se presentan los resultados obtenidos en rendimiento y calidad industrial cuando se consideraron los 10 tratamientos. Se obtuvo en general un rendimiento industrial muy bueno, con un porcentaje promedio de 70,4% de blanco total y 67,8% de granos enteros. Se encontraron pequeñas diferencias en ambos porcentajes debidos al año 70,5 vs 70,3% de blanco y 66,7 vs 68,8% de entero en las zafra 2008-2009 y 2010-2011 respectivamente. Dentro de un rango bajo de porcentajes de granos yesados (menores al 5%) se detectaron diferencias significativas debidas a los tratamientos, obteniéndose el mayor valor con la aplicación máxima de N.

Cuadro 16. Registros de rendimiento y calidad industrial. Resultados de los análisis de varianza considerando 10 tratamientos.\*

Trat	Inoculación	BT	Ent	Yes
1	Sin inoc N18	70,2	67,1	2,72
2	Azos N18	70,6	67,7	2,52
3	Herb N18	70,4	67,6	2,90
7	Sin inoc N42	70,5	68,1	2,28
8	Azos N42	70,4	67,8	3,67
9	Herb N42	70,4	67,8	3,65
4	Sin inoc N64	70,5	68,0	2,63
5	Azos N64	70,5	67,9	3,43
6	Herb N64	70,5	68,0	2,97
10	Sin noc N87	70,4	68,0	4,25
Año		0,000	0,001	ns
B(a)		ns	ns	ns
trat		ns	ns	0,04
axtr		ns	ns	ns
med		70,4	67,8	3,2
C.V.		0,4	1,1	28,3

\*trat= tratamientos; BT= % de blanco total; Ent= % de granos enteros; Yes= % de granos yesados; inoc= inoculación; Azos= inoculado con *Azospirillum*; Herb= inoculado con *Herbaspirillum*; B(a)= bloque anidado en año; axtr= interacción año con tratamientos; med= promedio

En el cuadro 17 se presentan los resultados obtenidos cuando se analizaron los datos según el arreglo factorial (3x3). El factor año produjo diferencias estadísticamente muy significativas en las 3 variables, y

se detectó una tendencia significativa al 8% de efectos de la interacción de inoculación con el año en los porcentajes de blanco. Por su lado, la aplicación de nitrógeno tuvo un efecto significativo en los granos yesados (p= 0,04) y más leve en los granos enteros (p= 0,08). En el cuadro 18 se presentan los promedios obtenidos.

Cuadro 17. Registros de rendimiento y calidad industrial. Resultados de los análisis de varianza considerando el factorial 3x3.\*

	BT	Entero	Yesado
Año	0,005	0,000	0,000
Bl (año)	ns	ns	0,000
Inoc.	ns	ns	ns
Año*In	0,08	ns	ns
Nit.	ns	0,08	0,02
Año*N	ns	ns	ns
Inoc * N	ns	ns	ns
A* In*N	ns	ns	ns
Media	70,4	67,8	3,1
C.V.%	0,4	1,1	27,2

\*trat= tratamientos; BT= % de blanco total; Entero= % de granos enteros; Yesado= % de granos yesados; ; Inoc.= inoculación; Nit= nitrógeno; Año\*In= interacción año por inoculación; Nit.= nitrógeno; In.\* N= interacción inoculación por nitrógeno; A\*In\*N= interacción año por inoculación por nitrógeno

Cuadro 18. Promedios de Blanco total en función del año y de la inoculación, y de entero y yesado según la aplicación de nitrógeno\*

Inoc	%BT		N	%Ent	%Yes
	08-09	10-11			
Sin	70,4	70,4	18	67,7	2,7
Azos	70,5	70,2	41	67,8	3,0
Herb	70,5	70,3	64	67,8	3,5
p=	0,08			0,08	0,02

\*Inoc= inoculación; Sin= sin inocular; Azos= *Azospirillum*; Herb= *Herbaspirillum*; BT= blanco total; Ent= granos enteros; Yes= granos yesados; p= probabilidad

Se estudió la correlación simple entre algunas variables estudiadas y el rendimiento. En los cuadros 19 y 20 se presentan los resultados obtenidos en cada zafra, considerando por separado las 3 situaciones manejadas en relación al tratado de las semillas: a) utilizando sólo las parcelas sin inocular; b) inoculadas con *Azospirillum*; c) inoculadas con *Herbaspirillum*.

**Cuadro 19. Correlaciones simples entre distintas variables estudiadas y el rendimiento. Zafra 2008-2009\***

Variable	Sin inocular		c/ <i>Azospirillum</i>		c/ <i>Herbaspirillum</i>	
	r	Probab.	r	Probab.	r	Probab.
SPAD	0,30	ns	0,05	ns	0,02	ns
Altura	0,87	0,002	0,57	0,11	0,70	0,04
Índice Cos.	-0,39	ns	0,19	ns	0,57	0,11
MS total	0,99	0,000	0,90	0,001	0,94	0,000
%N grano	-0,38	ns	0,15	ns	0,06	ns
%N paja	0,03	ns	0,55	0,12	0,14	ns
N <sub>abs</sub> grano	0,82	0,007	0,81	0,008	0,73	0,03
N <sub>abs</sub> paja	0,62	0,07	0,75	0,02	0,34	ns
N <sub>abs</sub> total	0,86	0,002	0,87	0,002	0,60	0,09
Pod. tallos	0,16	ns	-0,002	ns	-0,15	ns
M. vainas	-0,52	ns	-0,17	ns	-0,39	ns
Panojas/m <sup>2</sup>	-0,57	0,11	-0,46	ns	0,39	ns
G. llenos/p	-0,25	ns	-0,28	ns	-0,08	ns
G. vacíos/p	0,01	ns	-0,22	ns	-0,11	ns
Tot. Gr/p	-0,22	ns	-0,28	ns	-0,08	ns
PMG	0,33	ns	0,09	ns	0,54	ns
Pares de datos	n=9		n=9		n=9	

\* r= coeficiente de correlación; Probab.= probabilidad de error (significación estadística); ns= no significativo / Índice cos.= índice de cosecha; MS= materia seca; N<sub>abs</sub>= nitrógeno absorbido; Pod. Tallos= podredumbre de los tallos; M. vainas= manchado de las vainas; G. llenos/p= granos llenos por panoja; G. Vacíos/p= granos vacíos por panoja; Tot. Gr/p= total de granos por panoja; PMG= peso de mil granos

**Cuadro 20. Correlaciones simples entre distintas variables estudiadas y el rendimiento. Zafra 2010-2011\***

Variable	Sin Inocular		c/ <i>Azospirillum</i>		c/ <i>Herbaspirillum</i>	
	r	Probab.	r	Probab.	r	Probab.
SPAD	0,14	1,0	0,32	1,0	0,48	0,20
Altura	0,65	0,06	0,58	0,10	0,54	0,13
Índice Cos.	0,80	0,009	0,75	0,02	0,21	1,0
MS total	0,14	1,0	0,71	0,03	0,55	0,12
%N grano	0,37	ns	-0,12	1,0	-0,24	1,0
%N paja	-0,25	1,0	-0,66	0,06	-0,73	0,03
N <sub>abs</sub> grano	0,85	0,003	0,71	0,03	0,45	ns
N <sub>abs</sub> paja	-0,49	0,18	-0,51	ns	-0,42	ns
N <sub>abs</sub> total	0,14	1,0	0,05	1,0	-0,25	1,0
Panojas/m <sup>2</sup>	0,46	ns	0,71	0,03	0,25	1,0
G. llenos/p	-0,29	1,0	0,86	0,003	-0,90	0,001
G. vacíos/p	-0,49	ns	-0,75	0,02	-0,02	1,0
Tot. Gr/p	-0,47	ns	0,43	ns	-0,77	0,02
PMG	0,87	0,002	0,10	1,0	0,23	1,0
Pares de datos	n=9		n=9		n=9	

\*=coeficiente de correlación; Probab.= probabilidad de error (significación estadística); Días S-flor.= días entre siembra y 50% de floración; Índice Cos.= índice de cosecha; MS= materia seca; N<sub>abs</sub>= nitrógeno absorbido; G. llenos/p= granos llenos por panoja; G. Vacíos/p= granos vacíos por panoja; Tot. Gr/p= total de granos por panoja; PMG= peso de mil granos

Son pocas las variables que se correlacionaron en forma significativa con el rendimiento en los 2 años. Se destacan en ese sentido, la altura de plantas y el nitrógeno absorbido en los granos en el caso en que se utilizó semilla sin inocular y la producción de materia seca y también el N absorbido cuando la semilla fue tratada con *Azospirillum*. Cuando se inoculó con *Herbaspirillum*, ni una sola variable repitió la significación las 2 zafras.

El índice de cosecha que no pareció ser un factor importante en el año de mayor disponibilidad de radiación solar durante el período de +/- 20 días entorno a la floración, se correlacionó en forma significativa con el rendimiento en 2011 en los casos sin inocular y cuando se trató la semilla con *Azospirillum*. Por el contrario, la producción total de materia seca que resultó correlacionada en los 3 casos en la primera

zafra, solo lo fue en el caso de inoculación con *Azospirillum* en el último año.

### CONSIDERACIONES FINALES

En un trabajo cuyo objetivo fue evaluar los efectos de inocular la semilla con *Azospirillum* o *Herbaspirillum*, se analizó en forma conjunta la información generada en 2 zafras de arroz 2008-2009 y 2010-2011.

En los 2 años se sembró la variedad El Paso 144, a razón de 490 semillas viables/m<sup>2</sup>.

Se utilizó un arreglo factorial de tratamientos combinando la inoculación de la semilla, sin inocular o haciéndolo con *Azospirillum* o *Herbaspirillum*, con aplicación de dosis diferentes de nitrógeno. Junto a esos tratamientos se incluyó un testigo sembrado con

semilla sin inocular y al que se le aplicó 35% más de N que al nivel más alto considerado en el factorial.

Toda la información recogida fue analizada según 2 tipos de análisis, según se incluyera o no el testigo mencionado. En el caso en que se lo consideró, el análisis estadístico fue realizado según un diseño de 10 tratamientos dispuestos en 3 bloques al azar y cuando fueron detectadas diferencias estadísticamente significativas, se realizó la separación de las medias según el test de Tukey al nivel de 5% de probabilidad (incluyéndose también en algunos casos el test LSD de mínima diferencia significativa). Por otro lado, las variables en estudio se analizaron según el factorial completo, desagregándose los efectos de los tratamientos en sus componentes, inoculación y N, y su interacción.

En el primer tipo de análisis se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento debidas a los tratamientos. La máxima productividad fue obtenida con el testigo al que se le aplicaron 150 kg/ha de urea en cobertura; no obstante, el test de Tukey no encuentra diferencias entre el máximo rendimiento y los obtenidos en los 6 tratamientos que recibieron 100 o 50 kg/ha de urea en cobertura respectivamente (nivel de 5% de probabilidad).

En el estudio de componentes del factorial, la inoculación de la semilla por sí sola o en interacción con el N aplicado no afectó en forma significativa los rendimientos. Dentro de los niveles de N manejados, los máximos incrementos se obtuvieron con la aplicación de 50 kg/ha en cobertura (4,6% con *Herbaspirillum* y 3,8% con *Azospirillum*).

En relación a posibles efectos simples de la inoculación en otras variables analizadas distintas al rendimiento, cabe expresar:

- No se encontraron efectos significativos en las estimaciones de actividad clorofiliana (SPAD) al 50% de floración
- No se encontraron efectos significativos sobre la altura de plantas a fin de ciclo
- No se encontraron efectos significativos en los contenidos de N en paja o en grano al momento de cosecha
- No se encontraron efectos significativos en la producción de materia seca a la cosecha
- No se encontraron efectos significativos en las cantidades de N absorbido en paja, grano o total
- No se encontraron efectos significativos en el índice de cosecha
- No se encontraron efectos significativos en los índices de grado de severidad de la Podredumbre de los Tallos.

En relación a los componentes del rendimiento se encontraron efectos significativos en el número de panojas por unidad de superficie, siendo mayores las cantidades encontradas en plantas inoculadas con *Herbaspirillum*, en los 3 niveles de nitrógeno considerados. En los 2 años se detectó el mayor

número de granos vacíos por panoja en el tratamiento de semilla inoculada con *Azospirillum* que no recibió cobertura nitrogenada.

Llama la atención que en varios análisis realizados en distintas variables, se detectó significación en la "aditividad" de bloques y tratamientos, indicando falta de consistencia en la cuantificación de la observación, de acuerdo a la repetición en donde se la tomó, sugiriendo quizás que pequeñas diferencias en el microambiente puedan condicionar la expresión de los efectos.

Cuando se compararon las condiciones ambientales donde creció y se desarrolló el cultivo, se encontraron diferencias importantes tanto en el período de instalación del cultivo, como en el cercano al 50% de floración. En el primer año donde se condujo el trabajo, las temperaturas medias existentes en el período siembra - inundación fueron mayores y también lo fue el promedio de radiación diaria registrada en +/- 20 días en torno a la floración (19,3°C y 22,1 MJ/m<sup>2</sup>, respectivamente).

Se considera que puede existir un manejo agronómico diferente al utilizado actualmente, sobre el que habrá que trabajar, que puede favorecer la expresión de un mayor potencial de rendimientos, en función de la asociación de la bacteria con la planta de arroz. Considerando que *Herbaspirillum* está presente naturalmente en los arrozales del país y no así *Azospirillum*, probablemente esas condiciones favorables no sean las mismas.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bastián F., Cohen, A., Piccoli, P., Lina, V., Baraldi, R., 1998. Production of indole-3-acetic and gibberellins A<sub>1</sub> and A<sub>3</sub> by *Acetobacter diazotrophicus* and *Herbaspirillum seropedicae* in chemically-defined culture media. En: Plant Growth Regulation 24: 7-11.

Canzani F., Vitola, G., Dutto, P., Labandera, C., 1998. Cuantificación y aislamiento de microorganismos fijadores de nitrógeno en arroz. En: Arroz Resultados Experimentales 1997-1998. Actividades de Difusión 166. INIA Treinta y Tres. Agosto 1998. Cap.5: 7-10.

Dobbelaere, S., Vanderleyden J., Okon Y., 2003. Plant growth-Promoting Effects of Diazotrophs in the Rhizosphere. En: Critical Reviews in Plant Sciences 22(2): 107-149.

Fuentes L., Tapia A., Jiménez, T., Mascarúa, M., Yuriri, P., Caso, V., Romero, H., Del Rayo Cajica E., León D., Rosales M., Fuguemann P., Castillo M., 2003. Bacterias acéticas: diversidad e interacción con las plantas. En: Revista Elementos, Ciencia y Cultura No. 49 Vol. 10 pág. 47.

Labandera C., Punschke K., Carlomagno M., 2004. Desarrollo de inoculantes a base de bacterias fijadoras de nitrógeno en arroz. LIA 009. En: Arroz Resultados Experimentales 2003-2004. Actividades de Difusión 373. INIA Treinta y Tres. Agosto 2004. cap. 3: 43-46.



## ESTIMULADORES DEL CRECIMIENTO

### Zafra 2010-2011

Enrique Deambrosi<sup>1/</sup>, Ramón Méndez<sup>1/</sup>, Jesús Castillo<sup>1/</sup>

#### INTRODUCCIÓN

En la zafra 2009-2010 se comenzó a trabajar en la evaluación de algunas alternativas que pueden contribuir al logro de una mejor performance del arroz en las etapas más tempranas. Con tal objetivo se instaló un experimento en Paso de la Laguna donde se evaluaron los efectos de la utilización de distintos productos existentes a nivel comercial, sobre la promoción del crecimiento inicial y sobre el rendimiento final en grano. En 2010-2011 se volvió a repetir el trabajo, dando ingreso a nuevos productos y retirando otros.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron 8 tratamientos, 7 de semilla y 1 de aplicación en postemergencia. Junto a ellos se incluyeron en la evaluación 3 tratamientos adicionales: un testigo absoluto sin curado o aplicación alguna y 2 tratamientos de semilla, uno de ellos con imidacloprid y el otro con thiametoxan. Estos 2 últimos fueron introducidos, no como insecticidas sino como referencias, ya que en INIA Treinta y Tres se ha

comprobado cierto efecto benéfico de estos productos estimulando la emergencia y producción inicial de las plántulas (Pereira A., Ávila, S., Deambrosi E., 2008).

Se utilizó la variedad El Paso 144, la que fue sembrada el 12 de octubre de 2010, a razón de 490 semillas viables/m<sup>2</sup>, equivalente a 148 kg/ha de semilla que presentaba 90% de germinación y un peso de mil granos de 27,15 gramos. Se aplicó en general un fertilizante binario a la siembra (100 kg/ha de fosfato de amonio), y a los efectos de acompañar el posible estímulo o promoción del crecimiento que puede contribuir a un aumento de la productividad, se manejaron 2 niveles de fertilización nitrogenada en cobertura 46 y 69 kg/ha de N (urea 100 o 150 kg/ha), aplicados la mitad al macollaje y la mitad a la elongación de entrenudos.

El suelo donde fue instalado el experimento presentaba la siguiente composición textural: arena 29%, limo 46%, arcilla 25%. En el Cuadro 1 se presentan los resultados de los análisis de las muestras de suelos, extraídas en cada uno de las repeticiones.

Cuadro 1. Análisis de suelos. Estimuladores del crecimiento. Paso de la Laguna 2010-2011\*

Bloque	pH	C.O. %	P Bray 1 ppm	K meq/100 g	Na meq/100 g	Zn mg/kg
I	5,4	1,32	3,3	0,25	0,12	1,06
II	5,5	1,23	4,0	0,22	0,12	0,79
III	5,4	1,21	4,3	0,26	0,17	0,76

\*Análisis realizados en el laboratorio de Suelos, Plantas y Agua de INIA La Estanzuela

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con un arreglo de parcelas divididas, ubicándose los tratamientos (de semilla o postemergente) en las parcelas principales y las dosis nitrogenadas en las menores. Las parcelas mayores fueron separadas por taipas individuales, para poder realizar riegos independientes y prevenir el desplazamiento de los productos entre ellas. El tamaño de las parcelas menores fue de 9 surcos de 8,1 m de largo, separados 0,17 m entre sí.

En el cuadro 2 se presenta información sobre los tratamientos evaluados en las parcelas mayores, las empresas proveedoras y las cantidades utilizadas en las respectivas preparaciones. Los tratamientos testigos incluidos por INIA corresponden a los números 8 (imidacloprid), 9 (thiametoxan) y 10 sin tratar. En relación al año anterior, cabe destacar 2 reducciones en las dosis de productos que participaron nuevamente: Synergize un 25% (de 400 a 300 cc / 100 kg de semilla) y el testigo thiametoxan un 33% (de 150 a 100 cc / 100 kg de semilla) respectivamente.

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

Asistente de Investigación Alexandra Ferreira

En el cuadro 3 se presentan algunas características de los productos utilizados, de acuerdo a la información proporcionada por las empresas proveedoras.

Para evaluar la velocidad de emergencia e instalación, en cada repetición se contaron las plantas emergidas en 8 sectores de 1 metro de longitud en 4 oportunidades: 8, 12, 17 y 22 de noviembre. En el Anexo se presenta información registrada en la Estación Agroclimática de la Unidad Paso de la Laguna sobre las temperaturas mínimas a nivel de césped y sobre las precipitaciones ocurridas entre la fecha de siembra y el día en que se realizó el último conteo de plantas.

Se dieron 2 baños en forma previa a la inundación del cultivo: el 25 de octubre para promover la emergencia dada la baja humedad existente en el suelo, y el 25 de noviembre. Se decidió la realización de este segundo riego para controlar la presencia de insectos en el suelo, dejando un nivel bajo de agua por 3 días. Las aplicaciones de urea al macollaje fueron realizadas en suelo drenado el 1 de diciembre, inundándose el cultivo en forma definitiva 1 día después. Las coberturas nitrogenadas en la elongación de entrenudos fueron realizadas el 3 de enero.



Cuadro 2. Estimuladores de crecimiento. Tratamientos. Paso de la Laguna 2010-11\*

Trt N°	Productos	Aplicación	Empresa	Preparación
1	Synergise	semilla	Agritec	300 cc /100 kg
2	Biozyme	semilla	Agritec	200 cc /100 kg
3	Starter	semilla	Dapama / Nutrea	1000 cc/ 100 kg
4	Stimulate Mo	semilla	Dapama / Nutrea	400 cc /100 kg
5	Fertiactyl GZ	postemergente	Timac	1 l/ha
6	Formaiz	semilla	Forquimica	200 cc / 100 kg
7	Basaplant	semilla	Enfoque	1400 cc / 100 kg
8	imidacloprid 600g/l	semilla	Testigo INIA	200 cc/100 kg
9	thiametoxan 350g/l	semilla	Testigo INIA	100 cc/100kg
10	Sin tratar	-	Testigo INIA	-
11	Biorend	semilla	Marwald	2000 cc / 100 kg

\*Se utilizaron 1,4 litros de caldo por 100 kg en los tratamientos de semilla. La aplicación de postemergencia se realizó el 1 de diciembre a razón de 140 l/ha de solución

Cuadro 3. Productos evaluados y sus contenidos\*

Productos	Contenido
Synergise	290 g/l (ZnO), 243 g/l (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), 146 g/l (N)
Biozyme	extractos vegetales acuosos (carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas), hormonas (giberelinas, auxinas, zeatina), elementos menores (Fe, Zn, Mn, Mg, B, S)
Starter	5% zinc, 4% azufre, 0,5% boro, 0,5% cobre, 3% manganeso
Stimulate Mo	4% molibdeno
Fertiactyl GZ	3% N ureico, 5% K <sub>2</sub> O soluble en agua, ácidos húmicos y fúlvicos, zeatina, glicina betaína
Formaiz	molibdeno 78 g/l, zinc 156 g/l
Basaplant	auxinas 82,2 mg/l, citoquininas 0,0062 mg/l, zinc 140 g/l, NOK+Mg, aminoácidos, vitaminas, carbohidratos (alginatos, liminarias, manitol)
Biorend	quitosano

\*Información proporcionada por las empresas

Para estimar la producción de materia seca al tiempo de elongación de los entrenudos, se muestrearon al azar 2 tramos de 0,3 m de hilera por parcela. Se registraron los días necesarios para alcanzar el 50% de floración. En ese momento se realizó una estimación de la actividad clorofiliana, mediante lecturas con un SPAD, y se realizaron al azar 2 cortes de plantas a ras del suelo en 0,3 m de surco, para analizar el contenido y absorción de N. En forma previa a la cosecha, se desbordaron 0,75 m en las cabeceras de las parcelas y se cortaron los 7 surcos centrales. El grano proveniente de cada parcela fue pesado en la misma chacra y se extrajo una muestra del mismo para medir su humedad; posteriormente dicha cantidad fue corregida a un nivel uniforme de 13% de humedad. Se tomó la altura de 6 plantas y se extrajeron al azar 2 tramos de 0,3 m de hilera para analizar los componentes del rendimiento.

Luego de secar las muestras de grano a 13% de humedad, se realizaron análisis de rendimiento y calidad industrial del arroz en los laboratorios de INIA Treinta y Tres.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al igual que había sucedido en la primavera anterior con este experimento, se registraron temperaturas mínimas muy bajas en los días posteriores a la siembra. Si bien no llegaron a registrarse heladas agrometeorológicas,

en el período de 28 días ubicado entre la siembra y el 8 de noviembre en que se realizó el primer conteo de plantas, en 22 de los mismos se registraron temperaturas mínimas menores de 10°C a nivel de césped y en 13 de ellos fueron inferiores a 5°C. Comparado con iguales fechas calendarios del 2009, hubo un 55% más de días con temperaturas inferiores a 10°C y un 42% más de inferiores a 5°C. También existió falta de humedad, registrándose un total de 34 mm de lluvia en ese mismo período; por tal motivo se dio un baño 13 días después de la siembra.

En el cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos en los análisis estadísticos de los conteos de plantas realizados. En las 3 primeras fechas se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos, las que se fueron haciendo cada vez menores hasta desaparecer en el último conteo. La dinámica promedio de incremento de la población en el período de 14 días existente entre el primer y último conteo fue: 61, 151, 187 y 199 plantas/m<sup>2</sup>. Sólo en el primer caso, donde la emergencia se produce en forma más despereja, se detectó significación en el análisis de no-aditividad. En el cuadro 5 y en las figuras 1, 2 y 3 se presentan los resultados obtenidos incluyéndose las separaciones de medias según los tests de Tukey en los 2 primeros casos y de LSD en el tercero, al nivel de 5% de probabilidad.

Cuadro 4. Resultados de los análisis estadísticos de registros de número de plantas realizados los días 8, 12, 17 y 22 de noviembre. Probabilidades de significación

Fuente de variación	Grados de libertad	Fecha de registro			
		8 nov	12 nov	17 nov	22 nov
Prob.(Bloques)	2	0,14	0,03	0,05	ns
Prob.(Tratamientos)	10	0,03	0,006	0,06	ns
Prob.(no-aditividad)	1	0,02	ns	ns	ns
Promedio		61,2	151,3	187,0	198,7
C.V.%		28,7	13,6	14,3	20,0

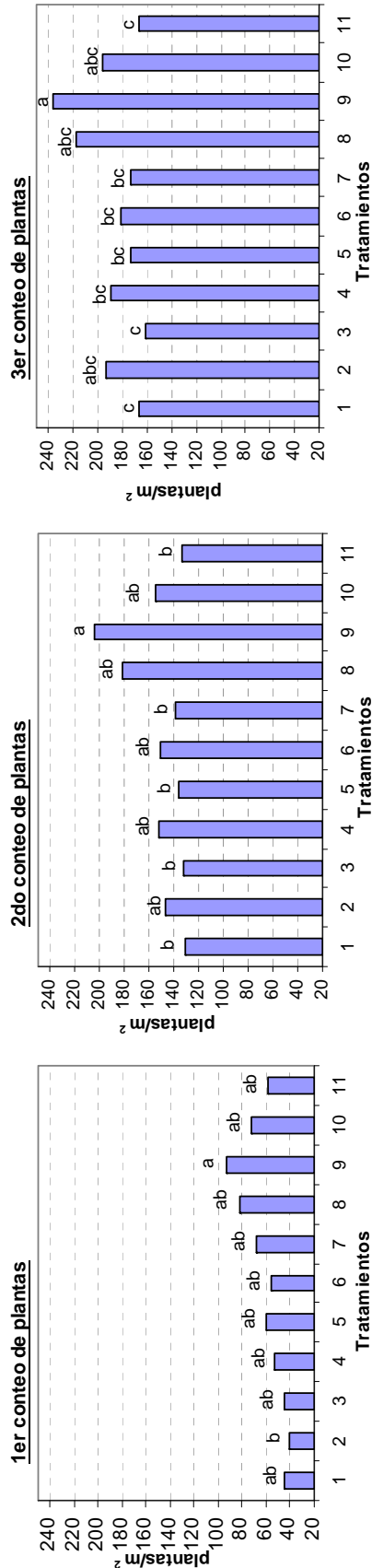


Figura 1. Resultados obtenidos en el primer conteo (8/11). Columnas con letras(s) igual(es) no difieren significativamente según el test de Tukey al nivel de 5% de probabilidad

Figura 2. Resultados obtenidos en el segundo conteo (12/11). Columnas con letras(s) igual(es) no difieren significativamente según el test de Tukey al nivel de 5% de probabilidad

Figura 3. Resultados obtenidos en el tercer conteo (17/11). Columnas con letras(s) igual(es) no difieren significativamente según el test de LSD al nivel de 5% de probabilidad

Cuadro 5. Promedios de número de plantas/m<sup>2</sup> obtenidos en los 3 primeros conteos\*

Tratamiento Número	Producto	Primero 8/11	Segundo 12/11	Tercero 17/11
1	Synergise	44,3 ab	131,0 b	166,7 c
2	Biozime	41,0 b	146,7 ab	193,3 abc
3	Starter	45,0 ab	132,7 b	161,7 c
4	Stimulate Mo	53,3 ab	152,7 ab	189,7 bc
5	Fertiactyl GZ	59,3 ab	136,7 b	173,7 bc
6	Formaiz	56,3 ab	151,7 ab	181,7 bc
7	Basaplant	67,7 ab	139,0 b	173,3 bc
8	Imidacloprid 600g/l	81,2 ab	181,7 ab	217,3 abc
9	thiametoxan 350g/l	93,3 a	204,0 a	237,0 a
10	Sin tratar	73,0 ab	155,7 ab	195,7 abc
11	Biorend	58,3 ab	133,0 b	167,0 c
MDS <sub>0,05</sub>		Tukey= 51,9	Tukey= 60,5	LSD= 45,4

\*MDS<sub>0,05</sub>= mínima diferencia significativa para el nivel de 5% de probabilidad, según Tukey (en los 2 primeros conteos) y LSD en el tercero

En el cuadro 6 se presentan los resultados obtenidos a fines de la etapa vegetativa en número de tallos y materia seca total producida a la elongación de entrenudos. En forma similar al año anterior, las 2 variables fueron afectadas en forma significativa por la aplicación de las coberturas nitrogenadas, mientras que apenas se detectan diferencias al 10% de probabilidad en la materia seca por efectos de los tratamientos. Es

necesario aclarar que dado el diseño utilizado, donde el factor N es ubicado en las parcelas menores, si no existe interacción entre ambos, dispone de mayores posibilidades de mostrar significación estadística en relación a los tratamientos, siendo requeridas diferencias mucho menores entre niveles para ser considerados diferentes.

Cuadro 6. Número de tallos y materia seca producida a la elongación de entrenudos. Resultados de los análisis estadísticos. Probabilidades de significación

Fuente de variación	Nº de tallos/m <sup>2</sup>	Materia seca t/ha
Prob.(Bloques)	ns	ns
Prob.(Tratamientos)	ns	0,10
Prob.(Nitrógeno)	0,02	0,03
Prob.(Tratamientos x N)	ns	ns
Promedio	992	3,089
C.V.%	12,8	12,8

Las aplicaciones nitrogenadas de macollaje de 75 kg/ha aumentaron la cantidad de tallos registrada en la elongación de entrenudos en un 8,5% respecto a las parcelas que recibieron 50 kg/ha (1032 vs 951 respectivamente). En referencia a la materia seca, el impacto de incrementar 25 kg/ha la urea fue del orden

de 7,5% (3,2 vs 2,978 t/ha). En el cuadro 7 se presentan los promedios obtenidos en materia seca de acuerdo a los tratamientos manejados. De acuerdo a la tendencia que resultó significativa al 10% de probabilidad, thiametoxan, Basaplant y Biorend presentaron las mayores producciones.

Cuadro 7. Materia seca producida a la elongación de entrenudos, según tratamientos realizados\*

Tratamiento	Número	Producto	Materia seca t/ha
1		Synergise	2,754 c
2		Biozyme	3,016 bc
3		Starter	2,988 bc
4		Stimulate Mo	2,873 c
5		Fertiactyl GZ	2,954 bc
6		Formaiz	3,147 bc
7		Basaplant	3,455 ab
8		imidacloprid	2,940 bc
9		thiametoxan	3,705 a
10		Sin tratar	2,915 bc
11		Biorend	3,229 abc
LSD <sub>0,10</sub>			0,554

\*valores promedio seguidos por las misma(s) letra(s) no difieren estadísticamente entre sí según el test de Mínima Diferencia Significativa (LSD) al nivel de 10% de probabilidad

No se encontraron efectos significativos de los tratamientos en ninguna de las variables registradas directa o indirectamente a la floración: estimación de la actividad clorofiliana (SPAD), materia seca producida, contenido y absorción de nitrógeno. Existió una leve tendencia significativa al 9%, por la cual algunos tratamientos alcanzaron la floración unos días antes (en un rango de 3 días). Aplicar más N en cobertura hizo florecer las plantas 1 día más tarde, producir un 8% más de materia seca y absorber un 9,7% más kg/ha de nitrógeno. El resumen de los resultados obtenidos en esa época es presentado en el cuadro 8.

Con un promedio de 10.088 kg/ha, no se encontraron efectos significativos de los tratamientos en el rendimiento final en grano. Existió una tendencia (significativa al 7%), según la cual aplicar 23 kg/ha más de N en cobertura incrementó el rendimiento un 2,4%. En el cuadro 9 se presentan los resultados de los análisis estadísticos realizados en el rendimiento y en la altura de plantas a la cosecha, así como los promedios obtenidos. La altura de plantas no fue afectada por aplicar más N, mientras que en algunos tratamientos se encontraron plantas más altas que en otros, dentro de un pequeño rango de 5 cm.

Cuadro 8. Resultados de los análisis estadísticos y probabilidades de significación en variables registradas a la floración. Promedios de tratamientos y de dosis de nitrógeno en cobertura\*

Tratamiento Número	Producto	Días Siembra-Flor.	SPAD	MS floración t/ha	N %	N abs. kg/ha
1	Synergise	127,5 a	35,08	17,783	1,10	195,5
2	Biozyme	128,2 a	33,72	17,682	0,98	173,5
3	Starter	128,2 a	35,07	20,042	1,10	217,0
4	Stimulate Mo	127,2 ab	35,02	17,837	1,11	198,7
5	Fertiactyl GZ	127,7 a	34,97	16,993	1,13	190,4
6	Formaiz	126,8 abc	35,05	17,405	1,08	192,4
7	Basaplant	126,3 abc	34,75	18,659	1,05	193,6
8	imidacloprid	124,5 c	34,83	16,385	1,07	175,4
9	thiametoxan	125,0 bc	35,03	18,896	1,09	205,0
10	Sin tratar	127,0 ab	34,55	17,880	1,13	202,9
11	Biorend	127,3 ab	34,52	17,125	1,09	185,9
Prob.(Bloques)		0,06	ns	0,13	0,000	ns
Prob.(Tratamientos)		0,09	ns	ns	ns	ns
Prob.(Nitrógeno)		0,001	ns	0,01	ns	0,009
Prob.(Trat. x N)		ns	ns	ns	ns	ns
Promedio ensayo		126,9	34,78	17,881	1,08	193,6
C.V.%		1,0	2,3	11,3	6,3	13,2
LSD <sub>0,10</sub>		2,5				
Promedio N46		126,3	34,81	17,187	1,07	184,7
Promedio N 69		127,5	34,75	18,575	1,10	202,6

\*valores promedio seguidos por las misma(s) letra(s) no difieren estadísticamente entre sí según el test de Mínima Diferencia Significativa (LSD) al nivel de 10% de probabilidad  
 Siembra-flor.= período siembra – floración; MS= materia seca; N abs.= nitrógeno absorbido en kg/ha

Cuadro 9. Resultados de los análisis estadísticos y probabilidades de significación en registros de rendimiento de grano y altura de plantas. Promedios de tratamientos y de dosis de nitrógeno en cobertura

Fuente de variación	N	Tratamiento Nº	Productos	Rendimiento kg/ha	Altura cm
		1	Synergise	10.092	86
		2	Biozyme	9.107	83
		3	Starter	10.107	87
		4	Stimulate Mo	10.350	86
		5	Fertiactyl GZ	10.115	88
		6	Formaiz	10.181	86
		7	Basaplant	9.797	85
		8	imidacloprid	9.983	88
		9	thiametoxan	10.711	86
		10	Sin tratar	10.430	85
		11	Biorend	10.089	84
	46			9.967	86
	69			10.208	86
Prob.(Bloques)				0,12	ns
Prob.(Tratamientos)				ns	0,07
Prob.(Nitrógeno)				0,07	ns
Prob.(Trat. x N)				ns	ns
Promedio				10.088	86
C.V.%				5,0	1,8

Los tratamientos no tuvieron efectos significativos en la producción de materia seca a la floración, ni en la cantidad de nitrógeno absorbido hasta ese momento. La aplicación de N en cambio incrementó los promedios de las 2 variables. Al igual que se hizo en el año anterior, en las figuras 4 y 5 se presentan las relaciones entre la materia seca producida y las cantidades de N absorbidas al 50% de floración con el rendimiento final en grano cosechado. Las figuras fueron construidas

según un modelo de ajuste polinómico de segundo y primer grado y presentan coeficientes de determinación de 0,09 y 0,14 respectivamente. En ambas se puede observar una amplia dispersión en relación a la línea de tendencia general. Si bien se logró una mayor productividad en esta última zafra, aparentemente fue necesario producir más materia seca para obtener el máximo físico de rendimiento.

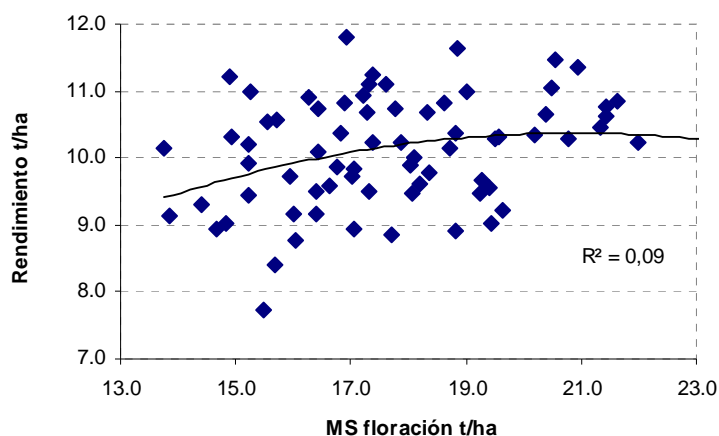


Figura 4. . Relación entre la materia seca producida al 50% de floración y el rendimiento final en grano (n= 66 pares de datos)

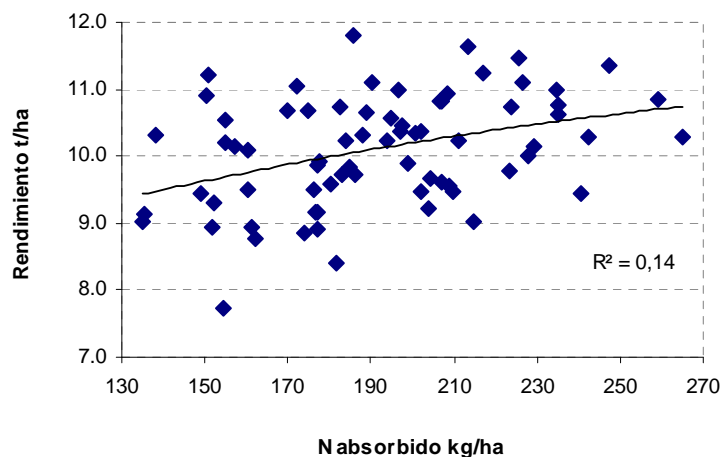


Figura 5. Relación entre la cantidad de N absorbido al 50% de floración y el rendimiento final en grano (n= 66 pares de datos).

En el cuadro 10 se presentan los resultados de los análisis de los componentes del rendimiento. No se encontraron efectos significativos de los tratamientos ni del N aplicado en ninguno de ellos. Se obtuvieron en promedio 626 panojas/m<sup>2</sup>, 78 granos llenos por panoja y un peso de 27 gramos los mil granos.

estas variables se detectaron efectos significativos de los tratamientos o de las dosis de N aplicadas. En promedio se obtuvieron porcentajes de blanco total de 70,1% y de granos enteros de 68,0%. En referencia a la calidad industrial, se obtuvo un promedio de 2,9% de granos yesados y 0,22% de granos manchados.

En el cuadro 11 se presentan los resultados obtenidos en los análisis de rendimiento industrial. Tampoco en

Cuadro 10. Resultados de los análisis estadísticos y probabilidades de significación en registros de componentes del rendimiento. Promedios de tratamientos y de dosis de nitrógeno en cobertura\*

Fuente de variación	N	Trat. N°	Productos	pan/m <sup>2</sup>	ll/p	vac/p	tot/p	PMG
		1	Synergise	618	72,6	19,5	92,3	27,28
		2	Biozyme	603	73,3	21,0	94,7	26,71
		3	Starter	569	81,4	20,3	102,1	27,02
		4	Stimulate Mo	624	77,6	25,0	103,0	26,97
		5	Fertiactyl GZ	647	76,0	26,3	103,0	27,10
		6	Formaiz	591	78,0	19,0	97,4	27,00
		7	Basaplant	641	82,4	19,9	102,7	26,79
		8	imidacloprid	630	75,8	18,0	94,2	27,38
		9	thiametoxan	640	75,5	20,2	96,2	27,13
		10	Sin tratar	603	89,9	24,8	115,3	26,72
		11	Biorend	717	77,9	21,9	100,3	26,78
	46			614	77,4	22,1	100,0	27,00
	69			637	79,0	20,8	100,2	26,97
Prob.(Bloques)				0,03	0,01	ns	0,02	ns
Prob.(Tratamientos)				ns	ns	ns	ns	ns
Prob.(Nitrógeno)				ns	ns	ns	ns	ns
Prob.(Trat .x N)				ns	ns	ns	ns	ns
Promedio				626	78,2	21,4	100,1	27,0
C.V.%				11,8	13,9	29,1	13,2	0,8

\*pan/ m<sup>2</sup>= panojas por m<sup>2</sup>; ll/p= granos llenos por panoja; vac/p= granos vacíos por panoja; tot/p= total de granos por panoja; PMG= peso de mil granos

Cuadro 11. Resultados de los análisis estadísticos y probabilidades de significación en registros de rendimiento industrial. Promedios de tratamientos y de dosis de nitrógeno en cobertura

Fuente de variación	N	Tratamiento N°	Productos	Blanco total %	G. enteros %
		1	Synergise	70,2	68,5
		2	Byozime	70,0	67,5
		3	Starter	69,9	67,8
		4	Stimulate Mo	70,4	68,6
		5	Fertiactyl GZ	70,1	68,0
		6	Formaiz	70,0	67,9
		7	Basaplant	70,1	67,8
		8	imidacloprid	70,2	67,9
		9	thiametosan	70,0	68,0
		10	Sin tratar	70,1	68,2
		11	Biorend	69,9	67,5
	46			70,1	68,0
	69			70,1	67,9
Prob.(Bloques)				ns	ns
Prob.(Tratamientos)				ns	ns
Prob.(Nitrógeno)				ns	ns
Prob.(Trat .x N)				ns	ns
Promedio				70,1	68,0
C.V.%				0,33	0,89

Se realizaron análisis de correlaciones simples entre algunas de las variables estudiadas y el rendimiento. En el Cuadro 12 se presenta un resumen de la información generada, encontrándose relaciones diferentes a las obtenidas en la zafra anterior. La rapidez de emergencia estimada a través del número de plantas emergidas a los 27, 31, 36 y 41 días después de la siembra, mostró correlación significativa con el resultado final, siendo los coeficientes y sus probabilidades mayores, cuanto más

temprano se hicieron los conteos. Por el contrario, en esta oportunidad la producción de tallos y materia seca a la elongación de entrenudos no mostró correlación con el rendimiento. Como se observó en las figuras 4 y 5, la materia seca producida y el N absorbido en la floración mostraron una correlación significativa. En relación a variables medidas a la cosecha, sólo la altura de plantas y el peso de granos mostraron significación en su correlación.



Cuadro 12. Coeficientes de correlación y probabilidades de significación (error) entre el rendimiento y algunas variables (n= 66 pares de datos)

<b>Variables</b>	<b>Coeficiente "r"</b>	<b>Probabilidad</b>
No de plantas emergidas a los 27 dds*	0,34	0,004
No de plantas emergidas a los 31 dds	0,26	0,04
No de plantas emergidas a los 36 dds	0,25	0,05
No de plantas emergidas a los 41 dds	0,20	0,11
Nº tallos en la elongación de entrenudos (ee)	0,07	1,0
Materia seca producida en la elongación (ee)	0,11	1,0
Materia seca producida al 50% de floración	0,25	0,04
N kg/ha absorbido al 50% de floración	0,37	0,002
Altura de plantas	0,45	0,000
Nº de panojas/m <sup>2</sup>	0,12	1,0
Nº de granos llenos por panoja	-0,03	1,0
Nº de granos vacíos por panoja	-0,006	1,0
Peso de granos	0,28	0,02

\*dds= días después de la siembra

### CONSIDERACIONES FINALES

Se evaluaron los efectos de productos de distintos tipos de acción sobre el cultivo de arroz, procurando mejorar la performance del mismo en sus etapas tempranas de crecimiento. En el experimento se incluyeron 7 tratamientos de la semilla de arroz y 1 de aplicación postemergente. Para acompañar un posible impacto de estímulo o promoción del crecimiento que se pudiera generar por el uso de los tratamientos, se dispuso de 2 niveles de fertilización nitrogenada. Como testigos se incluyeron 3 tratamientos, 1 sin agregado alguno de sustancia diferente a un uso tradicional, y 2 con tratamientos de semilla pre-siembra con productos conocidos (imidacloprid y thiametoxan).

Se produjeron a nivel de césped temperaturas mínimas muy bajas en los días siguientes a la siembra, que retrasaron la emergencia. En conteos de plantas realizados a los 27, 31, 36 y 41 días después de la siembra, se lograron en promedio recuperaciones del orden de 12, 31, 38 y 41% respectivamente. En las 3 primeras fechas existieron diferencias significativas en el número de plantas emergidas por efecto de los tratamientos, pero en ningún caso el testigo sin tratar fue inferior al mejor. Con un promedio de 199 plantas/m<sup>2</sup> no se detectaron diferencias en el cuarto conteo.

Con un nivel de significación menor (10%) también se detectaron diferencias debidas a los tratamientos en la cantidad de materia seca (MS) producida a fines de la

etapa vegetativa (elongación de entrenudos). En este caso, el testigo con tratamiento de semilla con thiametoxan que fue de los primeros en emerger, produjo la mayor cantidad. Sin embargo, los testigos con tratamientos de thiametoxan e imidacloprid que presentaron las mayores recuperaciones en los conteos de plantas y florecieron un poco antes, no produjeron más MS a la floración.

Con un promedio de 10.088 kg/ha no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento ni en sus componentes por efectos de los tratamientos evaluados. El testigo sin tratar ocupó el segundo lugar en el ranking decreciente de productividad, siendo solamente superado por el testigo tratado con thiametoxan en un 2,7%.

En los estudios de correlación, el número de plantas más rápidamente emergidas, la producción de materia seca y la absorción de N a la floración, mostraron coeficientes positivos y estadísticamente significativos con el rendimiento final.

### REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

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

**ANEXO**

Temperaturas mínimas a nivel de césped y precipitaciones en Paso de la Laguna del 12/10 al 22/11/2010

<b>Día</b>	<b>Mes</b>	<b>Temperatura de césped °C</b>	<b>Precipitaciones mm</b>
12	octubre	1,6	0
13	octubre	6,2	0
14	octubre	12	0
15	octubre	11,2	0,2
16	octubre	8,2	0
17	octubre	2,6	0
18	octubre	0,4	0
19	octubre	3	0
20	octubre	4,4	0
21	octubre	6,8	0
22	octubre	9,8	0
23	octubre	0	0
24	octubre	3	0
25	octubre	7,6	0
26	octubre	3,8	0
27	octubre	5	0
28	octubre	3,4	0
29	octubre	3,2	0
30	octubre	13,8	16
31	octubre	6,8	0
1	noviembre	7,8	0
2	noviembre	2,2	0
3	noviembre	1,6	0
4	noviembre	10,2	0
5	noviembre	12,2	8,5
6	noviembre	6,4	9,2
7	noviembre	8,8	0
8	noviembre	10,6	0
9	noviembre	10,8	18
10	noviembre	3	6,5
11	noviembre	0,4	0
12	noviembre	0	0
13	noviembre	0,6	0
14	noviembre	8,6	0
15	noviembre	7,2	0
16	noviembre	14,8	70,6
17	noviembre	13,0	5,4
18	noviembre	9,2	0
19	noviembre	6,4	0
20	noviembre	12,8	0
21	noviembre	10,8	0
22	noviembre	14,9	0

## CONTRIBUCIÓN RELATIVA DE LAS DISTINTAS FUENTES DE N AL CULTIVO DE ARROZ EVALUADA MEDIANTE LA TÉCNICA ISOTÓPICA DE ABUNDANCIA NATURAL $^{15}\text{N}$

J. Castillo<sup>1/</sup>, J. Terra<sup>1/</sup>, C. Perdomo<sup>2/</sup>, C. Mori<sup>2/</sup>

### INTRODUCCION

El cultivo de arroz en Uruguay ocupa una superficie aproximada entre 150.000 y 190.000 ha., las que varían en función de las reservas de agua con que se cuentan en cada zafra. En términos generales el 71% de la producción se encuentra en la zona este del país, estando el restante 21% y 8% en el norte y centro del país respectivamente. La información de la última encuesta agrícola muestra que un 60% del cultivo sembrado es de primer año, el que se siembra sobre praderas permanentes, campos descansados (retornos) y antecesores de invierno ó verano. El restante 40% corresponde a siembras sobre rastrojo de arroz, siendo el 77% rastrojo de primer año. Sobre el total de arroz de salida, el 58% es sembrado con pasturas permanentes.

Esta particularidad sitúa al arroz Uruguayo dentro de un sistema sostenible y amigable con el medio ambiente en comparación con otros sistemas productivos a nivel mundial. En este contexto, Uruguay obtiene una alta producción de arroz por unidad de superficie sembrada en comparación a otros países productores. Dentro de las diferencias, el uso de insumos y en particular el N, es uno de los aspectos más relevantes.

Según DIEA los productores arroceros aplican aproximadamente 1 kg N/100 kg de grano cosechado, aspecto que al menos duplica a lo reportado en otros sistemas productivos. Entre las fuentes de N más importantes para el cultivo en la rotación arroz-pasturas se mencionan la mineralización de la materia orgánica del suelo, el aporte de los fertilizantes, la fijación simbiótica de las pasturas y la fijación no-simbiótica durante el cultivo.

Trabajos realizados en suelos agrícolas del litoral y sur del país (García et al., 1994, Mallarino et al., 1990,) mostraron que la capacidad de aporte de N por fijación simbiótica en trébol blanco y lotus puede alcanzar 240 kg N/ha/año. Algunos trabajos internacionales han demostrado que algunas leguminosas en rotación con arroz pueden aportar cantidades significativas de N al sistema (480 kg/ha/año) y que el impacto sobre la productividad del arroz es directamente proporcional a la cantidad de N fijado e inversamente a la calidad del suelo (Schulz et al., 1999). Sin embargo, es escasa la información acerca del efecto de las pasturas plurianuales sobre la dinámica de N y la calidad del recurso suelo en rotación con arroz en nuestras condiciones. La alternancia de ciclos de inundación y secado en la rotación arroz-pasturas (condiciones de reducción y oxidación) agregan complejidad al estudio de la dinámica de C y N en estos sistemas productivos (Shibu et al., 2006).

Se estima que para alcanzar los niveles de productividad actual a nivel nacional, el cultivo de arroz absorbe aproximadamente 170 kg/ha de N, cifra que al menos duplica el promedio de N agregado como fertilizante en las chacras comerciales (Deambrosi et al., 2007). Según Fageria (2003), la extracción en el grano de un cultivo de arroz de 8000 kg/ha es de unos 90 kg/ha, mientras que el restante N absorbido por el cultivo es devuelto por el rastrojo a la cosecha. En un trabajo realizado sobre los sistemas de rotaciones arroz-trigo de India, se reportaron aportes de 98, 37, 17, 8 y 7 kg/ha de N para el fertilizante, estiércol, fijación biológica, deposición atmosférica y agua de irrigación respectivamente (Pathak et al., 2006).

En Uruguay, la respuesta al agregado de N es relativamente baja, obteniéndose rendimientos del testigo entre el 80% y 90% respecto a las dosis óptimas en función del año (Deambrosi y Méndez 2007). Esta baja respuesta al agregado de N, se da aún en ambientes edáficos pobres. Información generada a nivel nacional muestra que la eficiencia del N aplicado rondaría el 30% si bien no se tiene cuantificado el aporte de las diferentes fuentes e N al cultivo de arroz.

Las técnicas isotópicas de abundancia natural  $\delta^{15}\text{N}$  como de enriquecimiento pueden ser una herramienta que permita junto a los ensayos de respuesta identificar y cuantificar las fuentes de N para el cultivo en los sistemas arroz- pasturas.

En cultivos de caña de azúcar Biggs et al., 2002 encontró que la mayoría de las plantas presentaban valores positivos de  $\delta^{15}\text{N}$  en hoja, lo que indicaría que la FBN no fue una vía de aporte de N significativa para el cultivo. Sin embargo, las malezas presentaron valores de  $\delta^{15}\text{N}$  menores a los de la caña de azúcar lo que indicaría que éstas absorban N del fertilizante en forma más eficiente que el cultivo.

Por otro lado este estudio muestra que la señal isotópica de la caña de azúcar fue similar a la del suelo, por lo cual esta sería su principal fuente de suministro.

Yun et al., 2011 utilizaron la técnica de abundancia natural  $\delta^{15}\text{N}$  como herramienta para distinguir arroz producido de forma orgánica vs. inorgánica. En este sentido evaluaron plantas de arroz fertilizadas con abonos animales, fertilizantes químicos y leguminosas fijadoras de N los cuales presentaban distintas señales isotópicas  $\delta^{15}\text{N}$ . Estos autores señalan que es posible distinguir entre cultivos de arroz convencionales (que utilizan fertilizantes químicos) de los orgánicos (que utilizan abonos animales) según la señal isotópica encontrada en planta. No ocurre lo mismo cuando la fuente de N proviene de plantas de leguminosas (*Vicia villosa* Roth) las que muestra valores similares al del fertilizante químico.

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

<sup>2/</sup> Facultad de Agronomía

En este sentido para nuestras condiciones sería posible identificar si la FBN que ocurre en la etapa de pasturas es importante, así como el aporte de N del fertilizante.

Las técnicas isotópicas mencionadas anteriormente, para el estudio de la dinámica de N en el sistema suelo-planta, está siendo crecientemente utilizado en la investigación nacional (Mori, 2009).

El N tiene dos isótopos con las mismas propiedades químicas que presentan ligeras diferencias físicas causadas por sus masas atómicas; el  $^{14}\text{N}$  es abundante y liviano y el  $^{15}\text{N}$  es menos abundante y pesado. La concentración de isótopos estables de un compuesto o material se representa como la relación molecular del isótopo pesado respecto al isótopo liviano. La abundancia de isótopos estables se expresa relativa a un estándar internacional, la cual se denomina delta:

$$\delta_x (\text{‰}) = \left[ \left( \frac{R_m}{R_s} \right) - 1 \right] \times 1000$$

donde:  $\delta$ : es el valor delta de la muestra para N en partes por mil (‰).  $R_m$ : relación  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  de la muestra.  $R_s$ : relación  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  del aire.

La concentración de  $^{15}\text{N}$  en el aire es muy estable ( $0.3663 \pm 0.0004\%$ ) y se le denomina abundancia natural (Létole, 1980) que expresada como  $\delta$  es igual a cero. Un mayor valor de  $\delta^{15}\text{N}$  indica que la muestra es más enriquecida y más positiva respecto al material estándar. Las técnicas que trabajan a nivel de abundancia natural, se basan en la leve variación existente en la relación de los isótopos estables de N ( $^{15}\text{N}$  y  $^{14}\text{N}$ ), debido al fraccionamiento isotópico que ocurre durante los procesos físicos, químicos y biológicos en que interviene dicho elemento (Dawson y Brooks, 2001).

Las hipótesis de trabajo fueron que: Las pasturas son una fuente significativa de N al sistema y al cultivo del arroz cuando integran una rotación. La fijación biológica durante el cultivo no es una fuente importante de N para el cultivo. La eficiencia de uso del N aplicado como fertilizante es media a baja en el cultivo de arroz. Pueden existir otras fuentes significativas de N para el cultivo que no ha sido suficientemente identificadas y cuantificadas y que podrían explicar el mantenimiento de la productividad en ambientes edáficos pobres. El objetivo de los ensayos en arroz fue identificar la contribución relativa de las distintas fuentes de nitrógeno al cultivo de arroz en ambientes edáficos, rotaciones y niveles de fertilización contrastantes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitios Experimentales

En las zafras 2008-09 y 2009-10 se instalaron 12 ensayos de campo sobre chacras comerciales ubicadas en 4 localidades (India Muerta, Río Branco, Ramón Trigo y Rincón de Ramírez) con unidades de suelos contrastantes (Unidades San Luis, India Muerta, Río Branco, Arroyo Blanco/Río Tacuarembó y Rincón de Ramírez). En cada localidad se instalaron 2 sitios experimentales con historias de chacra contrastantes. Uno de los sitios de cada localidad provenía de una fase de pasturas con leguminosas en rotación con arroz mientras que el otro provenía de campo natural, arroz continuo, campo regenerado o rastrojo de arroz del año anterior.

El segundo año, en los experimentos ubicados en los sitios de Río Branco e India Muerta se incluyeron 4 ensayos en micro parcelas utilizando la técnica isotópica de enriquecimiento  $^{15}\text{N}$ .

### Tratamientos y Diseño Experimental

El primer año, en cada sitio se instaló un ensayo evaluando 2 tratamientos de fertilización N en el cultivo de arroz: a) sin agregado de N; b) con agregado de N. En el tratamiento con N, la dosis fue similar a la usada a nivel comercial y fue fraccionada en siembra, macollaje y primordio. La dosis de N basal se aplicó como fosfato de amonio y varió entre sitios. Sin embargo, en todos los sitios se aplicó la misma dosis de N a macollaje (23 kg/ha de N) y primordio (23 kg/ha de N) en forma de urea.

El segundo año, a los tratamientos con agregado de N se incluyó uno adicional que consistió en la cobertura de 46 kg N/ha aplicados en una única vez al macollaje. Por otro lado los ensayos en micro parcelas con la técnica de enriquecimiento  $^{15}\text{N}$  evaluaron la dinámica del N marcado agregado en el transcurso del cultivo. En este sentido se dispuso de 3 tratamientos que simulaba las dosis de fertilizante agregadas en los tratamientos de N pero con el nutriente marcado. Los tratamientos fueron aplicaciones de  $^{15}\text{N}$  o a la siembra o al macollaje o al primordio sin agregado de N en forma anterior o posterior a la aplicación de los tratamientos con  $^{15}\text{N}$ .

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos se establecieron en fajas apareadas de 6.2-m de ancho y 50-m de largo con 4 repeticiones. Luego de la emergencia, en cada par de fajas apareadas se seleccionó un tramo de 10-m con una adecuada población y distribución de plantas que fue considerado como un bloque con sus respectivas parcelas experimentales (Figura 1). Adicionalmente, a la cosecha se muestrearon tramos de las fajas que solo tuvieron N a la base a los efectos de contar con un 2do tipo de testigo.

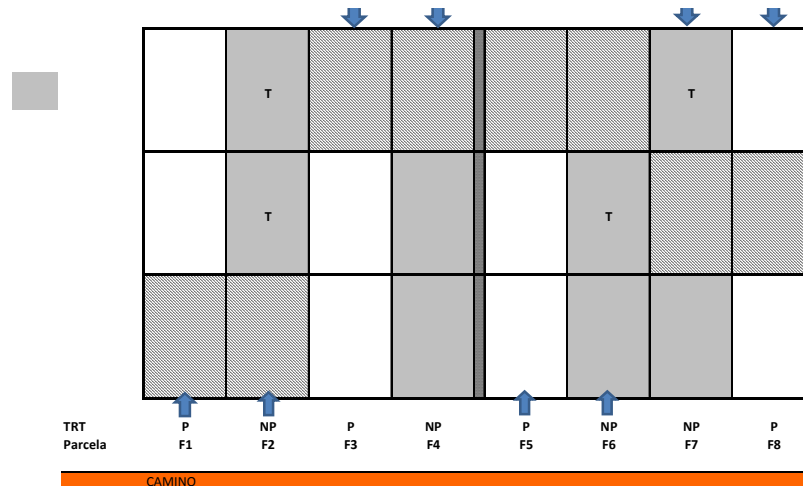


Figura1: Esquema representativo de uno de los sitios experimentales. NP= fajas con N y P a la siembra y P= fajas sin N (solo P). El sombreado corresponde al tramo de faja seleccionado para aplicar urea y su correspondiente testigo sin N. Las parcelas con una T en su interior corresponden a testigos adicionales que tenían N solo a la base.

### Manejo de los Ensayos

Los sitios fueron sembrados con 150 kg semilla/ha del cultivar EP144 utilizando una sembradora experimental SEMEATO de siembra directa de doble disco de 9 líneas a 17.5 cm. El primer año, el cultivo se sembró el 17/10/08, 20/10/08 y 21/10/08 en Río Branco, India Muerta y Ramón Trigo, respectivamente. Los ensayos se sembraron sobre la preparación de suelos que los productores realizaron en cada sitio. En India Muerta se realizó laboreo de verano con discos y landplane previo a la siembra. En Río Branco, el sitio sobre pradera tuvo laboreo de verano y laboreo mínimo con discos y landplane previo a la siembra, mientras que el sitio de cultivo continuo, tuvo laboreo de invierno-primavera. En Ramón Trigo, el sitio sobre pradera tuvo laboreo de invierno-primavera con discos y landplane, mientras que el sitio de campo regenerado se preparó con landplane sobre un rastrojo de sorgo y posterior construcción de taipas.

La fertilización basal fue realizada en la línea de siembra junto a la semilla. En el tratamiento que incluyó N se aplicaron 160, 90 y 90 kg/ha de fosfato de amonio ( $N_{18}-P_{46}-K_0$ ) a la base en Río Branco, India Muerta y Ramón Trigo, respectivamente. El tratamiento sin N fue fertilizado a la base con superfosfato triple ( $N_0-P_{46}-K_0$ ) con las unidades equivalentes de P utilizadas en el tratamiento con N en cada sitio.

El segundo año, el cultivo se sembró el 20/10/09, 23/10/09 y 29/10/09 en Rincón de Ramírez, India Muerta y Río Branco, respectivamente. En los sitios provenientes de pradera en Rincón de Ramírez e India Muerta la preparación de suelos correspondió a laboreo

de verano con discos y landplane previo a la siembra, mientras que en Río Branco sobre el laboreo de verano, previo a la siembra se realizó un laboreo mínimo con discos y posterior pasaje de landplane. En los sitios provenientes de rastrojo de arroz se realizó un laboreo con discos anterior a la siembra con posterior pasaje de landplane.

La fertilización basal se realizó en la línea junto a la semilla. En el tratamiento que incluyó N se aplicaron 120 kg/ha de fosfato de amonio ( $N_{18}-P_{46}-K_0$ ) mientras que en el tratamiento que no incluyó N se fertilizó con las dosis equivalentes de P utilizando superfosfato triple ( $N_0-P_{46}-K_0$ ). Todos los sitios llevaron una cobertura basal de 50 kg/ha de cloruro de potasio (KCl). Los detalles con las dosis, época de siembra y fechas de aplicación de urea en los tratamientos con N son mostradas en el cuadro 1.

El resto de las prácticas de manejo del cultivo tales como aplicaciones de herbicidas y fungicidas en los sitios experimentales fueron equivalentes a los que el productor utilizó en las chacras contiguas.

### Determinaciones

Se realizaron varias determinaciones en el suelo, en plantas de arroz, en las malezas aledañas y en el fertilizante durante el ciclo del cultivo (Cuadro 2). Las muestras de suelos y plantas fueron recolectadas a la siembra, al macollaje y al primordio (previo a la aplicación de la urea en los tratamientos con N), a inicio de floración y a cosecha.

Cuadro 1. Fecha y dosis de N de los tratamientos fertilizados por sitio experimental.

SITIO	Siembra		Macollaje		Primordio	
	N (kg/ha)	Fecha	N (kg/ha)	Fecha	N (kg/ha)	Fecha
<b>ZAFRA 2008/09</b>						
India Muerta CN	16	20/10/08	23	06/12/08	23	02/01/09
India Muerta PP	16	20/10/08	23	26/11/08	23	02/01/09
Ramon Trigo CR	16	21/10/08	23	13/12/08	23	29/12/08
Ramon Trigo PP	16	21/10/08	23	07/12/08	23	29/12/08
Río Branco CC	29	17/10/08	23	27/11/08	23	30/12/08
Río Branco PP	29	17/10/08	23	27/11/08	23	30/12/08
<b>ZAFRA 2009/10</b>						
India Muerta RAST.	22	23/10/09	23	3/12/09	23	6/01/10
India Muerta RAST.	22	23/10/09	46	3/12/09	0	
India Muerta PP	22	23/10/09	23	3/12/09	23	6/01/10
India Muerta PP	22	23/10/09	46	3/12/09	0	
Rincón Ramírez CC	22	20/10/09	23	4/12/09	23	5/01/10
Rincón Ramírez CC	22	20/10/09	46	4/12/09	0	
Rincón Ramírez PP	22	20/10/09	23	4/12/09	23	5/01/10
Rincón Ramírez PP	22	20/10/09	46	4/12/09	0	
Río Branco CC	22	29/10/09	23	7/12/09	23	5/01/10
Río Branco CC	22	29/10/09	46	7/12/09	0	
Río Branco PP	22	29/10/09	23	7/12/09	23	5/01/10
Río Branco PP	22	29/10/09	46	7/12/09	0	

Cuadro 2. Detalle de los momentos de muestreo de los ensayos durante la zafra.

Momento	Suelo	Cultivo	Malezas	Grano
Presiembra	X			
Macollaje	X	X		
Primordio	X	X		
Floración	X	X		
Cosecha	X	X	X	X

Las muestras de suelo (0-15 cm) a la siembra fueron analizadas para  $\delta^{15}\text{N}$ , N total, potencial de mineralización de N (PMN), N-NO<sub>3</sub>,  $\delta^{13}\text{C}$ , C orgánico, P disponible (Bray I y ácido cítrico), K intercambiable, pH (agua) y textura en todos los sitios. Las muestras de suelo extraídas durante el ciclo del cultivo serán analizadas para  $\delta^{15}\text{N}$ . En la siembra y en las aplicación de urea se tomaron muestras de fertilizante para analizar  $\delta^{15}\text{N}$  en las mismas.

El cultivo de arroz fue muestreado durante el ciclo mediante el corte de 6 submuestras de plantas a ras del suelo (0.9-m hilera) en cada parcela. Las muestras fueron secadas a 45°C para estimar densidad de tallos, biomasa aérea total y analizar contenido de N y  $\delta^{15}\text{N}$  en las mismas.

El rendimiento fue estimado, previo desborde de 2-m de cabeceras y 1.5-m de ambos lados de la parcela, mediante el corte de 2 submuestras de 6-mx5 hileras (5.25-m<sup>2</sup>) en la zona central de cada parcela y el peso de grano fue ajustado a 13%. Se estimaron los componentes de rendimiento (panojas/m<sup>2</sup>, granos llenos y peso grano) mediante 4 muestras de 0.3x0.17-m<sup>2</sup> y 20 panojas al azar en cada parcela. Se sacaron muestras de grano, paja y malezas en el interior de cada parcela para análisis de N total y  $\delta^{15}\text{N}$ . Adicionalmente, se realizaron análisis de calidad industrial del grano que incluyó la estimación del porcentaje de blanco total, entero, yesado y manchado.

Todas las muestras de suelo y de plantas se secaron a 45 °C durante 48 h. y se molieron y tamizaron a 1 mm. Las submuestras para análisis isotópicos tuvieron un molido adicional en micro-molino de rotación. Cada muestra fue pesada dentro de cápsulas de estaño, y éstas fueron dispuestas en un analizador elemental Flash EA 112 acoplado a un espectrómetro de masa Finnigan MAT DELTA<sup>plus</sup> XL (Bremen, Alemania), donde se determinó la concentración de CT (suelos) NT y la abundancia natural de <sup>15</sup>N. La relación isotópica se expresó en notación delta ( $\delta$ ) en partes por mil (‰):

$$\delta^{15}\text{N} = \left( \frac{R_{\text{muestra}}}{R_{\text{estándar}}} - 1 \right) \times 1000$$

donde  $\delta^{15}\text{N}$  es la composición isotópica de la muestra y R es la relación molar del isótopo pesado sobre el liviano (<sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N) para la muestra y el estándar.

### Análisis Estadístico

Las respuestas agronómicas fueron evaluadas utilizando modelos mixtos (PROC MIXED) del paquete estadístico SAS (Littell et al., 1996). En el modelo estadístico, los sitios, los tratamientos de N y sus interacciones fueron considerados como efectos fijos, mientras que los bloques anidados en sitios fueron considerados como efectos aleatorios. Para determinar la significancia estadística de los efectos fijos en todos los análisis se utilizó un test F con un  $P=0.05$ .

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a lo esperado, se observaron diferencias importantes en los contenidos de C orgánico, N total y PMN en los sitios localizados en India Muerta comparados con los localizados en Río Branco independientemente del año de estudio y (Cuadros 3ª y



3b). En promedio, los sitios de India Muerta tuvieron 280% y 380% más C y 280% y 480% más N que aquellos de Río Branco en las zafra 08/09 y 90/10 respectivamente. El primer año el PMN del sitio sobre campo natural en India Muerta fue 3 veces mayor que en el sitio de mayor intensidad agrícola localizado en Río Branco mientras que el segundo año las diferencias promedio entre sitio no superaron el 150% entre los sitios contrastantes. El mayor  $\delta^{15}\text{N}$  fue observado en los sitios de Ramón Trigo y Río Branco (primer año de estudio y segundo respectivamente) y los menores en

India Muerta. Estas diferencias se relacionaron fundamentalmente con la textura (% arena) de los suelos (Figura 2). En ambos años el  $\delta^{15}\text{N}$  de los sitios sobre praderas fue similar al de los sitios sin pradera en el mismo suelo, lo que sugiere que el ingreso de N proveniente de la fijación simbiótica en la fase de pasturas fue poco importante en relación al nivel total de N del suelo.

Cuadro 3a y 3b. Análisis de suelo (0-15-cm) de los 12 sitios experimentales donde se instalaron los ensayos. 4ª zafra 2008/2009, cuadro 4b zafra 2009/2010

2008/2009	Río Branco		Ramón Trigo		India Muerta	
	Cultivo Continuo	Pradera	Campo Bruto	Pradera	Campo Natural	Pradera
pH (agua)	5.0	5.1	5.1	6.0	5.2	5.4
C orgánico (%)	1.17	1.16	1.96	2.36	3.64	3.05
N total (%)	0.11	0.13	0.20	0.24	0.37	0.31
P Bray I (µg P/g)	2.3	4.4	2.7	1.5	4.1	2.7
P ac.cit (µg P/g)	5.1	8.2	3.6	4.4	6.1	4.3
K int (meq/100g)	0.14	0.19	0.22	0.29	0.37	0.37
PMN (Mg N-Nh4/Kg)	16.6	27.6	24.2	44.3	50.5	33
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	4.28	5.15	7.22	6.23	2.34	3.19
Arena (%)	40	43	51	58	23	27
Arcilla (%)	25	23	17	31	24	28

2009/2010	Río Branco		Rincón Ramírez		India Muerta	
	Cultivo Continuo	Pradera	Cultivo Continuo	Pradera	Rastrojo	Pradera
pH (agua)	5,5	5,4	5,7	5,5	5,9	5,5
C orgánico (%)	0,70	0,78	1,08	0,90	1,79	3,95
N total (%)	<b>0,06</b>	<b>0,08</b>	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,19</b>	<b>0,50</b>
P ac.cit (µg P/g)	12,2	11,0	3,4	3,9	5,2	5,0
K int (meq/100g)	0,15	0,13	0,27	0,20	0,46	0,71
PMN (Mg N-Nh4/Kg)	68	84	89	75	126	107
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	7,66	7,37	3,54	3,59	3,84	3,54
Arena (%)	47	47	36	37	20	20
Arcilla (%)	15	16	26	22	30	43

CN= Campo Natural; PP= Pradera Permanente; CR= Campo Regenerado; CC= Cultivos Continuos; PMN: Potencial de Mineralización de N.

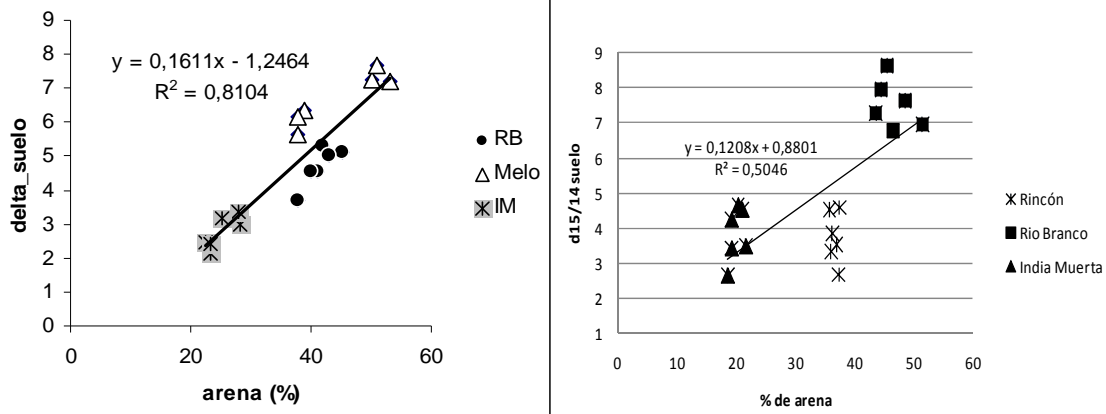


Figura 2: Relación entre proporción de arena y  $\delta^{15}\text{N}$  de los sitios experimentales. Año 2008/2009 (a) 2009/2010 (b).

El análisis conjunto de los experimentos indica que hubo efectos significativos de los tratamientos de N y de los sitios sobre el rendimiento de arroz, no encontrándose interacciones entre los mismos en el primer año de estudio y si en el segundo (cuadros 4 y 5). Analizando cada año en particular se encontró efectos significativos de los tratamientos N en 2 de 6 situaciones en el primer año mientras que en el

segundo, todos los experimentos mostraron efectos significativos del tratamiento. En este sentido la productividad de grano entre sitios en el primer año estuvo muy relacionada a la calidad de los suelos estimada por su PMN y a la rotación, mientras que no se encontró ajuste entre el PMN y el rendimiento alcanzado por los testigos en el segundo año (Figura 3).

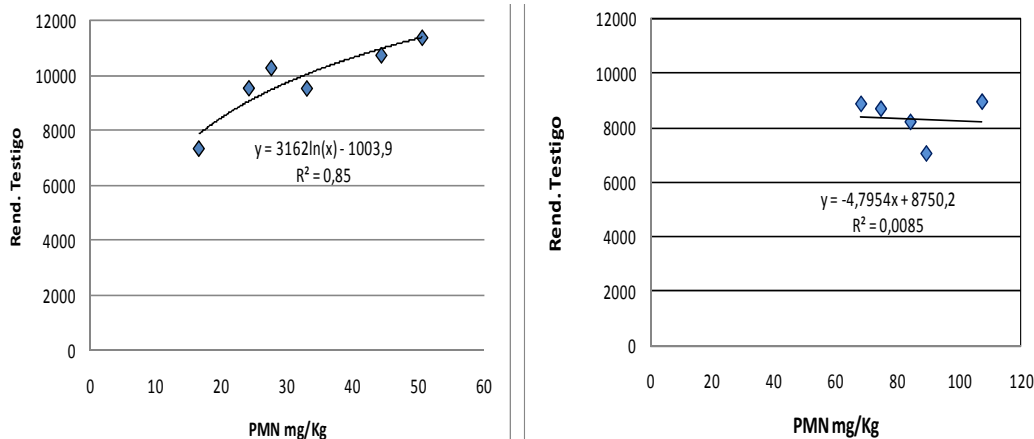


Figura 3. Relación entre el nitrógeno potencialmente mineralizable y el rendimiento del testigo en la zafra 2008/2009 y 2009-2010 (izquierda y derecha respectivamente).

En promedio, el rendimiento con agregado de N fue un 8% y 13% mayor que el tratamiento sin N para el primer y segundo año de estudio; por cada kg de N agregado en forma de urea se generaron 19 y 24 kg de grano adicionales (08/09 y 09/10 respectivamente). En

ninguno de los 2 años se observaron diferencias de rendimiento entre el tratamiento sin N y los testigos con N solo a la base. En ambos años, la mayor respuesta en rendimiento al agregado de N fue observada en el sitio de India Muerta (12 y 18 %).

Cuadro 4. Efecto de la fertilización N y de la historia de chacra en el rendimiento de arroz en diferentes sitios zafra 2008/2009.

Tratamiento	Río Branco		Ramón Trigo		India Muerta		Media
	Cultivo Continuo	Pradera	Campo Bruto	Pradera	Campo Natural	Pradera	
	kg/ha						
Sin N	7350b	10290b	9550ab	10750a	11390b	9540b	<b>9810b</b>
N basal	7410b	10640b	9300b	11143a	11060b	9560b	<b>9850b</b>
N completo	8185 <sup>a</sup>	11385a	9800a	11390a	12555a	10910a	<b>10710<sup>a</sup></b>
Media	<b>7650C</b>	<b>10770B</b>	<b>9550B</b>	<b>11100A</b>	<b>11670A</b>	<b>10000B</b>	<b>10120</b>
Error estándar	<b>350</b>	<b>450</b>	<b>247</b>	<b>500</b>	<b>390</b>	<b>300</b>	<b>475/160</b>
	P > F						
Test Efectos Fijos							
Nitrógeno	<b>0.051</b>	<b>0.068</b>	<b>0.150</b>	<b>0.37</b>	<b>0.008</b>	<b>0.006</b>	<b>&lt;0.001</b>
Sitio							<b>&lt;0.001</b>
Sitio x N							<b>0.42</b>

Valores seguidos por una misma letra minúscula en la misma columna no difieren significativamente con p=0.05  
Valores seguidos por una misma letra mayúscula en misma la fila no difieren significativamente con p=0.05

Cuadro 5. Efecto de la fertilización N y de la historia de chacra en el rendimiento de arroz en diferentes sitios zafra 2009/2010.

Tratamiento	Río Branco		Rincón Ramírez		India Muerta		Media
	Cultivo Continuo	Pradera	Cultivo Continuo	Pradera	Rastrojo	Pradera	
	kg/ha						
Sin N	8859 c	8200 c	7044 b	8681 ab	5456 b	8939 b	<b>7863 b</b>
N basal	9059 bc	8161 c	6721 b	8032 b	6001 b	8760 b	<b>7783 b</b>
N completo	9733 a	8944 b	8549 a	9363 a	7598 a	10086 a	<b>9045 a</b>
N completo Mac	9288 a	9656 a	7945 a	9078 a	7491 a	10114 a	<b>8926 a</b>
Media	<b>9226 AB</b>	<b>8737 B</b>	<b>7565 C</b>	<b>8788 B</b>	<b>6638 D</b>	<b>9475 A</b>	
Error estándar	<b>204</b>	<b>204</b>	<b>201</b>	<b>201</b>	<b>201</b>	<b>201</b>	
	P > F						
Test Efectos Fijos							
Nitrógeno	<b>0,006</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0008</b>	<b>0,035</b>	<b>0,0005</b>	<b>0,0021</b>	<b>&lt;0,001</b>
Sitio							<b>&lt;0,001</b>
Sitio x N							<b>0,0104</b>

Valores seguidos por una misma letra minúscula en la misma columna no difieren significativamente con p=0.05  
Valores seguidos por una misma letra mayúscula en misma la fila no difieren significativamente con p=0.05

Las respuestas de producción de biomasa al agregado de N siguieron una tendencia similar a la observada para los rendimientos de grano (Cuadros 6 y 7). En promedio, el agregado de N aumento 21% la materia

seca total producida al final del ciclo comparado con los tratamientos sin N o con N solo a la base en los dos años.

Cuadro 6. Efecto de la fertilización N y de la historia de chacra en la materia seca total a cosecha del arroz en diferentes sitios zafra 2008/2009

Tratamiento	Río Branco		Ramón Trigo		India Muerta		Media
	Cultivo Continuo	Pradera	Campo Bruto	Pradera	Campo Natural	Pradera	
	kg/ha						
Sin N	18190 <sup>a</sup>	22780b	18340a	26090a	24350b	21630b	<b>21900b</b>
N basal	18950 <sup>a</sup>	22480b	21260a	24850a	22600b	19600b	<b>21620b</b>
N completo	20380 <sup>a</sup>	27940a	19640a	27670a	27060a	25120a	<b>26640a</b>
Media	<b>19170C</b>	<b>24400A</b>	<b>19750C</b>	<b>26200A</b>	<b>24670A</b>	<b>22115B</b>	<b>23390</b>
Error estándar	<b>1125</b>	<b>1920</b>	<b>1720</b>	<b>2450</b>	<b>775</b>	<b>1500</b>	
	P > F						
Test Efectos Fijos							
Nitrógeno	<b>0.223</b>	<b>0.033</b>	<b>0.550</b>	<b>0.307</b>	<b>0.027</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>
Sitio							<b>&lt;0.001</b>
Sitio x N							<b>0.194</b>

Valores seguidos por una misma letra minúscula en la misma columna no difieren significativamente con p=0.05  
Valores seguidos por una misma letra mayúscula en misma la fila no difieren significativamente con p=0.05

**Cuadro 7. Efecto de la fertilización N y de la historia de chacra en la materia seca total a cosecha del arroz en diferentes sitios zafra 2009/2010**

Tratamiento	Río Branco		Rincón Ramírez		India Muerta		Media
	Cultivo Continuo	Pradera	Cultivo Continuo	Pradera	Rastrojo	Pradera	
	kg/ha						
Sin N	12245 ab	9631 b	12927 b	16574 a	17179 b	17891 b	<b>14408 b</b>
N basal	12093 ab	9472 b	13538 b	15978 a	18371 ab	20269 b	<b>15061 b</b>
N completo	11606 b	13355 a	16267 a	20463 a	23426 a	24977 a	<b>18349 a</b>
N Completo Mac	15268 a	12905 ab	14948 ab	20162 a	18793 ab	21446 ab	<b>17229 a</b>
Media	<b>12859 CD</b>	<b>11420 C</b>	<b>14420 C</b>	<b>18284 B</b>	<b>19442 AB</b>	<b>21146 A</b>	
Error estándar	<b>1250</b>	<b>1778</b>	<b>776</b>	<b>1820</b>	<b>1642</b>	<b>1383</b>	
	P > F						
Test Efectos							
Fijos							
Nitrógeno	<b>0,092</b>	<b>0,10</b>	<b>0,042</b>	<b>0,208</b>	<b>0,086</b>	<b>0,028</b>	<b>&lt;0,0001</b>
Sitio							<b>&lt;0,0001</b>
Sitio x N							<b>0,1245</b>

Valores seguidos por una misma letra minúscula en la misma columna no difieren significativamente con  $p=0.05$   
 Valores seguidos por una misma letra mayúscula en misma la fila no difieren significativamente con  $p=0.05$

En la zafra 2008/2009 se observaron diferencias significativas en el contenido de N en grano entre sitios, pero no se detectaron diferencias entre los tratamientos de N para esta variable en ningún sitio (Cuadro 8). El contenido de N en grano de los sitios de India Muerta fue significativamente menor al de los otros sitios. No obstante, si se considera la productividad, la extracción de N en el grano en el sitio de mayor capacidad de aporte de N (campo natural de India Muerta) fue un 36% mayor que en el sitio de menor capacidad de

aporte ubicado en Río Branco sobre cultivos continuos (117 vs. 86 kg/ha de N).

Por otro lado en la zafra 2009/2010 (Cuadro 9), salvo el sitio de Rincón de Ramírez sobre cultivo continuo no existieron diferencias en el contenido de N en grano entre sitios, encontrándose diferencias entre los tratamientos con agregado de N y el testigo sin aplicación del orden del 7% para el promedio de los sitios.

**Cuadro 8. Efecto de la fertilización N y de la historia de chacra sobre el contenido de N en grano de arroz en diferentes sitios zafra 2008/2009**

Tratamiento	Río Branco		Ramón Trigo		India Muerta		Media
	Cultivo Continuo	Pradera	Campo Bruto	Pradera	Campo Natural	Pradera	
	(%)						
Sin N	1,36 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	1,34 <sup>a</sup>	1,26 <sup>a</sup>	1,23 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>	<b>1,30<sup>a</sup></b>
N base	1,30 <sup>a</sup>	1,35 <sup>a</sup>	1,32 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	1,29 <sup>a</sup>	1,15 <sup>a</sup>	<b>1,29<sup>a</sup></b>
N completo	1,43 <sup>a</sup>	1,35 <sup>a</sup>	1,35 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>	1,16 <sup>a</sup>	<b>1,33<sup>a</sup></b>
Media	<b>1,36<sup>a</sup></b>	<b>1,36<sup>A</sup></b>	<b>1,33<sup>AB</sup></b>	<b>1,33<sup>AB</sup></b>	<b>1,27<sup>B</sup></b>	<b>1,17<sup>C</sup></b>	<b>1.31</b>
Error estándar	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>	<b>0,04/0,03</b>
	P > F						
Test Efectos Fijos							
Nitrógeno	<b>0,30</b>	<b>0,80</b>	<b>0,91</b>	<b>0,21</b>	<b>0,45</b>	<b>0,32</b>	<b>0.317</b>
Sitio							<b>&lt;0.001</b>
Sitio x N							<b>0.695</b>

Valores seguidos por una misma letra minúscula en la misma columna no difieren significativamente con  $p=0.05$   
 Valores seguidos por una misma letra mayúscula en misma la fila no difieren significativamente con  $p=0.05$

Cuadro 9. Efecto de la fertilización N y de la historia de chacra sobre el contenido de N en grano de arroz en diferentes sitios zafra 2009/2010.

Tratamiento	Río Branco		Rincón Ramírez		India Muerta		Media
	Cultivo Continuo	Pradera	Cultivo Continuo	Pradera	Rastrojo	Pradera	
	(%)						
Sin N	0,96 b	1,04 b	0,85 b	1,1 a	1,06 ab	1,13 a	<b>1,02 b</b>
N base	1,08 ab	1,13 a	0,96 a	1,06 a	0,98 b	1,08 a	<b>1,05 ab</b>
N completo	1,13 a	1,14 a	0,95 ab	1,01 a	1,17 a	1,14 a	<b>1,09 a</b>
N completo Mac	1,12 a	1,17 a	0,93 ab	1,07 a	1,12 a	1,11 a	<b>1,09 a</b>
Media	<b>1,07 A</b>	<b>1,12 A</b>	<b>0,92 B</b>	<b>1,06 A</b>	<b>1,08 A</b>	<b>1,11 A</b>	
Error estándar							
	-----P > F-----						
Test Efectos Fijos							
Nitrógeno	<b>0,027</b>	<b>0,046</b>	<b>0,155</b>	<b>0,30</b>	<b>0,066</b>	<b>0,368</b>	<b>0,0057</b>
Sitio							<b>&lt;.00001</b>
Sitio x N							<b>0,0004</b>

Valores seguidos por una misma letra minúscula en la misma columna no difieren significativamente con p=0.05

Valores seguidos por una misma letra mayúscula en misma la fila no difieren significativamente con p=0.05

No se encontraron diferencias significativas en el contenido de N en rastrojo de los distintos tratamientos en ninguno de los años de estudio (Cuadros 10 y 11). El primer año se encontró diferencias en el contenido de N entre sitios siendo el mayor contenido de N en rastrojo encontrado en el sitio de Río Branco sobre cultivo continuo, que fue 64% mayor al del sitio de Ramón Trigo sobre pradera donde se encontró el menor valor. Sin embargo, cuando se considera la biomasa de rastrojo generada en cada sitio, la cantidad de N presente en el rastrojo en la mayoría de los sitios fue

muy similar y estuvo en el entorno de los 100 kg/ha de N.

En el segundo año el contenido de N en rastrojo fue muy similar entre sitios, encontrándose el mayor contenido en el sitio sobre rastrojo de India Muerta. Considerando la biomasa acumulada las cantidades de N presentes en el rastrojo estuvieron entre los 85 y 120 kg/ha de N comparando Río Branco e India Muerta respectivamente.

Cuadro 10. Efecto de la fertilización N y de la historia de chacra sobre el contenido de N en el rastrojo de arroz en diferentes sitios zafra 2008/2009.

Tratamiento	Río Branco		Ramon Trigo		India Muerta		Media
	Cultivo Continuo	Pradera	Campo Bruto	Pradera	Campo Natural	Pradera	
	(%)						
Sin N	0,87 <sup>a</sup>	0,75 <sup>a</sup>	0,58 <sup>a</sup>	0,57 <sup>a</sup>	0,70 <sup>a</sup>	0,60 <sup>a</sup>	<b>0,68</b>
N base	0,89 <sup>a</sup>	0,73 <sup>a</sup>	0,57 <sup>a</sup>	0,43 <sup>b</sup>	0,68 <sup>a</sup>	0,60 <sup>a</sup>	<b>0,65</b>
N completo	0,85 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>	0,54 <sup>a</sup>	0,59 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,59 <sup>a</sup>	<b>0,67</b>
Media	<b>0,87<sup>a</sup></b>	<b>0,75<sup>B</sup></b>	<b>0,56<sup>DE</sup></b>	<b>0,53<sup>E</sup></b>	<b>0,69<sup>C</sup></b>	<b>0,60<sup>D</sup></b>	<b>0,67</b>
Error estándar	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,03/0,02</b>
	-----P > F-----						
Test Efectos Fijos							
Nitrógeno	<b>0,80</b>	<b>0,46</b>	<b>0,56</b>	<b>0,01</b>	<b>0,72</b>	<b>0,88</b>	<b>0,197</b>
Sitio							<b>&lt; 0,001</b>
Sitio x N							<b>0,049</b>

Valores seguidos por una misma letra minúscula en la misma columna no difieren significativamente con p=0.05

Valores seguidos por una misma letra mayúscula en misma la fila no difieren significativamente con p=0.05

**Cuadro 11. Efecto de la fertilización N y de la historia de chacra sobre el contenido de N en el rastrojo de arroz en diferentes sitios zafra 2009/2010.**

Tratamiento	Río Branco		Rincón Ramírez		India Muerta		Media
	Cultivo Continuo	Pradera	Cultivo Continuo	Pradera	Rastrojo	Pradera	
	(%)						
Sin N	0,58 a	0,69 a	0,59 ab	0,59 a	0,76 a	0,67 a	<b>0,65 a</b>
N base	0,63 a	0,68 a	0,55 ab	0,59 a	0,71 a	0,69 a	<b>0,64 a</b>
N completo	0,63 a	0,60 b	0,63 a	0,65 a	0,76 a	0,70 a	<b>0,66 a</b>
N completo Mac	0,59 a	0,66 ab	0,53 b	0,65 a	0,69 a	0,61 a	<b>0,62 a</b>
Media	<b>0,61 B</b>	<b>0,66 B</b>	<b>0,58 B</b>	<b>0,62 B</b>	<b>0,73 A</b>	<b>0,67 B</b>	
Error estándar	<b>0,034</b>	<b>0,028</b>	<b>0,028</b>	<b>0,033</b>	<b>0,049</b>	<b>0,036</b>	
	P > F						
Test Efectos							
Fijos							
Nitrógeno	<b>0,60</b>	<b>0,037</b>	<b>0,117</b>	<b>0,33</b>	<b>0,657</b>	<b>0,349</b>	<b>0,252</b>
Sitio							<b>0,0002</b>
Sitio x N							<b>0,311</b>

Valores seguidos por una misma letra minúscula en la misma columna no difieren significativamente con  $p=0.05$   
 Valores seguidos por una misma letra mayúscula en misma la fila no difieren significativamente con  $p=0.05$

En la zafra 2008/2009 se observaron diferencias significativas en el valor de  $\delta^{15}\text{N}$  en grano entre tratamientos de N (para el promedio de los sitios) y entre sitios, pero no se detectaron interacciones entre estos dos factores (Cuadro 12). El menor valor promedio de  $\delta^{15}\text{N}$  en grano en el tratamiento con mayor dosis total de N está relacionado a la absorción de N empobrecido en N15 proveniente del fertilizante con un  $\delta^{15}\text{N}$  negativo. Sin embargo, la magnitud de la diferencia con los tratamientos sin N, sugiere que el aporte de N por el fertilizante en el grano fue muy bajo. El grano producido en los sitios de Río Branco estuvo más enriquecido con  $^{15}\text{N}$  que el producido en los sitios de India Muerta, lo que se relacionó con el valor natural del suelo. La información de  $\delta^{15}\text{N}$ , tanto en grano como en rastrojo (Cuadro 14), sugiere que la contribución del N

proveniente de la fijación biológica durante el ciclo del cultivo no fue importante en ninguno de los sitios considerando los altos valores de este indicador.

En la siguiente zafra (Cuadro 13) también se encontraron diferencias significativas en el valor de  $\delta^{15}\text{N}$  entre tratamientos si bien no habría estado relacionada con la absorción de N empobrecido en  $^{15}\text{N}$  proveniente del fertilizante. También se encontró diferencias significativas entre sitios y en la interacción entre los dos factores. Nuevamente los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  tanto de grano como de rastrojo (Cuadro 15) están relacionados en mayor medida con el valor de  $\delta^{15}\text{N}$  natural del suelo, sugiriendo que este es la principal fuente de aporte para el cultivo.

**Cuadro 12. Efecto de la fertilización N y de la historia de chacra sobre  $\delta^{15}\text{N}$  en grano de arroz en diferentes sitios zafra 2008/2009.**

Tratamiento	Río Branco		Ramón Trigo		India Muerta		Media
	Cultivo Continuo	Pradera	Campo Bruto	Pradera	Campo Natural	Pradera	
	$\delta^{15}\text{N} \text{ ‰}$						
Sin N	7,21 <sup>a</sup>	8,17 <sup>a</sup>	6,95 <sup>ab</sup>	7,75 <sup>a</sup>	4,58 <sup>a</sup>	3,64 <sup>a</sup>	<b>6,38<sup>a</sup></b>
N base	7,60 <sup>a</sup>	8,05 <sup>a</sup>	7,41 <sup>a</sup>	7,93 <sup>a</sup>	4,31 <sup>a</sup>	4,07 <sup>a</sup>	<b>6,56<sup>a</sup></b>
N completo	7,06 <sup>a</sup>	7,47 <sup>a</sup>	6,37 <sup>b</sup>	7,25 <sup>a</sup>	4,09 <sup>a</sup>	3,34 <sup>a</sup>	<b>5,93<sup>b</sup></b>
Media	<b>7,29<sup>AB</sup></b>	<b>7,90<sup>A</sup></b>	<b>6,91<sup>B</sup></b>	<b>7,65<sup>a</sup></b>	<b>4,33<sup>C</sup></b>	<b>3,69<sup>C</sup></b>	<b>6,29</b>
Error estándar	<b>0,37</b>	<b>0,40</b>	<b>0,37</b>	<b>0,37</b>	<b>0,41</b>	<b>0,37</b>	<b>0,34/0,16</b>
	P > F						
Test Efectos Fijos							
Nitrógeno	<b>0,17</b>	<b>0,30</b>	<b>0,07</b>	<b>0,41</b>	<b>0,19</b>	<b>0,27</b>	<b>&lt;0,001</b>
Sitio							<b>&lt;0,001</b>
Sitio x N							<b>0,91</b>

Valores seguidos por una misma letra minúscula en la misma columna no difieren significativamente con  $p=0.05$   
 Valores seguidos por una misma letra mayúscula en misma la fila no difieren significativamente con  $p=0.05$



Cuadro 13. Efecto de la fertilización N y de la historia de chacra sobre  $\delta^{15}\text{N}$  en grano de arroz en diferentes sitios zafra 2009/2010.

Tratamiento	Río Branco		Rincón Ramírez		India Muerta		$\delta^{15}\text{N} \text{‰}$
	Cultivo Continuo	Cultivo Continuo	Cultivo Continuo	Pradera	Rastrojo	Pradera	
Sin N	10,01 ab	6,52 a	6,26 c	8,10 a	4,25 a	4,39 b	<b>6,59 bc</b>
N base	10,85 a	7,08 a	7,70 a	9,03 a	4,16 a	4,57 a	<b>7,27 a</b>
N completo	9,78 b	6,54 a	5,82 d	7,71 a	4,02 a	4,13 b	<b>6,33 c</b>
N completo Mac	<b>10,01 ab</b>	<b>6,41 a</b>	<b>7,13 b</b>	<b>8,57 a</b>	<b>4,27 a</b>	<b>4,48 ab</b>	<b>6,89 b</b>
Media	<b>10,24 A</b>	<b>6,65 C</b>	<b>6,73 C</b>	<b>8,38 B</b>	<b>4,17 D</b>	<b>4,39 D</b>	
Error estándar	<b>0,483</b>	<b>0,225</b>	<b>0,16</b>	<b>0,446</b>	<b>0,135</b>	<b>0,079</b>	
$P > F$							
Test Efectos Fijos							
Nitrógeno	<b>0,103</b>	<b>0,224</b>	<b>&lt;.00001</b>	<b>0,284</b>	<b>0,415</b>	<b>0,001</b>	<b>&lt;.0001</b>
Sitio							<b>&lt;.0001</b>
Sitio x N							<b>0,0034</b>

Valores seguidos por una misma letra minúscula en la misma columna no difieren significativamente con  $p=0.05$   
Valores seguidos por una misma letra mayúscula en misma la fila no difieren significativamente con  $p=0.05$

Cuadro 14. Efecto de la fertilización N y de la historia de chacra sobre  $\delta^{15}\text{N}$  en rastrojo de arroz en diferentes sitios zafra 2008/2009.

Tratamiento	Río Branco		Ramón Trigo		India Muerta		Media
	Cultivo Continuo	Pradera	Campo Bruto	Pradera	Campo Natural	Pradera	
Sin N	5,93a	7,0a	5,79a	6,46a	2,97b	1,94a	<b>5,02<sup>a</sup></b>
N base	5,99a	6,22ab	5,23a	6,24a	3,81a	2,68a	<b>5,03<sup>a</sup></b>
N completo	6,15a	5,46b	5,35a	5,80a	3,35ab	2,46a	<b>4,76<sup>a</sup></b>
Media	<b>6,03A</b>	<b>6,23A</b>	<b>5,46A</b>	<b>6,17A</b>	<b>3,38B</b>	<b>2,36C</b>	<b>4,94</b>
Error estándar	<b>0,44</b>	<b>0,44</b>	<b>0,44</b>	<b>0,48</b>	<b>0,48</b>	<b>0,44</b>	<b>0,40/0,18</b>
Test Efectos Fijos							
Nitrógeno	<b>0,49</b>	<b>0,06</b>	<b>0,64</b>	<b>0,32</b>	<b>0,12</b>	<b>0,25</b>	<b>0,27</b>
Sitio							<b>&lt;0,001</b>
Sitio x N							<b>0,062</b>

Valores seguidos por una misma letra minúscula en la misma columna no difieren significativamente con  $p=0.05$   
Valores seguidos por una misma letra mayúscula en misma la fila no difieren significativamente con  $p=0.05$

Cuadro 15. Efecto de la fertilización N y de la historia de chacra sobre  $\delta^{15}\text{N}$  en rastrojo de arroz en diferentes sitios zafra 2009/2010.

Tratamiento	Río Branco		Rincón Ramírez		India Muerta		Media
	Cultivo Continuo	Pradera	Cultivo Continuo	Pradera	Rastrojo	Pradera	
Sin N	8,89 a	5,88 a	7,13 a	6,12 a	3,80 a	3,20 a	<b>5,84 a</b>
N base	9,93 a	6,05 a	5,83 b	7,03 a	3,77 a	3,44 a	<b>6,04 a</b>
N completo	10,09 a	5,95 a	5,79 b	7,13 a	4,11 a	3,54 a	<b>6,10 a</b>
N completo Mac	9,07 a	5,36 a	5,02 b	6,39 a	4,19 a	3,11 a	<b>5,52 b</b>
Media	<b>9,53 A</b>	<b>5,80 C</b>	<b>5,95 C</b>	<b>6,67 B</b>	<b>3,97 D</b>	<b>3,32 D</b>	
Error estándar	<b>0,654</b>	<b>0,284</b>	<b>0,373</b>	<b>0,599</b>	<b>0,302</b>	<b>0,369</b>	
Test Efectos Fijos							
Nitrógeno	<b>0,441</b>	<b>0,417</b>	<b>0,008</b>	<b>0,607</b>	<b>0,692</b>	<b>0,831</b>	<b>0,129</b>
Sitio							<b>&lt;.0001</b>
Sitio x N							<b>0,328</b>

Valores seguidos por una misma letra minúscula en la misma columna no difieren significativamente con  $p=0.05$   
Valores seguidos por una misma letra mayúscula en misma la fila no difieren significativamente con  $p=0.05$

A excepción de macollaje en India Muerta, los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de planta de arroz fueron mayores cuando no se fertilizó con N, indicando que el bajo valor de  $\delta^{15}\text{N}$  del fertilizante diluyó el valor isotópico de la planta en relación a cuando esta tuvo disponible solamente el N del suelo (Figura 4). La discrepancia observada al macollaje en India Muerta pudo deberse a que el agregado de fertilizante a la siembra incrementó la absorción de N enriquecido del suelo (efecto priming). Durante el ciclo de crecimiento del cultivo, en algunos casos, el valor de  $\delta^{15}\text{N}$  tendió a decrecer acercándose al valor del suelo, pero en otros tendió a permanecer

relativamente constante. En general en los dos años de estudio, al final del ciclo el valor de  $\delta^{15}\text{N}$  tendió a parecerse más al valor del suelo (Figura 4 y 5). Este efecto podría explicarse por la existencia de N inorgánico enriquecido acumulado en las etapas previas a la siembra e iniciales del cultivo, debido a la ocurrencia de eventos de desnitrificación ó volatilización que enriquecieron el N mineral remanente. Posteriormente, durante el ciclo del cultivo, el N mineralizado fue siendo absorbido sin discriminación, por lo cual los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  del suelo y de la planta tendieron a ser similares.

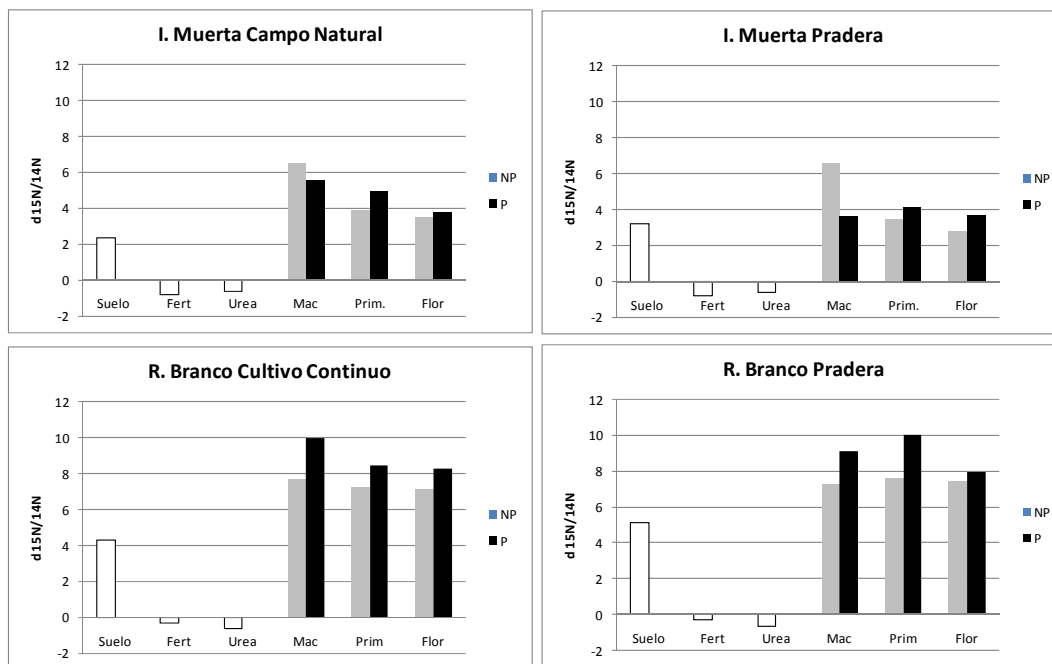


Figura 4. Efecto de la fertilización N y de la historia de chacra sobre el  $\delta^{15}\text{N}$  en plantas de arroz muestreadas en 3 estadios fenológicos del cultivo en diferentes sitios experimentales en la zafra 2008/2009. Se muestra además  $\delta^{15}\text{N}$  del suelo y del fertilizante aplicado.

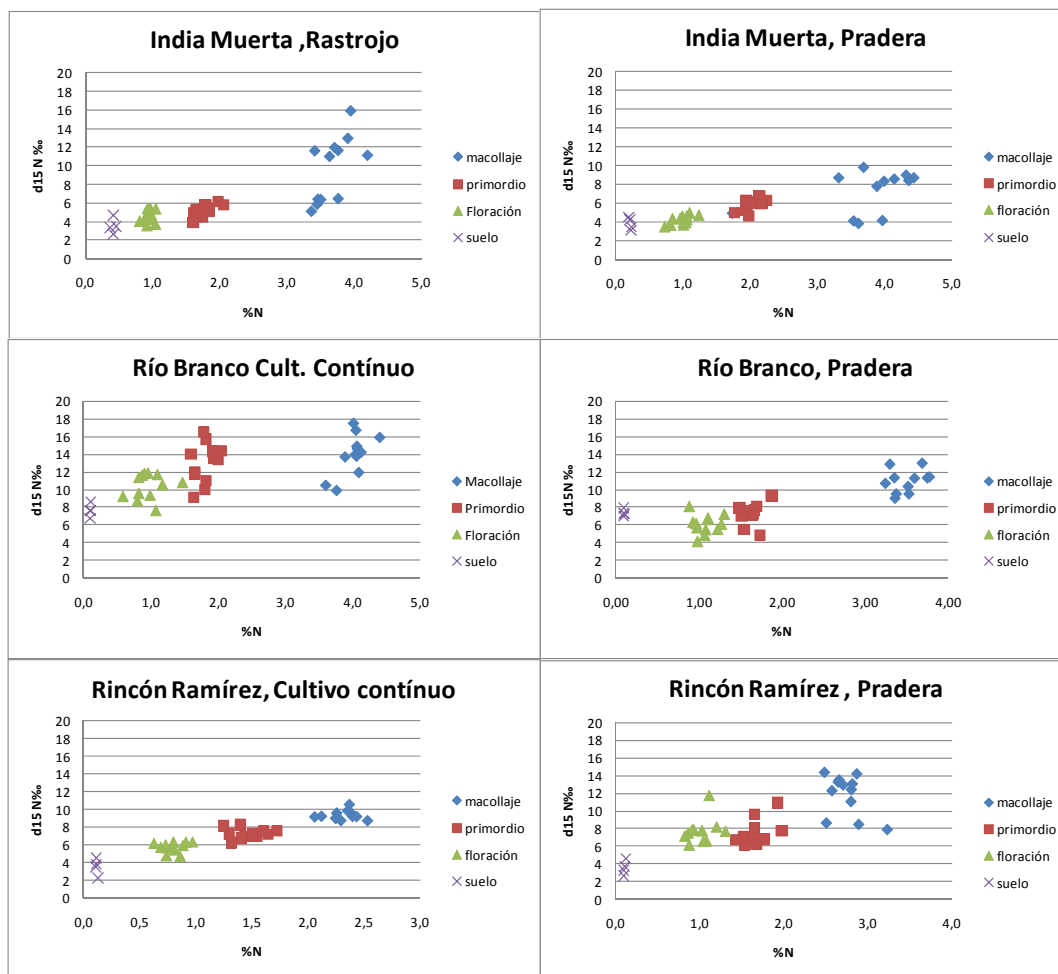


Figura 5. Valores de  $\delta^{15}\text{N}$  en plantas de arroz muestreadas en 3 estadios fenológicos del cultivo en diferentes sitios experimentales en la zafra 2009/2010. Se muestra además  $\delta^{15}\text{N}$  del suelo.

Los ensayos conducidos en micro parcelas en los sitios de Río Branco e India Muerta permitieron tener una primera aproximación del remanente de N encontrado a cosecha, según el momento en que fue incorporado (siembra – macollaje –primordio). Los resultados encontrados están en la misma línea de lo mencionado mediante las técnicas de abundancia natural  $\delta^{15}\text{N}$  respecto a que la mayor contribución relativa de N al cultivo la realiza el suelo. En este sentido, al momento de la cosecha fue encontrado un remanente entorno al 90 % y 72% (India Muerta y Río Branco

respectivamente) de 15N de la aplicación realizada en la siembra. Para el caso de los tratamientos con 15 N aplicados a macollaje, fue encontrado a cosecha el 50% del N agregado en India Muerta y el 100% en Río Branco. Los tratamientos aplicados a primordio fueron los que presentaron los menores valores de 15 N en suelo a cosecha, siendo del orden del 17% para los 4 experimentos. En ninguna de las situaciones se encontraron cantidades significativas por debajo de los 20 cm de la superficie del suelo.

Cuadro 16. Kilogramos de  $^{15}\text{N}$  derivados del fertilizante (kg NddF) encontrado al momento de la cosecha para 2 sitios e historia de chacra a distintas profundidades.

		kg N ddf/ha		
		Siembra	Macollaje	Primordio
<b>India Muerta Rastrojo</b>				
Profundidad				
0-5 cm	17,59	13,2	6,4	
5-10 cm	2,37	0		
10-20 cm	0	0	0	
<b>TOTAL</b>	<b>19,96</b>	<b>13,2</b>	<b>6,4</b>	
<b>India Muerta Pradera</b>				
Profundidad				
0-5 cm	16,6	7	8,2	
5-10 cm	2,8	2,1	0	
10-20 cm	0	0	0	
<b>TOTAL</b>	<b>19,4</b>	<b>9,1</b>	<b>8,2</b>	
<b>Río Branco Cult. Cont</b>				
Profundidad				
0-5 cm	10,9	14	4,4	
5-10 cm	4,5	9	0,6	
10-20 cm	1	0,4	1	
<b>TOTAL</b>	<b>16,4</b>	<b>23,4</b>	<b>6</b>	
<b>Río Branco Pradera</b>				
Profundidad				
0-5 cm	10,9	15	5	
5-10 cm	3,6	8	0,5	
10-20 cm	0,9	0,4	0,1	
<b>TOTAL</b>	<b>15,4</b>	<b>23,4</b>	<b>5,6</b>	

### CONSIDERACIONES FINALES

Los dos años de trabajo con la técnica de abundancia natural de  $^{15}\text{N}$  aclaran algunas interrogantes que se planteaban en la dinámica del N en los sistemas arroz pasturas. Se trató de dos zafra contrastantes, una de alto potencial de rendimiento con más de 10000 kg grano/ha en el promedio de los ensayos y otra de potenciales medios, entorno a 8400 kg/ha. El primer año de estudio existió respuesta al agregado de N en ambos sitios, cuando a priori se esperaba una baja probabilidad de respuesta considerando el stock de C-N y el PMN cuantificados en India Muerta sobre campo natural. Sin embargo, en todos los sitios la respuesta al N fue baja, ya que los testigos rindieron el 90% más del rendimiento máximo. Por otro lado, en el segundo año de conducción de los ensayos, todos los sitios presentaron respuesta al agregado de N, rindiendo los testigos 85% de los rendimientos máximos, valor por debajo de lo reportado el primer año.

Los relativamente altos valores de  $\delta^{15}\text{N}$ , tanto en el suelo como en el cultivo a lo largo del ciclo, sugiere que la contribución del N proveniente de la fijación biológica durante la etapa de pasturas y/o durante el ciclo del cultivo no fue una fuente de N importante para el cultivo de arroz en ninguno de los sitios ni los años. Las pequeñas diferencias de  $\delta^{15}\text{N}$  en las muestras de plantas entre el tratamiento con N comparado con el tratamiento sin N insinúan que tampoco el fertilizante

hizo una contribución directa relevante de N al cultivo. El segundo año de estudio, las técnicas de enriquecimiento con  $^{15}\text{N}$  permitieron tener una primera aproximación a la cantidad de N derivado del fertilizante que queda en el suelo al momento de la cosecha sin ser tomado por el cultivo. En este sentido, se encontraron valores promedio equivalentes a 81%, 75% y 17% del  $^{15}\text{N}$  agregado en las aplicaciones de siembra, macollaje y primordio respectivamente. El fertilizante agregado no se encontró por debajo de los 20 cm por lo que el movimiento de este en el perfil parecería ser poco. Estas dos técnicas estarían indicando que la eficiencia de uso del fertilizante agregado sería muy baja, siendo el suelo el responsable de los grandes aportes de N al cultivo. Sería necesario seguir utilizando la técnica de enriquecimiento  $^{15}\text{N}$  para contar con más años de evaluación que permitan conocer finalmente el destino del fertilizante agregado en los sistemas arroz pasturas. Por otro lado las tasas de mineralización del N del suelo parecen ser muy altas por lo que estudios tendientes a cuantificarla serían de gran ayuda en entender la baja respuesta del cultivo de arroz al agregado de N.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Biggs, I.M., G.R. Stewart, J.R. Wilson and C. Critchley. 2002.  $^{15}\text{N}$  natural abundance studies in Australian commercial sugarcane. *Plant and Soil* 238: 21-30.

Carranca, C., de Varennes, A. and Rolston, D.E. 1999. Biological nitrogen fixation estimated by  $^{15}\text{N}$  dilution, natural  $^{15}\text{N}$  abundance, and N difference techniques in a subterranean clover-grass sward under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy* 10, 81-89.

Deambrosi E., y R. Mendez. 2007. Respuesta de cultivares de arroz de tipo indica a densidades de siembra y aplicaciones de N en la zona Este de Uruguay. INIA, Serie Técnica 167.

Desjardins, T., Folgarait, P.J., Pando-Bahuon, A., Girardin, C. and Lavelle, P. 2006. Soil organic matter dynamics along a rice chronosequence in north-eastern Argentina: Evidence from natural  $^{13}\text{C}$  abundance and particle size fractionation. *Soil Biology and Biochemistry* 38, 2753-2761.

Fageria, N.K., Slaton, N.A. y Baligar, V.C. 2003. Nutrient Management for Improving Lowland Rice Productivity and Sustainability. *In: Advances in Agronomy* (Ed. by L.S. Donald), pp. 63-152. Academic Press.

García J.A., C. Labandera, D. Pastorini, y S. Curbelo. 1994. Fijación de N por leguminosas en La Estanzuela. *In: Nitrogeno en pasturas*. INIA Serie Técnica 51.

Littell, R.C., G.A. Milliken, W.W. Stroup, and R.D. Wolfinger. 1996. SAS system for mixed models. SAS Institute, Cary, NC, 633pp.

A. P. MALLARINO; W. F. WEDIN; R. GOYENOLA ; C. H. PERDOMO; C. P. WEST. 1990. Legume species and proportion effects on symbiotic dinitrogen fixation in legume-grass mixtures. *Agronomy Journal*. 82:785-789.

Mori, C. 2009. Cambios en la abundancia natural de  $^{15}\text{N}$  debido a la perturbación agrícola. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. FAGRO-UDELAR.

Murphy, D.V., Recous, S., Stockdale, E.A., Fillery, I.R.P., Jensen, L.S., Hatch, D.J. y Goulding, K.W.T. 2003. Gross nitrogen fluxes in soil : theory, measurement and application of  $^{15}\text{N}$  pool dilution techniques. *In: Advances in Agronomy* (Ed. by Sparks), pp. 69-118. Academic Press.

Pathak, H., C. Li, R. Wassmann, y J.K. Ladha. 2006. Simulation of N balance in rice-wheat systems of the Indo-Gangetic plains. *Soil Sc. Soc. Am. J.* 70: 1612-1622.

Shibu M.E., P.A. Leffelaar, H. Van Keulen, y P.K. Aggarwal. 2006. Quantitative description of soil organic matter dynamics-A review of approaches with reference to rice-based cropping systems. *Geoderma* 137:1-18.

Schulz, S., J. D. H. Keatinge, and G. J. Wells. 1999. Productivity and residual effects of legumes in rice-based cropping systems in a warm-temperate environment: II. Residual effects on rice. *Field Crops Research*. 61:37-49.

Yun, S., S. Lim, G. Lee, S. Lee, H. Kim, H. Ro, W. Choi, 2011. Natural  $^{15}\text{N}$  abundance of paddy rice (*Oryza sativa* L.) grown with synthetic fertilizer, livestock manure compost, and hairy vetch. *Biol Fertil Soils*. Published online. Springer-Verlag 2011.

## MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES Y PLAGAS

### MANEJO DE ENFERMEDADES

#### EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A *PYRICULARIA ORYZAE* EN VIVERO EN LA ZAFRA 2010-2011 EN URUGUAY

Sebastián Martínez <sup>1/</sup>, Fernando Pérez de Vida <sup>1/</sup>, Pedro Blanco <sup>1/</sup>, Federico Molina <sup>1/</sup>,  
Luis Casales <sup>1/</sup>, Fernando Escalante <sup>1/</sup>

#### INTRODUCCIÓN

El “Quemado del arroz” o “Brusone”, causado por *Pyricularia oryzae*, es una de las principales enfermedades del arroz en el mundo. En Uruguay llega a causar pérdidas de importancia en años en que ocurren las condiciones ambientales para su desarrollo. Las variedades más sembradas en el país son asimismo susceptibles a las principales razas existentes.

Aualmente se realiza una evaluación de resistencia a Brusone en líneas experimentales en evaluación, materiales de interés y materiales en proceso de selección del Programa de Mejoramiento Genético de INIA Treinta y Tres. La evaluación es realizada en el vivero de evaluación de *Pyricularia oryzae* instalado en la Unidad Experimental de Paso de la Laguna. En este, las líneas a evaluar son sembradas conjuntamente con materiales propagadores susceptibles y se promueven condiciones de sombreado, temperatura y humedad óptimos para el desarrollo de la enfermedad. Los materiales son finalmente evaluados según escalas internacionales de acuerdo a tipo de mancha y área foliar afectada y se clasifican según su grado de resistencia o susceptibilidad a las principales razas de *P. oryzae* que ocurren durante la zafra.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

El vivero fue sembrado en un principio con materiales propagadores susceptibles (cv. Fanny, El Paso 144) en fajas el 23 de diciembre de 2010 y entre el 7 y 11 de enero de 2011 con las diferentes líneas experimentales a evaluar en forma perpendicular. Se sembraron diversos testigos y cultivares susceptibles cada 10 líneas en evaluación. Para favorecer el desarrollo foliar se incorporaron altos niveles de N en las fajas (18-46, 150 gr/cantero) y los canteros (18-46, 120 kg/ha). Los canteros, fajas y líneas experimentales, fueron cubiertos por túneles plásticos y regados por aspersión. Todo el vivero se cubrió con mallas y se rodearon con cortinas de vegetales (maíz). Estas medidas se realizaron para disminuir la insolación y mantener una temperatura y humedad para favorecer la infección.

En total fueron sembradas 789 líneas, incluyendo testigos, provenientes de diferentes ensayos del Programa de Mejoramiento.

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

La lectura de síntomas fue realizada el 30 de marzo de 2011 para lo cual se siguieron los lineamientos de Standard Evaluation System del IRRI (IRRI 2002).

En breve:

- 0 = sin síntomas;
- 1 = pequeñas manchas marrones del tamaño de la cabeza de un alfiler;
- 2 = manchas marrones más grandes;
- 3 = manchas grisáceas de redondas a ovaladas de 1 a 2 mm de diámetro;
- 4 = lesiones típicas, de 1 a 2 cm de longitud cubriendo menos del 4% del área foliar;
- 5 = lesiones típicas que afectan hasta el 4 al 10% del área foliar;
- 6 = lesiones típicas que afectan hasta el 11 al 25% del área foliar;
- 7 = lesiones típicas que afectan hasta el 26 al 50% del área foliar;
- 8 = lesiones típicas que afectan hasta el 51 al 75% del área foliar;
- 9 = lesiones típicas con cerca del 100% del área foliar afectada.

Los cultivares fueron catalogados según estos valores en una escala de resistencia o susceptibilidad a *P. oryzae* de acuerdo a:

- 0 = Altamente Resistente (HR);
- 1 = Resistente (R);
- 3 = Moderadamente Resistente (MR);
- 5 = Moderadamente Susceptible (MS);
- 7 = Susceptible (S);
- 9 = Altamente Susceptible (HS).

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente zafra se logró un buen nivel de infección en el vivero al momento de la lectura de los materiales según grado de infección. Esto fue logrado debido al alto nivel de infección del material propagador al momento de susceptibilidad de las líneas. Asimismo, se favoreció la infección natural sobre la inoculación artificial de estos materiales para realizar el presente ensayo con el mayor número de genotipos de *P. oryzae* presentes en el vivero.

En el cuadro 1 se pueden observar las lecturas obtenidas, promedio de todas las observaciones y lectura máxima, para los 7 cultivares comerciales y líneas utilizados como testigos. Las lecturas durante la presente zafra reportan valores similares para los



cultivares El Paso 144, INIA Olimar e INIA Tacuarí a los valores publicados para la zafra 2000/01 (Blanco et al., 2001). Sin embargo, INIA Caraguatá reporta menor grado de infección en la presente zafra debido probablemente a la desaparición como cultivar comercial y por consiguiente de las razas fisiológicas de *Pyricularia* que lo afectaban.

Cuadro 1. Lecturas promedio y máximo para los cultivares utilizados como testigos.

CULTIVAR	PROMEDIO	MÁXIMO
El Paso 144	7,3	8
Fanny	7,9	9
L5287	>0	3
L5502	2	3 a 4
INIA Caraguatá	>0	1
INIA Olimar	7,3	8 a 9
INIA Tacuarí	3,4	3 a 4

En la figura 1 se presentan todas las líneas experimentales evaluadas en la zafra 2011 según el grado de infección que presentaron en vivero. Más del 75% de las líneas en evaluación poseen una reacción de altamente resistente a moderadamente resistente. Solo un porcentaje menor (21,5%) de las líneas en evaluación poseen valores superiores en grado de infección a los principales cultivares del país utilizados como testigos.

El número total de líneas es desglosado en la figura 2 en tres categorías de materiales en evaluación avanzada: *índicas*, *japónica tropical* y líneas Clearfield (*índica* y *japónica tropical*).

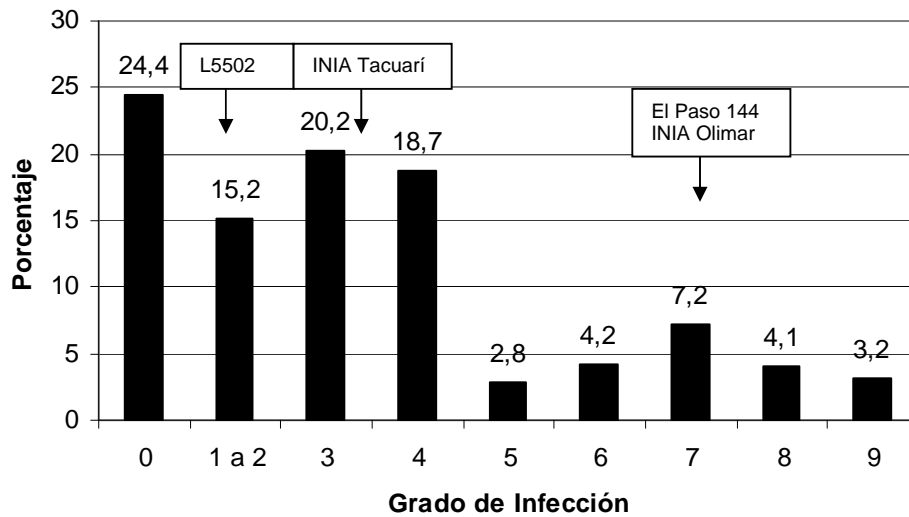


Figura 1. Líneas evaluadas según porcentaje asignado a cada grado de infección.

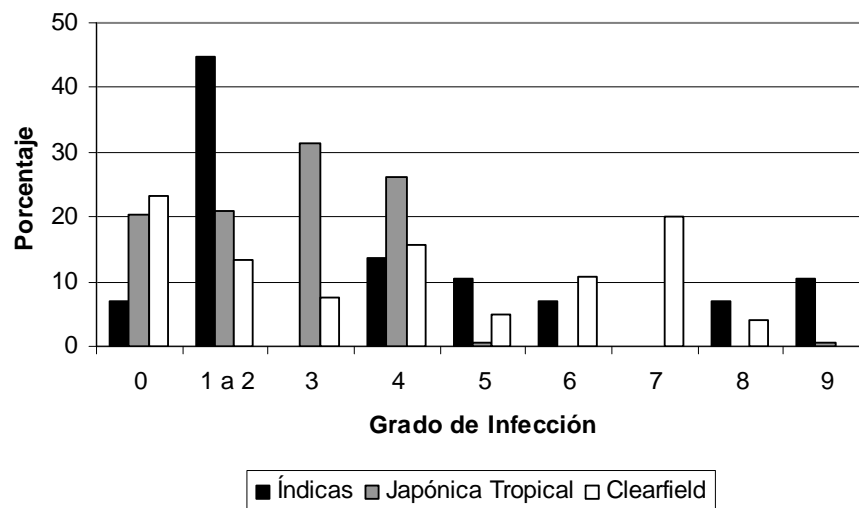


Figura 2. Líneas evaluadas por categorías según porcentaje asignado a cada grado de infección.

Las líneas *indicas* evaluadas (n=29) se distribuyen mayoritariamente en valores desde altamente resistentes a medianamente susceptibles. Dentro de estos materiales 22 líneas son obtenidas del FLAR, provenientes de Colombia, donde fueron seleccionadas bajo alta presión de *P. oryzae*. Estas líneas dieron en el año lecturas de 1 a 5 (HR a MS) y solo dos de ellas lectura 8 (S). En el caso de *japónica tropical* se evaluaron 172 líneas, siendo la mayoría HR a MS.

En el caso de los materiales Clearfield (*indica* y *japónica tropical*) fueron evaluados 120 líneas las cuales poseen una distribución más homogénea en cuanto a la

reacción a *P. oryzae* en vivero debido a una mayor diversidad de orígenes de los progenitores.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blanco P, Gaggero M, Ávila S, Lavecchia A, Marchesi C, Pérez F, Casales L. 2001. V. Evaluación de resistencia a Brusone (*Pyricularia oryzae* o *Pyricularia grisea*). Cap. 6. Mejoramiento Genético. Serie Actividades de Difusión 257: 20-22.

IRRI. 2002. Standard Evaluation System for Rice (SES). International Rice Research Institute.

## MANEJO DE MALEZAS

Néstor Saldain<sup>1/</sup>

En la zafra que culminó, se condujeron varios trabajos en la Unidad Experimental de Paso de la Laguna (UEPL), en Río Branco (Casarone Agroindustrial), Rincón de Ramírez y Los Arroyitos (Coopar), Rocha. Los mismos se focalizan principalmente en el control de capín y la detección de resistencia a los herbicidas (complejo *Echinochloa* spp.) y en el control del arroz rojo con el uso de la Tecnología Clearfield® y la difusión de los resultados obtenidos en el proyecto FTG/RF 0608 RG "Impacto ambiental de la adopción del arroz resistente a las imidazolinonas en sistemas productivos contrastantes de América Latina".

### CAPÍN

El creciente número de denuncias radicadas en la Dirección de los Servicios Agrícolas del MGAP debido al daño por acción del clomazone sobre la vegetación cercana a las chacras de arroz promovió las siguientes acciones 1) retomar la evaluación de herbicidas para el control de capín, convocando a las empresas de agroquímicos interesadas en participar, esta vez, de la evaluación del clomazone microencapsulado en la eficiencia de control de la maleza y 2) iniciar trabajos exploratorios de formulaciones nuevas de clomazone con el laboratorio de Nanotecnología del Polo Tecnológico de Pando, Facultad de Química.

Además, dado el mayor uso de clomazone en preemergencia con una tendencia a aumentar la dosis, y debido a que las previsiones meteorológicas fueron de un año contrastante en la primavera-verano-otoño respecto del anterior, por segundo año consecutivo se continuó con el estudio del manejo del baño referido a la fecha de aplicación en preemergencia y las dosis de clomazone usadas para el control del capín. Este trabajo es la Tesis de grado para la obtención del Título de Ing. Agr. de los bachilleres Pablo Del Barrio y Luis Techera.

En el verano del 2007-2008 en la Cuenca de la Laguna Merín, se colectaron varios biotipos de capín de situaciones de chacra donde los colegas informaban que el control había tenido problemas y no estaba claro qué había sucedido. Se inició la determinación del grado de resistencia de dos biotipos de capín de aquellos colectados a los herbicidas propanil, clomazone y quinclorac.

### ARROZ ROJO

Esta maleza, conocida ahora como arroz maleza, es de primordial importancia en todas las zonas arroceras del mundo, por lo que se viabilizó la llegada de Shih-Chung Hsu a Uruguay, estudiante taiwanés, quién visitó además Río Grande del Sur entre el 22 de marzo y el 5 de abril.

En su recorrida colectó muestras de arroz rojo en ambos países que serán usadas en su disertación para la obtención de su doctorado. Antes de regresar, brindó un seminario en INIA Treinta y Tres referido a la misma titulado "El arroz maleza se vuelve maleza una y otra vez: múltiples orígenes del arroz maleza (*Oryza sativa* L.)". Sus tutores son los Drs. Bárbara Shaal y Kenneth Olsen del Programa Evolución, Ecología y Biología de Poblaciones del Departamento de Biología Evolutiva de la Washington University de Saint Louis, Missouri. Su trabajo se desarrolla en el marco del proyecto "La evolución genómica del arroz maleza" financiado por la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América (NSF en inglés).

Se realizó el Taller de Cierre del proyecto Fontagro FTG-RG 0608 "Impacto ambiental de la adopción del arroz resistente a las imidazolinonas en sistemas productivos contrastante de América Latina" el 26 y 27 de Abril del 2011 en la sede del INIA Treinta y Tres. Además, se participó del VI Taller de Seguimiento Técnico de proyectos Fontagro que tuvo lugar del 15 al 17 de junio en Cochabamba, Bolivia. En esa oportunidad se presentó en forma oral el Informe Técnico Final al plenario de los participantes del taller.

En el marco de ese proyecto, se finalizaron los muestreos de suelos en los experimentos de disipación del Kifix que se condujeron en la UEPL y en Río Branco, sembrándose en directa arroz no resistente en la UEPL y arroz no resistente y sorgo forrajero en Río Branco sobre el raigrás previamente quemado con glifosato.

Se acordó con el Polo Tecnológico de Pando, que ellos harán las extracciones de los residuos del imazapir e imazapic de las muestras de suelo, mientras que se contratará al Laboratorio de Análisis de Residuos de Pesticidas (LARP) dirigido por el Dr. Renato Zanella de la Universidad Federal de Santa María para realizar la determinación analítica. De esta forma, podremos tomar ventaja de la reciente incorporación de equipamiento automatizado de cromatografía líquida seguida de doble espectrometría de masa en tándem (LC-MS-MS) al LARP, con el cual es posible alcanzar límites de detección observables más bajos.

En los mismos experimentos muestreados para la determinación analítica de los residuos en la UEPL y Río Branco (2008-2009 y 2009-2010), se tomaron muestras de suelo en las mismas parcelas tratadas con Kifix (210 g/ha) y en aquellas sin aplicación de Kifix (0 g/ha) para realizar bioensayos con sorgo forrajero. Las pruebas se realizaron en la sede del INIA Treinta y Tres, finalizándose las mismas en la primera semana de julio del 2011.

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

En el Área Experimental con arroz rojo de la UEPL, se sembró Puitá INTA CL en la primavera del 2010 en aquellas parcelas que estuvieron un año sin cultivar arroz después de haber estado bajo cultivo con el mismo material durante dos años consecutivos, aplicándose las mismas dosis de Kifix en las parcelas asignadas. En el otoño del 2011, se sembró una mezcla forrajera de uso común sobre el rastrojo de arroz que se evaluará a los 150 días de la siembra.

En chacras con diferente historia de arroz Clearfield® (3, 2, 1 y 0 año(s) consecutivos), se colectaron biotipos de capín para cada una de las situaciones en Noblía, Cerro Largo, 2007-2008. Se expusieron los biotipos de capín a dosis crecientes de los herbicidas Kifix (imazapir + imazapic), Nominee (bispiribac), Ricer (penoxulam) y Agrimet (metsulfuron) para determinar la curva de dosis respuesta de cada combinación biotipo-herbicida. Todos estos herbicidas inhiben la misma enzima denominada ALS (acetolactato sintetasa).

Para ayudar a identificar biotipos de capín resistentes a estos herbicidas en tiempo real y prestar un servicio de apoyo a la toma de decisiones, se determinó la actividad de la enzima ALS in vitro en arroz y capín. Para familiarizarse con la técnica, se co-dirige junta a la Dra. Victoria Bonnacarrère (Unidad de Biotecnología, INIA Las Brujas) una Tesis de grado de la Licenciatura de Bioquímica de la Facultad de Ciencias del bachiller Manuel Diez. Él realizó los estudios de la actividad de la enzima ALS en los materiales Clearfield® ya sean variedades o híbridos usados que llevan una de las tres

mutaciones usadas a la fecha en el Mercosur. Además, trabajará con material vegetal del biotipo de capín que sobrevivió a la aplicación de Kifix colectado de la chacra con tres años de arroz Clearfield®, Noblía, Cerro Largo. Se determinará el grado de resistencia comparando con la actividad de la ALS de un biotipo susceptible colectado en la chacra sin aplicación de Kifix del mismo sitio para tratar de esclarecer el mecanismo de resistencia involucrado.

En cuanto al uso de la Tecnología Clearfield®, se agradece al Ing. Agr. Alex De Oliveira Chagas de Labrustar S.A. y al Ing. Agr. Hugo Firpo asesor de la misma en Rincón de Ramírez y al Ing. Agr. Gonzalo Rovira de Cooper en Los Arroyitos por la realización de las aspersiones de Kifix en fajas a nivel comercial en los cultivos Clearfield® y el seguimiento de las mismas en la zafra 2010-11. Se realizó la cosecha de varias parcelas en esas fajas con distintas dosis de Kifix.

El proyecto FTG-RG 0608 que fue coordinado y administrado por INIA finalizó su ejecución el 30 de junio del presente. En la actualidad, se está redactando el Informe Técnico Final requerido. Aprovechando la finalización del mismo, se reconoce y agradece a la firma Casarone Agroindustrial por cedernos tierra y agua para la realización de los experimentos durante tres años en los suelos arenosos (livianos) de Río Branco y muy especialmente al Ing. Agr. Ramiro Miraballes por la coordinación de las distintas actividades que facilitaron llevar a buen término los estudios emprendidos.

**EVALUACIÓN DE CLOMAZONE MICROENCAPSULADO EN EL CONTROL DEL CAPÍN**Néstor Saldain<sup>1/</sup>**INTRODUCCIÓN**

El número de denuncias por daño a la vegetación atribuido al clomazone en áreas cercanas del cultivo de arroz ha ido creciendo en las últimas zafras de acuerdo a la información recibida de la Dirección General de Servicios Agrícolas del Ministerio de Agricultura y Pesca (C. Amaro, Com. Pers., 2010).

Las pérdidas de clomazone hacia la atmósfera son debidas a dos procesos. Uno es la deriva primaria asociada a la calidad de la aspersión tanto aérea como terrestre y el otro es la volatilización desde la superficie del suelo cuando se encuentra húmedo. Aunque lo anterior es una condición necesaria para que el fenómeno de volatilización ocurra desde la superficie del suelo, la misma no ocurrirá o será de una magnitud menor si la demanda atmosférica no es alta. La demanda atmosférica es la fuerza motriz que pone en marcha ese proceso y ésta es alta cuando ocurren días despejados con baja humedad relativa en el aire, alta temperatura y viento.

Actualmente en el cultivo de arroz del Mercosur, se usa clomazone mayoritariamente formulado como concentrado emulsionable (CE). Según Knowles, A. (2008), ésta formulación es la que tiene el mayor volumen de pesticidas comercializado entre los otros tipos de formulaciones en el mundo. La misma se adapta al uso de principios activos que se presentan como aceites o ceras de baja punto de fusión, que son solubles en solventes orgánicos no polares derivados del petróleo. Cuando los principios activos se formulan como un CE, se necesario identificar una mezcla específica de sustancias emulsificantes determinada experimentalmente para cada uno de los pesticidas de interés con el objetivo de favorecer la formación espontánea de la emulsión.

Stern, A. J. y D. Z. Becher (1996) mencionan que la formulación de pesticidas en micro cápsulas reduce el consumo de solventes orgánicos, baja la toxicidad aguda para el operador, la degradación del principio activo es más lenta, mejora la eficacia en el control de las malezas en condiciones de siembra directa con residuos en la superficie, reduce las pérdidas por volatilización y lixiviación hacia horizontes más profundos lo que favorece que aumente el tiempo de residencia en el horizonte superficial del suelo para mejorar el control, disminuye los olores que desprenden las productos, muestra más estabilidad en el almacenaje y puede conducir a menor toxicidad en el cultivo empleado.

Flores Céspedes, F *et al.* (2007) destacan que el objetivo de las formulaciones de liberación controlada

(CR) es proteger al pesticida, liberarlo a una tasa controlada (la magnitud de la misma depende del caso específico que se considere) y mantener su concentración en el sistema dentro de los límites óptimos por un período de tiempo específico, ofreciendo así una mayor especificidad y persistencia.

En cuanto a la formulación de un pesticida como una suspensión de micro cápsulas (CS), Knowles A. (2008) destaca que ofrece entre otras ventajas que puede tener una actividad biológica más duradera, puede controlar o reducir la evaporación del pesticida considerado y podría reducir la toxicidad en el cultivo. Esta formulación libera el pesticida por difusión a una tasa controlada cuya magnitud depende del tamaño de la gota de la emulsión previa a la formación de las cápsulas en la interfase aceite/agua, del espesor del polímero que forma la pared de las cápsulas y del grado de porosidad que tenga la membrana.

Para los herbicidas que se absorben vía radicular como el clomazone, el objetivo es mantener cierta concentración en la solución del suelo que permita un control eficiente de las malezas y que sea compatible con la reducción de las pérdidas por volatilización a su mínima expresión desde la chacra hacia las áreas vecinas.

Schulties, D.T. y J. Heier (2003) mencionan que FMC patentó una formulación microencapsulada hace varios años, Command 3 ME, que redujo la volatilización especialmente desde el suelo húmedo. No obstante lo beneficioso de lo anterior, ellos destacan que la deriva primaria, aquella que se produce por la Tecnología de aplicación, sigue siendo un aspecto de preocupación. Estos autores señalan que para poder asperjarlo hay que diluirlo en agua al producto ME, que es una suspensión de micro cápsulas. Además, mencionan que el tamaño de las cápsulas en la formulación Command 3 ME varía entre 5 a 15 micras (1 mm equivale a 1000 de micras), siendo el promedio de 9 micras. Las gotas de 100 micras de DVM (diámetro volumétrico medio) cuando salen de las boquillas de una barra en una aplicación aérea pueden derivar un distancia considerable y pueden llevar en su interior varias micro cápsulas transportando el herbicida fuera de la chacra.

El clomazone ME se valora como una herramienta muy útil que nos permitirá disminuir la volatilización desde la superficie del suelo húmedo (deriva secundaria), sin embargo, debemos continuar realizando aspersiones de calidad como parte integral del uso de Buenas Prácticas Agrícolas para reducir la deriva primaria que es básicamente independiente de la formulación.

Se acordó con las empresas interesadas la evaluación del clomazone ME para valorar la eficiencia de control del capín comparado con la fuente de clomazone CE en

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

uso en la actualidad tanto aplicado en preemergencia como mezclado en el tanque con propanil en postemergencia temprana durante la zafra 2010-11.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

En la Unidad Experimental del Paso de la Laguna, se sembraron dos experimentos para evaluar la eficiencia del clomazone ME en el control del capín.

Sobre un laboreo de verano, se preparó con una rastra excéntrica niveladora y se niveló con una pasada de hoja niveladora (landplane). Previo a la siembra del capín, como se había compactado por las lluvias se pasó superficialmente un cultivador de campo y se sembraron las semillas de capín a razón de 300 semillas viables/m<sup>2</sup>, incorporándose con una excéntrica liviana. El 15-nov-2010 se pasó el rolo compactador e inmediatamente se sembró El Paso 144 a razón de 190 kg/ha de semilla, fertilizándose con 148 kg/ha de 18-46-0 en la línea.

Análisis de suelos - Evaluación de herbicidas. Paso de la Laguna 2010-11

pH(H <sub>2</sub> O)	C.O.* %	P (Bray 1) ppm	K meq/100g
5,2	1,41	5,9	0,24

\*M.O.% = C.O. x 1,724; Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua. INIA La Estanzuela.

En el experimento en preemergencia, se asperjaron los tratamientos herbicidas el 20-nov-2010, realizándose un baño para activar los mismos 5 días después de la aspersión (25-nov-2010). Se aplicó urea (50 kg/ha) en seco al macollaje (13-dic-2010), estableciendo la inundación ese mismo día. La segunda aplicación de urea (50 kg/ha) se realizó al primordio en el agua el 07-ene-2011.

Para el experimento en postemergencia temprana, los tratamientos herbicidas se aplicaron el 08-dic-2010. La magnitud de las coberturas de urea, las fechas de realización y la fecha de inundación fueron las mismas que en el experimento en preemergencia.

En ambos experimentos, se usó una mochila presurizada con anhídrido carbónico que lleva una barra de aplicación que tiene cuatro picos con pastillas Teejet DG 8002 que libera 140 l/ha.

Las fuentes de clomazone evaluadas se presentan en el cuadro 1, mientras que los tratamientos herbicidas estudiados se presentan en el cuadro 2 por momento de aplicación de los mismos.

Cuadro 1. Nombre comercial o código, formulación, nombre común, concentración del ingrediente activo y empresa solicitante de la evaluación. UEPL, 2010-11.

Nombre comercial o código	Formulación	Ingrediente activo	g/l	Solicitante
Clomazone CE	CE	clomazone	500	INIA
Agritec ME	ME	clomazone	360	Agritec S.A.
Clomagrom 360 ME	ME	clomazone	360	Agrom S.A.
PCM 211 ME 24	ME	clomazone	240	Cibeles S.A.
PCM 086 ME 24	ME	clomazone	240	Cibeles S.A.
Proquimur ME 338	ME	clomazone	338	Proquimur
Propanil 48 CE	CE	propanil	480	INIA

CE= concentrado emulsionable, ME = microencapsulado

Cuadro 2.- Tratamientos estudiados por momento de aplicación. UEPL, 2010-11.

Preemergencia		Postemergencia temprana	
Tratamientos	Dosis, l/ha	Tratamientos	Dosis, l/ha
Clomazone CE	0,960	Propanil + Clomazone CE	4 + 0,768
Agritec ME	1,333	Propanil + Agritec ME	4 + 1,067
Agritec ME	1,600	Propanil + Agritec ME	4 + 1,280
Clomagrom 360 ME	1,333	Propanil + Clomagrom 360 ME	4 + 1,067
Clomagrom 360 ME	1,600	Propanil + Clomagrom 360 ME	4 + 1,280
PCM 211 ME 24	2,000	Propanil + PCM 211 ME 24	4 + 1,600
PCM 211 ME 24	2,400	Propanil + PCM 211 ME 24	4 + 1,920
PCM 086 ME 24	2,000	Propanil + PCM 086 ME 24	4 + 1,600
PCM 086 ME 24	2,400	Propanil + PCM 086 ME 24	4 + 1,920
Proquimur ME 338	1,333	Propanil + Proquimur ME 338	4 + 1,136
Proquimur ME 338	1,600	Propanil + Proquimur ME 338	4 + 1,363
Testigo	-	-	-

La lectura de control del capín a la cosecha se realizó por apreciación visual asignando las notas correspondientes de acuerdo a la siguiente escala 0=sin control; 1-2=control pobre, 2-3=regular a bueno, 3-4=bueno a muy bueno, 4-5=muy bueno a excelente.

la separación de medias se usó la prueba de Tukey al 5%. Las correlaciones se calcularon por medio del Proc Corr perteneciente al mismo paquete estadístico.

Se usó el procedimiento Proc Mixed del SAS v. 9.2 en español para la realización del análisis de varianza y para



**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**
**Preemergencia**

La significación estadística obtenida para los tratamientos herbicidas evaluados, se presenta para las

variables medidas en el cuadro 3. El análisis de varianza detectó diferencias significativas debidas a los tratamientos herbicidas para las variables consideradas. En general, se logró un control muy bueno del capín a la cosecha, siendo los rendimientos de arroz obtenidos excelentes.

Cuadro 3.- Significación estadística de los tratamientos aplicados en preemergencia. UEPL, 2010-11.

Fuente de variación	Humedad grano, %	Control capín cosecha	Rendimiento arroz, kg/ha
Bloque	0,0185	0,2133	0,0431
Tratamientos	0,0229	<0,0001	0,0009
Media	16,5	4,0	10022
C.V.%	2,33	8,22	7,46

La separación de las medias para los tratamientos herbicidas aplicados en preemergencia, se introduce en el cuadro 4. Como comentario general, todos los tratamientos presentaron un control de capín a la cosecha superior significativamente al testigo sin aplicación. Para el grupo de tratamientos que obtuvo controles superiores, las lecturas tuvieron una nota en el rango entre 4,0 a 4,8. Éste estaba compuesto de Clomazone CE y PCM 211 ME 24 (2,4 l/ha), Clomagron

ME 360 (1,6 l/ha), Clomagron 360 ME a la dosis menor, Proquimur ME 338 (1,333 l/ha), Proquimur ME 338 (1,6 l/ha), PCM 086 ME 24 (2,4 l/ha), PCM 211 ME 24 (2,0 l/ha), PCM 086 ME 24 (2,0 l/ha) y Agritec ME 360 en orden decreciente de la nota obtenida. La excepción fue Agritec ME a 1,333 l/ha que obtuvo una nota de control del capín significativamente menor que el clomazone CE a 0,96 l/ha (Testigo químico).

Cuadro 4.- Separación de medias de los tratamientos aplicados en preemergencia en las variables medidas. UEPL, 2010-11.

Herbicidas	Dosis l/ha	Humedad grano, %	Control capín cosecha	Rendimiento arroz, kg/ha
Clomazone CE	0,960	16,6 ab	4,8 a	10178 a
Agritec ME	1,333	16,5 ab	3,3 b	9499 a
Agritec ME	1,600	16,7 ab	4,0 ab	10009 a
Clomagron 360 ME	1,333	16,1 b	4,6 a	10079 a
Clomagron 360 ME	1,600	16,2 b	4,7 a	10293 a
PCM 211 ME 24	2,000	16,2 b	4,2 ab	10893 a
PCM 211 ME 24	2,400	16,6 ab	4,8 a	10874 a
PCM 086 ME 24	2,000	16,5 ab	4,1 ab	10101 a
PCM 086 ME 24	2,400	16,4 ab	4,3 ab	10266 a
Proquimur ME 338	1,333	16,3 b	4,6 a	10450 a
Proquimur ME 338	1,600	16,3 b	4,4 a	10350 a
Testigo sin aplicación	-	17,5 a	0,5 c	7267 b
Tukey <sub>0,05</sub>		1,1	1,0	1963

Lectura de control. 0=sin control; 1-2=control pobre, 2-3=regular a bueno, 3-4=bueno a muy bueno, 4-5=muy bueno a excelente. Las medias seguidas por la(s) letra(s) no difieren significativamente según el Test de Tukey al 5%.

No obstante lo anterior, Agritec ME a 1,333 l/ha a presentó un control similar a Agritec ME a 1,6 l/ha, PCM 211 ME 24 a 2 l/ha, PCM 086 ME 24 a 2 y 2,4 l/ha. Las diferencias observadas en el control del capín a la cosecha se tradujeron en rendimiento de arroz superiores significativamente al testigo sin aplicación, aunque entre las medias de los tratamientos herbicidas no se detectaron diferencias significativas.

En general, el testigo sin aplicación de herbicidas presentó la humedad más alta en el grano debido a la elevada presencia de semillas de capín, restos de tallos y hojas dado que el arroz estaba maduro. La humedad fue similar para algunos tratamientos a la del testigo, mientras que fue significativamente menor para otros. Se destaca que todos los tratamientos herbicidas evaluados no presentaron diferencias significativas entre sí para esta variable.

Las lectura de control de capín a la cosecha por apreciación visual presentó una correlación positiva de magnitud media a alta con el rendimiento de arroz obtenido ( $r = 0,724$   $n=36$  Prob. <0,0001), mientras que la humedad del grano mostró una correlación negativa de magnitud media con el rendimiento en grano ( $r = -0,427$   $n=36$  Prob. 0,0093) y de las mismas características con la lectura de control ( $r = -0,553$   $n=36$  Prob. 0,0005).

**Postemergencia Temprana**

El día previo a la aspersión de los tratamientos, se contaron las plantas de capín usando dos cuadrados de 30 cm x 30 cm por parcela que sería tratada, incluyéndose el testigo. La población de capín obtenida fue de 109 pl/m<sup>2</sup> siendo la distribución de los estados de desarrollo de la maleza en el muestreo la que se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. Herbicidas en postemergencia temprana. Porcentaje de plantas de capín con distinto desarrollo. UEPL, 2010-01.

Estado vegetativo				
Número de hojas por planta				
1	2	3	4-5	Total
4,4	23	35,3	24,2	86,9
Número de macollos por planta				
1	2	3	= >4	Total
9,5	3,6	-	-	13,1

En análisis estadístico de los datos para las variables humedad en el grano, control de capín a la cosecha y rendimiento de arroz detectó diferencias significativas entre los tratamientos herbicidas estudiados (Cuadro 6). El control de capín a la cosecha fue superior a bueno y el rendimiento de arroz obtenido muy bueno a excelente.

Cuadro 6.- Significación estadística de los tratamientos aplicados en postemergencia temprana. UEPL, 2010-11.

Fuente de variación	Humedad grano, %	Control de capín	Rendimiento arroz, kg/ha
Bloque	0,5485	0,0610	0,0862
Tratamientos	0,0003	<0,0001	0,0013
Media	16,5	3,3	8832
C.V.%	3,57	13,52	11,32

En el cuadro 7, se muestran los resultados obtenidos para los tratamientos herbicidas de las variables consideradas y la separación de medias respectivas. En cuanto al control del capín, se aprecia que todos los tratamientos herbicidas lograron controles superiores significativamente al testigo sin aplicación variando la nota de control obtenida entre 2,7 a 4,2. Mientras que la mezcla de tanque de propanil a 4 l/ha + Agritec ME a 1,067 l/ha obtuvo un control inferior significativamente solamente a la mezcla de propanil a 4 l/ha + Agritec ME a 1,280 l/ha mostrando similar control que las otras mezclas de tanque evaluadas incluida aquella del testigo químico (propanil 4 l/ha + clomazone CE 0,768 l/ha). Todos los tratamientos estudiados mostraron rendimientos de arroz similares entre ellos siendo superiores significativamente al testigo sin control con la

excepción de propanil a 4 l/ha+ PCM 086 ME 24 a 1,6 l/ha.

Todos los tratamientos herbicidas obtuvieron similares humedad en el grano aunque presentaron niveles inferiores significativamente al testigo sin aplicación.

En este ensayo, la lectura de control a la cosecha mostró una correlación media con el rendimiento de arroz logrado ( $r= 0,667$   $n=36$  Prob.  $<0,0001$ ). La humedad del grano alcanzó una correlación negativa alta con el rendimiento de arroz ( $r= -0,839$   $n= 36$  Prob.  $<0,0001$ ) y del mismo signo pero de magnitud media a alta con la lectura de control del capín ( $r= -0,765$   $n= 36$  Prob.  $<0,0001$ ).

Cuadro 7.- Separación de medias de los tratamientos aplicados en postemergencia en las variables medidas. UEPL, 2010-11.

Herbicidas	Dosis l/ha	Humedad grano, %	Control de capín	Rendimiento arroz, kg/ha
Propanil + Clomazone CE	4 + 0,768	16,3 b	3,4 ab	9356 a
Propanil + Agritec ME	4 + 1,067	16,6 b	2,7 b	8829 a
Propanil + Agritec ME	4 + 1,280	16,4 b	4,2 a	8886 a
Propanil + Clomagron 360 ME	4 + 1,067	16,6 b	3,6 ab	9223 a
Propanil + Clomagron 360 ME	4 + 1,280	16,0 b	3,6 ab	9359 a
Propanil + PCM 211 ME 24	4 + 1,600	16,2 b	3,4 ab	9764 a
Propanil + PCM 211 ME 24	4 + 1,920	16,5 b	4,0 ab	9291 a
Propanil + PCM 086 ME 24	4 + 1,600	16,2 b	3,6 ab	8072 ab
Propanil + PCM 086 ME 24	4 + 1,920	16,0 b	3,4 ab	9388 a
Propanil + Proquimur ME 338	4 + 1,136	16,0 b	3,5 ab	9411 a
Propanil + Proquimur ME 338	4 + 1,363	16,2 b	3,6 ab	9221 a
Testigo sin aplicación	-	19,0 a	0,2 c	5179 b
Tukey <sub>0,05</sub>		1,4	1,3	2971

Lectura de control. 0=sin control; 1-2=control pobre, 2-3=regular a bueno, 3-4=bueno a muy bueno, 4-5=muy bueno a excelente. Las medias seguidas por la(s) letra(s) no difieren significativamente según el Test de Tukey al 5%.

### Comentarios generales

En las condiciones de los experimentos, siembra al final del período óptimo para expresar el máximo potencial de rendimiento de arroz y con el manejo del agua empleado, el clomazone ME mostró un control del capín superior al

testigo sin aplicación en cualquiera de los dos momentos de aplicación.

El clomazone ME controló el capín de manera similar que la formulación CE, incluso a dosis similares medidas en términos del principio activo en ambos experimentos.

La excepción fue Agritec ME a la dosis más baja que mostró un control significativamente inferior que la formulación estándar en la aplicación en preemergencia, sin embargo, un aumento en la dosis del 20% en términos del principio activo, permitió alcanzar controles del capín similares a los demás tratamientos.

El clomazone es capturado con distinta eficiencia en el proceso de la formación de las cápsulas por lo que es un aspecto a considerar que podría estar afectando la eficiencia de control en el campo.

El principio activo es liberado por difusión (diferencia de concentración dentro de las cápsulas y el exterior de las mismas) y como la solubilidad de los compuestos es en general afectada por la temperatura, surge la necesidad de evaluar el comportamiento de las formulaciones ME en una fecha de siembra temprana. Por ejemplo, la primera década de octubre para la zona Este, y además, por mayor contenido de carbono orgánico y un manejo del riego diferente en una fecha acorde para la zona Norte sería aconsejable.

## EFFECTO DEL MANEJO DEL BAÑO Y LA APLICACIÓN DE CLOMAZONE EN PREEMERGENCIA

Néstor Saldain<sup>1/</sup>, Beto Sosa<sup>1/</sup>, Pablo Julián del Barrio Bachino<sup>2/</sup>, Luis César Techera Méndez<sup>2/</sup>

### INTRODUCCIÓN

En INIA Treinta y Tres, durante tres años, se generó información que demostró que la aplicación preemergente de clomazone permite reducir de manera significativa la población de capín. Los individuos que escaparon al control presentaron un estado de desarrollo no mayor a cinco hojas al momento de realizar una aplicación en postemergencia. Es así que la aplicación de clomazone seguida por sólo una aspersión de propanil fue suficiente para completar el control, llegando el cultivo limpio a la cosecha y lográndose muy buena productividad (Deambrosi, E. y N. Saldain, 2006-2007, SAD 502).

El aumento en el uso de clomazone en preemergencia fue corroborado en el informe de la zafra 2005-06 (Molina, F. y A. Roel, 2006) y por los técnicos de los distintos molinos arroceros que expusieron en la reunión de evaluación de la última zafra de arroz llevada a cabo a fines de junio del presente.

Generalmente se aplicó el clomazone después de la siembra hasta antes de la emergencia del cultivo y además es más común la aplicación de clomazone mezclado en el tanque con glifosato en ocasiones antes de la siembra.

Senseman et al., 2004, mostraron que la disponibilidad total de clomazone para las plantas (arroz, capín y otras malezas) se incrementa con el aumento en la humedad del suelo independientemente del tipo de suelo arrocero estudiado.

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

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

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Flores Céspedes, F., M. Villafranca Sánchez, S. Pérez García, M. Fernández Pérez. 2007. Modifying sorbents in controlled release formulations to prevent herbicides pollution. *Chemosphere* 69: 785-794.

Knowles, A. 2008. Recent developments of safer formulations of agrochemicals. *Environmentalist* 28:35-44.

Schulteis, D.T. and J. Heier. 2003. A novel formulation of clomazone for use in rice. *In* The BCPC International Congress Crop Science & Technology Congress Proceedings vol 1:47. SECC, Glasgow, Scotland, UK. 10-12 November 2003.

Stern, A. J. and D. Z. Becher. 1996. Microencapsulation Technology and Future Trends. Chapter 7. *In* Pesticide Formulation and Adjuvant Technology. Eds. Chester L. Foy and David W. Pritchard. CRC Press.

Esto significa que si se aumenta la humedad de suelo a partir de un suelo seco (sin agua disponible para el crecimiento de las plantas) hacia un suelo que contenga su máxima capacidad de almacenar agua útil (suelo a capacidad de campo sin estar saturado), la cantidad total de clomazone en la solución del suelo será mayor.

Estos autores encontraron que el daño que se observa en las plantas de arroz está directamente relacionado a la cantidad de clomazone que haya en la solución del suelo.

Otro componente del suelo que pesa mucho en la existencia de clomazone en la solución del suelo es el contenido de carbono. Este herbicida tiene mucha afinidad por la materia orgánica del suelo dado su coeficiente de partición octanol/agua de 350. Esto significa que a igualdad de humedad en el suelo uno que tenga un mayor contenido de materia retendrá más clomazone y consecuentemente existirá menos en la solución del suelo para la absorción por las plantas. De manera que cuando éste recibe agua, ésta desplaza al clomazone desde donde está retenido hacia la solución del suelo. El contenido de arcilla del suelo juega un rol menor en la retención del clomazone por el suelo (Senseman, et. al., 2004).

En el mismo sentido, Gunasekara, A.S. et. al (2008) demostraron que los ácidos húmicos, uno de los componentes de la materia orgánica del suelo, tienen una elevada afinidad por retener el clomazone. Este fenómeno es más importante aún, cuando en la composición de los ácidos húmicos el contenido de carbono derivado de compuestos alifáticos está en el orden del 65%. En consecuencia, el clomazone tiene dificultades de liberarse de la materia orgánica del suelo con contenidos de carbono orgánico elevados,

especialmente cuando se lo aplica en dosis que determina que quede a concentraciones bajas en la solución del suelo.

De modo que hay que ser cuidadoso porque cuando se siembra arroz en suelo seco, se asperja clomazone, se baña o ocurre una lluvia grande por ejemplo mayor a 30 mm, o ocurren los dos eventos en pocos días, debemos esperar un muy buen control del capín y otras malezas. No obstante lo anterior, podemos tener un impacto negativo en la implantación del cultivo dado que las oportunidades para que se expresen daños severos en el arroz son mayores.

Estos daños significan síntomas extendidos de albinismo en el cultivo inclusive muerte de plántulas y/o que nunca emergerán y/o semillas que quedan con la raicillas primarias y sin la emergencia del brote.

Sin embargo, si la lluvia es menor a 30 mm en esa condición de suelo debemos esperar un excelente control del capín y síntomas leves de albinismo (menor absorción de clomazone por la semilla y/o plántula de arroz).

Si bien los herbicidas aplicados en preemergencia necesitan humedad en el suelo para que se activen, se debe ser cauto a la hora de sembrar en suelo seco seguido por un baño. También en caso de un suelo con humedad suficiente para la germinación del arroz si se esperan ocurrencia de lluvias en los días inmediatos a la aspersión del herbicida (Jordan, et al, 1998, y Jordan, 2000).

Los síntomas de albinismo desaparecerán más rápidamente si las condiciones de temperatura y radiación favorecen el crecimiento, mientras que demorarán más en desaparecer si prevalecen temperaturas frescas y días nublados (Jordan et al., 1998 y Jordan et. al., 2000).

Un uso adecuado del pronóstico del tiempo de corto plazo (no mayor a tres días) es muy útil como apoyo para la toma de decisiones y evitar las situaciones con mayor potencial para causar daño.

El clomazone es un herbicida que posee una solubilidad en agua de 1100 mg/l a 25°C, de manera que se lo valora como moderadamente soluble en este solvente. Esa característica es un aspecto positivo, en el sentido que tiene movilidad en los primeros centímetros del suelo lo que le permite ser absorbido por un número muy grande de semillas de malezas (Senseman, S.A., 2007).

Sin embargo, un aspecto menos favorable de su solubilidad es que al estar aplicado sobre el suelo seco y bañar para activarlo, o si llueve mucho siempre luego de la aplicación, se espera que una proporción del clomazone aplicado se vaya en el agua de drenaje. Este hecho es común y se puede observar indirectamente por el albinismo presente en la vegetación que rodean o forman parte de las vías de drenaje de chacras en esa situación. Sin embargo, aunque conocemos el hecho, no está cuantificado cuánto se reduce la dosis pretendida en el campo.

En relación a lo anterior, algunos productores comentaron que asperjaron clomazone en preemergencia en suelo seco y bañaron sin drenar el agua. En los cuadros que recibieron el agua que se había movido a través esa chacra en particular controló de manera excelente las malezas sin embargo diezmo la población de arroz.

La esmerada preparación de la cama de siembra y la nivelación juega un papel muy importante porque donde existan depresiones se acumulará agua y por consiguiente clomazone y los síntomas de albinismo serán más notorios.

En esos casos puede ser aconsejable bañar primero, dejar que se mueva la semilla y luego aplicar el herbicida (3-5 días si la temperatura es la adecuada).

Se observa una tendencia a la utilización de dosis más elevadas de clomazone con el objetivo de obtener un control más duradero (mayor residualidad) y de esa manera evitar realizar una segunda aplicación de herbicidas antes de la inundación del arroz.

El clomazone es un herbicida que tiene una presión de vapor de 19,2 mPa a 25°C. No es tan volátil como el molinate (746 mPa a 25°C) o el EPTC (4,52 Pa a 25°C) que en condiciones de campo se volatiliza tanto que los vapores irritan los ojos. Para el EPTC es requisito fundamental que se incorpore al suelo inmediatamente de su aplicación. Cuando el clomazone se aplica en suelo húmedo en condiciones de alta demanda atmosférica (se pueden presentar en noviembre y diciembre antes de la inundación dependiendo su magnitud del año), se puede volatilizar. En la ciudad de Treinta y Tres en la zafra 2006-2007, se observó mucho albinismo en los paraísos del ornato público que podría deberse a la deriva de este producto (Senseman, S.A., 2007).

Aunque no se ha cuantificado la magnitud que tiene la volatilización secundaria del clomazone desde la superficie del suelo en nuestras condiciones ambientales y tipos de suelos, sin duda contribuye a reducir la dosis pretendida en el campo.

En California, la deriva del clomazone afectó a cultivos de alto valor linderos al arroz. La sustitución del clomazone formulado como concentrado emulsionable (CE) o del microencapsulado 3 ME por una formulación microencapsulado en base a arcilla (5 MEG) redujo significativamente la misma. En general, la formulación no tiene influencia sobre la deriva primaria más dependiente de la tecnología de aplicación y de las condiciones ambientales predominantes al momento de su realización. No obstante lo anterior, la formulación 5 MEG se diseñó como una formulación sólida con gránulos de 2 mm x 4 mm (ancho x largo) y densidad 1,16, sin polvo adecuada para la aplicación en arroz sembrado en agua. Los gránulos usados se hunden inmediatamente en el agua (no flotan) y se desintegran completamente en 15 minutos para liberar el principio activo (Schultheis y Heier, 2003).

En cuanto a como ocurre la desaparición del clomazone en el ambiente del suelo, recientemente, Tomco, P. L. et. al (2010) concluyeron que se produce debido a la degradación provocada por la actividad microbiana, confirmando la misma al realizar la comparación con controles esterilizados (suelo tratado en autoclave destruye la microflora del suelo, queda estéril). Los autores determinaron que la vida media del clomazone en condiciones anaeróbicas (en ausencia de oxígeno) fue de 7,9 días mientras que en condiciones aeróbicas necesitó 47,3 días para alcanzar el 50% de la concentración inicial en el suelo. Ellos sugieren en función de los datos obtenidos que en las condiciones dominantes en el verano en California, la degradación anaeróbica contribuirá significativamente a la disipación del clomazone en las chacras de arroz.

Cómo los pronósticos climáticos eran de un año con prevalencia del fenómeno de La Niña, lo que indicaría una primavera con déficit hídrico en nuestra región contrastante con la anterior, se condujo nuevamente el estudio para determinar el efecto del baño relativo a la fecha de la aspersión del clomazone en preemergencia interaccionado con la dosis del producto más otros tratamientos adicionales en el control del capín.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Este nuevo experimento se sembró sobre un suelo de la Unidad de Mapeo (escala 1:1000000) La Charqueada cuyo análisis de suelo se presenta continuación.

Análisis de suelos – Manejo baño x clomazone. UEPL, 2010-11.

pH(H <sub>2</sub> O)	C.O.* %	P (Bray 1) ppm	K meq/100g
5,3	1,59	7,5	0,25

\*M.O.% = C.O. x 1,724; Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua. INIA La Estanzuela.

El capín se sembró el 28-oct-2010 al voleo a razón de 300 semillas viables y se incorporó superficialmente con una disquera, pasándose posteriormente un rodillo. Se utilizó la variedad INIA Olimar a razón de 650 semillas viables/m<sup>2</sup> equivalente a 204 kg/ha de semilla, sembrándose el 29-oct-2010 en líneas separadas 0,17m entre sí.

Se fertilizó en la siembra con 120 kg/ha de 18-46-0 en el surco y se realizaron posteriormente dos coberturas de urea de 50 kg/ha cada una (macollaje: 08-dic-2010; alargamiento entrenudos: 30-dic-2010).

En las aplicaciones se utilizó un equipo presurizado con anhídrido carbónico, regulado para aplicar 180 l/ha de solución. La barra de aplicación dispone de 5 picos con pastillas de abanico plano Teejet DG 8002.

El mismo día de la aplicación del preemergente, se tomaron muestras de suelo para la determinación del contenido de agua por el método gravimétrico (Or y Wraith, 2001) en las parcelas testigo (sin aplicación de herbicida).

La fuente de clomazone usada fue Cibelcol formulado como concentrado emulsionable (CE) con 480 g/l, mientras que la fuente de propanil fue un CE al 48%.

Se realizó un arreglo factorial de los tratamientos surgido de combinar los tratamientos herbicidas evaluados con los niveles del factor manejo del baño, disponiéndose en bloques al azar con 4 repeticiones. Se utilizaron parcelas de 2,40 m de ancho por 10 m de largo. A la cosecha las parcelas fueron desbordadas 1 m en las cabeceras y se cortaron las 6 hileras centrales. Las líneas más externas dentro del área útil se usaron para realizar los muestreos de materia seca.

Los tratamientos herbicida consistieron en dosis de Cibelcol en preemergencia de 0; 0,25; 0,5; 1,0 y 2,0 l/ha más un tratamiento adicional de 1 l/ha de Cibelcol también en preemergencia seguido por una aplicación de 4 l/ha de un producto en base a propanil. Los momentos del baño evaluados fueron: sin baño hasta la inundación, con baño cuatro días antes de la aplicación en preemergencia (01-nov-10) y con baño seis días después de la misma (11-nov-10).

Antes de inundar el cultivo, se contaron las plantas emergidas en un metro de tres surcos intercalados en el centro de cada parcela y se pasaron a m<sup>2</sup>.

En el cuadro 1 se presentan los tratamientos empleados. La aplicación en preemergencia fue realizada el 05-nov-2010 (7 días después de la siembra) y la de postemergencia temprana el 07-dic-2010 (arroz de 2 hojas a 1 macollo).



Cuadro 1. Tratamientos empleados, 2010-11.

Tratamiento	Dosis de Cibelcol, l/ha	Manejo del baño referido a la aspersión en preemergencia del clomazone	Dosis producto c\ propanil l/ha
1		Sin baño hasta la inundación	0,0
2	0,0	Con baño 4 días antes de la aspersión	0,0
3		Con baño 6 días después de la aspersión	0,0
4		Sin baño hasta la inundación	0,0
5	0,25	Con baño 4 días antes de la aspersión	0,0
6		Con baño 6 días después de la aspersión	0,0
7		Sin baño hasta la inundación	0,0
8	0,5	Con baño 4 días antes de la aspersión	0,0
9		Con baño 6 días después de la aspersión	0,0
10		Sin baño hasta la inundación	0,0
11	1,0	Con baño 4 días antes de la aspersión	0,0
12		Con baño 6 días después de la aspersión	0,0
13		Sin baño hasta la inundación	4,0
14	1,0	Con baño 4 días antes de la aspersión	4,0
15		Con baño 6 días después de la aspersión	4,0
16		Sin baño hasta la inundación	0,0
17	2,0	Con baño 4 días antes de la aspersión	0,0
18		Con baño 6 días después de la aspersión	0,0

Se procedió a inundar el cultivo el 09-Dic-10, a los 2 días de la aplicación postemergente. Se recomienda inundar después de las 48 h de aplicado el propanil aunque no más allá de 5 días.

Previamente, a la aplicación de los tratamientos de postemergencia, se realizaron conteos de la población de capín, lanzando al azar dos cuadrados de 0,09 m<sup>2</sup> en todas las parcelas utilizadas y se describieron los estados de desarrollo de las plantas que fueron contadas.

Se evaluó en forma visual el grado de control de capín a la cosecha. Para la categorización del control, se utilizó una escala, que consta de cinco grados: 0 significa sin control; 1 control pobre; 2-3 regular a bueno; 3-4 bueno a muy bueno; 4-5 muy bueno a excelente.

Aparte de los componentes del rendimiento habituales, se muestreo la materia seca del arroz y del capin durante tres fechas en el cultivo (datos no mostrados).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los registros de las temperaturas media y mínima sobre el césped del aire en la Figura 1, y la precipitación y la demanda atmosférica diaria en la Figura 2. En esta última se aprecia que desde la siembra hasta el baño realizado después de la aplicación en preemergencia ocurrieron precipitaciones en cinco eventos diferentes, con un volumen acumulado de 58,2 mm.

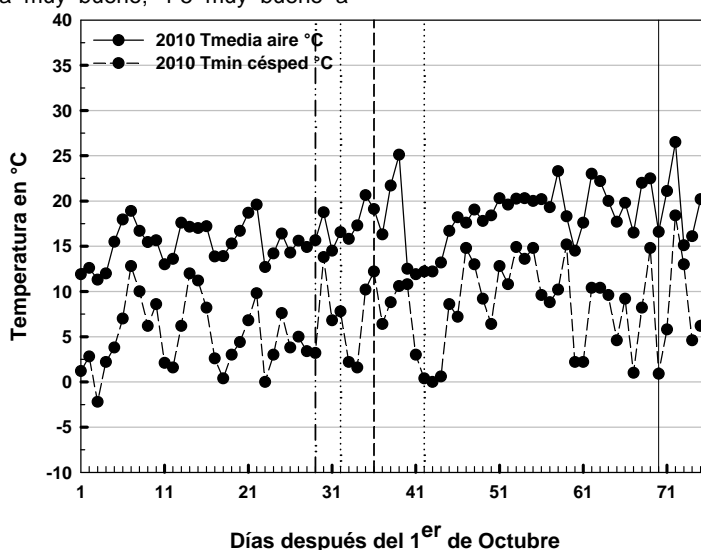


Figura 1.- Temperatura media y mínima sobre el césped del aire entre el 1<sup>ero</sup> de octubre al 31 de diciembre. UEPL, 2010-11. Las líneas verticales representan distintas tareas: - - - siembra, - - - aspersión del Cibelcol en preemergencia, ..... baño, \_\_\_\_\_ inundación.



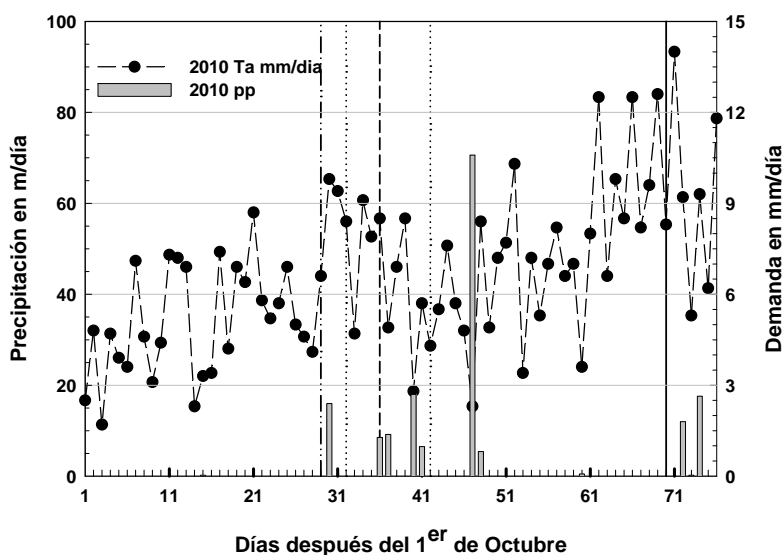


Figura 2.- Precipitación y demanda atmosférica (Tanque A) diarias entre el 1<sup>ero</sup> de octubre al 31 de diciembre. UEPL, zafra 2010-11. Las líneas verticales representan distintas tareas: \_ . . \_ siembra, - - - aspersión del Cibelcol en preemergencia, ..... baño, \_\_\_\_ inundación.

En el Cuadro 2, se presentan las cantidades de malezas y su estado de desarrollo para cada tratamiento evaluado (combinación de tratamiento

herbicida y momento del baño) previo a la aplicación del propanil.

Cuadro 2. Población y estado de desarrollo de las malezas al momento de aplicación de los herbicidas de postemergencia temprana en tratamientos que recibieron aplicaciones de Cibelcol preemergente. UEPL, 2010-11.

Tratamientos	Porcentaje de plantas con									Total	Plantas/m <sup>2</sup>
	Número de hojas					Nº de macollos					
	1	2	3	4	5	1	2	3 - 5			
1	0,0	4,2	20,4	19,9	11,0	11,0	20,4	13,1	100	265	
2	0,0	4,4	13,7	14,7	10,3	13,7	24,0	19,1	100	283	
3	0,0	10,7	16,6	17,1	12,2	18,5	19,0	5,9	100	285	
4	0,0	19,4	27,8	16,7	11,1	6,9	11,1	6,9	100	100	
5	0,0	12,0	33,7	19,3	9,6	10,8	10,8	3,6	100	115	
6	0,0	11,4	43,0	16,5	15,2	3,8	8,9	1,3	100	110	
7	0,0	13,5	41,9	24,3	9,5	1,4	8,1	0,0	100	103	
8	0,0	27,3	31,8	13,6	4,5	4,5	18,2	0,0	100	31	
9	0,0	13,2	60,5	13,2	5,3	5,3	2,6	0,0	100	53	
10	0,0	37,5	50,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	100	11	
11	0,0	22,2	66,7	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	100	12	
12	0,0	20,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	100	7	
13	0,0	28,6	57,1	7,1	7,1	0,0	0,0	0,0	100	19	
14	0,0	31,3	56,3	0,0	0,0	6,3	6,3	0,0	100	22	
15	0,0	9,3	41,9	23,3	14,0	7,0	4,7	0,0	100	60	
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100	0	
17	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	100	3	
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100	0	
<b>Promedio</b>	0,0	14,7	37,3	10,3	6,8	5,0	10,8	38,0	100	82	

La población de capín promedio general fue de 82 plantas/m<sup>2</sup>; en las parcelas que corresponden a los testigos (sin herbicida) con distintos momento del baño alcanzaron una población a la fecha de la aplicación postemergente de 263, 283 y 285 plantas/m<sup>2</sup> de capín para los tratamientos sin baño, baños a los cuatro días previos a la preemergencia y baño a los seis días después de la misma, respectivamente.

Los tratamientos con aplicación previa de Cibelcol de acuerdo al muestreo realizado presentaron capín en las parcelas dependiendo la cantidad presente de la dosis del herbicida, alcanzando una reducción prácticamente del 100% en la población del capín a la dosis más alta estudiada (2 l/ha).

En el mismo cuadro, se aprecia que el estado de desarrollo del capín en las parcelas tratadas con la secuencia con propanil (tratamientos 13,14 y 15) presentaron capín sin macollar, 12,6% y 11,7% de las plantas con 2 macollos para los manejos del agua sin baño, con baño 4 días antes de la aspersión en preemergencia y siete días después de la misma; respectivamente. Este hecho ayuda a explicar la poca contribución del propanil al control general en esas parcelas.

En el cuadro 3 se pueden observar los resultados obtenidos y en los análisis estadísticos de la lectura de control a la cosecha, rendimiento de arroz, las plantas/m<sup>2</sup> y las panojas/m<sup>2</sup>.

Cuadro 3. Medias obtenidas y significación de los análisis estadísticos para la lectura de control de capín (*Echinochloa* spp.), el rendimiento de arroz, las plantas/m<sup>2</sup> y las panojas/m<sup>2</sup>. UEPL, 2010-11.

Cibelcol PRE /propanil POST l/ha	Manejo del baño	Control capín cosecha	Rend. arroz, kg/ha	Plantas/m <sup>2</sup>	Panojas/m <sup>2</sup>
0 // 0	Sin baño	0,1	646	144	147
	Baño 4 d previo a PRE	0,1	671	141	56
	Baño 6 d posterior PRE	0,1	947	128	120
0,25 // 0	Sin baño	1,6	3366	185	645
	Baño 4 d previo PRE	1,8	5239	190	676
	Baño 6 d posterior PRE	1,5	3985	140	431
0,5 // 0	Sin baño	2,2	6842	179	733
	Baño 4 d previo PRE	2,5	8174	166	613
	Baño 6 d posterior PRE	2,4	7786	170	603
1 // 0	Sin baño	3,7	8598	165	645
	Baño 4 d previo PRE	3,5	7976	190	627
	Baño 6 d posterior PRE	3,7	9616	141	613
1 // 4	Sin baño	4,1	8489	178	654
	Baño 4 d previo a PRE	3,7	8067	187	694
	Baño 6 d posterior PRE	3,2	8995	186	774
2 // 0	Sin baño	4,4	9346	131	642
	Baño 4 d previo a PRE	4,7	9662	145	674
	Baño 6 d posterior PRE	4,3	8932	132	711
Media		2,6	6731	161	557
C,V,%		15,8	14,2	16,2	19,4
Sig, Bloques		0,8145	<0,0001	0,0006	0,0884
Sig, Tratamientos herbicidas		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Sig, Manejo Baño		0,2306	0,1807	0,0301	0,5407
Sig, Interacción		0,3449	0,0933	0,4049	0,0635

Lectura de control: 0=sin control, 1-2=control pobre, 2-3=regular a bueno, 3-4=bueno a muy bueno, 4-5=muy bueno a excelente. Las medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí según el Test de Tukey al 5%, / = La barra significa aplicaciones en secuencia: preemergencia / postemergencia, PRE=preemergencia, POST=postemergencia

En la lectura a la cosecha, en general se obtuvo un promedio de control del capín por debajo de bueno (2,6) dado que los testigos sin herbicidas y las dosis más bajas de Cibelcol (0,25 y 0,5 l/ha) mostraron controles malos a regulares. Los demás obtuvieron notas superiores a 3 lo que significa un control bueno a muy bueno de la maleza. El factor tratamientos herbicida fue el único de los estudiados que causó diferencias significativas en las cuatro variables mencionadas, presentándose las separaciones de medias en el cuadro 4.

Se destaca que para los tratamientos herbicidas el mejor control de capín obtenido fue para la dosis más alta aplicada aunque no se tradujo en diferencias en la expresión del rendimiento de arroz en promedio para las dosis 1y 2 l/ha de Cibelcol y la secuencia de 1,0 l/ha de Cibelcol seguido por 4 l/ha de propanil. La población de plantas/m<sup>2</sup> fue menor para las parcelas de los testigos y para las parcelas a las que se asperjaron la dosis alta. Probablemente, debido a la interferencia inicial del capín en las primeras y al efecto de toxicidad del clomazone que causó la

pérdida de plantas en algunos tramos de las líneas de siembra. Sin embargo, la densidad de panojas no fue afectada por el aumento de la dosis dado que las

diferencias fueron con el testigo sin aplicación y no entre el resto de los tratamientos evaluados.

Cuadro 4. Separación de medias de la lectura de control de capín, rendimiento de arroz, las plantas/m<sup>2</sup> y las panojas/m<sup>2</sup> según el tratamiento herbicida, UEPL, 2010-11.

Cibecol PRE /propanil Post, l/ha	Control Capín	Rend. arroz Kg/ha	Plantas/m <sup>2</sup>	Panojas/m <sup>2</sup>
0 // 0	0,1 e	755 d	138 b	108 b
0,25 // 0	1,7 d	4197 c	172 a	584 a
0,5 // 0	2,5 c	7601 b	172 a	650 a
1 // 0	3,6 b	8730 ab	165 ab	628 a
1 // 4,0	3,7 b	8517 ab	184 a	708 a
2 // 0	4,5 a	9313 a	136 b	676 a

Lectura de control: 0=sin control, 1-2=control pobre, 2-3=regular a bueno, 3-4=bueno a muy bueno, 4-5=muy bueno a excelente, Las medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente según el Test de Tukey al 5%. / = La barra significa aplicaciones en secuencia: preemergencia / postemergencia, PRE=preemergencia

El manejo del baño provocó diferencias únicamente en la densidad de plantas obtenida (Cuadro 5). En términos promedio el manejo del baño seis días después de la aspersión en preemergencia obtuvo menos plantas/m<sup>2</sup> comparado cuando se realizó el baño cuatro días antes de la aplicación. No obstante, a la cosecha alcanzaron todos los manejos del baño la misma cantidad de panojas por unidad de área,

compensando las diferencias observadas en la población de plantas inicial.

En el cuadro 3, además, se observa que existió una interacción entre el manejo del baño y los tratamientos herbicidas para las variables rendimiento de arroz (Prob. 0,0933) y panojas/m<sup>2</sup> (Prob. 0,0635). A continuación, se presentan las interacciones para las dos variables mencionadas en la figura 3 y figura 4; respectivamente.

Cuadro 5. Separación de medias para las variables seleccionadas debido al manejo del baño. UEPL, 2010-11.

Manejo del baño	Control capín	Rend. Arroz kg/ha	Plantas / m <sup>2</sup>	Panojas / m <sup>2</sup>
Sin baño	2,7 a	6214 a	163 ab	578 a
Con baño 4 días antes PRE	2,7 a	6632 a	170 a	557 a
Con baño 6 días después PRE	2,5 a	6710 a	149 b	542 a

Lectura de control: 0=sin control, 1-2=control pobre, 2-3=regular a bueno, 3-4=bueno a muy bueno, 4-5=muy bueno a excelente, Las medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente según el Test de Tukey al 5%. / = La barra significa aplicaciones en secuencia: preemergencia / postemergencia, PRE=preemergencia

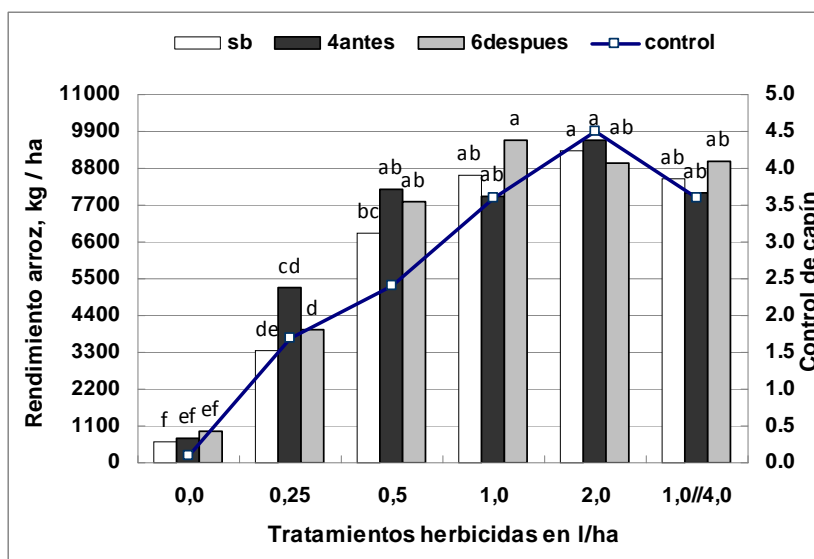


Figura 3. Efecto de la interacción manejo del riego y los tratamientos herbicidas evaluados en el rendimiento de arroz y en el control del capín promedio. UEPL, 2010-11. Tratamientos herbicidas representa la dosis de Cibecol aplicada en preemergencia mientras que 1,0//4,0 representa la secuencia de 1 l/ha de Cibecol aplicada en preemergencia seguida por 4,0 l/ha de propanol en postemergencia temprana. Las medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí según el Test de Tukey al 5%.

A partir del tratamiento 0,5 l/ha de Cibelcol cuando se realizó el baño cuatro días antes de la aspersión en preemergencia todos los tratamientos mostraron un rendimiento similar estadísticamente. Los tratamientos con 2,0 l/ha con baño previo y sin baño y aquel de 1,0 l/ha que se baño seis días después de la aspersión en preemergencia fueron los únicos de ese grupo superiores estadísticamente al tratamiento de 0,5 l/ha de Cibelcol sin baño. Como se aprecia en la Figura 3,

el control promedio del capín estuvo en función de la dosis en el rango estudiado (0 a 2 l/ha de Cibelcol).

En la figura 4, se aprecia en la separación de medias que la interacción se da entre el uso de 0,25 y 0,5 l/ha de Cibelcol donde en las dosis menor existen diferencias entre los manejos del baño el manejo y no en la otra. En el rango de uso del herbicida no se aprecia la interacción entre los factores estudiados.

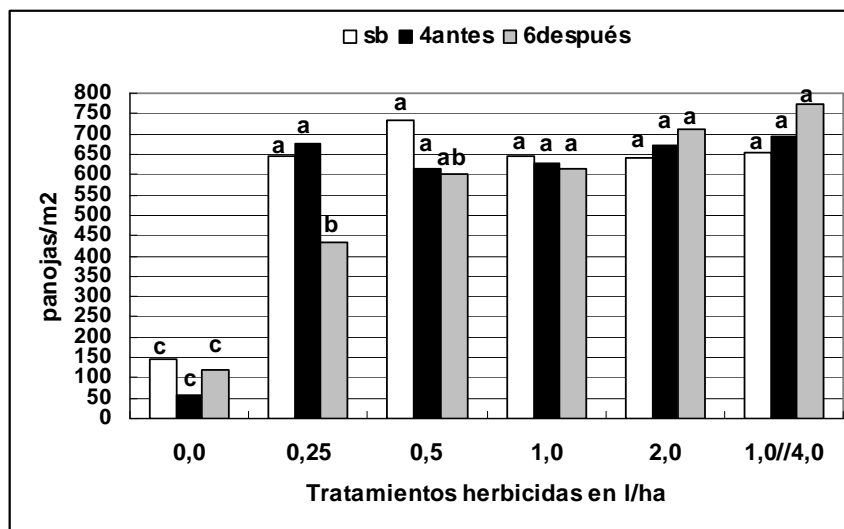


Figura 4. Efecto de la interacción manejo del riego y los tratamientos herbicidas evaluados en las panojas/m<sup>2</sup>. UEPL, 2010-11. Tratamientos herbicidas representa la dosis de Cibelcol aplicada en preemergencia mientras que 1,0/4,0 representa la secuencia de 1 l/ha de Cibelcol aplicada en preemergencia seguida por 4,0 l/ha de propanol en postemergencia temprana. Las medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí según el Test de Tukey al 5%.

En el cuadro 6, se introduce los resultados obtenidos para las variables altura de planta a los 40 días de la siembra y a la cosecha, los granos llenos/panoja y el peso de los mil granos.

En algunas de las variables consideradas, se observa que los tratamientos herbicidas promovieron diferencias estadísticamente significativas, presentándose las separaciones de medias respectivas en el cuadro 7.

En el caso de la altura de planta a la cosecha y del peso de los mil granos las diferencias fueron debidas al testigo sin aplicación y al resto de los tratamientos herbicidas, mientras que en la altura a los 40 días de la siembra y los granos llenos/panoja las diferencias fueron con el testigo y la dosis más baja de Cibelcol.

El factor manejo del baño afectó a la variable altura de la planta de arroz a la cosecha mientras que a las otras no como se aprecia en el cuadro 8.

Cuadro 6. Resultados obtenidos y significación estadística de los análisis para la altura de planta vegetativa y a la cosecha los granos llenos/panoja y el peso de los 1000 granos. UEPL, 2010-11.

Cibelecol PRE //propanil POST l/ha	Momento del baño	Altura de planta, cm		Granos llenos/ panoja	Peso 1000 granos, g
		40 días	cosecha		
<b>0 // 0</b>	Sin baño	21,9	65,0	18	24,3
	Baño 4 d previo a PRE	20,4	52,8	3	22,5
	Baño 6 d posterior PRE	19,7	63,7	14	25,2
<b>0,25 // 0</b>	Sin baño	23,0	85,0	54	27,1
	Baño 4 d previo PRE	23,1	85,9	65	27,5
	Baño 6 d posterior PRE	23,1	85,3	57	27,9
<b>0,5 // 0</b>	Sin baño	24,2	88,8	65	28,0
	Baño 4 d previo PRE	24,2	89,1	56	27,5
	Baño 6 d posterior PRE	24,0	86,6	78	26,9
<b>1 // 0</b>	Sin baño	23,9	87,3	67	28,2
	Baño 4 d previo PRE	23,8	88,3	66	28,1
	Baño 6 d posterior PRE	23,3	86,3	79	28,4
<b>1 // 4,0</b>	Sin baño	25,3	88,1	69	28,2
	Baño 4 d previo PRE	24,1	88,0	69	28,2
	Baño 6 d posterior PRE	23,3	86,8	66	28,0
<b>2 // 0</b>	Sin baño	25,3	87,5	79	28,2
	Baño 4 d previo PRE	25,0	88,8	73	28,5
	Baño 6 d posterior PRE	23,9	87,5	79	28,5
Media		23,4	82,8	58	27,3
C,V,%		4,8	4,3	21,7	3,1
Sig, Bloques		0,0009	0,2546	0,5098	0,0169
Sig, Tratamientos herbicidas		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Sig, Manejo Baño		0,0092	0,3539	0,1731	0,3081
Sig, Interacción		0,6546	0,0065	0,4824	0,1479

/ = La barra significa aplicaciones en secuencia: preemergencia / postemergencia, PRE=preemergencia, POST=postemergencia

Cuadro 7. Separación de medias de las alturas de planta en vegetativo y a la cosecha, granos llenos por panoja y peso de los 1000 granos según los tratamientos herbicidas evaluados. UEPL, 2010-11.

Cibelecol PRE //propanil Post, l/ha	Altura planta, cm				Granos llenos/panoja	Peso 1000 granos, g
	40 días		cosecha			
<b>0 // 0</b>	20,4	c	60,5	b	12 c	24,0 b
<b>0,25 // 0</b>	23,1	b	85,4	a	59 b	27,5 a
<b>0,5 // 0</b>	24,2	ab	88,2	a	67 ab	27,5 a
<b>1 // 0</b>	23,7	ab	87,3	a	71 ab	28,2 a
<b>1 // 4,0</b>	24,2	ab	87,6	a	68 a	28,1 a
<b>2 // 0</b>	24,7	a	87,9	a	77 a	28,4 a

/ = La barra significa aplicaciones en secuencia: preemergencia / postemergencia, Las medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí según el Test de Tukey al 5%

Cuadro 8. Separación de medias para las variables seleccionadas debido al manejo del baño. UEPL, 2010-11.

Manejo del baño	Altura de planta, cm		Granos llenos/panoja	Peso 1000 granos, g
	40 días	cosecha		
Sin baño	23,9 a	83,6 a	59 a	27,3 a
Con baño 4 días antes PRE	23,4 ab	82,1 a	55 a	27,0 a
Con baño 6 días después PRE	22,9 b	82,7 a	62 a	27,5 a

Las medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí según el Test de Tukey al 5%

El baño a los seis días posterior a la aplicación de Cibelecol en preemergencia redujo la altura de la planta de arroz cuando se midió a los 40 días de la siembra.

En el cuadro 6, se aprecia que se detectó una interacción entre el manejo del baño y los tratamientos

herbicidas en la altura de la planta de arroz medida a la cosecha. En la figura 5, se presenta abierta la interacción y la separación de medias. Básicamente, se explica por el comportamiento del testigo sin aplicación. Cuando se bañó a los cuatro días previo a la aspersión del herbicida en preemergencia la altura

de la planta de arroz a la cosecha fue menor a los otros dos manejos del baño, mientras que en los demás tratamientos no se detectaron diferencias significativas entre manejos del baño. En el campo se

observó que el baño previo favoreció el nacimiento del capín en las parcelas testigo lo que evidentemente intensificó la interferencia inicial sobre las plántulas de arroz, expresándose en la menor altura alcanzada.

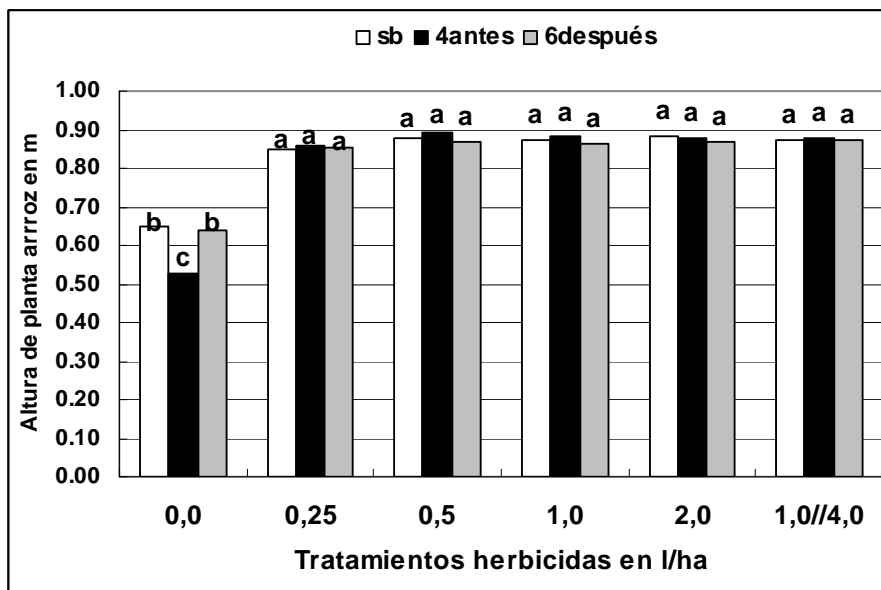


Figura 5. Efecto de la interacción manejo del riego y los tratamientos herbicidas evaluados en la altura de la planta de arroz a la cosecha. UEPL, 2010-11. Tratamientos herbicidas representa la dosis de Cibelcol aplicada en preemergencia mientras que 1,0//4,0 representa la secuencia de 1 l/ha de Cibelcol aplicada en preemergencia seguida por 4,0 l/ha de propanol en postemergencia temprana. Las medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí según el Test de Tukey al 5%.

En el cuadro siguiente, se introducen los resultados obtenidos y la significación estadística de las variables referidas al rendimiento y calidad industrial (Cuadro 9), Nuevamente el único factor que promovió diferencias significativas fue el factor tratamientos herbicidas. En el cuadro 10, se da a conocer la separación de medias de las variables presentadas en el cuadro anterior. La infestación de capín más panicum fue tan grande que no permitió cosechar suficiente cantidad de arroz para tomar una muestra y evaluar el rendimiento industrial y la calidad del grano en los testigos sin aplicación de herbicidas.

En el cuadro 10, se aprecia que las diferencias en el porcentaje de blanco total y de granos enteros fueron con el tratamiento que llevó la dosis más baja de Cibelcol. El contenido de yeso en los granos se redujo con los tratamientos herbicidas aunque en todos los tratamientos evaluados fue inferior a la base de comercialización de 6%, mientras que el porcentaje de granos manchados se redujo con los tratamientos herbicidas aunque siempre se presentó por encima de la base de 0,25%.



Cuadro 9. Resultados obtenidos y significación de los análisis estadísticos para las variables del rendimiento y calidad industrial. UEPL, 2010-11.

Cibicol PRE //propanil POST l/ha	Momento del baño	Rendimiento industrial, %			
		BT, %	EN, %	Yeso, %	Manchado, %
0 // 0	Sin baño	-	-	-	-
	Baño 4 d previo a PRE	-	-	-	-
	Baño 6 d posterior PRE	-	-	-	-
0,25 // 0	Sin baño	67,7	56,7	2,5	5,32
	Baño 4 d previo PRE	68,7	60,9	1,0	4,11
	Baño 6 d posterior PRE	67,9	58,1	2,0	3,36
0,5 // 0	Sin baño	69,2	62,0	0,9	1,21
	Baño 4 d previo PRE	68,8	62,5	0,7	0,91
	Baño 6 d posterior PRE	69,0	63,1	0,6	1,23
1 // 0	Sin baño	68,9	63,1	0,7	0,74
	Baño 4 d previo PRE	68,2	61,7	0,6	0,63
	Baño 6 d posterior PRE	69,3	63,2	0,9	0,73
1 // 4,0	Sin baño	68,5	62,0	0,8	1,05
	Baño 4 d previo PRE	69,1	63,9	0,6	0,67
	Baño 6 d posterior PRE	69,1	62,9	0,8	0,72
2 // 0	Sin baño	69,0	62,3	0,7	0,66
	Baño 4 d previo PRE	69,1	63,6	0,6	0,74
	Baño 6 d posterior PRE	68,9	62,2	0,9	0,49
Media		68,8	61,9	0,97	1,51
C, V, %		0,9	3,4	38,1	67,0
Sig, Bloques		0,1490	0,6237	<0,0001	0,0018
Sig, Tratamientos herbicidas		0,0049	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Sig, Manejo Baño		0,7432	0,1907	0,0291	0,5214
Sig, Interacción		0,1229	0,3511	0,1675	0,9329

/ = La barra significa aplicaciones en secuencia: preemergencia / postemergencia. PRE=preemergencia, POST=postemergencia

Cuadro 10. Separación de medias para el rendimiento y calidad industrial según los tratamientos herbicidas evaluados. UEPL, 2010-11.

Cibicol PRE /propanil Post, l/ha	Rendimiento industrial, %				Yeso, %	Manchado, %
	BT		EN			
0 // 0	-	-	-	-	-	-
0,25 // 0	68,1	b	58,6	b	1,9	a
0,5 // 0	69,0	a	62,6	a	0,7	b
1 // 0	68,8	ab	62,7	a	0,7	b
1 // 4,0	68,9	a	62,6	a	0,8	b
2 // 0	69,0	a	62,7	a	0,6	b

/ = La barra significa aplicaciones en secuencia: preemergencia / postemergencia. Las medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí según el Test de Tukey al 5%

Cuadro 11. Separación de medias para el para el rendimiento y calidad industrial según los manejos del baño evaluados. UEPL, 2010-11.

Manejo del baño	Rendimiento industrial, %		Yeso, %	Manchado, %				
	BT	EN						
Sin baño	68,7	a	61,3	a	1,3	a	1,80	a
Con baño 4 días antes PRE	68,8	a	62,5	a	0,7	b	1,41	a
Con baño 6 días después PRE	68,8	a	61,9	a	1,1	ab	1,31	a

Las medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí según el Test de Tukey al 5%

**COMPARACIÓN ENTRE LOS TRATAMIENTOS COMUNES EN LAS ZAFRAS 2009-10 Y 2010-11**

En la zafra 2009-10, si bien existió menor población de capín valorado a través del rango que presentaban los

 testigos (168 a 227 plantas/ m<sup>2</sup>), el comportamiento fue diferente. La elevada humedad existente en el suelo por la mayores precipitaciones ocurridas favoreció el control en preemergencia, logrando una reducción del 100% de la población solamente con 1 l/ha

de Command. Mientras que en la zafra 2010-11, con una población de capín entre 265 a 285 plantas/m<sup>2</sup> en las parcelas testigo, 1,0 l/ha de Cibelcol controló el 92% del capín escapando un 8% de la población. Estos escapes no alcanzaron a reducir significativamente los rendimientos pero a la cosecha permitió valorar el control obtenido como inferior comparado con una dosis mayor de Cibelcol.

Dado lo anterior, se muestra la humedad del suelo previo a la aplicación en preemergencia para cada año del experimento de acuerdo al manejo del baño realizado en el cuadro 12. A modo de guía, un 25% de humedad del suelo en peso significa que está a capacidad de campo (máxima agua disponible para las plantas, sin estar saturado). Se considera que por encima de ese valor de humedad del suelo existe agua en exceso.

Cuadro 12. Contenido de agua en g/kg de suelo seco determinada por el método gravimétrico al momento de la aplicación del herbicida en preemergencia. UEPL, 2009-10 y 2010-11.

Manejo del baño	gramos de agua/kg de suelo seco (5 cm superficiales)	
	2009-10	2010-11
Sin baño	294 ± 29	167 ± 3
Con baño 3 días antes PRE	297 ± 10	303 ± 12
Con baño 7 días después PRE	300 ± 21	175 ± 12

PRE= preemergencia; 250 gramos de agua/kg de suelo seco se toma como un límite a partir del cual se satura de agua el suelo.

A los efectos de comparar con los resultados obtenidos en la zafra 2009-10 con aquellos de la zafra 2010-11, se grafican los resultados promedios del control de capín para los tratamientos herbicidas en común tanto para Command como Cibelcol en la figura 6; respectivamente.

En general se aprecia que en la zafra 2009-10 se obtuvo un control excelente de capín con 1l/ha de Command mientras que en la zafra 2010-11 se logró un nota de control entre bueno y muy bueno a esa dosis de Cibelcol. Independientemente de las fuente usadas, la menor infestación de capín medida en la zafra 2009-10 que en la zafra 2010-11, y la mayor la humedad disponible en el suelo en la primera durante los días entre la siembra y el baño después de la aplicación del herbicida en preemergencia, jugaron un

papel importante en las diferencias observadas en el control.

Los datos indican que en un año húmedo como en la zafra 2009-10, se puede con 1,0 l/ha de herbicida controlar de manera excelente el capín, hasta tal vez se pueda bajar un 20% la dosis de acuerdo a la experiencia de algunos colegas, mientras que esa misma dosis en un año con menor humedad llevará a realizar una secuencia con propanil si el capín escapado es menor a 5 hojas (sin macollar) o a usar herbicidas tipo Nominee (bispiribac) o Ricer (penoxulam) en caso de que el capín este macollado o el escape sea muy abundante para lograr controles excelentes (Marchesi, C. y A. Lavecchia. SAD 652. INIA Tacuarembó, 2010-11).

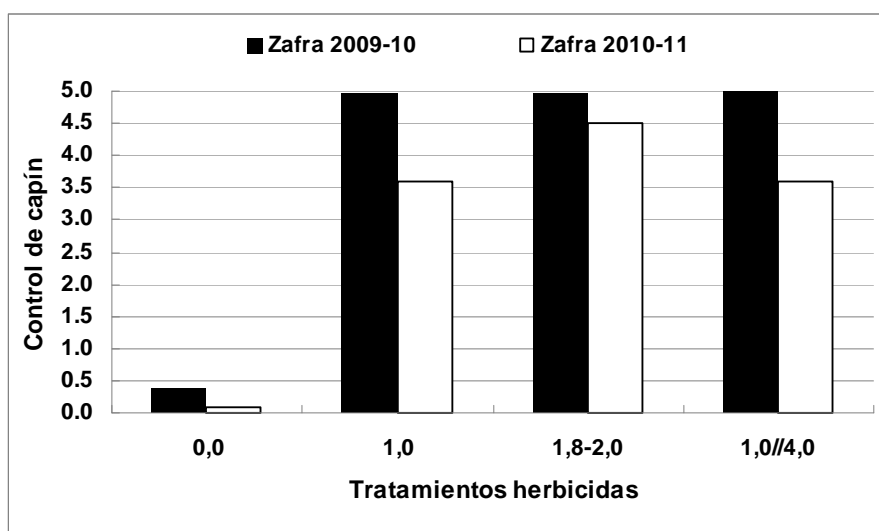


Figura 6. Efecto de los tratamientos herbicidas en el control de capín a la cosecha. UEPL, 2009-10 y 2010-11. Tratamientos herbicidas representa las dosis de Command (zafra 2009-10) y de Cibelcol (zafra 2010-11) aplicada en preemergencia en el control de capín a la cosecha mientras que 1,0//4,0 representa a la secuencia de 1 l/ha de Command o Cibelcol aplicada en preemergencia seguido por 4,0 l/ha de propanil en postemergencia temprana.

## CONCLUSIONES

Con una población de malezas alta (capín y panicum) asociada a una primavera con escasa humedad en el suelo, se concluye que:

La dosis de 2,0 l/ha de Cibelcol obtuvo controles superiores a muy bueno y fue significativamente superior a 1,0 l/ha solo o seguido por propanil.

La aplicación de propanil no aportó mucho en esta oportunidad porque el capín estaba macollado, más grande de lo recomendable para la dosis empleada del herbicida.

La aplicación de 1,0 l/ha de Cibelcol seguido del baño a los seis días después de la aspersión en preemergencia presentó un control entre bueno y muy bueno, rindiendo muy bien sin deferir de los tratamientos que llevaron 2,0 l/ha de Cibelcol, independiente del manejo del baño realizado.

En un año con poca humedad en el suelo donde se sospecha la presencia de poblaciones altas de malezas (historia chacra), es recomendable aumentar la dosis en preemergencia hasta un 20% bañándose a los seis días después de la aplicación, seguido por una aplicación de propanil si el capín escapado es menor a 5 hojas (sin macollar) o por un herbicida en base a un inhibidor de la ALS (Nominee o Ricer) si está macollado, inundándose después de las 48 horas de aplicado.

En la zafra que pasó con 58 mm de lluvia en seis eventos después de la siembra, 1,0 l/ha de Cibelcol aún sin bañarse trabajó bien sin llegar a obtener los mejores controles y expresar los más altos rendimientos. Para mejorar éstos se podría aumentar un 20% la dosis en preemergencia y/o ser seguida por los mismos tratamientos mencionados en el parágrafo anterior para traducirse en mayor rendimiento.

En el caso de bañar antes de la aspersión, 1,0 l/ha de Cibelcol controló las malezas bien, aunque para mejorar el control hasta niveles superiores, no se recomienda subir la dosis de Cibelcol, si realizar una secuencia con las características anteriores.

El clomazone es un excelente preemergente como es apreciado por todos, Sin embargo, debemos ser conscientes que un uso abusivo del mismo y o de cualquier otro principio activo es la principal fuerza que conduce a seleccionar los individuos resistentes en una población de malezas.

Finalmente, el aumento en el uso de clomazone en general y en preemergencia en particular, nos plantea la necesidad de saber en un futuro mediato que destino tiene el herbicida después de aplicado en el suelo, agua y en aire dada su solubilidad en agua así como su capacidad de volatilizarse en condiciones de suelo húmedo a escala de chacra.

## AGRADECIMIENTOS

Se destaca la responsabilidad, la buena disposición e iniciativa de los funcionarios Beto Sosa, Gustavo Crossa, Rubén Jara, Fernando Lauz y César Denis de la Sección Manejo Arroz en la ejecución y seguimiento de este experimento. Se agradece al zafra especializado Fredy Guerra por su labor durante el riego del mismo en el verano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bollich P.K., D.L. Jordan, D.M. Walker and A.B. Burns. 2000. Rice (*Oryza sativa*) response to the microencapsulated formulation of clomazone. Weed Tech. vol 14:89-93.

Deambrosi E. y N. Saldain. Educación Continua. Resultados Experimentales en Arroz 2006-2007. Capítulo 5. pp 8-19. Serie Actividades de Difusión 502. INIA Treinta y Tres.

Gunasekara A. S., I.D.P. de la Cruz, M.J. Curtis, V.P. Claassen and R.S. Tjeerdema. 2009. The behavior of clomazone in the soil environment. Pest. Manag. Sci vol 65:711-716.

Jordan D.M., P.K. Bollich, A.B. Burns, D.M. Walker. 1998. Rice (*Oryza sativa*) response to clomazone. Weed Sci. vol 46:374-380.

Lee Do-Jin, S.A. Senseman, J.H. O'Barr, J.M. Chandler, L.J. Krutz, G.N. McCauley, Y.I. Kuk. 2004. Soil characteristics and water potential effects on plant-available clomazone in rice. Weed Sci. vol 52:310-318.

Marchesi, C. y A. Lavecchia. Presentación Resultados Experimentales de Arroz Zafra 2010-2011. Serie Actividades Difusión 652. INIA Tacuarembó.

Molina, F y A. Roel. Resumen: base de datos. Zafra 2005-06. Consultado en la página web: <http://www.inia.org.uy>, INIA Treinta y Tres – Actividades realizadas.

Or, D. and J.M. Wraith. 2001. Chapter 3. Soil water content and water potential relationships. *In* Soil Physics Companion. A.W. Warrick, Ed. CRC Press.

Schulteis D.T. and J. Heder. A novel formulation of clomazone for use in rice. *In* The BCPC International Congress. Crop Science & Technology, Congress Proceedings. Volume 1. pp 47-52. 10-12 November 2003. Glasgow. Scotland, UK.

Senseman S.A. 2007. Herbicide Handbook. 9<sup>th</sup> Edition. Weed Science Society of America.

Tomco P. L., D.M. Holstege, W. Zou and R.S. Tjeerdema. 2010. Microbial degradation of clomazone under simulated California rice field conditions. J. Agric. Food Chem. Vol 58: 674-3680.

## CONCEPTOS REFERIDOS A RESISTENCIA DE MALEZAS A HERBICIDAS

Claudia Marchesi<sup>1/</sup>

En los últimos años se ha hecho mención en reiteradas ocasiones del cuidado que tenemos que tener para evitar la evolución de resistencia en malezas, problema ya sufrido en otras situaciones productivas de la región y del mundo. En torno a este tema se han llevado adelante algunos seminarios de capacitación en INIA Treinta y Tres (2008, 2009) y talleres en INIA La Estanzuela (2005, 2008), en los cuales expertos en el tema lo han desarrollado en forma clara. En vistas de que la problemática continúa siendo preocupación, especialmente a raíz de haber aparecido ya algunos biotipos de malezas con resistencia a algunos productos químicos, es que se presenta este resumen de conceptos relacionados al tema. Esperamos de esta forma poder contribuir al acceso de información por parte de los productores y técnicos asociados al cultivo.

### Resistencia ( R )

Definición según la Weed Science Society Association –WSSA- (1998): capacidad de una planta de sobrevivir y reproducirse luego de estar expuesta a una dosis de herbicida que normalmente hubiera sido letal en su estado salvaje. Es distinto a tolerancia la cual no es debida a selección, sino que es una cualidad innata de la especie en cuestión.

La resistencia es la resultante de un proceso de evolución donde bajo presión de selección individuos resistentes van sustituyendo a los susceptibles en la población.

Mecanismos de resistencia: 1) de sitio activo (se da una mutación en una proteína específica) y 2) de no sitio activo, contemplando éste último varios mecanismos a su vez (a. metabólica, b. impedimentos en la absorción, traslocación o entrada al sitio de acción -secuestro del producto-).

Tipos de resistencia: 1) cruzada (un evento da origen a R a varios compuestos) o 2) múltiple (varios eventos independientes originan R a varios compuestos).

¿Por qué es importante este tema? Desde el punto de vista económico, este problema nos puede llevar a un incremento en el uso de herbicidas para controlar malezas R, a la imposibilidad de cultivar ciertas especies o a forzar cambios en el sistema de producción;

Desde el punto de vista ambiental la situación nos llevaría a un incremento en el uso de agroquímicos, a la degradación de espacios por abundancia de malezas no económicamente controlables, e incluso al escape de genes de R a otras malezas genéticamente compatibles.

Las **recomendaciones** que se mencionan en todos los casos incluyen el **evitar el uso de similares Modos de Acción, usar mezclas o secuencias que se protejan, usar correctamente las dosis indicadas, buena calidad en aplicaciones, condiciones ambientales apropiadas durante las aplicaciones, manejo integrado** (recorrer chacras, prevenir semillazón y dispersión de semillas problemáticas, uso de semilla certificada).

### CASO IMIS-tecnología Clearfield

Problema de controlar arroz rojo, malezas de la misma especie que arroz;

Tecnología “Clearfield”: a través de mejoramiento genético se encontraron mutantes (no transgénicos) que son **insensibles a la familia de herbicidas imidazolinonas (inhibidores de la ALS, grupo B (2))** de las clasificaciones internacionales.

Méndez y Deambrosi, 2009¿Qué significa esto? Normalmente los herbicidas de este tipo actúan a nivel de un sitio de una proteína, la enzima acetolactatosintetasa; dada la mutación, esta enzima cambia algunas de sus bases y por lo tanto su configuración, por lo que ahora el herbicida no “encaja” y por lo tanto no tiene efecto sobre la enzima ni la planta...la misma se ha vuelto **resistente**. Al incluirle esa variación genética a los cultivares CL de arroz, se puede usar ese tipo de herbicidas que controlarán el rojo y otras malezas susceptibles, como el capín.

¿De qué nos preocupamos entonces? Esta mutación en la ALS es “algo común” encontrarla en la naturaleza, por lo que es bastante probable que el rojo u otras malezas la consigan con relativamente poca exposición a los herbicidas en cuestión (además de por flujo de genes RR de las mismas variedades CL al arroz rojo)...**POR LO TANTO si abusamos de la tecnología, o sea hacemos un uso reiterado del mismo principio activo sin otras medidas de manejo complementarias, estaríamos seleccionando a favor de tipos con resistencia a esos herbicidas y perderíamos la oportunidad de utilizar esta herramienta útil para control de arroz rojo.**

### HERBICIDAS

Son compuestos químicos que alteran algún proceso fisiológico en plantas por un período de tiempo determinado, resultando en la alteración de su crecimiento y/o muerte.

Se pueden agrupar siguiendo distintos criterios como: 1) selectividad entre especies, 2) modo de aplicación, 3) persistencia, 4) momento de aplicación, 5) de acción sistémica o de contacto, y 6) química del compuesto. Esta última es de especial interés cuando nos referimos al tema de resistencia, por lo que presentamos a continuación las **familias de herbicidas según los modos de acción**, clasificación

<sup>1/</sup> INIA Tacuarembó

reconocida por el comité de acción de resistencia a herbicidas (HRAC, 2002). Se menciona además la nomenclatura sugerido por la WSSA entre paréntesis.

**Grupos C, D, E, F, intervienen en los procesos de fotosíntesis o lumínicos;**

**Grupos A, B, G, H, I, M, N, intervienen en el metabolismo celular;**

**Grupos K, L, O, P, intervienen en el crecimiento o división celular.**

**Grupo C (5, 7, 6): Inhibidores del fotosistema II:**  
C1-5, familias de las triazinas (ej. atrazina), triazinonas (ej. metribuzin), piridazinonas (ej. pirazon), fenilcarbamatos (ej. desmedifan), uracilos (ej. terbacil); C2-7, ureas (ej. linuron), amidas (ej. propanil); C3-6, benzotiadiazole (ej. bentazon), nitrilos (ej. bromoxinil), y fenil piridazina (ej. piridato).

**Grupo D (22): Inhibidores del fotosistema I**  
bipiridiliums (ej. paraquat).

**Grupo E (14): Inhibidores de la protoporfirogeno oxidasa (PPO)**  
familia de los difeniléteres (ej. oxifluorfen), oxadiazoles (ej. oxadiazon), fenilpirazoles (ej. fluzolate), triazolinones (ej. carfentrazone), N-fenil ftalimidas (ej. flumioxazin), pirimidindiones (ej. butafenacil), y otros (ej. piraclonil).

**Grupo F (12, 27, 11, 13): Inhibidores de la síntesis de pigmentos**  
F1-12, inhibidores de la fitoena desaturasa, familia de las piridazinona (ej. norflurazon), piridinacarboxamidas (ej. pirazoxifen); F2-27, inhibidores de la 4-hidroxiénil piruvatodioxigenasa, isoxazole (ej. isoxaflutole), pirazole (ej. pirazoxifen), triketone (ej. mesotrione); F3-11, inh. síntesis de carotenoides, triazoles (ej. amitrole), difenileter (ej. aclonifen); F4-13, inh. de 1 deoxi-D-xiulose 5-fosfato sintetasa, isoxazolidinonas (ej. clomazone).

**Grupo A (1): Inhibidores de la Acetil coenzima A carboxilasa (ACCase)**  
conocidos como FOPS (ariloxi-fenoxipropionatos, ej. fenoxaprop) y DIMS (ciclohexanodionas, ej. profoxydim).

**Grupo B (2): Inhibidores de la acetolactato sintetasa (ALS o AHAS, acetohydroxyacid synthase)**  
entre los cuales hay 5 grupos reconocidos hasta hoy, las sulfonilureas (SU, ej. bensulfuron), las imidazolinonas (IMI, ej. imazaquin), las triazolpirimidinas (TP, ej. diclosulam), los pirimidinil tiobenzosates (PT, ej. bispiribac) y las sulfonilamino carbonil triazolinonas (SCT, ej. penoxsulam).

**Grupo G (9): Inhibidores de la 5-EPSP sintetasa**  
familia de glicinas (ej. glifosato).

**Grupo H (10): Inhibidores de la Glutamina sintetasa**  
familia de los ácidos fosfínicos (ej. glufosinate).

**Grupo I (18): inhibidores de dihidro pterate sintetase**  
familia de carbamatos (ej. asulam).

**Grupo M (24): Disruptor de membranas**  
familia de dinitrofenoles (ej. dinoseb).

**Grupo N (8, 16): Inhibidores de la síntesis de lípidos, No ACCasas**  
familia de tiocarbamatos (ej. thiobencarb), ácidos clorocarboxilicos (ej. dalapon), benzofuranos (ej. benfuresate), fosforoditioate (ej. bensulide).

**Grupo K (3, 23, 15): inhibidores de la organización de microtúbulos, mitosis o división celular, y de la síntesis de ácidos grasos de cadena larga**  
K1-3, familia de los fosforoamidatos (ej. butamifos), ácido benzoico (ej. DCPA), dinitroanilinas (ej. pendimethalin), piridinas (ej. tiazopir), benzamidas (ej. tebutam); K2-23, familia de los carbamatos (ej. carbetamida); K3-15, familia de acetamidas (ej. difenamid), familia de oxiacetamidas (ej. flufenacet), cloroacetamidas (ej. acetoclor), tetrazolinone (ej. fentrazamide), y otros (ej. anilofos).

**Grupo L (20, 21): Inhibidor de la síntesis de celulosa**  
familia de nitrilos (ej. clortiamid), triazolcarboxamida (ej. flupoxan), benzamidas (ej. isozaben)

**Grupo O (4): Auxinas sintéticas**  
familia de ácidos benzoicos (ej. dicamba), fenoxis (ej. 2,4 D), ácidos carboxilicos (ej. picloram), ácidos quinoline-carboxilicos (ej. quinclorac), otros (ej. benzolin).

**Grupo P (19): Inhibidores del transporte de ácido indolacético**  
familia de semicarbazono (ej. diflufenzopir), ftalamate (ej. naptalan).

**Grupo Z (17, 25, 26): Modo de acción desconocido**  
ej. ácido pelargónico, difenzoquat, triaziflam, fosamine, etc.

Según Beckie y Hall, los **modos de acción** – herbicidas- también se pueden clasificar según el riesgo de seleccionar resistencia de sitio activo, en las siguientes categorías:

**Alto** (necesita menos de 10 aplicaciones): grupos **A** y **B**;

**Moderado a alto**: grupo **C1**;

**Moderado** (entre 11 y 20 aplicaciones): grupos **K1** y **N**;

**Moderado a bajo**: grupos **C2, D** y otros;

**Bajo** (más de 20 aplicaciones): grupos **O, C3, G** y **H**.

**Herbicidas usados (o relacionados) en sistemas de arroz en Uruguay:**

**GRUPO A**

Cyhalofop butil: inhibidor de la ACCasa (proceso asociado con *metabolismo*, síntesis de lípidos), ariloxifenoxi-propionato (FOP), **grupo A (1)**; selectivo de post emergencia, no mezclar con SU, controla gramas y capines.



(Fenoxaprop): inhibidor de la ACCasa (proceso asociado con *metabolismo*, síntesis de lípidos), ariloxifenoxi-propionato (FOP), **grupo A (1)**; graminicida, selectivo con protector, post emergencia, contacto y traslocación.

Profoxidim: inhibidor de la ACCasa (proceso asociado con *metabolismo*, síntesis de lípidos), ciclohexanediona (DIM), **grupo A (1)**; selectivo de post emergencia, traslocación, no aplicar con propanil, hay variedades mas susceptibles, capines, gramas, digitalia, brachiaria.

Setoxidim: inhibidor de la ACCasa (proceso asociado con *metabolismo*, síntesis de lípidos), ciclohexanediona (DIM), **grupo A (1)**; selectivo de post emergencia, traslocación, graminicida.

#### GRUPO B

Metsulfuron: inhibidor de la ALS (proceso asociado con *metabolismo*, biosíntesis de aminoácidos), sulfonilurea, **grupo B (2)**; para hoja ancha, selectivo pre y post, traslocación.

Pirazosulfuron: inhibidor de la ALS (proceso asociado con *metabolismo*, biosíntesis de aminoácidos), sulfonilurea, **grupo B (2)**; hoja ancha y ciperáceas, selectivo, postemergencia, traslocación,

Bensulfuron: inhibidor de la ALS (proceso asociado con *metabolismo*, biosíntesis de aminoácidos), sulfonilurea, **grupo B (2)**; selectivo pre y postemergencia, de contacto, cyperus, alternantera, ludwigia y polygonum.

Bispyribac: inhibidor de la ALS (proceso asociado con *metabolismo*, biosíntesis de aminoácidos), pirimidinilto-benzoate, **grupo B (2)**; selectivo, post emergencia, sistémico, hay variedades de arroz mas sensibles, no mezclar con propanil, capines, sagitaria, ciperus, ludwigia, alternantera.

Penoxsulam: inhibidor de la ALS (proceso asociado con *metabolismo*, biosíntesis de aminoácidos), triazolpirimidina, **grupo B (2)**; selectivo, post emergencia, traslocación, capines, y gramas, cyperus,

IMIS: inhibidor de la ALS (proceso asociado con *metabolismo*, biosíntesis de aminoácidos), imidazolinonas, **grupo B (2)**; imazapic-imazapir: pre y post emergencia temprana, selectivo de CL, traslocación; rojo, capines, brachiaria, cyperus, gramas, alternantera.

#### GRUPO G

(Glifosato): inhibidor de la EPSPS (proceso asociado con *metabolismo*, biosíntesis de aminoácidos), **grupo G (9)**; sistémico, no selectivo, uso en rotación o previo emergencia cultivo, no efecto residual, malezas en activo crecimiento, no controla acuáticas.

#### GRUPO N

(Molinato): inhibidor de la síntesis de lípidos no ACCasa (proceso asociado con *metabolismo*), tiocarbamato, **grupo N (8)**;

#### GRUPO C

Propanil: inhibidor de fotosistema II (proceso asociados con *fotosíntesis*), amida, **grupo C2 (7)**: herbicida de contacto, aplicación post emergente temprana, selectivo para el arroz, controla gramíneas anuales (de 1 a 4 hojas, capines, digitalia, brachiaria) y algunas de hoja ancha en estado de plántulas (alternantera); deben de estar en activo crecimiento, temperaturas entre 20 y 30°; puede provocar quemado de hojas de arroz, pero es temporario; generalmente se lo aplica en mezcla con otros con residualidad para las camadas siguientes de malezas (ejemplo clomazone, quinclorac).

#### GRUPO D

Paraquat: inhibidor de fotosistema I (proceso asociados con *fotosíntesis*), bipyridilium, **grupo D (22)**;

#### GRUPO E

Oxadiazon: inhibidor de PPO (protoporfirinogen oxidasa, proceso asociado con *fotosíntesis*), oxadiazol, **grupo E (14)**; selectivo pre y postemergencia, de contacto, hoja ancha, brachiaria, cyperus, digitalia, sida, capines;

#### GRUPO F

Clomazone: inhibidor de la síntesis de pigmentos (proceso asociados con *fotosíntesis*), **grupo F4 (13)**; preemergencia o postemergencia temprana, absorbido por meristema y raíces, necesita humedad de suelo, poca movilidad en el mismo y alta persistencia, residualidad; puede resultar fitotóxico si se pasa de la dosis recomendada. Controla gramíneas, capines, digitalia, brachiaria, panicum, y alternantera. Herbicida mas usado en arroz hoy día, un poco preocupante.

#### GRUPO O

Quinclorac: auxina sintética (proceso asociado con *crecimiento* y división celular), ácidos quinoline-carboxílicos, **grupo O (4 en dicots.) y L monocots.**; sistémico, postemergente, con efecto residual, selectivo para arroz (a partir de 2ª hoja). Absorbido por hojas y raíces, necesita humedad pero no inundado, degradado por microorganismos, controla capines –no colona-, panicum, brachiaria, alternantera, paspalum hidrophilum, digitalia).

Fluroxypir: auxina sintética (proceso asociado con *crecimiento* y división celular), ácidos piridin-carboxílicos, **grupo O (4)**;

Triclopyr: auxina sintética (proceso asociado con *crecimiento* y división celular), ácidos piridin-carboxílicos, **grupo O (4)**;

2,4-D amina: auxina sintética (proceso asociado con *crecimiento* y división celular), fenoxi, **grupo O (4)**; control de hojas anchas, arroz entre macollaje y primordio, selectivo, postemergente, acción sistémica.

#### GRUPO K

Pendimethalin: inhibidor de la organización de microtúbulos (proceso asociado con *crecimiento*), dinitroanilinas, **grupo K1 (3)**; selectivo, presembrado y preemergencia, capines, digitalia;



## **DETECCIÓN DE RESISTENCIA EN BIOTIPOS DE CAPÍN A LOS HERBICIDAS COMUNMENTE USADOS EN ARROZ EN LA ZONA ESTE**

Néstor Saldain<sup>1/</sup>

### **INTRODUCCIÓN**

Desde hace varios años atrás se ha escuchado a los productores y a los técnicos señalar que el quinclorac no controla el capín como lo hacía cuando fue introducido en el cultivo. Algunos técnicos manifestaron que no lo usan en algunas chacras porque no se espera que trabaje bien en la población de capín existente.

Atentos a esa inquietud, en la zafra 2007-2008 se colectaron muestras de semillas de capín de escapes de chacras, en las cuales se informó por parte de los técnicos responsables de las mismas, que se había realizado todo de manera correcta incluso en el manejo del riego.

El objetivo de este trabajo fue la determinación del grado de resistencia de los biotipos UPAG103 y Manara1 al Propanil 48, Facet, y Cibelcol a través de la respuesta en el crecimiento del capín expuesto a dosis crecientes de los herbicidas mencionados.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se colectaron semillas de capín de grupos de plantas escapados a las medidas de control que fueron observados sin un patrón lógico de distribución en la chacra. En la zafra 2007-2008, la colecta abarcó tres sitios en Río Branco, dos en Rincón de Ramírez, uno en cercanías de A° Parao, uno en Zapata, dos en Cebollatí, uno en Noblía, y uno en la UPAG (Unidad de Producción Arroz Pastura, INIA). Se registró la ubicación de cada colecta y de la entrada del agua más cercana usando un GPS. Se secó la semilla después de la cosecha en el invernáculo durante el otoño y en ese invierno se limpió de impurezas y semillas vacías por medio de zarandas y de aire forzado. Se etiquetó y se acondicionó en doble bolsa de nylon de manera adecuada y se almacenó en una cámara con frío a temperatura de 3 a 5°C sin humedad en el interior de la misma.

En la primavera del 2010, se comenzó a trabajar con las semillas de dos biotipos que fueron colectados en el potrero 1 de la UPAG (UPAG103) y en una chacra que corre a lo largo del camino que lleva a la balsa

sobre el A° Parao (Manara1) más dos biotipos provenientes de la semilla de capín sembrada en los ensayos de evaluación de herbicidas. Esta semilla se obtiene del BA 2 que es el descarte que proviene de la limpieza que se realizó en el molino.

Se evaluó de manera preliminar los herbicidas: Rango (glifosato), Propanil 48, Facet SC (quinclorac), Cibelcol (clomazone), Aura (profoxdim), Clincher (chylafop), Nominee (bispiribac), Ricer (penoxulam) y Kifix (imazapir + imazapic) más un testigo sin aplicación de herbicidas en los cuatro biotipos estudiados. Se usó la dosis de etiqueta para seleccionar los herbicidas candidatos para el estudio de dosis respuesta.

Para esta prueba preliminar, se transplantó capín de una hoja en dos sectores de 56 plantas cada uno (8 celdas de ancho por 7 de celdas de largo) en bandejas de plástico con 200 celdas. La tierra de las bandejas se fertilizó con 18-46-0 simulando una siembra común. Se cultivó el capín en el invernáculo con riego con gotas muy pequeñas para mantener la humedad alta. Cuando el capín alcanzó un estado de desarrollo entre 2 a 3 se aplicó la dosis de herbicida. Se usó la cámara de aspersión experimental que permitió dosificar adecuadamente con un gasto equivalente a 144 l/ha. Se hizo una corrida del experimento con todos los herbicidas mencionados usando dos bandejas por producto y se repitió para confirmar los resultados para cada uno de los cuatro biotipos.

En los estudios de dosis respuesta a los herbicidas, se usaron macetas de 13 cm de diámetro por 9 cm de altura de plástico con orificios en la base y se le trasplantaron 5 plantas de capín en cada una de ellas. Se fertilizó y cultivó de la misma manera y con el mismo tamaño del capín se asperjaron los tratamientos herbicidas usando como referencia la dosis de etiqueta cuando se aplicó el herbicida sólo. Los tratamientos constaron de una serie compuesta de las siguientes dosis expresadas como 0X; 1/8X; 1/4X; 1/2X; 1X; 2X; 4X y 8X. Para cada uno de los herbicidas evaluados la dosis 1X fue de 4,0 l/ha de Propanil 48, 1,5 l/ha de Facet SC y 1,0 l/ha de Cibelcol. Siempre se usó coadyuvantes en los testigos y en el resto de los tratamientos. Los coadyuvantes fueron Natural Óleo a razón de 500 ml/ha cuando se empleó propanil y Cibelcol mientras que se usó Plurafac LF-700 a 750 ml/ha en el caso del Facet SC (Cuadro 1).

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

Cuadro 1. Tratamientos empleados en los estudios de dosis respuesta en los biotipos UPAG103, Manara1, Test1 y Test2. Villa Sara, 2010-2011.

Dosis	Propanil 48, l/ha(1)	Facet SC, l/ha(2)	Cibicol, l/ha(1)
0X	0	0	0
1/8X	0,5	0,187	0,125
1/4X	1,0	0,375	0,25
1/2X	2,0	0,75	0,5
1X	4,0	1,5	1,0
2X	8,0	3,0	2,0
4X	16,0	6,0	4,0
8X	32,0	12,0	8,0

(1)= Natural Óleo a 500 ml/ha; (2)=Plurafac LF-700 a 750 ml/ha

Tanto las bandejas como las macetas después de la aplicación de los tratamientos herbicidas se los dejaba 72 horas protegidas de las lluvias par evitar el lavado de los productos y se las mantenía con humedad suficiente al ponerlas en estructuras que pudieran mantener el agua de riego y éstas tomaran el agua por la base. Transcurridas las 72 horas se las sacaban al exterior a un área con malla antigranizo. Se procedió a inundar las mismas hasta que tuvieron tres semanas de crecimiento para realizar la evaluación del número de individuos vivos y el peso fresco.

Para el análisis estadístico de los datos se usó el paquete drc del R versión 2.12.1, programa de registro abierto y acceso público.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación, se presentan los puntos de muestreos en los sitios en las cercanías A° Parao y la UPAG (Figura 1).



Figura 1. Sitios de colecta de capín escapado a las medidas de control. A la izquierda: cercanías A° Parao, a la derecha: UPAG potrero 1. Treinta y Tres, 2007-2008.

Se presentan solamente los resultados obtenidos del experimento de dosis respuesta para la combinación de cada biotipo y herbicida evaluado.

En la figura 1, se introducen las curvas no lineales ajustadas (modelo log-logístico con tres parámetros) para cada uno de los biotipos considerados en relación al aumento de la dosis del Propanil 48. El análisis de varianza detectó que el modelo empleado mostró un buen ajuste (Prob. = 0,8808).

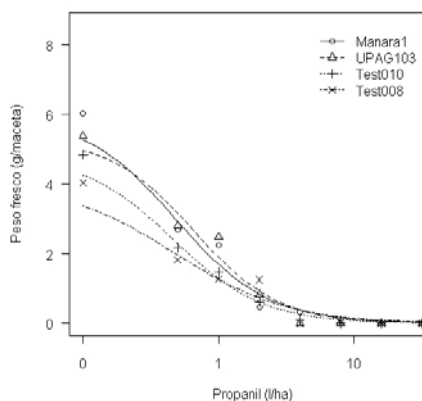


Figura 1. Incidencia de las dosis crecientes de Propanil 48 en el peso fresco de capín expresado en g/maceta. Villa Sara, 2010-2011. Cada curva representa a uno de los biotipos de capín evaluados. Las dosis del herbicida están en una escala logarítmica.

Se presentan las dosis letales medias (ED50)  $\pm$  un desvío estándar correspondiente al Propanil 48 para cada biotipo (Cuadro 2) y la significación estadística

de la comparación de las dosis letales medias entre ellas (Cuadro 3).

Cuadro 2. Dosis letal media (ED50) del Propanil 48 para cada biotipo de capín evaluado. Villa Sara, 2010-2011.

Biotipos de capín	Dosis letal media (ED50), L/ha $\pm$ L/ha	Valor t	Prob.
Manara1	0,479 $\pm$ 0,108	4,41704	0,0000
UPAG103	0,657 $\pm$ 0,137	4,78529	0,0000
Test010	0,461 $\pm$ 0,127	3,61786	0,0004
Test008	0,479 $\pm$ 0,185	2,59492	0,0100

Cuadro 3. Comparación y significación estadística de la prueba t entre las dosis letales medias entre los biotipos evaluados. Villa Sara, 2010-2011.

Comparación	ED50/ED50	Desvío estándar	Valor de t	Prob.
Manara1 vs UPAG103	0,729274	0,224689	-1,204896	0,2294
Manara1 vs Test010	1,037832	0,370806	0,102025	0,9188
Manara1 vs Tes008	0,999198	0,446591	-0,001796	0,9986
UPAG103 vs Test010	1,423103	0,493122	0,858009	0,3917
UPAG103 vs Test008	1,3700128	0,600640	0,616222	0,5383
Test010 vs Test008	0,962775	0,456592	-0,081529	0,9351

La dosis letal media estuvo por debajo de 0,6 l/ha de Propanil 48 bastante por debajo de la dosis de referencia (4 l/ha) y no se detectaron diferencias entre las dosis letales medias de los biotipos, comportándose todos los materiales como susceptibles.

Se presentan las curvas de respuesta obtenidas con el Facet SC para los distintos biotipos de capín estudiados en la figura 2. El modelo no lineal ajustado es un Weibull-1 con tres parámetros. De acuerdo al análisis de varianza el modelo usado aportó un buen ajuste a los datos (Prob. 0,5702).

Se presentan las dosis letales medias (ED50)  $\pm$  un desvío estándar correspondiente al Facet SC para cada biotipo (Cuadro 4) y la significación estadística de la comparación entre las dosis letales medias entre ellos (Cuadro 5).

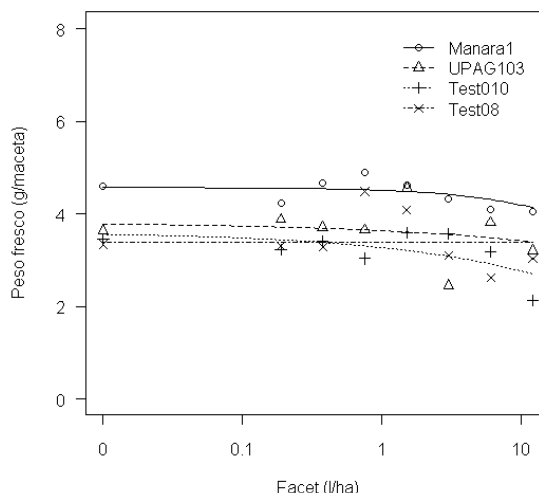


Figura 2. Incidencia de las dosis crecientes de Facet SC en el peso fresco de capín expresado en g/maceta. Villa Sara, 2010-2011. Cada curva representa a uno de los biotipos de capín evaluados. Las dosis del herbicida están en una escala logarítmica.

Cuadro 4. Dosis letal media (ED50) del Facet SC para cada biotipo de capín evaluado. Villa Sara, 2010-2011.

Biotipos de capín	Dosis letal media (ED50), L/ha $\pm$ L/ha	Valor t	Prob.
Manara1	204,10 $\pm$ 10	20,373	0,0000
UPAG103	4886,4 $\pm$ 10	488,64	0,0000
Test010	221,63 $\pm$ 10	22,162	0,0000
Test008	1,0078*E <sup>+112</sup> $\pm$ 10	1,0078*E <sup>+111</sup>	0,0000

Cuadro 5. Comparación y significación estadística de la prueba t entre las dosis letales medias entre los biotipos evaluados. Villa Sara, 2010-2011.

Comparación	ED50/ED50	Desvío estándar	Valor de t	Prob.
Manara1 vs UPAG103	0,074134	0,025372	-36,491	0,0000
Manara1 vs Test010	1,3753	0,33435	1,1223	0,2628
Manara1 vs Tes008	3,4447*E <sup>-98</sup>	3,5682*E <sup>-97</sup>	-2,8025*E <sup>+96</sup>	0,0000
UPAG103 vs Test010	18,551	6,5434	2,6822	0,0078
UPAG103 vs Test008	4,6466*E <sup>-97</sup>	4,8147*E <sup>-96</sup>	-2,0770*E <sup>+95</sup>	0,0000
Test010 vs Test008	2,5048*E <sup>-98</sup>	2,5947*E <sup>-97</sup>	-3,8540*E <sup>+96</sup>	0,0000

Las dosis letales medias para cada uno de los biotipo de capín evaluados son muy superiores a los a la dosis máxima evaluada. Están fuera del rango estudiado y muy por encima de la dosis de 1,5 l/ha de Facet SC que debería mostrar un control excelente del capín. Este hecho indica que estamos ante biotipos de capín que presentan un grado de resistencia muy elevado.

Si bien las comparaciones de las dosis letales medias entre sí generalmente son significativas no se debe perder de vista que son comparaciones entre biotipos altamente resistentes.

En la figura 3, se introducen las curvas respuesta obtenidas con el Cibelcol para los distintos biotipos de capín estudiados. El modelo no lineal ajustado es un log-logístico con tres parámetros y el análisis de varianza mostró que explicó bien la variación observada (Prob. = 0,9786).

Se presentan las dosis letales medias (ED50) ± un desvío estándar correspondiente al Cibelcol para cada biotipo (Cuadro 6) y la significación estadística de la comparación entre las dosis letales medias entre ellos (Cuadro 7).

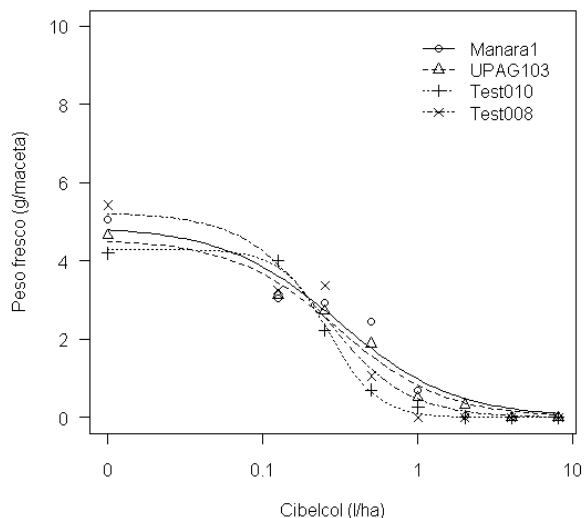


Figura 3. Incidencia de las dosis crecientes de Cibelcol en el peso fresco de capín expresado en g/maceta. Villa Sara, 2010-2011. Cada curva representa a uno de los biotipos de capín evaluados. Las dosis del herbicida están en una escala logarítmica.

Cuadro 6. Dosis letal media (ED50) del Cibelcol para cada biotipo de capín evaluado. Villa Sara, 2010-2011.

Biotipos de capín	Dosis letal media (ED50), L/ha ± L/ha	Valor t	Prob.
Manara1	0,307 ± 0,116	2,646297	0,0087
UPAG103	0,303 ± 0,108	2,805233	0,0054
Test010	0,267 ± 0,052	5,144102	0,0000
Test008	0,244 ± 0,069	3,529947	0,0005

Cuadro 7. Comparación y significación estadística de la prueba t entre las dosis letales medias entre los biotipos evaluados. Villa Sara, 2010-2011.

Comparación	ED50/ED50	Desvío estándar	Valor de t	Prob.
Manara1 vs UPAG103	1,014316	0,526931	0,027168	0,9783
Manara1 vs Test010	1,148787	0,488185	0,304776	0,7608
Manara1 vs Tes008	1,260580	0,595351	0,437692	0,6620
UPAG103 vs Test010	1,132574	0,459867	0,288288	0,7734
UPAG103 vs Test008	1,242789	0,565884	0,429044	0,6683
Test010 vs Test008	1,097314	0,377010	0,258121	0,7965

Las dosis letales medias de Cibelcol están por debajo 0,4 l/ha siendo un valor bajo, mostrándose que todos los biotipos de capín fueron susceptibles a este herbicida.

### CONCLUSIONES

Se aprecia claramente de los datos que todos los biotipos evaluados son resistentes al Facet SC y que a pesar de los elevados niveles de resistencia observados a través de la dosis letal media, existen

diferencias cuando comparamos el grado de resistencia entre ellos.

Todos los biotipos estudiados se comportaron como susceptibles al Propanil 48 y al Cibelcol.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ritz, C. & Streibig, J.C. (2005) Biossay Analysis using R. J. Statist. Software, vol 12, Issue 5.

## MEJORAMIENTO GENÉTICO

### COMPORTAMIENTO DEL NUEVO CULTIVAR L5502 EN PREDIOS COMERCIALES

Federico Molina<sup>1/</sup>, Pedro Blanco<sup>1/</sup>

#### INTRODUCCIÓN

La línea experimental de calidad americana L5502 ha mostrado alto potencial de rendimiento, buena calidad molinera y moderada a alta resistencia a *Pyricularia*. Esta línea ingresó en evaluación preliminar en 2002/03, por lo que ha sido ampliamente evaluada. Si bien en las primeras 3 zafas sólo fue evaluada en un ensayo anualmente (Treinta y Tres), junto a las variedades comerciales, desde 2005/06 fue incluida en ensayos internos de evaluación final y avanzados (T. y Tres y Artigas), así como en la Red Nacional de Evaluación de Cultivares (INASE-INIA). En 2006/07 se inició su purificación y multiplicación en la Unidad Técnica de Semillas, y a partir de 2007/08 fue evaluada también en ensayos en fajas, localizados en predios de productores. En el marco del convenio de evaluación final, validación y liberación de cultivares entre INIA y el sector arrocero, L5502 comenzó a ser evaluada en pequeñas áreas comerciales en 2008/09, siendo sembrada en 3 localizaciones en 2009/10.

En la zafra pasada, con la colaboración de las empresas SAMAN, CASARONE y COOPAR, con sus respectivos técnicos y productores, se realizaron varias pruebas a nivel comercial con semilla obtenida de evaluaciones anteriores. Paralelamente, se contó con un área de 20 ha de un semillero de categoría Básica.

En este artículo se presenta un resumen la información obtenida en los predios comerciales y es complementaria a la información publicada en la Serie de Actividad de Difusión 611, de la zafra 2009/10

El objetivo fue evaluar el cultivar L5502 en condiciones de chacra, a una escala comercial, de forma de tener como testigo a los cultivares comerciales del productor en las mismas situaciones y manejados de forma similar.

#### CARACTERÍSTICAS DE LAS PRUEBAS

El cultivar se sembró en 25 chacras distribuidas mayoritariamente en la zona Este. El sistema de siembra y condiciones fue el usado por el productor; en la mayoría de los casos la siembra se realizó sobre laboreo convencional o reducido. La totalidad del área sembrada fue de 340 has compuestas por chacras de 40 a 1 ha donde las más frecuentes fueron de 15 a 20 ha. Los cultivares sembrados como testigos comerciales fueron El Paso 144, INIA Olimar e INIA Tacuarí. La mayoría de las chacras fueron sembradas en octubre y los primeros días de noviembre a excepción de 2 chacras. La densidad utilizada varió de 120 a 170 kg/ha según el productor.

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

A continuación se presenta un cuadro de distribución por zona.

Zona	Nº Chacras
Rincón	7
Séptima TT	4
Segunda TT	5
Rocha	4
Artigas	1
Melo	1
Río Branco	2
Varela	1
<b>Total</b>	<b>25</b>

Es importante mencionar que la mayoría de las chacras quedaron localizadas en la zona Este, lo cual nos da una información parcial de su comportamiento en todo el país. Paralelamente a esto, si bien se sembraron 25 chacras, hay algunas donde la comparación con su testigo fue imposible de realizar, por lo que a continuación se presentaran solamente las chacras en las que efectivamente se pudo realizar esa comparación. En general, el criterio de descarte de chacra fue realizado por los técnicos de los molinos.

#### Rendimiento y calidad de grano por zona

Rocha: En dicha localidad, el cultivar logró superar en 12 bolsas/ha a INIA Tacuarí. Las chacras de L5502 presentaban menos problemas de enfermedades del tallo principalmente en Quebracho donde la *Rhizoctonia* llegaba a grado 9 en INIA Tacuarí, mientras que en el cultivar L5502 se mantuvo en 5 (Equivalencia con Sistema de Evaluación Estándar: 1 a 3 = Resistente, 4 = Moderadamente Resistente 5 = Moderadamente Susceptible, 7 = Susceptible, 8 y 9 = Muy Susceptible1).

En cuanto a calidad los valores observados fueron similares para ambos cultivares con la ventaja que L5502 posee un grano más grande y de mejor aspecto.

#### Rendimiento (Bolsas S&L/ha)

L5502	INIA Tacuarí
184	172

Variedad	BT %	Entero %	Yesado %
L5502	69.9	61.0	5.8
INIA Tacuarí	69.9	61.1	5.3

Rincón: En esta región el rendimiento promedio fue superior que en las otras localidades. El testigo en este caso fue El Paso 144 y se podría decir que no hay diferencia de productividad entre los cultivares. En



cuanto a calidad no se dispone de datos de El Paso 144 por lo que se presenta solo de L5502.

**Rendimiento (Bolsas S&L/ha)**

L5502	EP144
192	191

Variedad	BT %	Entero %	Yesado %
L5502	69.9	61.0	6.8

Séptima de TyT: De las 3 chacras realizadas en la 7ª una de ellas L5502 rindió 154 bolsas/ha lo cual afecta considerablemente el promedio. De todas formas el cultivar El Paso 144 solamente logró 6 bolsas más que L5502 con peor calidad molinera. Es importante mencionar que también llama la atención los valores tan bajos de entero en El Paso 144.

**Rendimiento (Bolsas S&L/ha)**

L5502	EP144
179	185

Variedad	BT %	Ent %	Yeso %
L5502	70.3	60.2	6.0
EP 144	70.3	51.7	4.8

Segunda de Treinta y Tres En esta localidad L5502 logro la mayor diferencia en relación al testigo comercial, es importante mencionar que año a año L5502 se viene mostrando muy productiva en esta zona y con buena calidad molinera.

**Rendimiento (Bolsas S&L/ha)**

L5502	EP144
192	175

Variedad	BT %	Ent %	Yeso %
L5502	70.9	61.8	2.8
EP 144	70.4	58.2	4.3

Otras Localidades: En el siguiente cuadro se presenta la información de varias localidades, en las cuales solamente se contaba con una chacra por zona. Como se puede ver en el cuadro, en términos generales, L5502 rindió muy bien, alcanzando 244 bolsas secas por hectárea en Melo. En Río Branco fue la localidad que el testigo obtuvo mayor ventaja, esto es coincidente con información de otros años donde el cultivar no ha logrado superar a El Paso 144. En Varela si bien no rindió más que El Paso 144, es de esperar mejores desempeños de L5502 de acuerdo a los antecedentes de la localidad y el cultivar.

Localidad	Rendimiento (Bolsas S&L/ha)			
Artigas	L5502	168	Olimar	170
Varela	L5502	155	EP 144	175
R Branco	L5502	199	EP 144	225
P de la Laguna	L5502	223	EP 144	216
Melo	L5502	244	Olimar	226

**Resumen**

**Rendimiento:** El cultivar L5502 obtuvo un excelente comportamiento en la mayoría de las localidades. Si comparamos entre cultivares, el rendimiento promedio de las pruebas comerciales fue de 178 bolsas secas y limpias por hectárea para INIA Tacuarí mientras que para L5502 fue de 186 bolsas S&L/ha en chacras donde estaban ambos cultivares. Para el caso de El Paso 144, el rendimiento fue de 186 bolsas S&L/ha mientras que para L5502 fue de 188 bolsas S&L/ha.

**Calidad Molinera:** L5502 presentó buenos valores de entero que en general son algo inferiores a los de INIA Tacuarí y superiores a los de El Paso 144. En yesado, los resultados no fueron muy consistentes, pero en términos generales no presenta problemas y los valores están en torno a los de los cultivares comerciales. Un aspecto importante y antes mencionado, es que los granos molinados de L5502 son de muy buen aspecto y de mayor tamaño que los de INIA Tacuarí.

**Características Agronómicas y observaciones de Productores:**

- Buena calidad molinera, incluso con retraso de cosecha
- Buena adaptación a diferentes condiciones de manejo
- Buena sanidad con tallos fuertes y muy resistente al vuelco
- Resistente a desgrane pero con muy buena trilla

**Consideraciones Técnicas:**

Si bien es resistente a frío en la etapa vegetativa, es aconsejable fomentar el desarrollo inicial del cultivar en la implantación y estimular el crecimiento inicial (curasemillas con efecto estimulador) en siembras tempranas ayuda a mejorar el lento desarrollo inicial.

Mantener lámina baja en los primeros riegos parece ser una buena estrategia para fomentar el crecimiento y establecimiento del cultivo en el mismo sentido que el punto anterior.

Si bien es resistente a frío y ha mostrado buenos rendimientos en siembras tardías, no es aconsejable sembrarla después del 15 de noviembre, debido a que el ciclo a cosecha es 4 a 6 días más largo que el de El Paso 144.



## COMENTARIOS GENERALES SOBRE LA EVALUACIÓN INTERNA DE CULTIVARES

Pedro Blanco<sup>1/</sup>, Fernando Pérez de Vida<sup>1/</sup>, Federico Molina<sup>1/</sup>, Andrés Lavecchia<sup>2/</sup>, Claudia Marchesi<sup>2/</sup>, Victoria Bonnacarrère<sup>3/</sup>, Sebastián Martínez<sup>1/</sup>, Walter H. Silvera<sup>1/</sup>, Juan Rosas<sup>1/</sup>, Graciela Arismendi<sup>1/</sup>, Luis Casales<sup>1/</sup>, Fernando Escalante<sup>1/</sup>

### INTRODUCCIÓN

La estrategia general de evaluación interna de cultivares del programa de mejoramiento genético consiste en realizar la evaluación parcelaria preliminar e intermedia de los materiales en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (Treinta y Tres), mientras que la evaluación avanzada se realiza simultáneamente en esta localización y en la Unidad Experimental Paso Farías (Artigas), en ensayos conducidos por INIA Tacuarembó. Una excepción a esto lo constituyen los materiales *Indica* desarrollados por FLAR para la zona tropical, que generalmente se introducen directamente en Artigas y la selección se realiza en base a la evaluación en esa localidad. Complementando la evaluación parcelaria, se realizan ensayos en fajas en predios de productores. En 2010/11 sólo se condujo un ensayo en fajas para evaluación de cultivares Clearfield, localizado en Rincón (T. y Tres), concentrándose esfuerzos en el seguimiento de cultivos de validación del cultivar L5502, en el marco del acuerdo de evaluación final, validación y liberación de cultivares con el sector arrocero.

En la zafra 2010/11, la siembra de los ensayos de evaluación interna localizados en Paso de la Laguna se realizó entre el 8/10 y el 3/11, con excepción del ensayo de época de siembra tardía de los cultivares en Evaluación Final. Las condiciones de sequía durante la siembra dificultaron la preparación de una adecuada cama de siembra y demoraron la emergencia de los cultivares. Se realizaron riegos para promover la emergencia, pero la implantación, en algunos casos no fue uniforme, debido a encostramiento del suelo o problemas de micro relieve y anegamiento. El desarrollo posterior de los cultivares fue bueno, alcanzándose buenos potenciales de rendimiento.

En la zafra 2010/11 se evaluaron un total de 2820 cultivares. El alto número de cultivares responde a un problema registrado en la zara anterior con la evaluación preliminar de cultivares *Indica*, los cuales sufrieron una severa granizada que impidió realizar una buena selección de los mismos. Por lo tanto, en 2010/11 debió repetirse su evaluación, sumándose los nuevos cultivares que ingresaron del proceso de selección. Con respecto al tipo de material, si se excluyen las 728 introducciones, del remanente de 2092 cultivares evaluados, 40% fueron de grano largo de calidad americana, 51% de grano largo de tipo tropical o *Indica*, 5% Clearfield y 4% de grano corto o medio.

Los cultivares se distribuyeron en ensayos Avanzados, Intermedios y Preliminares, contando los primeros con tres repeticiones y los últimos con dos (Cuadro 1).

Adicionalmente a los ensayos mencionados, un grupo de 16 cultivares fue incluido en ensayos de Evaluación Final, junto a variedades comerciales, con 4 repeticiones.

En el conjunto de líneas se evaluó rendimiento, características agronómicas, comportamiento industrial, calidad culinaria e incidencia de enfermedades del tallo. Las líneas experimentales en evaluación Avanzada e Intermedia, fueron también incluidas en el vivero de resistencia a *Pyricularia grisea*, bajo inoculación artificial con una mezcla de aislamientos del patógeno. En los ensayos localizados en Artigas, se evaluó rendimiento y calidad industrial. La mayor parte de la información presentada en el capítulo de Mejoramiento Genético se refiere a los cultivares incluidos en evaluación final y avanzada.

La Unidad Técnica de Biotecnología continuó utilizando marcadores moleculares para identificar genes de resistencia a *Pyricularia grisea* en los cultivares en evaluación final, variedades y progenitores. Se utilizan marcadores para los genes Pi1, Pi2 y Pi33. Asimismo, el laboratorio regional de INIA Treinta y Tres, continuó trabajando en selección asistida por marcadores moleculares para incorporar estos genes de resistencia al patógeno en cultivares *Indica*.

### EVALUACIÓN FINAL

Estos ensayos internos, localizados en Paso de la Laguna, cuentan con cuatro repeticiones y estuvieron enfocados en evaluar respuesta a fechas de siembra. En la zafra 2010/11 se incluyeron 16 líneas experimentales, de las cuales 10 ingresaron por primera vez, junto a las variedades comerciales disponibles. De las 16 líneas experimentales, 10 también fueron propuestas para la Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Arroz (INIA-INASE). Algunas de las líneas experimentales que ya habían sido evaluadas en años anteriores fueron purificadas y/o multiplicadas por la Unidad de Semillas. En la pasada zafra se condujeron tres ensayos de épocas de siembra y algunos de los cultivares fueron evaluados en condiciones de alto nitrógeno, en ensayos contiguos, para determinar su potencial.

De las 16 líneas experimentales incluidas en estos ensayos, 7 fueron de calidad americana, 6 *Indica* y 3 Clearfield. Entre los testigos, además de las variedades comerciales locales, se incluyó a Puitá INTA CL, IRGA 424 y a una línea local como testigo resistente a frío.

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

<sup>2/</sup> INIA Tacuarembó

<sup>3/</sup> INIA Las Brujas

Cuadro 1. Ensayos y viveros sembrados en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (T. y Tres) y número de cultivares en evaluación en 2010/11 (excluidos los ensayos de evaluación final y los testigos). Se indican los ensayos que también fueron sembrados en la Unidad Experimental Paso Farías (Artigas).

Avanzada		Intermedia		Preliminar	
Ensayo	Nº cult.	Ensayo	Nº cult.	Ensayo	Nº cult.
E5-1 *	25	E2-1	60	E1-1 a E1-10	557
E4-1 *	26	E2-2	56	Semi 1-1 a 1-24	1030
E4-2 *	23	Gr Cortos y Medios 1	46	INQR - IRRRI #	240
E3-1	28	Gr Cortos y Medios 1	46	FLAR Subtropico #	20
E3-2	29			Vivero FLAR Trópico ** #	280
E3-3	27			FLAR Frío #	20
E3-4	9			Progenitores pot. #	10
E5-1CL *	15			Resistencia durable #	128
E3-1CL	26			Vivero calidad molinera #	30
E3-2CL	30				
E3-3CL	12				
E3-4 CL	18				
Semi I *	29				
<b>Subtotal</b>	<b>297</b>		<b>208</b>		<b>2315</b>

(\*) Ensayos sembrados también en Paso Farías, conducidos por INIA Tacuarembó

(\*\*) Vivero sembrado exclusivamente en Paso Farías, conducido por INIA Tacuarembó

(#) Material introducido

## CULTIVARES DE CALIDAD AMERICANA

### Evaluación Avanzada

Los 167 cultivares de calidad americana en esta etapa se agruparon en ensayos E5, E4 y E3, cumpliendo 5, 4 y 3 años de evaluación, respectivamente, contando todos ellos con tres repeticiones (Cuadro 1). En el capítulo se presenta información de la zafra para los cultivares incluidos en los ensayos E5 y E4, así como un resumen de la información generada desde su ingreso en evaluación. Los materiales E5 más destacados fueron también incluidos en los ensayos de Evaluación Final y Red de Evaluación de Cultivares de la zafra. Por su parte, los cultivares E4 más destacados serán seleccionados para ingresar en esos ensayos en la próxima zafra.

### Evaluación Intermedia

En esta etapa se incluyeron 116 líneas experimentales obtenidas en su totalidad a partir de cruzamientos locales, que completaron dos años de evaluación (E2), agrupándose en 2 ensayos (Cuadro 1). Estas líneas representan 38% del grupo ingresado en 2009/10 en evaluación preliminar, habiéndose seleccionado por rendimiento, calidad molinera y resistencia a enfermedades del tallo, descartándose el resto. En 2010/11 presentaron un buen comportamiento y aproximadamente 50% serán seleccionadas para continuar con el proceso en la próxima zafra.

### Evaluación Preliminar

Un total de 557 líneas experimentales de calidad americana, provenientes de cruzamientos locales, ingresaron en esta etapa, siendo distribuidas en 10 ensayos con dos repeticiones (E1-1 a E1-10) (Cuadro 1). En base a la información generada en esta primera evaluación, aproximadamente 30-40% serán seleccionadas para continuar el proceso en la zafra siguiente.

## CULTIVARES CLEARFIELD

Las actividades de desarrollo de cultivares de arroz resistentes a la familia de herbicidas Imidazolinonas, adaptados a las condiciones locales, se conducen en el marco de un acuerdo de investigación con la empresa BASF. Localmente, los trabajos se han focalizado en incorporar la segunda generación de resistencia obtenida por LSU, introducida al programa en 2001. En la pasada zafra se evaluaron 101 cultivares Clearfield, prácticamente la totalidad de ellos provenientes de cruzamientos locales, en ensayos avanzados.

### Evaluación Avanzada

Los 101 cultivares Clearfield en esta etapa se agruparon en ensayos E5-1 CL y E3 (E3-1 CL, E3-2 CL, E3-3 CL y E3-4 CL), cumpliendo 5 y 3 años de evaluación, respectivamente (Cuadro 1). De los cultivares E5, 4 son de calidad americana y 1 de grano medio, ambos tipos procedentes de selección en poblaciones segregantes introducidas de LSU, mientras que otros 10 son de tipo tropical, procedentes de cruzamientos entre variedades locales *Indica* y materiales introducidos resistentes a imidazolinonas. Tres cultivares de calidad americana ya han sido evaluados previamente en la Red de Evaluación de Cultivares, mientras que 2 líneas *Indica* ingresaron en 2009/10 (CL146 y CL244) y 1 nueva se incorporó en 2010/11 (CL243). Estas líneas se destacan frente a la variedad Puitá INTA CL por mantener buen comportamiento también en siembras tardías. Los 86 cultivares incluidos en los ensayos E3 representan el 20% de los ingresados en evaluación preliminar en 2008/09. Respecto a su base genética, 44% son *Indica* y 56% de calidad americana, todos provenientes de cruzamientos locales. En el capítulo se presenta información obtenida en la zafra 2010/11 sobre los cultivares E5 y E3, así como un resumen de la información generada desde su ingreso en evaluación.

## CULTIVARES DE TIPO *INDICA*

La evaluación en cultivares *Indica* comprendió 1400 cultivares en todas las etapas. En función del flujo actual del germoplasma la mayoría de los materiales (1030) están en su primer año de evaluación de rendimiento en parcelas con repeticiones, distribuidos en 24 ensayos. Estos nuevos cultivares corresponden al trabajo de selección reiniciado en 2006, con mayoritario aporte de germoplasma FLAR y poblaciones generadas localmente. Por otra parte, la etapa de evaluación final esta integrada por 30 cultivares en su mayoría proveniente de FLAR, ingresados como viveros en años anteriores y seleccionados por su productividad. Este único ensayo se sembró de modo temprano, en Paso de la Laguna y Paso Farías, Artigas. Los restantes cultivares evaluados corresponden al ingreso de material FLAR en viveros para ecosistemas "templado" y "subtrópico", y "trópico" de acuerdo a evaluaciones de su tolerancia a bajas temperaturas realizadas en

condiciones controladas (cámara de crecimiento) en Cali, Colombia. Los dos primeros viveros fueron sembrados en Paso de la Laguna y el tercero en Paso Farías.

## INTRODUCCIÓN DE MATERIALES

Los 240 cultivares que se introdujeron del International Rice Research Institute (IRRI) en 2009/10, como parte de un proyecto cooperativo internacional, coordinado por la International Network for Quality Rice (INQR), fueron evaluados en parcelas en 2010/11. El propósito de este proyecto era determinar la incidencia de yeso en un amplio rango de condiciones ambientales y estudiar aspectos genéticos del defecto. Algunos de estos cultivares mostraron excelente vigor y tipo de planta, por lo que se incorporaron a la evaluación y serán utilizados en cruzamientos con cultivares del programa, así como en estudios genéticos.

## EVALUACIÓN DE CULTIVARES CLEARFIELD EN ENSAYOS EN FAJAS

Pedro Blanco<sup>1/</sup>, Federico Molina<sup>1/</sup>, Walter Silvera<sup>1/</sup>, Luis Casales<sup>1/</sup>

### INTRODUCCIÓN

Complementando la evaluación parcelaria, en 2010/11 se continuó utilizando la metodología de ensayos en fajas, localizados en predios de productores, para profundizar la evaluación final de cultivares. Estos ensayos son manejados por el productor y permiten evaluar los cultivares en una escala diferente de la utilizada en las parcelas, explorando otros ambientes de producción diferentes al campo experimental. Se empleó esta metodología para evaluar un grupo de 5 líneas experimentales Clearfield junto a tres testigos (dos híbridos y una variedad).

### MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se localizó próximo a pueblo Rincón, sobre Ruta 18, en chacra de la firma Labrustar S.A. Se incluyeron las líneas experimentales CL 146, CL244A, CL243, CL114 y CL179. Las 3 primeras son de tipo tropical, mientras que CL114 es un cultivar de grano medio y CL179 es de calidad americana. Junto a estas se incluyeron, como testigos, la variedad Puitá INTA CL y los híbridos Avaxi CL e Inov CL (RiceTec).

El ensayo se sembró el 15/10/2010, utilizando una sembradora experimental Semeato, con tren de siembra comercial, para siembra directa. El ensayo se instaló sobre un laboreo de verano, sin laboreo presiembra, con suelo seco y muy duro. Se utilizaron fajas de 4,6 x 50 m de longitud y la densidad de siembra para las variedades fue de 145 kg/ha corregidos por germinación, mientras que para los híbridos se utilizó 45 kg/ha. La semilla de los híbridos fue tratada, suministrada por RiceTec, mientras que para los demás cultivares no se utilizó ningún tratamiento.

Se realizaron dos aplicaciones de Kifix + Plurafac. La primera se realizó por avión, en post-emergencia

temprana, luego de un baño para promover la emergencia, con una dosis de 140 g/ha de Kifix. La segunda se realizó por tierra, en post emergencia, aplicando 100 g/ha de Kifix.

La urea de macollaje fue aplicada por tierra por el productor (1/12/2010), utilizándose sobre el ensayo una dosis de 100 kg/ha. Complementariamente, sobre los híbridos, se aplicaron 50 kg/ha adicionales, para equiparar su manejo con el recomendado y aplicado en el cultivo (el cultivar utilizado fue Avaxi CL). El agua de riego entró el 3/12/2010 y posteriormente se realizó una segunda aplicación de urea en primordio (8/1/2011), por avión, con 60 kg/ha. Esta aplicación se demoró algunos días por las condiciones climáticas adversas. Al momento de esta aplicación, las líneas más precoces, como CL244A y CL243, tenían una elongación de 5-6 cm.

Debido a que los cultivares más precoces estaban siendo atacados por pájaros, se colocó una red sobre el ensayo. Sin embargo, al momento de su instalación, el cultivar CL114 presentaba algo de daño.

Se aplicó fungicida por avión, utilizándose Amistar + Nimbus (0,4 + 0,5 l/ha) el 3/2/2011. Las parcelas fueron muestreadas para determinar componentes de rendimiento y luego se cosechó la totalidad del área, utilizando una cosechadora experimental (cedida por RiceTec). Del grano cosechado se tomaron muestras para realizar la determinación de calidad molinera en laboratorio.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ensayo mostró un muy alto potencial de rendimiento, alcanzando ambos híbridos 14,6 t/ha. CL243 fue el cultivar convencional de mayor rendimiento, con 13,5 t/ha, mientras que Puitá INTA CL y CL 244A tuvieron rendimientos similares, en torno a 12,5 t/ha (Cuadro 1). En este ensayo, CL243 alcanzó una ventaja de

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

rendimiento sobre Puitá de 6%, similar a la registrada en el promedio de ensayos parcelarios conducidos durante 5 años en el campo experimental, aunque el potencial de rendimiento registrado en este caso fue muy superior. CL244A, el cultivar más precoz del ensayo, puede haber visto limitado su rendimiento por la demora en la aplicación de urea.

Ambos híbridos mostraron diferencias importantes en algunos de sus componentes del rendimiento. Avaxi CL tuvo un alto número de panojas, el mayor del ensayo, e Inov CL uno de los menores. Por el contrario, Inov CL tuvo las panojas de mayor tamaño (Cuadro 1). Puitá tuvo las panojas de menor tamaño y los granos más livianos.

Los cultivares mostraron una baja incidencia de podredumbre del tallo, causada por *Sclerotium oryzae*,

mientras que CL 179 y CL244A fueron los que mostraron mayor ataque de manchado de vainas (*Rhizoctonia sp*). En general, los cultivares tuvieron buen rendimiento industrial, pero la incidencia de yesado fue mayor en CL114, Avaxi CL y CL179. Esta última línea, de calidad americana, tuvo los mayores porcentajes de blanco total y entero del ensayo.

#### AGRADECIMIENTOS

Al productor Alex de Oliveira Chagas, por todo el apoyo brindado en la ejecución del ensayo, y a Roberto Lima y Selva Cedrés (RiceTec), por la colaboración brindada en la cosecha.

Cuadro 1. Rendimiento, sus componentes, enfermedades del tallo y calidad molinera.

Cultivares	Rendimiento kg/ha	Panojas /m <sup>2</sup>	Granos /panoja	Esterilidad %	Peso 1000 granos g	Rhizo ISD	Scler ISD	B. Total %	Entero %	Yesado %
CL146	11834	592	88	12	29.9	10.3	2.5	67.6	62.0	4.7
CL244A	12519	643	87	10	26.9	25.5	2.6	68.4	64.9	1.3
CL243	13453	621	94	12	27.3	15.1	2.8	67.3	63.6	2.0
<b>Puitá INTA CL</b>	<b>12662</b>	<b>623</b>	<b>79</b>	<b>10</b>	<b>25.4</b>	<b>8.9</b>	<b>1.8</b>	<b>68.2</b>	<b>65.5</b>	<b>1.6</b>
<b>INOV CL</b>	<b>14590</b>	<b>509</b>	<b>121</b>	<b>13</b>	<b>28.4</b>	<b>8.9</b>	<b>0.5</b>	<b>69.3</b>	<b>65.1</b>	<b>4.3</b>
<b>Avaxi CL</b>	<b>14560</b>	<b>789</b>	<b>107</b>	<b>17</b>	<b>25.9</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>69.6</b>	<b>64.1</b>	<b>7.0</b>
CL114	9123	502	98	13	27.2	3.0	0.6	69.6	66.9	8.4
CL179	11499	564	86	10	27.3	26.8	0.5	71.5	69.0	6.6

### EVALUACIÓN FINAL DE CULTIVARES

Fernando Pérez de Vida<sup>1/</sup>, Federico Molina<sup>1/</sup>, Pedro Blanco<sup>1/</sup>

#### INTRODUCCIÓN

La etapa final de evaluación de cultivares del programa de mejoramiento en la Unidad Experimental Paso de la Laguna reúne los cultivares más destacados en las etapas previas –por lo general con al menos 3 años y evaluaciones adicionales en Paso Farías-, por lo cual refleja el germoplasma elite del programa. En esta etapa se busca expandir la información del comportamiento del material elite con énfasis en la expresión de su productividad y calidad de grano en condiciones ambientales contrastantes, bajo un manejo estándar como posibilita la unidad experimental. Los distintos ambientes de productividad se generan a través de las diferentes fechas de siembra. La recolección de datos climáticos en el mismo sitio y el seguimiento de los estadios fenológicos más relevantes en el cultivo permiten un análisis de la incidencia de los fenómenos atmosféricos en el comportamiento del material genético. En concordancia con el interés por conocer la mayor capacidad productiva de los cultivares, se ha introducido en este año la aplicación preventiva de fungicidas -una práctica de manejo no acostumbrada en estos ensayos, pero de uso corriente

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

en los predios de productores-. De esta manera se da mayor énfasis a la expresión del potencial de rendimiento en los materiales en desmedro de la información de su respuesta a la reacción a enfermedades a hongos (principalmente complejo de enfermedades de tallo), la cual ha sido suficientemente cuantificada en los años previos de evaluación.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó un conjunto de cultivares en fechas de siembra en la unidad experimental Paso de la Laguna. El experimento estuvo integrado por 3 momentos de siembra y 24 cultivares. Entre estos se incluyeron los testigos de alta productividad y amplia adaptación El Paso 144, INIA Tacuarí e INIA Olimar, además de otros cultivares testigos específicos de calidad culinaria, tolerancia a bajas temperaturas y portador de resistencia a imidazolinonas como Bluebelle, L2825CA y Puita respectivamente. Los cultivares de calidad americana L5502, L5287, L6399 y L6329 se mantienen en evaluación final en su carácter de cultivares promisorios. Se evaluó por primer año en estos ensayos a 3 cultivares de tipo *japónica* tropical (L7503, L7422 y L7833) y 6 cultivares *indica* (FL6045, FL05090, L5903, L5904, L5945 y L5830). El experimento se sembró en

la UEPL en las fechas Época 1: 8-oct., Época 2: 23-nov. y Época 3: 12-dic. de 2010. En la primer fecha de siembra se debió dar baños para la emergencia (1er baño: 22-oct.; 2do baño: 28-oct.), lográndose una efectiva emergencia el 12-nov. En la segunda fecha de siembra, la emergencia se registró el 10-dic. con un baño previo, mientras que en Época 3 fue el 20-dic.

Cuadro 1. Lista de cultivares en Evaluación Final. Paso de la Laguna, Treinta y Tres 2010/11.

No.	Cultivares
1	El Paso 144
2	INIA Tacuarí
3	INIA Olimar
4	L5502
5	L5287
6	L6399
7	L6329
8	CL146
9	CL244
10	CL243
11	L7503
12	L7422
13	L7833
14	FL06045-11M-1-1P-2P
15	FL005090-8M-11-M
16	L2825 CA
17	Bluebelle
18	IRGA424
19	Puita
20	testigo
21	L5903
22	L5904
23	L5945
24	L5830

Se realizó un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, con parcelas de 6 hileras de 3,5 m de largo y 0,20 cm entre hileras. La densidad de siembra fue de 165 kg/ha, corregido por porcentaje de germinación. La fertilización total realizada fue de 77 kg N, 72 kg P<sub>205</sub> y 12,6 kg de K por hectárea. El fertilizante nitrogenado se dividió en 12,6 unidades a la siembra, 36,8 en macollaje y 27,6 en elongación de entrenudos. El manejo de estos experimentos fue el general del campo de mejoramiento genético con la excepción del uso de fungicidas en las primeras fechas de siembra; en Época 1 y 2 se realizó doble aplicación de Amistar Top (1t/ha) de modo preventivo. La primer aplicación se hizo en embuchado y la segunda una semana después de finalizada la floración.

## RESULTADOS

### Rendimiento

Las distintas fechas de siembra, como esperado, significan condiciones muy diferentes para el desarrollo de los cultivares y por ende es la respuesta de estos. La media de productividad fue significativamente mayor en Época 1, así como Época 2 superó a la siembra más tardía. Las condiciones ambientales en general fueron muy propicias para alcanzar altas producciones, en particular en siembras tempranas. En particular, los niveles de radiación acumulados en enero, febrero y marzo fueron 13% superior a la media histórica según datos colectados en la UEPL. El número de días con bajas temperatura (menores a 15°C) fueron inferiores a la media histórica en el mes de enero (4 vs 9.4), similares en febrero (8 vs 9) y mayores en marzo (18 vs 14.) En este contexto la media nacional de rendimiento se estima en 8,4 t/ha.

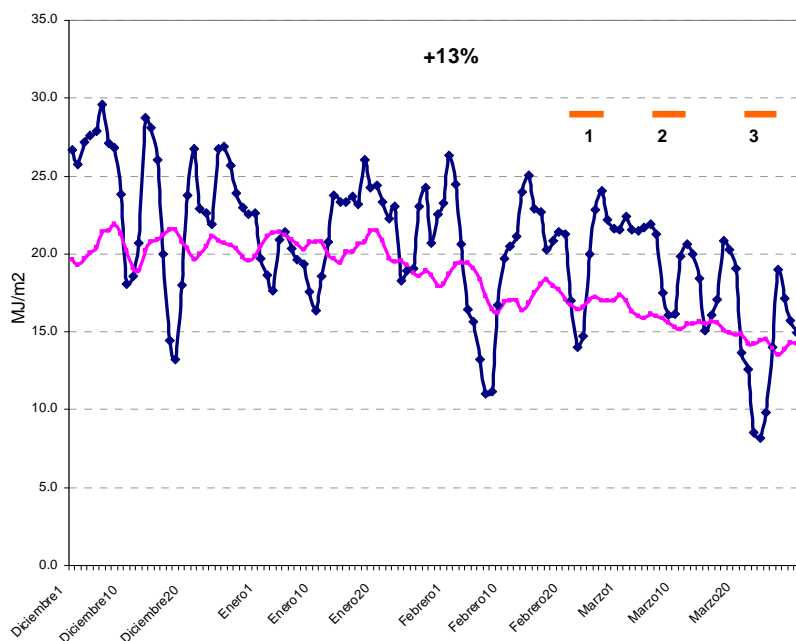


Figura 1. Radiación incidente total (MJ/m<sup>2</sup>) en diciembre, enero, febrero, marzo en la zafra 2010/11 y valores medios históricos en Unidad Experimental Paso de la Laguna Semanas de floración, 1= Época1, 2= Época2, 3= época 3 en este experimento. Media móvil de 3 días en ambos casos.



La productividad en estos experimentos tuvo un máximo físico en torno a las 10 t/ha (L5903, Época 1) y 9 t/ha en El Paso 144 e INIA Olimar. La estimación de una media ponderada de los 3 cultivares mas sembrados a nivel nacional El Paso 144 (65% del área), INIA Tacuarí (15%) e INIA Olimar (25%) con los promedios obtenidos en este ensayo en la unidad experimental, indica una brecha en productividad de 9,4% respecto al promedio nacional. En la zafra anterior, esta brecha se había estimado en 20% (Pérez de Vida y col. 2010).

La radiación disponible en los distintos ensayos que conforman este experimento fue en general superior a los valores históricos esperables para los distintos periodos fenológicos de relevancia para el cultivo. Así mismo, las diferencias en radiación disponible apreciadas en figura 1, se detallan en el cuadro 2; el atraso de la fecha de siembra generó condiciones de mayor restricción en la oferta de energía para el cultivo, causando una disminución en el rendimiento.

Cuadro 2. Radiación (MJ/m<sup>2</sup>/d) promedio diario en diferentes estadios de desarrollo del arroz durante la zafra 2010/11 y valores históricos de la serie 1972-2011 en Unidad Experimental Paso de la Laguna, Treinta y Tres. Temperatura mínima promedio de 15 días prefloración en cada fecha de siembra.

		2010/11	Media histórica MJ/m <sup>2</sup> /d	dif	Temp Mín (°C)
Época 1	<u>20 días</u>				
	Prefloración	10.36	9.5	0.83 (+9%)	16.9
	Posfloración	10.29	8.3	1.99 (+24%)	
prom	<u>10.3</u>				
Época 2	Prefloración	9.96	8.84	1.12 (+13%)	17.1
	Posfloración	8.82	7.67	1.14 (+15%)	
	prom	<u>9.39</u>			
Época 3	Prefloración	9.9	7.8	1.85 (+27%)	16.2
	Posfloración	7.5	7.0	0.52 (+7%)	
	prom	<u>8.7</u>			

### Época 1

En las condiciones de mayor producción (emergencia del 12-nov.) se obtuvieron rendimientos en el entorno a las 9 t/ha en los testigos El Paso 144 e INIA Olimar. En otros ensayos en el mismo campo y fechas de siembra similares, el rendimiento de éstos estuvo en el rango de 10 a 11,5 t/ha. Aspectos asociados a la condición de suelo, necesidad de riego para nacer, bajas temperaturas y dificultades en el control de malezas generaron un bajo stand de plantas y lento desarrollo de la canopia.

El cultivar de mayor productividad física y ponderada por su calidad molinera ("sano, seco y limpio", SSL) en este ensayo fue L5903 obteniendo 10,3 y 11 t/ha respectivamente. Los testigos rindieron en torno a 9,4 t/ha mientras que L5502, L6329, L7503 y L7833 obtuvieron rendimientos entre 9,6 y 9,8 t/ha. Estas diferencias registradas resultan estadísticamente no significativas (MDS=1,33 t/ha).

En general y dadas las condiciones ambientales señaladas, el % de esterilidad de granos fue bajo (media 13,4%), mientras que FL06045 y L6399

presentaron valores superiores en torno a 21%. Este último cultivar y L6329 presentaron altos valores de granos/panícula y una tendencia a mayores % de esterilidad de granos, en particular en Época 2. Resultados similares se reportaron en la zafra 2009/10 en estos dos cultivares.

### Época 2

El comportamiento productivo general de los cultivares decayó en este ensayo, con una marcada reducción en el potencial de genotipos de ciclos más largos. L5903, FL06045, FL05090, IRGA424 y Bluebelle producen menos de la media (7 t/ha). Por otra parte, INIA Olimar mantiene una alta productividad así como L5502, L5287 y L7833, superior a INIA Tacuarí (Figura 2). Estos cultivares mantienen valores de esterilidad de granos inferiores a 20%, demostrando su adaptación a condiciones de radiación y temperaturas inferiores. De igual manera, los cultivares *Indica* de selección local CL244, CL243 y L5945 mantienen una productividad aceptable (8,5-8,9 t/ha) en esta fecha de siembra tardía, con valores de esterilidad de granos similares a los mencionados anteriormente.



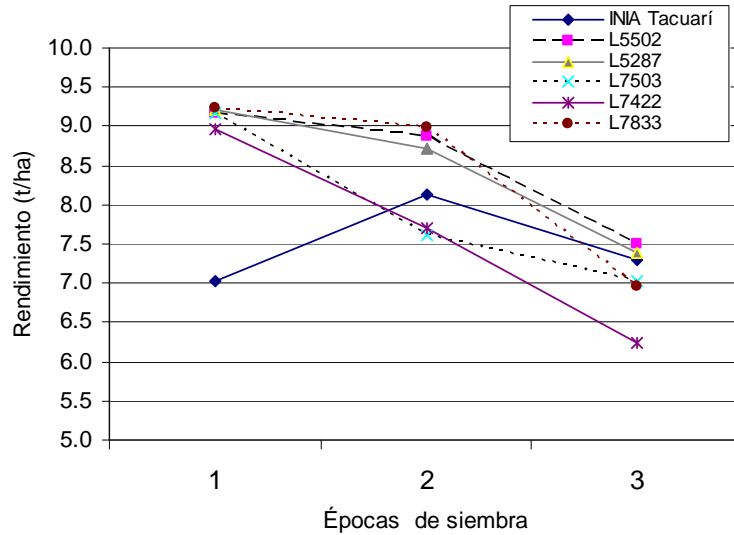


Figura 2. Rendimiento en cultivares *Japónica* tropical de mayor adaptación a siembras tardías.

**Calidad molinera**

En un año de alta radiación la calidad de granos obtenida es en general superior a los valores de base de comercialización, en % de blanco total, % de entero y % de granos yesados, en Época 1 y Época 2. Estos

se deterioran marcadamente en Época 3 (datos no mostrados). En los primeros ensayos, el beneficio promedio obtenido en SSL es de un 4%. La mayoría de los cultivares recibirían beneficios al superar las bases de comercialización (Figura 3 y Cuadro 5)

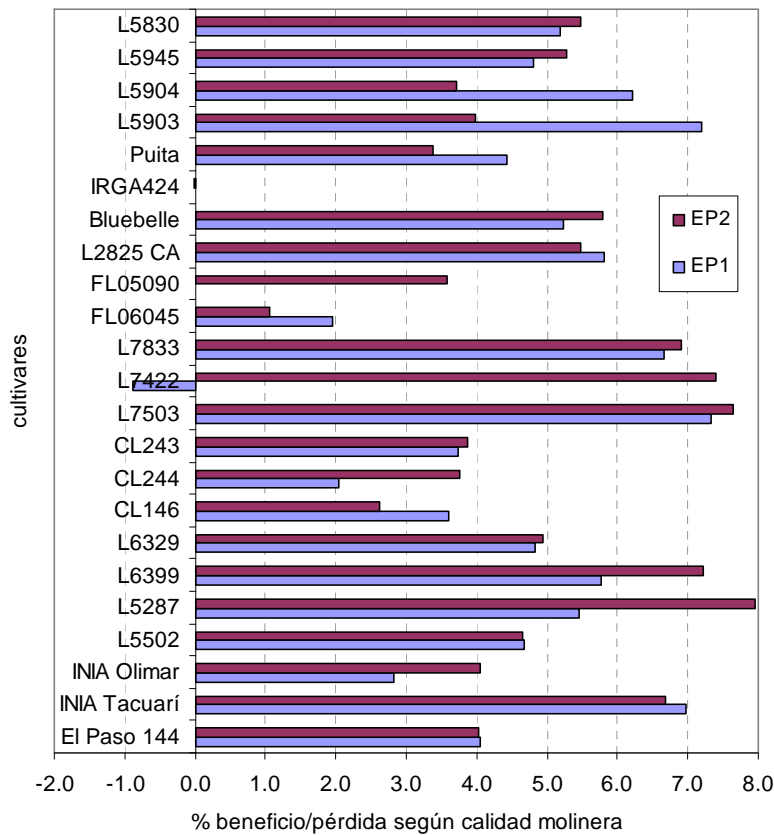


Figura 3. Porcentajes de beneficios y pérdidas según calidad molinera en cultivares en evaluación final en dos épocas de siembra, en la zafra 2010/11, Unidad Experimental Paso de la Laguna, Treinta y Tres.

### Resistencia a Enfermedades

Se realizaron evaluaciones de incidencia de *Pyricularia* y enfermedades de tallo (Martínez y Casales); en el primer caso, la evaluación es realizada en camas de infección donde se genera un microambiente que favorece la aparición de la enfermedad –incluyendo la aplicación de inoculo de modo artificial-. En el caso de las enfermedades de tallos (*Rhizoctonia* (ROS) y *Sclerotium* (SCL)) la lectura se realiza en las parcelas a nivel de campo, por lo cual en uno de los ensayos (Época 3) no se utilizó control con fungicidas de modo de permitir la expresión de dichas dolencias.

Los resultados acá reportados señalan la predominancia de cultivares con algún grado de

resistencia a *Pyricularia*, son excepción los cultivares CL146, CL244 y CL243, junto a los testigos INIA Olimar y El Paso 144. En particular se destacan los cultivares L5903, L7503, L7422 y L7833 con reacciones de R. Respecto al complejo de enfermedades de tallos, fue predominante la presencia de SCL, afectando a la mayoría de los cultivares, aunque es de considerar la marginalidad de las condiciones de producción en Época3 que pueden significar un mayor nivel de estrés general en desmedro de la expresión de mecanismos de defensa en la planta. En esas condiciones, las líneas experimentales de tipo japónica tropical presentan una media de 50% en índice de severidad de daño, cuando las Indicas –incluyendo a INIA Olimar y El Paso 144– superan el 70% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características agronómicas y resistencia a enfermedades en cultivares en evaluación final, Unidad experimental Paso de la Laguna, zafra 2010/11.

Nº	Cultivar	Floración			Hoja Bandera			altura			Pyri	ROS	SCL	ROS	SCL
		EP1	EP2	EP3	EP1	EP2	EP3	EP1	EP2	EP3		EP1*	EP3		
1	El Paso 144	96	101	95	17.9			85	86	82	8	0.4	8.5	4.56	80.3
2	INIA Tacuarí	83	93	84	20.1			86	84	93	3.5	13.2	13.2	10.19	57.4
3	INIA Olimar	92	95	94	17.5			81	83	83	8	0.1	5.0	4.56	70.2
4	L5502	92	96	91	19.0			78	78	78	3	4.3	5.0	5.25	54.8
5	L5287	89	95	94	18.0			78	76	82	0	0.4	4.4	5.22	42.8
6	L6399	89	94	92	17.6			91	94	97	3.5	0.2	6.4	4.22	42.1
7	L6329	88	94	89	19.6			82	79	87	4	2.7	5.2	10.06	59.8
8	CL146	94	97	93	17.3			83	82	82	8	0.1	12.0	0.88	81.6
9	CL244	84	93	86	16.5			81	83	90	8	0.3	5.7	6.94	67.2
10	CL243	92	95	91	19.6			82	85	87	8	0.2	7.9	8.56	71.8
11	L7503	90	95	90	19.3			86	82	86	1	12.5	14.4	14.19	51.1
12	L7422	94	98	98	15.8			74	82	80	0	9.3	9.1	11.88	45.6
13	L7833	94	99	91	21.1			76	76	79	1	0.2	6.6	3.16	54.3
14	FL06045	94	98	93	18.0			94	85	93	1	0.1	4.4	0.87	52.3
15	FL05090		104	101					83	84	3			2.19	70.9
16	L2825 CA	84	93	88	16.5			72	72	81	3	0.1	4.4	8.69	42.8
17	Bluebelle	94	99	91	12.8			99	101	98	1	0.2	5.7	1.44	50.6
18	IRGA424		101	97					78	84	1			1.44	49.5
19	Puita	93	99	99	16.4			77	84	81	4.5	0.1	6.4	6.25	61.7
21	L5903	106	106	103	11.5			92	91	82	1	0.3	1.3	3.13	61.3
22	L5904	105	100	101	14.1			90	90	91	3.5	0.1	2.5	0.84	65.8
23	L5945	95	97	89	15.6			81	83	95	5.6	0.1	3.8	4.25	62.8
24	L5830	99	100	93	13.4			80	95	98	1	0.3	6.9	6.56	51.6
	Cultivar	**	**	**	ns			**	**	**		**	**	**	**
	Epoca		**						**						
	Media	93	97	93	17			83	84	87		2	7	6	59
	DesvEst	2.70	2	4.46	5			4.0	5.2	9.8		3.0	4.4	4.9	13.4
	CV	2.9	1.9	4.8	29.4			4.8	6.2	11.3		140.2	66.0	80.5	22.9
	MDS (5%)	3.81	2.65	6.29	7.07			5.66	7.39	13.82		4.23	6.14	6.97	18.90
	t	1.995	1.995	1.995	1.995			1.995	1.995	1.995		1.995	1.995	1.995	1.995

Cuadro 4. Rendimiento físico y componentes de rendimiento cultivares en evaluación final, Unidad Experimental Paso de la Laguna, zafra 2010/11.

Cultivar	Rend			pan/m <sup>2</sup>			gr tot/pan			%Est			Peso
	EP1	EP2	EP3	EP1	EP2	EP3	EP1	EP2	EP3	EP1	EP2	EP3	EP1
El Paso 144	9077	8146	4476	550	594	633	92	85	118	13.3	17.7	51.4	27.0
INIA Tacuarí	7021	8142	7295	508	508	619	106	130	106	16.1	18.8	40.7	21.9
INIA Olimar	8927	9336	5182	606	544	583	99	83	134	10.7	19.5	61.0	27.4
L5502	9173	8871	7499	496	508	665	131	110	102	13.0	15.5	24.1	26.8
L5287	9214	8717	7380	581	446	556	94	105	128	12.1	17.3	51.7	25.1
L6399	8267	8035	6019	368	435	585	158	135	102	21.4	27.5	75.5	24.8
L6329	9468	7851	5830	556	483	542	143	167	112	15.1	31.7	43.3	23.1
CL146	8260	7742	2599	485	488	548	106	85	116	9.8	23.1	70.2	28.5
CL244	7711	8996	5442	521	571	579	99	99	107	10.1	20.4	43.6	25.6
CL243	8943	8485	3012	665	567	583	104	83	118	12.6	20.4	60.1	25.9
L7503	9159	7603	7035	504	575	565	158	116	99	15.2	18.7	54.9	21.9
L7422	8969	7713	6239	456	481	640	126	127	99	16.5	19.9	36.1	24.7
L7833	9245	8987	6956	446	533	594	139	127	126	8.7	22.2	49.5	24.4
FL06045	8896	5313	3850	544	483	617	96	73	133	21.0	40.4	45.3	30.5
FL05090		6790	3680		581	627		67	62		29.7	59.7	
L2825 CA	7388	7672	6719	460	504	592	89	98	78	6.5	16.1	50.5	26.9
Bluebelle	6391	6222	5777	427	394	608	103	120	129	17.7	21.7	64.3	24.3
IRGA424		6481	4154		635	619		91	114		44.8	62.3	24.7
Puita	7620	7646	4226	410	552	675	89	94	128	9.0	19.2	57.2	24.8
L5903	10271	6467	4299	613	479	606	123	112	122	17.1	41.6	51.0	26.2
L5904	9474	7146	5029	477	483	581	130	102	128	12.1	27.4	59.5	26.2
L5946	9428	8589	6657	527	515	644	124	115	109	12.3	20.9	53.8	24.8
L5830	8649	6255	4608	531	494	546	88	115	118	11.0	30.3	60.7	26.5
Cultivar	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**
Epoca		**			**			*			**		
Media	8645	7704	5386	511	515	600	114	106	112	13	25	53	25.8
DesvEst	939	863	1466	77	98	104	19.6	17.7	30.9	4.0	5.6	18.6	0.527
CV	10.9	11.2	27.0	15.0	19.0	17.3	17.2	16.7	27.5	29.8	22.8	34.9	2.0
MDS (5%)	1325	1217	2054	108	138	147	28	25	44	5.6	7.9	26.2	0.7
t	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995

Cuadro 5. Rendimiento ponderado por parámetros de calidad molinera y valores de calidad en cultivares en evaluación final, Unidad experimental Paso de la Laguna, zafra 2010/11.

N	Cultivar	Rend SSL		BT		Ent		Yes		Man		L/A	
		EP1	EP2	EP1	EP2	EP1	EP2	EP1	EP2	EP1	EP2	EP1	EP2
1	El Paso 144	9446	8473	70.1	71.5	66.0	65.0	3.7	4.9	0.64	0.81	3.05	3.06
2	INIA Tacuarí	7510	8686	72.4	73.0	69.3	69.1	3.2	5.0	0.18	0.69	3.17	3.12
3	INIA Olimar	9179	9716	69.3	70.7	64.3	65.4	2.9	2.6	0.99	1.14	3.51	3.48
4	L5502	9602	9283	71.0	71.1	66.3	66.2	5.3	4.3	0.33	0.19	3.18	3.10
5	L5287	9717	9411	72.4	73.8	66.3	69.1	4.6	4.7	0.30	0.48	3.25	3.15
6	L6399	8743	8615	72.1	74.2	65.9	68.8	5.4	3.4	0.21	0.65	3.13	3.04
7	L6329	9924	8238	72.2	73.4	65.2	65.3	6.6	6.4	0.41	0.36	3.31	3.22
8	CL146	8557	7944	69.8	70.2	63.9	63.2	5.9	5.5	1.26	1.21	3.34	3.39
9	CL244	7869	8624	68.6	70.0	63.4	63.6	1.8	1.7	0.14	0.64	3.29	3.23
10	CL243	9276	8814	69.7	70.2	65.6	65.5	2.1	1.5	1.00	1.87	3.25	3.13
11	L7503	9830	8184	73.2	73.3	69.4	69.9	4.0	2.8	0.19	0.70	3.11	3.06
12	L7422	8880	8283	73.4	74.3	66.9	68.7	3.7	4.6	0.53	0.69	2.95	2.96
13	L7833	9860	9608	73.2	73.5	68.1	68.3	4.6	4.2	0.62	0.82	3.12	2.98
14	FL06045	9069	5369	69.6	71.2	62.3	58.5	2.2	1.9	2.33	2.60	3.27	3.24
15	FL05090		7032		71.9		63.0		3.9		1.21		3.47
16	L2825 CA	7817	8092	72.0	72.8	67.7	65.7	3.2	3.4	0.34	0.48	3.45	3.38
17	Bluebelle	6725	6583	72.4	73.2	66.3	66.3	5.4	3.3	0.45	1.18	3.15	3.08
18	IRGA424		6480		70.2		58.1		1.9		8.25		3.12
19	Puita	7957	7903	69.8	70.7	67.0	63.9	1.1	0.8	1.40	1.31	3.15	3.13
21	L5903	11011	6715	72.7	72.1	69.8	64.0	3.4	3.9	1.61	1.87	3.17	3.22
22	L5904	10064	6846	71.6	72.8	68.8	62.5	2.0	3.1	1.24	1.40	3.15	3.23
23	L5945	9881	9042	70.3	71.0	67.4	67.6	1.5	1.9	0.90	1.15	3.27	3.33
24	L5830	9097	6597	70.4	72.5	68.0	66.6	1.3	2.4	0.84	1.09	3.22	3.06
	Cultivar	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	Epoca	**		**	**	**		**		**	**		**
	Media	9048	8024	71.2	72.1	66.6	65.4	3.5	3.4	0.8	1.3	3.2	3.2
	DesvEst	1014	1004	0.62	0.73	1.29	2.86	0.87	1.20	0.31	0.76	0.06	0.07
	CV	11.2	12.5	0.9	1.0	1.9	4.4	24.7	35.3	41.0	56.8	1.9	2.2
	MDS (5%)	1430	1416	0.87	1.03	1.82	4.03	1.23	1.69	0.44	1.07	0.08	0.10
	t	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995

## EVALUACIÓN AVANZADA DE CULTIVARES DE CALIDAD AMERICANA

Federico Molina<sup>1/</sup>, Pedro Blanco<sup>1/</sup>, Andrés Lavecchia<sup>2/</sup>, Claudia Marchesi<sup>2/</sup>, Walter H. Silvera<sup>1/</sup>

### INTRODUCCIÓN

Los 159 cultivares en esta etapa se agruparon en ensayos E5, E4 y E3, cumpliendo 5, 4 y 3 años de evaluación, respectivamente. El ensayo E5-1 incluyó 25 líneas experimentales, mientras que las 45 líneas E4 se agruparon en dos ensayos (E4-1 y E4-2). Por su parte, las 89 líneas E3 se distribuyeron en 4 ensayos, los que sólo se condujeron en Treinta y Tres. En la presente publicación solamente se presenta información de los materiales más avanzados, E5 y E4, no incluyéndose la correspondiente a los ensayos E3.

En base a la información previa, las 3 líneas experimentales E5 más destacadas también fueron incluidas en los ensayos de evaluación final y Red de Evaluación de Cultivares de la zafra. La información generada hasta el momento sobre las líneas E4 será utilizada para seleccionar las que ingresarán a esos ensayos en 2011/12.

En esta sección se presentan los resultados de la zafra 2010/11 y el resumen de la información disponible desde el ingreso de los cultivares a evaluación (2006/07-2010/11). En las páginas siguientes se presentan los ensayos E5-1 y E4-1, los cuales fueron sembrados en Treinta y Tres y Artigas. Para el caso del ensayo E4-2 no se presenta información, ya que el mismo tuvo problemas de implantación, lo cual determinó que el coeficiente de variación de la variable rendimiento y algunas otras fuera muy elevado. En este sentido, se optó por sembrar el ensayo un año más.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos de Treinta y Tres estuvieron localizados en Paso de la Laguna y la siembra se realizó entre el 8 y 12 de Octubre. En la localidad de Artigas los mismos fueron sembrados entre el 21 y 22 de Octubre. Las parcelas fueron de 6 hileras de 3,4 m a 0,20 de separación y la densidad de siembra fue de 165 kg/ha de semilla, corregidos por germinación.

La fertilización basal fue realizada al voleo e incorporada con disquera, aplicándose 12,6 kg/ha de N, 72 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 12,6 kg/ha de K<sub>2</sub>O. Los ensayos recibieron dos aplicaciones de urea, en macollaje y primordio, de 32,2 y 27,6 kg/ha de N, respectivamente. El control de malezas fue realizado con una mezcla de tanque, en aplicación aérea, de Propanil + Facet + Command + Cyperex (2 + 1,3 + 0,9 l/ha + 0,2 kg/ha).

El diseño fue de bloques completos al azar, con tres repeticiones. En los cuadros se incluye información de los análisis de varianza, indicándose si existieron diferencias significativas para cultivares o repeticiones,

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

<sup>2/</sup> INIA Tacuarembó

a través del nivel de probabilidad (diferencias significativas: 0,05 > P > 0,01; muy significativas: P < 0,01). También se incluyen el Coeficiente de Variación (CV%) y la Mínima Diferencia Significativa (MDS P < 0,05). Los signos de "+" y "-" indican diferencias significativas de cada cultivar con el testigo INIA Tacuarí en la respectiva columna de medias.

Se evaluó rendimiento, calidad industrial y culinaria, características agronómicas e incidencia de enfermedades al final del ciclo. Esta última evaluación, al igual que la de *Pyricularia*, se realizó por el Sistema de Evaluación Estándar, con escala de 1 a 9, donde 1= Resistente y 9= Muy Susceptible.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### E5-1

Zafra 2010/11. El rendimiento medio del ensayo de Treinta y Tres fue de 10,8 t/ha mientras que el ensayo de la localidad de Artigas fue sensiblemente inferior (7,7 t/ha). En el Cuadro 1 se presenta la información ordenada por rendimiento en la localidad de Treinta y Tres. El testigo experimental del ensayo fue INIA Tacuarí, alcanzando un rendimiento de 11,2 t/ha, mientras que los máximos rendimientos fueron alcanzados por 2 testigos comerciales (INIA Olimar y El Paso 144) y el nuevo cultivar americano L5502. Si bien hay 5 líneas experimentales con mayor rendimiento que el testigo, estas no difieren significativamente del mismo.

El cultivar L6399 y L6400 lograron buenos rendimientos y calidad molinera, asociado a una muy buena resistencia a *Pyricularia*, a pesar de esto, dichos materiales no presentan un buen tipo de planta. En el caso de L6399 es significativamente más alta que INIA Tacuarí. Por tales motivos no parecen tener un futuro promisorio como variedades, sin embargo materiales como L7833 presentaron un buen tipo de planta asociado a buen rendimiento y características agronómicas.

Las líneas aromáticas L6966 y 6970, en términos de calidad y rendimiento, no presentan ventajas adicionales a la línea L2908 CA (testigo aromático de tipo tropical), no obstante, las primeras presentan ventajas en términos de resistencia a *Pyricularia* (Cuadro 1).

Por último, en este grupo de materiales se incluyó a dos cultivares de grano medio, originados a partir de cruzamientos con mutantes de EAA-404 (C323 y C308), los cuales rindieron considerablemente más que uno de los testigos usado para este tipo de material, como EAA 404. Las ventajas agronómicas de este tipo de materiales son indiscutibles respecto al testigo, siendo la limitante para el desarrollo de los mismos la disponibilidad de mercados.

Cuadro 1. Evaluación Avanzada, E5-1, 2010/11. Rendimiento, calidad molinera en Treinta y Tres y Artigas y características agronómicas en Treinta y Tres.

N	Cultivar	Rendimiento			Altur cm	C. Flor. días	IS Rhizo. (1)	IS Scler. (1)	Pyri (1)	Entero		Yesado	
		TyT. kg/ha	Art. kg/ha	Media kg/ha						TyT. %	Art. %	TyT. %	Art. %
29	INIA Olimar	12505	10534 +	11520	86	- 116 +	0.0	5.3	8	62.9 -	63.2	1.8 -	2.8
30	El Paso 144	12001	10520 +	11261	89	- 121 +	0.0	5.0	8	64.5 -	62.8	4.6	7.2 +
31	L 5502	11889		11889	79	- 115 +	0.0	4.7	3 a 4	63.3 -		4.0	
22	L 6400	11615	6364	8990	97	- 113 +	0.0	4.7	1	64.8 -	65.7	3.5	2.8
23	L 6399	11532	6958	9245	100	+ 112	0.0	4.7	1	64.6 -	66.6	3.9	2.6
20	L 7833	11308	7746	9527	82	- 117 +	0.7	5.0	1	66.0	64.4	4.2	2.8
11	L 7708	11221	7681	9451	88	- 111	0.0	6.0	1	67.9	66.7	2.3	- 2.1 -
24	L 6329	11217	8114	9666	83	- 113 +	0.0	6.0	3	61.3 -	62.7	6.7 +	2.6
27	INIA Tacuarí	11206	7362	9284	93	- 109	1.3	5.0	3 a 4	67.2	64.6	4.4	4.2
13	C 323	11175	7933	9554	99	+ 112	0.0	4.0	1	61.7 -	41.4 -	8.5 +	4.9
4	L 7481	11169	8037	9603	83	- 111	0.0	4.3	3 a 4	65.9	63.2	3.2	3.4
5	L 7502	11103	7751	9427	85	- 113 +	0.0	5.3	1	66.6	68.1 +	4.2	1.8 -
8	L 7514	11099	7417	9258	89	- 113 +	0.0	4.0	0	66.4	67.9 +	4.7	3.1
21	L 6315	11063	7426	9244	88	- 111	0.0	4.7	3	66.3	66.1	4.3	2.1 -
3	L 7452	10925	7696	9310	96	- 112	0.0	4.3	0	68.0	67.6 +	3.6	1.5 -
7	L 7503	10914	8042	9478	85	- 114 +	0.0	5.7	3	67.1	66.0	3.3	1.9 -
1	L 7405	10909	8309	9609	75	- 110	0.0	5.3	3 a 4	67.6	65.8	3.6	3.7
12	L 7724	10888	6769	8829	80	- 111	0.3	5.7	1	65.2	61.5 -	5.1	5.0
6	L 7464	10839	7564	9201	85	- 110	0.0	5.3	1	64.9 -	61.1 -	1.7	- 2.5
9	L 7624	10783	6857	8820	93	- 111	0.0	5.0	4	67.1	66.3	3.8	2.3 -
18	L 6966	10681	8419	9550	81	- 117 +	0.0	5.7	3 a 4	61.8 -	62.1	2.9	4.0
25	L 6530	10596	7980	9288	85	- 110	0.0	4.7	3 a 4	68.5	66.8	3.3	3.2
32	L 2908CA	10561		10561	84	- 107	0.0	4.7	9	63.0 -		4.2	
15	L 7759	10279	7701	8990	81	- 115 +	0.0	5.3	0	62.3 -	61.8 -	2.6 -	2.0 -
17	L 7751	10237	7226	8731	76	- 113 +	0.0	4.7	3 a 4	62.9 -	61.0 -	2.4 -	3.1
10	L 7647	10213	7862	9037	81	- 116 +	0.0	5.3	4	67.6	62.8	2.6 -	3.7
2	L 7422	10190	7251	8721	81	- 118 +	0.0	5.0	3	66.1	64.4	4.1	2.5
14	C 308	10068	8042	9055	100	+ 119 +	0.0	4.3	3 a 4	67.5	67.1	6.4 +	5.3
16	L 7761	10032	7540	8786	83	- 116 +	0.0	5.3	3 a 4	62.4 -	62.4	2.7 -	2.8
28	INIA Caraguatá	9887	7704	8796	80	- 120 +	0.0	6.3 +	1	+ 67.6	67.8 +	2.3 -	1.8 -
19	L 6970	9844	7510	8677	85	- 117 +	0.0	5.3	1	62.0 -	60.1 -	2.3 -	2.2 -
26	EAA 404	7643 -	7047	7345	139	+ 128 +	0.0	5.7	0	68.0		5.2	
	<b>Media</b>	10800	7779		88	114	0.1	5.1		65.3	63.7	3.8	3.1
	<b>P Bloque</b>	0.00	0.09		0.38	0.00	0.72	0.00		0.00	0.27	0.00	0.00
	<b>P Cultivar</b>	0.00	0.00		0.00	0.00	0.57	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>C.V. %</b>	8.2	11.8		4.2	1.6	648	13.0		2.1	2.6	12.2	16.9
	<b>MDS</b>	1439	1500		5.95	3.02	0.77	1.08		2.22	2.71	1.47	1.7

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

Comportamiento en las últimas zafras. En el promedio de los 5 años de evaluación (2006/07 – 2010/11), en Treinta y Tres, INIA Tacuarí tuvo un rendimiento de 9,2 t/ha, de los más bajos de los cultivares incluidos en el ensayo, sin embargo ninguna línea experimental de tipo americano supera a INIA Olimar y El Paso 144. Entre el testigo americano (INIA Tacuarí) y los cultivares comerciales (INIA Olimar y El Paso 144) se ubican la

mayoría de los materiales. Es de destacar que algunos de los materiales incluidos en la Red Nacional de Evaluación de Cultivares se encuentran en este rango. L6399, L6329 y L7833 mantienen una ventaja del orden del 8 al 4% en rendimiento respecto a Tacuarí con buena calidad molinera y características agronómicas.



Cuadro 2. Evaluación Avanzada, E5-1. Promedios de rendimiento, calidad industrial y características agronómicas en Treinta y Tres (5 años)

N	Cultivar	Rend kg/ha	Altura cm	CF días	Rhizo (1)	Scler (1)	Pyri (1)	Entero %	Yeso %	Disp. Alcali
29	<b>INIA Olimar</b>	10293	86	102	1,4	5,6	8,0	60,8	3,6	6,0
30	<b>El Paso 144</b>	10113	90	107	1,6	5,7	8,0	61,5	7,2	6,0
23	L 6399	9925	95	105	2,6	5,4	3,7	61,6	3,9	5,0
4	L 7481	9919	84	99	4,2	6,1	4,0	64,3	6,4	5,1
1	L 7405	9836	79	101	3,9	6,2	5,5	65,3	7,0	5,3
22	L 6400	9828	92	105	2,3	5,3	3,7	61,5	3,9	5,1
5	L 7502	9810	84	102	4,1	6,0	4,5	65,5	5,0	5,2
7	L 7503	9750	86	102	3,5	6,3	4,0	65,4	4,2	5,3
25	L 6530	9720	78	101	4,3	5,6	4,5	67,0	4,6	4,8
21	L 6315	9718	84	102	4,9	6,0	4,0	64,8	4,2	4,4
24	L 6329	9716	79	103	5,4	6,3	4,0	60,2	7,2	5,1
3	L 7452	9658	94	102	3,3	5,8	1,5	67,1	5,0	5,5
8	L 7514	9598	91	100	3,1	5,7	3,3	64,4	5,1	5,5
2	L 7422	9596	80	105	4,1	5,9	4,0	64,8	5,0	5,4
6	L 7464	9581	84	99	4,6	6,1	2,5	62,3	4,5	5,5
20	L 7833	9549	81	105	3,0	6,2	2,0	65,6	4,9	5,0
11	L 7708	9538	88	99	3,6	6,7	4,0	65,3	4,4	5,1
9	L 7624	9524	88	99	3,5	6,1	4,3	64,1	5,6	4,8
13	C 323	9513	95	98	1,8	6,1	1,0	55,4	10,8	6,0
12	L 7724	9487	80	98	3,4	6,6	3,0	62,6	7,3	5,2
10	L 7647	9237	80	104	3,1	5,8	5,0	64,9	4,1	4,9
27	<b>INIA Tacuarí</b>	9184	86	98	5,0	6,6	4,6	64,4	5,5	4,8
16	L 7761	9147	84	101	3,3	6,2	2,5	61,0	5,5	5,1
15	L 7759	9121	84	102	2,4	6,3	1,3	60,9	5,4	4,7
14	C 308	8978	99	102	0,8	5,9	1,8	64,9	7,2	6,0
17	L 7751	8974	81	101	3,5	6,1	2,5	61,2	4,1	5,1
18	L 6966	8608	82	107	3,8	6,3	1,8	60,5	4,8	4,5
19	L 6970	8324	84	107	3,3	6,3	1,0	59,7	3,7	4,6
28	<b>INIA Caraguatá</b>	8251	81	108	2,2	6,1	1,5	65,2	4,0	5,1
	<b>Media</b>	9465	86	102	3,3	6,0	3,5	63,2	5,3	5,2

#### E4-1

Zafra 2010/11. Este ensayo al igual que el anterior se sembró en Treinta y Tres y Artigas. En promedio, el ensayo de Treinta y Tres fue 1 t/ha más productivo que el de Artigas. En el año, el material más rendidor en las dos localidades fue INIA Olimar. INIA Tacuarí (testigo de calidad americana) se ubicó a mitad de tabla para la localidad de Treinta y Tres, encontrándose varios materiales con rendimiento superior al mismo. Dentro de los materiales más destacados se puede mencionar a L7905 el cual proviene del cruzamiento de L2825 CA (precoz y resistente a frío) con INIA Caraguatá (buen tipo de planta, calidad culinaria y molinera y resistencia a Brusone). El mismo combina las características de ambos cultivares con un buen potencial de rendimiento en ambas localidades (Cuadro 3).

Además de la línea L7905 hay varias líneas que combinan buen rendimiento con buenas características agronómicas y molineras. Seguramente, de este grupo de materiales se seleccionen algunas para ingresar a la

Red Nacional de Evaluación de Cultivares en la próxima zafra.

Comportamiento en las últimas zafras. En el promedio de los 4 años de evaluación (2007/08 – 2010/11), el rendimiento del grupo de cultivares fue de 9,5 t/ha. INIA Tacuarí tuvo un rendimiento de 9,5 t/ha, siendo superada por varias de las líneas y por las variedades tropicales testigo (Cuadro 4). Las 3 líneas de mayor potencial, tuvieron un rendimiento 5% superior al de INIA Tacuarí, pero presentaron problemas de calidad molinera. Debajo de éstas se encuentran algunas líneas como L7069 y L 8154, que combinan mayor rendimiento que los testigos con buena calidad.

La línea L7905, con rendimientos destacados en 2010/11, mostró un rendimiento similar al promedio del grupo, debido a su baja producción en la zafra 2008/09, de todas formas, por sus características, amerita continuar con la evaluación de la misma en la próxima zafra.

Cuadro 3. Evaluación Avanzada, E4-1, 2010/11. Rendimiento, características agronómicas, calidad molinera y culinaria en Treinta y Tres.

Nº	Cultivar	Rendimiento			Altura cm	C. Flor. días	IS Rhizo. (1)	IS Scler. (1)	Pyri (1)	Entero		Yesado		Disp. Alcali
		kg/ha								%		%		
		TyT.	Art.	Media						TyT.	Art.	TyT.	Art.	
29	INIA Olimar	11026 +	10538 +	10782	90	115 +	0.7	5.3	6.5	64.0 -	68.3	3.1 -	3.9	5.9
20	L 8173	10567	9163	9865	86 -	116 +	0.7	5.3	3.5	57.9 -	62.0 -	6.5	6.1 +	5.1
19	L 8265	10508	8942	9725	79 -	116 +	0.7	5.7	3.0	60.9 -	61.0 -	9.1 +	10.8 +	5.1
4	L 7144	10492	9049	9770	89	116 +	1.5	5.7	1.0	67.3	63.9 -	4.4 -	7.7 +	5.0
16	L 7894	10471	7797	9134	90	117 +	0.8	4.7	0.0	63.8 -	66.0	3.3 -	3.5	5.0
22	L 8154	10464	8308	9386	91	113	0.5	5.3	3.5	66.9	61.2 -	3.1 -	10.9 +	5.0
6	L 7069	10410	8208	9309	79 -	113	1.2	5.0	3.5	63.8 -	67.4	3.4 -	2.7	5.0
23	L 8157	10283	7811	9047	80 -	116 +	0.8	6.3	3.5	63.0 -	65.2	4.3 -	6.4 +	5.1
1	L 7359	10170	7417	8794	98 +	115 +	0.5	5.0	3.0	67.8	66.5	3.1 -	5.9 +	5.1
17	L 7905	10066	10089 +	10078	89	116 +	0.8	5.7	0.0	68.7	65.6	3.9 -	2.8	5.0
21	L 8189	10025	9867	9946	87	115 +	0.7	5.0	3.0	62.5 -	56.2 -	7.1	5.3	5.0
15	L 7900	9979	8150	9065	92	114	0.7	5.3	0.0	64.9	64.6 -	3.9 -	3.8	5.0
13	L 7897	9898	8363	9131	92	116 +	1.2	6.3	0.0	63.6 -	62.3 -	3.7 -	5.4	5.0
2	L 7380	9802	7838	8820	94	113	0.7	6.3	3.0	66.3	66.6	4.4 -	2.5	5.5
8	L 7216	9788	7723	8756	92	114	0.8	6.3	3.5	67.1	68.5	3.6 -	1.7	5.1
30	El Paso 144	9726	10818 +	10272	93	121 +	0.7	6.3	6.5	61.7 -	66.9	5.1	3.4	6.0
28	INIA Tacuarí	9690	8436	9063	92	111	2.2	6.7	1.0	67.2	68.2	6.5	3.2	5.0
12	L 7896	9510	7795	8653	92	112	1.0	6.0	3.0	64.1 -	60.5 -	4.1 -	4.0	5.0
14	L 7891	9479	8359	8919	91	112	0.8	5.7	0.0	65.1	67.0	3.9 -	3.0	5.0
11	L 7876	9427	8376	8902	86 -	116 +	1.7	6.3	3.5	63.3 -	68.4	2.4 -	2.1	5.0
5	L 7143	9350	8364	8857	92	115 +	2.0	6.7	3.0	66.6	68.3	5.3	2.2	5.0
18	L 8269	9205	9185	9195	79 -	117 +	0.8	5.7	3.5	57.6 -	69.3	11.5 +	2.7	5.2
26	L 8302	9035	8972	9003	80 -	115 +	2.7	6.7	3.0	65.8	66.2	3.4 -	4.0	5.3
24	L 8306	9017	10041 +	9529	82 -	111	0.7	6.3	3.5	63.9 -	57.9 -	4.1 -	4.4	5.2
10	L 7226	9017	8040	8529	92	114	3.2	6.3	1.0	67.1	63.9 -	3.3 -	0.9 -	5.0
3	L 7393	8892	7318	8105	86 -	125 +	0.7	6.7	1.0	61.5 -	63.0 -	3.7 -	5.2	5.0
7	L 7046	8876	8018	8447	91	111	2.5	6.0	3.0	64.5	57.4 -	2.9 -	3.7	5.0
9	L 7227	8833	8165	8499	88	113	1.3	6.0	0.0	64.7	68.1	3.4 -	1.4	5.0
25	L 8329	8747	9538	9143	85 -	116 +	1.0	6.7	3.0	64.5	63.7 -	7.5	7.9 +	5.1
27	Caragatá	7788 -	7732	7760	83 -	121 +	1.0	6.7	0.0	65.4	66.4	3.7 -	2.7	5.1
<b>Media</b>		9685	8614		88	115	1.1	5.9	2.4	64.4	67.7	4.6	6.4	5.1
<b>P Bloque</b>		0.00	0.00		0.66	0.00	0.01	0.49		0.01	0.00	0.00	0.00	
<b>P Cultivar</b>		0.00	0.00		0.00	0.00	0.16	0.11		0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>C.V. %</b>		8.0	10.9		3.7	1.6	90.2	14.5		2.7	3.2	11.8	19.4	
<b>MDS</b>		1271	1542		5.4	3.1	1.7	1.4		2.9	3.3	1.8	3.6	

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

Cuadro 4. Evaluación Avanzada, E4-1. Promedios de rendimiento, calidad industrial y características agronómicas en Treinta y Tres (4 años).

N	Cultivar	Rend Kg/ha	Altura cm	CF días	Rhizo (1)	Scler (1)	Pyri (1)	Entero %	Yeso %	Disp. Alcali
19	L 8265	10217	76	104	2.7	5.9	4.5	53.9	8.4	5.2
20	L 8173	10132	81	104	2.6	5.3	4.8	52.3	6.6	5.0
18	L 8269	9936	75	102	1.9	5.6	4.8	52.4	8.6	5.1
6	L 7069	9837	78	105	3.1	5.8	1.5	60.8	4.9	4.7
22	L 8154	9834	84	102	3.0	5.5	4.8	60.2	3.3	5.1
21	L 8189	9788	84	105	1.8	4.7	4.5	58.6	5.6	5.0
<b>29</b>	<b>INIA Olimar</b>	9656	83	101	4.3	6.4	3.8	63.4	4.8	5.3
24	L 8306	9691	76	99	3.4	6.5	4.8	53.6	4.1	5.4
13	L 7897	9636	84	102	3.5	6.1	3.0	62.5	5.4	4.9
16	L 7894	9606	84	103	3.9	5.4	3.7	62.0	7.0	5.0
23	L 8157	9587	77	104	1.8	5.2	4.8	55.6	2.8	5.2
25	L 8329	9584	79	101	2.6	6.2	4.5	61.2	4.9	5.2
12	L 7896	9564	86	98	3.4	6.0	4.0	61.0	6.0	4.7
15	L 7900	9531	87	101	2.8	5.7	3.3	63.4	5.9	4.7
4	L 7144	9526	83	104	5.0	6.5	1.0	66.1	5.3	4.8
<b>28</b>	<b>INIA Tacuari</b>	9481	84	100	5.4	6.7	3.3	64.4	6.5	4.8
8	L 7216	9471	86	103	3.7	6.5	3.8	66.1	3.8	5.1
11	L 7876	9444	77	102	3.3	5.9	4.5	57.0	3.2	4.8
14	L 7891	9436	87	99	3.8	5.8	3.7	62.5	6.7	4.8
2	L 7380	9427	87	101	4.5	7.2	3.5	62.0	6.4	5.4
1	L 7359	9411	92	102	4.4	6.4	2.0	64.7	3.8	5.2
<b>30</b>	<b>El Paso 144</b>	9194	83	103	5.0	7.0	2.7	63.0	6.7	5.4
17	L 7905	9375	78	103	3.1	5.8	2.7	65.9	4.5	4.8
26	L 8302	9337	76	101	4.1	5.6	4.5	62.2	3.5	4.9
7	L 7046	9278	84	100	5.5	6.5	4.0	63.7	5.3	4.8
5	L 7143	9220	87	102	4.3	6.7	3.0	64.8	6.9	4.8
9	L 7227	9086	82	102	3.1	6.3	0.0	63.3	3.2	5.0
10	L 7226	9052	85	102	4.6	6.1	2.5	65.6	4.0	4.8
3	L 7393	8963	83	113	1.7	6.3	0.5	63.2	4.7	5.0
27	<b>Caraguatá</b>	8318	89	111	1.6	6.8	4.5	65.5	3.5	5.7
<b>Media</b>		9487	83	103	3.5	6.1	3.4	61.4	5.2	5.0

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

## EVALUACIÓN DE CULTIVARES *INDICA*

Fernando Pérez de Vida<sup>1/</sup>, Walter Silvera<sup>1/</sup>, Daniel Ramírez<sup>1/</sup>, Carolina Sanchez<sup>1/</sup>, Claudia Marchesi<sup>2/</sup>

### INTRODUCCIÓN

La selección de germoplasma del subtipo *Indica* se realiza en la Unidad Experimental de Paso de la Laguna (UEPL), Treinta y Tres, mientras que para la evaluación cultivares con al menos 2 años de avance se adiciona al menos una instancia en la Unidad Experimental en Paso Farías (UEPF), Artigas. Los cultivares que participan en la Red Nacional de Evaluación de Cultivares (RNEC), además son evaluados en dos sitios adicionales (Río Branco y Tacuarembó). En esta zafra 2010/11, dos cultivares se avanzaron a la RNEC; estos

también se integraron a la Evaluación final interna del Programa de Mejoramiento Genético, junto a 4 líneas experimentales. Por otra parte un grupo de 30 genotipos se evaluaron por tercer año en su etapa de evaluación avanzada en UEPL y UEPF. En función del flujo de germoplasma seleccionado en años anteriores y la imposibilidad de completar la evaluación preliminar en 2009/10 debido a un evento de granizo, en esta zafra se realizó la evaluación de 1030 líneas experimentales en generaciones F6, F7 y F8.

Cuadro 1. Número de cultivares *Indica* en diferentes etapas de evaluación de rendimiento, calidad industrial y caracteres de interés agronómico en la zafra 2010/11.

Etapas de Evaluación	No. cultivares	No. repeticiones	No. ensayos	Localidades
Final	2*+4	4	3	4*/1
Avanzada	29	3	1	2
Intermedia	-	-	-	-
Preliminar	1030	2	24	1

\* en red nacional de evaluación de cultivares.

### EVALUACIÓN AVANZADA

En esta etapa se integran cultivares en su tercer año de evaluación. En este año, la mayoría de estos provienen del programa de mejoramiento de FLAR, ingresados en viveros para ecosistemas "templados" y "subtrópico". Adicionalmente se evaluaron 4 cultivares originados en poblaciones desarrolladas y seleccionadas localmente (L5903, L5904 (Cuaró/CT9506), L5945 (Cuaró/IRGA417) y L5830 (Cuaró/CT9685) (listado completo en Cuadro 2).

#### Zafra 2010/11

En este año la siembra realizó el 12-oct-2010 (1er baño: 22-oct; 2do baño: 28-oct; emergencia: 15-nov) en UEPL. El diseño fue de bloques completos al azar con 3 repeticiones con parcelas de 6 hileras de 3,5 m de largo y 0,20 cm entre hileras. La densidad de siembra fue de 165 kg/ha, corregido por porcentaje de germinación. La fertilización total realizada fue de 82kg N, 72Kg P205 y 12,6kg de K por hectárea. El fertilizante nitrogenado se dividió en 12,6 unidades a la siembra, 36,8 en macollaje y 32,2 en elongación de entrenudos.. El control de malezas se realizó mediante una aplicación de herbicidas en mezcla de tanque a razón de Clomazone (Command) 0,9 lt/ha, Quinclorac (Facet) 1,3 lt/ha, Molinate (Propanil) 2 a 3,5 lt/ha y Pirazosulfurón (Cyperex) 200 gr/ha. En UEPF se sembró el 22-oct-2010; la fertilización fue de 64 kg de N, fraccionados en siembra (18kg/ha), macollaje (23 kg/ha) y primordio (23 kg/ha) y 46 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha aplicados a la siembra

La evaluación realizada en las dos localidades mencionadas presentó resultados similares en el

ranking por rendimiento de cultivares (Cuadro 2). En UEPL, con rendimiento medio de 9,98 t/ha, coeficiente de variación 12,5%, un grupo de 18 cultivares con rendimientos entre 10,5 y 12,3 t/ha no se diferencian estadísticamente. En UEPF, con rendimiento medio de 9,99 t/ha, se obtuvieron resultados similares con un grupo de 16 cultivares con rendimientos entre 10 y 11,5 t/ha. El ANAVA no detecta interacción significativa cultivares\*localidad, encontrándose cuatro cultivares (FL05602, L4806, L4811 y L5830) de alto rendimiento en UEPL con una disminución de 1 t/ha en UEPF. Sin embargo los materiales de menor productividad lo son en ambos sitios. Estos, en general, presentan ciclos mayores que los testigos a floración (datos no mostrados), indicando falta de adaptación aún en la localidad de más larga estación de crecimiento y en un año agrícola con alta radiación.

En el grupo de materiales destacados por su productividad en SSL en ambas localidades están junto al testigo INIA Olimar las líneas L4806, L3821CA y L4811 confirmando lo que se reportó el año anterior (Pérez de Vida 2010). Estos cultivares de alto potencial son susceptibles a *Pyricularia*. Similar situación se da con nuevos cultivares de promisorio comportamiento productivo como FL05602 (11,2t/ha) y FL04540 (10,7t/ha) que presentan susceptibilidad a brusone. La combinación de alta productividad y resistencia se encuentra en cultivares como L5903 (11,4 t/ha, R), FL005090-8M-12-Mb (11,1 t/ha, MR), FL06368-M-7-2P-2P (10,7 t/ha, R) y FL06058-9M-6-2P-2P (10,5 t/ha, R) (Cuadros 2 y 3). El cultivar FL06045 (10,2 t/ha, R) presentó susceptibilidad a bajas temperaturas en vegetativo (observaciones de campo) y floración (en condiciones controladas) y escasa adaptación a siembras tardías (ensayos de Evaluación Final).

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

<sup>2/</sup> INIA Tacuarembó

Cuadro 2. Rendimientos “sano, seco y limpio” (SSL) en cultivares *Indica* en la zafra 2010/11, en dos localidades Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL), Treinta y Tres y Unidad Experimental Paso Farías (UEPF), Artigas.

Semienanos 1, 2010/11		Rendimiento SSL					
Cultivar	Promedio	UEPL			UEPF		
L5903	11416	11351	A	B	C*	11482	A
FL05602-12P-3-1P-2P-M	11249	12270	A			10227	A B C D E F
L4806	11242	12197	A			10287	A B C D E F
FL005090-8M-12-Mb	11141	11999	A			10283	A B C D E F
<b>INIA Olimar</b>	11135	11751	A	B		10519	A B C D E F
L5945	11132	12165	A			10099	A B C D E F G
L5904	11041	11313	A	B	C	10769	A B C D
<b>INIA Cuaró</b>	11004	11004	A	B	C	D	
FL005090-8M-5-M	10752	10710	A	B	C	D	E
FL06368-M-7-2P-2P	10744	10925	A	B	C	D	
L 3821 CA	10729	10961	A	B	C	D	
FL04540-2M-10P-5M-1	10729	10544	A	B	C	D	E
FL04534-5M-8P-4M-3P-M	10652	11103	A	B	C	D	
FL06058-9M-6-2P-2P	10550	10608	A	B	C	D	E
<b>El Paso 144</b>	10410	10839	A	B	C	D	E
L 4811	10394	11486	A	B	C		
L5830	10309	11403	A	B	C		
FL06045-11M-1-1P-3P	10258	10224	A	B	C	D	E
FL005089-14M-24-M	10072	10498	A	B	C	D	E
FL06086-3M-7-2P-1P	10069	9954		B	C	D	E
FL06045-11M-1-1P-2P	9893	9637			C	D	E
FL06045-11M-1-1P-1P	9395	9681				C	D
FL05516-8P-3-5P-1P-M	9145	8854					E
FL06499-M-15-1P-2P	9111	9123					D
FL05998-2M-1-6P-1P	8949	9611					C
FL04459-6M-21P-4M-1-2P	8940	8186					F
FL06057-8M-6-1P-3P	8449	7403					G
FL06508-M-2-2P-2P	8348	7943					F
FL06014-3M-6-1P-1P	7751	7466					G
FL05463-1P-4-1P-3P-M	7710	7544					G
FL06024-7M-6-1P-1P	7574	7269					G
FL005090-8M-11-M	7414	7267					G

\*Análisis de separación de medias con t-Student (MDS 0.05), por localidad. Cultivares con igual letra no difieren significativamente.

La calidad molinera fue en general superior a los parámetros establecidos como base para la comercialización por lo cual la mayoría de los cultivares presentarían beneficios, considerando su

comportamiento en ambas localidades. FL04534 de buen potencial y resistente a brusone presenta valores de %yeso superior a los testigos. (Figura 1).

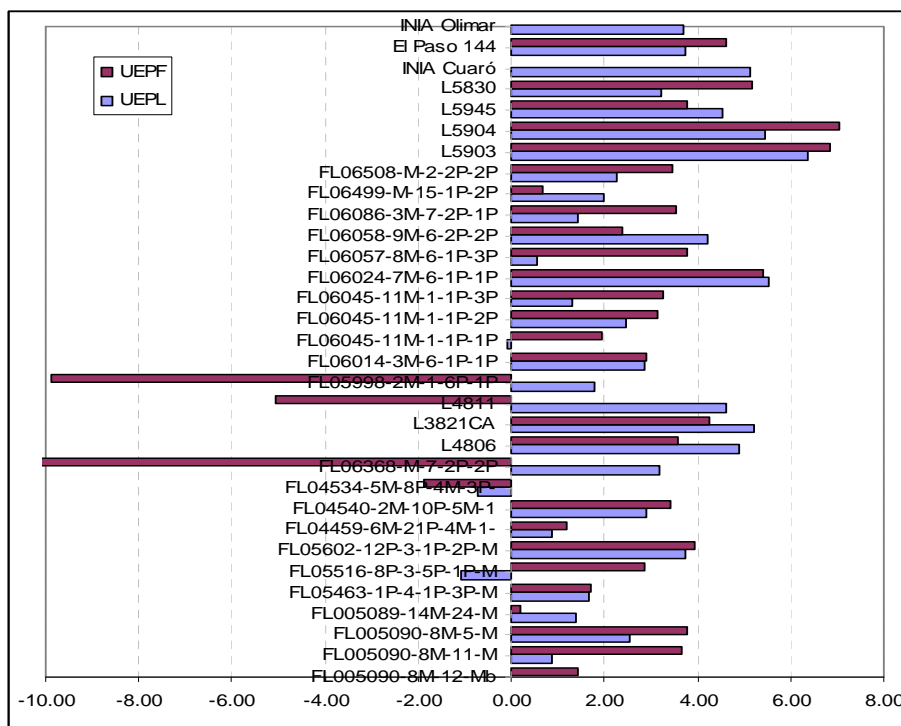


Figura 1. Porcentajes de beneficios y perdidas según calidad molinera en cultivares *Indica* en la zafra 2010/11, en dos localidades, Unidad Experimental Paso de la Laguna, Treinta y Tres y Unidad Experimental Paso Farías, Artigas.

Cuadro 3. Rendimientos físico, parámetros de calidad molinera, dimensiones de granos pulidos y reacción a *Pyricularia* (camas de infección) en cultivares *Indica* en la zafra 2010/11, en dos localidades Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL), Treinta y Tres y Unidad Experimental Paso Farías (UEPF), Artigas.

Cultivares	Rend(kg/ha)		%BT		% entero		%Yesado		%Manchado		L	W	L/W	Reacción a pyricularia	
	Prom	UEPL	UEPF	UEPL	UEPF	UEPL	UEPF	UEPL	UEPF	UEPL					UEPF
FL005090-8M-12-Mb	11.15	11.88	10.42	68.3	69.2	59.9	61.9	4.3	5.8	1.9	1.2	6.70	2.00	3.35	3
FL005090-8M-11-M	7.34	7.10	7.57	70.3	70.2	63.3	65.2	5.7	3.1	6.6	1.2	6.36	2.09	3.05	4
FL005090-8M-5-M	10.51	10.34	10.68	69.8	70.3	63.2	65.3	5.3	5.4	1.0	0.8	6.99	2.11	3.31	5
FL005089-14M-24-M	10.08	10.25	9.92	69.2	68.9	61.5	59.6	4.6	5.0	2.5	1.1	7.18	2.02	3.56	4
FL05463-1P-4-1P-3P-M	7.67	7.32	8.03	70.0	69.1	61.4	62.3	2.9	3.4	3.3	1.2	6.92	2.25	3.11	0
FL05516-8P-3-5P-1P-M	9.15	8.84	9.45	71.0	70.9	55.0	62.7	3.8	5.1	3.9	3.3	6.45	2.09	3.09	0
FL05602-12P-3-1P-2P-M	10.88	11.65	10.12	69.7	69.7	65.9	66.1	1.0	1.8	1.0	0.8	6.66	2.03	3.29	8
FL04459-6M-21P-4M-1-2P	8.94	8.01	9.87	70.9	71.0	59.2	62.7	4.9	9.3	1.7	1.0	6.48	2.17	2.98	1
FL04540-2M-10P-5M-1	10.49	10.14	10.83	69.1	69.4	64.9	65.5	1.6	1.7	1.6	0.7	6.65	2.05	3.25	8
FL04534-5M-8P-4M-3P-M	10.89	11.08	10.69	69.6	69.9	59.2	60.9	8.4	12.6	1.3	1.0	6.69	2.15	3.12	1
FL06368-M-7-2P-2P	10.23	10.48	9.97	68.1	70.4	66.3	66.1	1.7	0.7	2.8	1.9	6.62	2.06	3.22	1
L4806	10.87	11.53	10.21	70.5	69.8	67.2	65.3	2.3	1.8	2.0	0.7	6.18	2.02	3.06	8
L3821CA	10.33	10.32	10.34	70.8	69.7	67.6	66.8	2.0	2.8	1.7	1.5	6.60	2.22	2.97	8
L4811	10.49	10.88	10.10	71.1	50.1	66.4	67.2	3.7	1.9	2.2	0.8	6.53	2.07	3.16	8
FL05998-2M-1-6P-1P	9.43	9.34	9.52	70.2	70.1	61.0	37.9	2.2	4.3	1.3	1.1	6.45	2.06	3.13	3
FL06014-3M-6-1P-1P	7.63	7.16	8.10	70.6	70.3	63.2	63.6	2.8	3.0	2.3	1.0	6.65	2.39	2.80	1
FL06045-11M-1-1P-1P	9.40	9.59	9.22	69.7	70.5	58.5	61.3	4.8	3.1	1.9	0.5	6.62	2.14	3.09	1
FL06045-11M-1-1P-2P	9.71	9.30	10.12	70.2	70.2	62.7	64.1	2.8	2.1	3.7	1.3	6.80	2.14	3.17	3
FL06045-11M-1-1P-3P	10.12	9.99	10.25	70.6	70.7	60.3	63.8	3.9	2.5	2.6	1.8	6.96	2.34	2.97	1
FL06024-7M-6-1P-1P	7.27	6.79	7.75	71.7	71.8	67.4	67.1	2.4	1.8	2.0	2.6	6.08	2.05	2.97	4
FL06057-8M-6-1P-3P	8.34	7.26	9.43	68.6	70.6	60.6	65.0	2.9	3.2	3.9	1.3	6.89	2.35	2.95	1
FL06058-9M-6-2P-2P	10.23	10.08	10.38	71.3	70.7	65.2	61.9	4.0	2.6	1.5	0.9	6.70	2.24	3.03	1
FL06086-3M-7-2P-1P	9.91	9.71	10.11	69.9	70.4	61.0	64.7	2.9	3.5	3.8	1.8	6.60	2.23	2.98	3
FL06499-M-15-1P-2P	9.15	8.84	9.47	70.4	69.4	62.0	60.4	4.8	3.3	5.5	1.3	6.62	2.19	3.04	1
FL06508-M-2-2P-2P	8.27	7.67	8.88	69.1	69.5	63.4	65.4	1.8	2.0	2.9	2.8	6.56	2.34	2.82	1
L5903	10.86	10.57	11.15	71.9	72.4	68.8	69.3	3.9	3.9	1.5	0.6	6.43	2.08	3.09	1
L5904	10.55	10.63	10.46	72.5	72.7	66.4	69.5	3.6	2.2	2.3	0.8	6.75	2.35	2.88	1
L5945	9.67	11.54	7.81	69.9	70.0	67.1	65.8	1.2	3.1	1.6	33.3	6.61	2.14	3.09	5
L5830	10.06	10.94	9.17	70.6	70.8	63.9	67.6	4.6	2.4	1.2	0.9	6.89	2.30	3.01	1
INIA Cuaró	10.37	10.37	0.00	70.7		67.6		1.6		2.2	0.0	6.27	1.99	3.15	1
El Paso 144	10.15	10.35	9.95	69.8	70.6	65.6	67.1	3.4	3.6	0.9	0.4	6.43	2.24	2.87	8
INIA Olimar	10.88	11.23	10.53	69.7	69.7	65.7	66.3	2.1	0.8	1.8	0.6	6.83	2.16	3.17	8



### Análisis histórico

Este conjunto de cultivares acumulan por lo menos 3 años de evaluación en el PMGA, en las dos localidades mencionadas. En estos experimentos, los cultivares testigos El Paso 144 e INIA Olimar, representativos del germoplasma de mayor adaptación y productividad en

el país, alcanzaron un rendimiento promedio de 9,9 t/ha (SSL, n=10. En la figura 2 se presenta la información del comportamiento productivo del grupo de cultivares, así como la productividad media de INIA Olimar (10,2 t/ha) y El Paso 144 (9,6 t/ha) en la serie; el rendimiento SSL de las LEs se reporta en términos relativos al promedio de los testigos (base 100=9,9 t/ha).

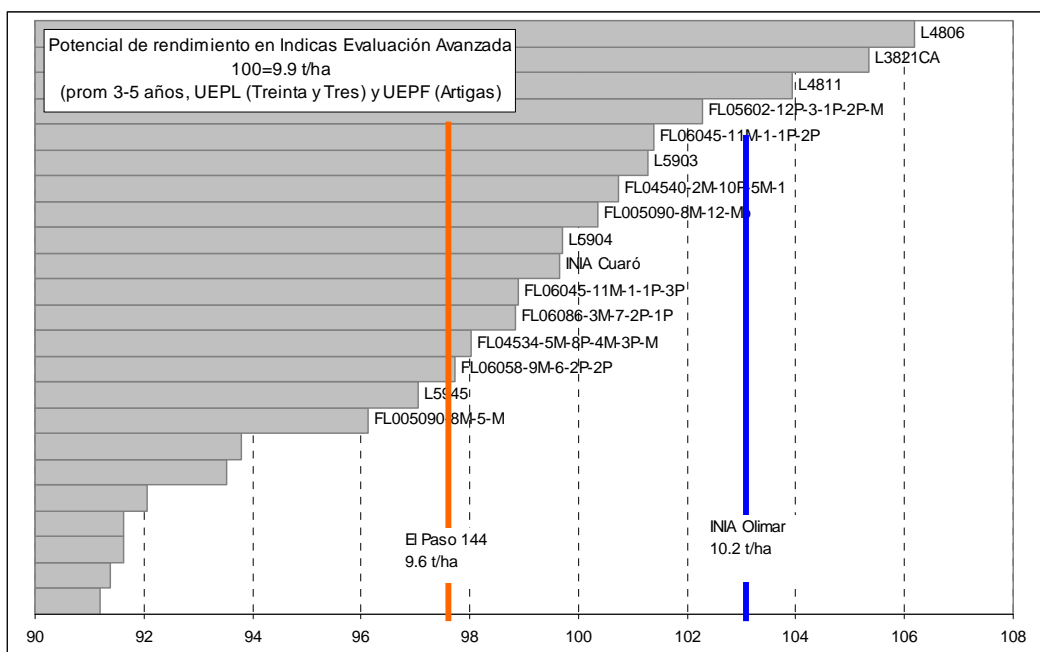


Figura 2. Rendimientos ponderados por calidad industrial según bases de comercialización (SSL), promedios de 3 a 5 años, en Unidades Experimentales de Paso de la Laguna y Paso Farías.

Como se reportara el año anterior (Pérez de Vida 2010), las líneas L4806, L3821CA y L4811 se destacan por su alta productividad similar a INIA Olimar. En similar potencial de rendimiento se ubican los cultivares FL05602, FL04540, FL06045, L5903, y FL05090-8M-12. De todos estos cultivares, sólo los 3 últimos presentan resistencia a brusone (reacciones MR, R y MR respectivamente). En contraposición a estas características de interés, a su carácter de hojas glabras y ciclo intermedio, FL06045 presenta baja adaptación a siembras tardías y susceptibilidad a bajas temperaturas en estadios vegetativos. De igual manera L5903 – cultivar de ciclo largo- de alta productividad en siembras tempranas, decayó significativamente en siembras tardías según reportado en capítulo de Evaluación Final.

### EVALUACIÓN PRELIMINAR

En esta etapa se evaluaron un total de 1030 nuevas líneas experimentales (LE) resultantes del trabajo de selección realizado en años precedentes sobre poblaciones locales (342 LEs) y generadas en el convenio con FLAR (688 LEs). Se dispusieron en el campo en 24 experimentos, en bloque completos al azar con dos repeticiones. A los efectos de su presentación se separan por generaciones F8, F7 y F6, que se corresponden con los diferentes años de ingreso

al programa en estadio F3, es decir 2005/06, 2006/07 y 2007/08.

La totalidad de los ensayos se sembraron entre el 20 y 26 de octubre, con emergencias entre el 11 y 15 de noviembre de 2010, previo dos baños. Se aplicó un total de 86 kg de N entre siembra (12,8), macollaje (36,8) y elongación de entrenudos (36,8). No se aplicaron fungicidas.

Los testigos INIA Olimar, El Paso 144 e INIA Cuaró presentaron rendimientos promedios de 10,9, 10,5 y 10,4 t/ha (dif. ns, P= 0,17) respectivamente en los 24 experimentos. Sin embargo, se presentaron diferencias en productividad promedio entre experimentos considerando solo los testigos mencionados; por lo cual, se utilizó el rendimiento de estos como medio de corrección de la productividad de las líneas experimentales, y así hacer comparables LEs de diferentes ensayos. De esta manera, el rendimiento promedio corregido de los testigos a través de 24 ensayos fue de 11, 10,8 y 10,5 t/ha para INIA Olimar, El Paso 144 e INIA Cuaró, respectivamente. En este contexto, aproximadamente un 21% del total de las LEs rindieron al menos 10,8 t/ha (Figura 3).

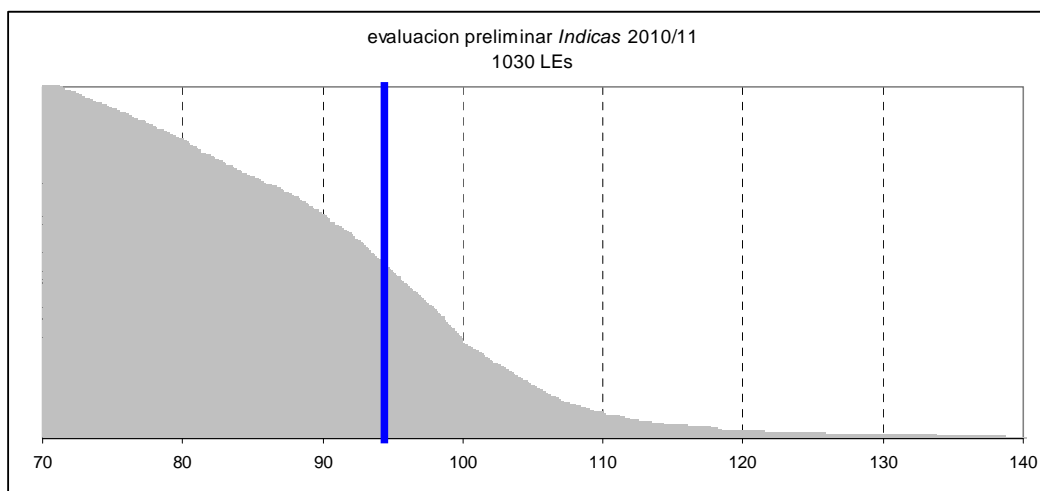
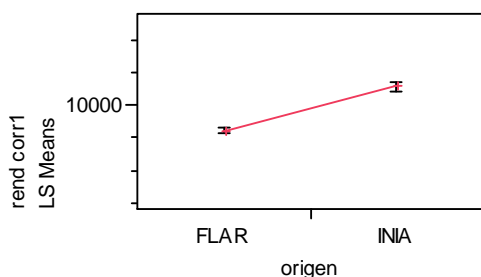
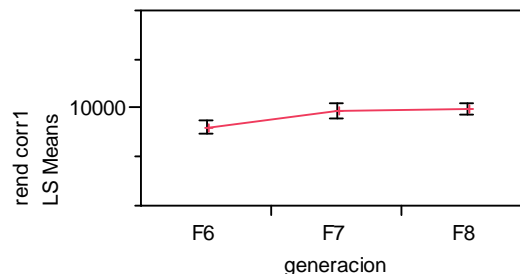


Figura 3. Rendimientos físicos de líneas experimentales en evaluación preliminar en Unidad Experimental Paso de la Laguna. Rendimientos expresados en valor relativo a promedio de testigos (El Paso 144 e INIA Olimar, 10,8 t/ha=100).

Considerando todos los cultivares evaluados, incluidos los testigos, se obtienen diferencias muy significativas entre ensayos en rendimiento corregido como mencionado; esto es indicativo de los diferentes potenciales entre grupos de cultivares. En este sentido, las LEs de origen local superan significativamente a las de origen FLAR. Estas últimas presentan una mayor diversidad genética, con aportes de padres más diversos, lo que se trasunta en mayor frecuencia de materiales con menor adaptación a las condiciones locales (por ej, incidencia de bajas temperaturas en vegetativo y llenado de granos en esta zafra).



#### Cultivares en generación F8

Este grupo de cultivares se sembró en 9 experimentos. Los testigos presentaron un rendimiento más alto que en el promedio señalado anteriormente, obteniendo en el entorno a 11,5 t/ha. Aproximadamente un 30% de los nuevos cultivares evaluados produjeron más de 11,5 t/ha indicando el alto potencial de este grupo. De este subgrupo de alto potencial, sobre un total de 127 LEs, 116 son de originadas en cruzamientos locales de cultivares INIA (Olimar, Cuaró) con líneas provenientes del programa FLAR.

De igual manera, las distintas generaciones de materiales (independientemente de su origen) presentaron diferencias estadísticamente significativas, destacándose la menor productividad general del grupo F6.

Cuadro 4. Distribución de cultivares *Indica* generación F8 en Evaluación Preliminar según rendimiento físico en zafra 2010/11. Paso de la Laguna, Treinta y Tres.

	Rendimientos (t/ha)					
	total	>9	>10	>11	>12	>13
N° de LEs	413	332	284	184	46	6
%	100	80	69	45	11	1

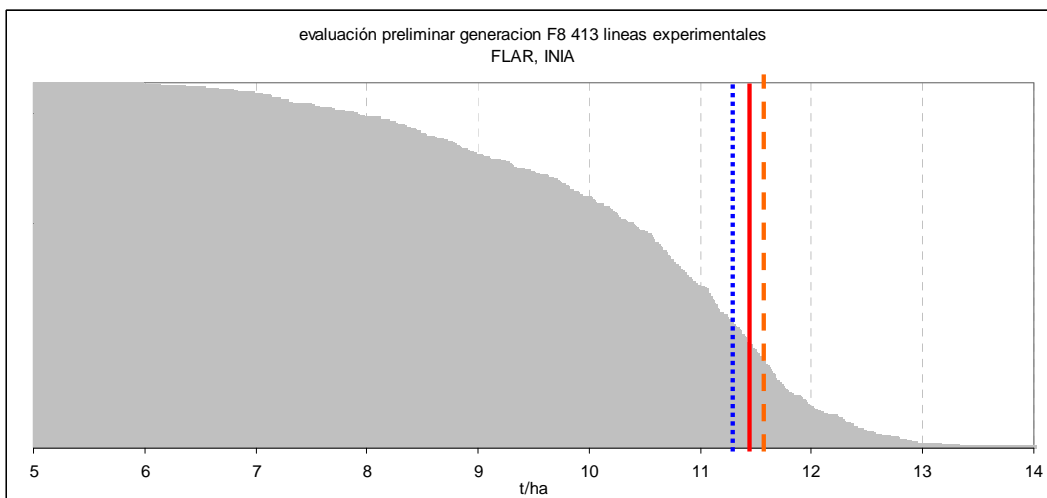


Figura 3. Rendimientos físicos de líneas experimentales de generación F8 evaluadas en 2010/11 en Paso de la Laguna. La línea vertical completa representa el rendimiento medio de los testigos INIA Olimar y El Paso 144 en 9 experimentos; la línea vertical punteada es el rendimiento medio de El Paso 144 y la línea vertical de trazo discontinuo es el rendimiento medio de INIA Olimar.

Cultivares en generación F7

El grupo de cultivares F7 se sembró en 6 ensayos con fecha de siembra y manejo similar a los precedentes; sin embargo, los testigos comunes (El Paso 144 e INIA Olimar) alcanzaron rendimientos 1 t/ha inferiores. Este comportamiento se debería a variaciones geo-espaciales en suelo, no corregidas por la fertilización, descartándose la ocurrencia de enmalezamientos o problemas de irrigación; la ocurrencia de bajos rendimientos afecta a 2 y 3 parcelas en 12 en INIA Olimar y El Paso 144 respectivamente, siempre en diferentes experimentos.

Cuadro 5. Distribución de cultivares *Indica* generación F7 en Evaluación Preliminar según rendimiento físico en zafra 2010/11. Paso de la Laguna, Treinta y Tres.

	Rendimientos (t/ha)					
	Total	>9	>10	>11	>12	>13
N° de LEs	242	175	124	66	22	4
%	100	72.3	51.2	27.3	9.1	1.7

Considerando rendimientos corregidos, la frecuencia de altos rendimientos en las LEs de este grupo resulta algo inferior al grupo precedente; el 50% de los cultivares produce 10t/ha o más, cuando en los genotipos F8 aprox. 70% alcanzaba dicho nivel de rendimientos. Sin embargo, en los rendimientos superiores a 12 t/ha, ambos grupos tienen entre 11 y 12% de los cultivares (Cuadros 3 y 4).

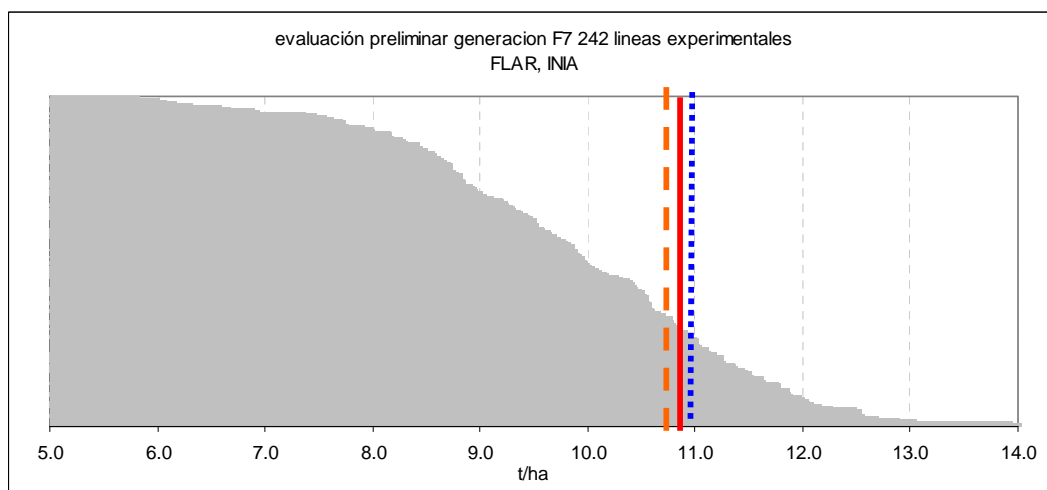


Figura 4. Rendimientos físicos de líneas experimentales de generación F7 evaluadas en 2010/11 en Paso de la Laguna. La línea vertical completa representa el rendimiento medio de los testigos INIA Olimar y El Paso 144 en 6 experimentos; la línea vertical punteada es el rendimiento medio de El Paso 144 y la línea vertical de trazo discontinuo es el rendimiento medio de INIA Olimar.

Cultivares en generación F6

En este grupo de ensayos los testigos INIA Olimar y El Paso 144 promediaron 10,8 t/ha. En este contexto, más del 20% de las 315 LEs evaluadas por primer año tienen rendimientos de 11 o más t/ha, incluyendo 7 materiales obteniendo una diferencia de mas de 2 t/ha. Dicha diferencia es estadísticamente significativa.

En base a rendimientos corregidos, la frecuencia de rendimientos superiores a 10 t/ha en este grupo resulta inferior a los precedentes; el 43% de los cultivares esta en esa categoría vs aprox. 50% y 70% en materiales de

generaciones F7 y F8 respectivamente. Por el contrario la frecuencia de cultivares con rendimientos por encima de 12 t/ha es similar en los 3 grupos) aprox.10-12%.

Cuadro 6. Distribución de cultivares *Indica* generación F6 en Evaluación Preliminar según rendimiento físico en zafra 2010/11.

	Rendimientos (t/ha)					
	total	>9	>10	>11	>12	>13
N° de LEs	369.0	229	158	90	34	6
%	100	62.1	42.8	24.4	9.2	1.6

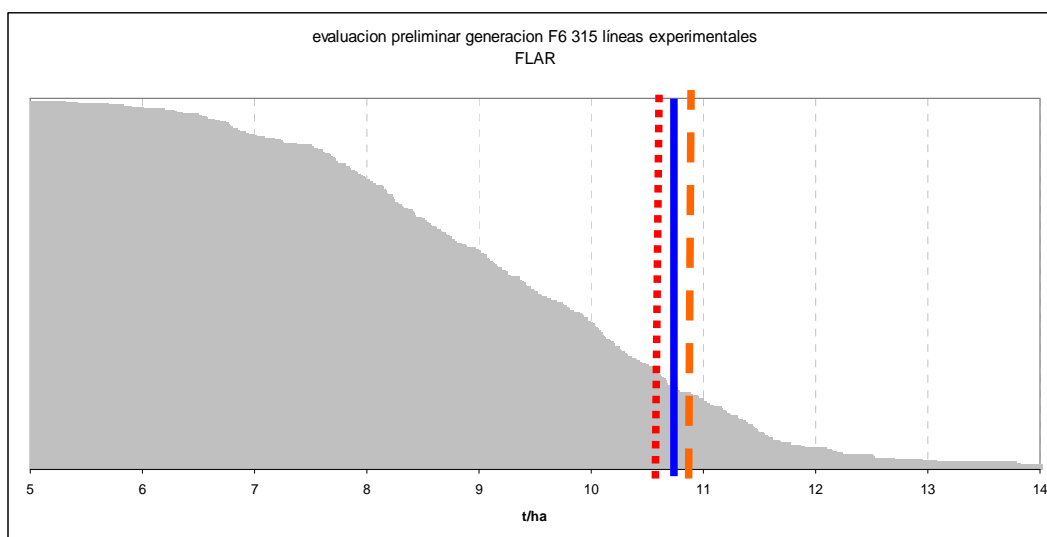


Figura 5. Rendimientos físicos de líneas experimentales de generación F6 evaluadas en 2010/11 en Paso de la Laguna. La línea vertical completa representa el rendimiento medio de los testigos INIA Olimar y El Paso 144 en 9 experimentos; la línea vertical punteada es el rendimiento medio de El Paso 144 y la línea vertical de trazo discontinuo es el rendimiento medio de INIA Olimar.

## EVALUACIÓN AVANZADA DE CULTIVARES CLEARFIELD

Pedro Blanco<sup>1/</sup>, Federico Molina<sup>1/</sup>, Andrés Lavecchia<sup>2/</sup>, Claudia Marchesi<sup>2/</sup>, Sebastián Martínez<sup>1/</sup>,  
Walter Silvera<sup>1/</sup>, Luis Casales<sup>1/</sup>

### INTRODUCCIÓN

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

Si bien el programa de mejoramiento genético de arroz de INIA comenzó a trabajar en el desarrollo de variedades Clearfield a partir de la introducción de germoplasma de la primera generación de resistencia a imidazolinonas, generada por LSU, luego de la introducción de la segunda generación, con mayor nivel de resistencia, a partir de 2001 el desarrollo de variedades se basó en ésta generación de resistencia, descartándose la primera. La segunda generación de resistencia fue obtenida mediante mutagénesis en la variedad Cypress y a partir de esta fuente se desarrollaron variedades e híbridos, como CL 161 y XL8. En nuestro programa, se realizó selección en las líneas segregantes F3 introducidas y cruzamientos con materiales locales adaptados, con el propósito de mejorar el tipo de grano y las características agronómicas.

En esta sección se presenta la información de los cultivares Clearfield que se encuentran en etapas avanzadas del proceso de mejoramiento, incluyendo los resultados de la zafra 2010/11 y el resumen de la información disponible desde el ingreso de los cultivares a evaluación. Los materiales en esta etapa se agruparon en el ensayo E5-1CL, cumpliendo 5 años de evaluación, y en los ensayos E3-1CL, E3-2CL y E3-3CL, con tres años de evaluación (no se presenta información del ensayo E3-4CL). Las líneas experimentales incluidas en el ensayo E5-1CL son de tipo *Indica*, provenientes de cruzamientos con variedades locales, y de tipo *japónica tropical* (calidad americana), provenientes de selección en las poblaciones introducidas. Por su parte, las 68 líneas evaluadas en los ensayos E3 mencionados, son las que han resultado seleccionadas a partir del grupo de 429 que ingresaron en evaluación preliminar en la zafra 2008/09. Entre éstas, las incluidas en los ensayos E3-1CL y E3-3CL son de tipo *Indica* y las que conformaron el ensayo E3-2CL son de tipo *japónica tropical*, en todos los casos provenientes de cruzamientos locales.

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

<sup>2/</sup> INIA Tacuarembó

### MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos fueron localizados en Paso de la Laguna, Treinta y Tres, y la siembra se realizó el 13/10. En el caso del ensayo E5-1CL, también se localizó en Paso Farías, Artigas, sembrándose el 22/10. Las parcelas fueron de 6 hileras de 3,4 m a 0,20 de separación y la densidad de siembra fue de 165 kg/ha de semilla, corregidos por germinación.

En T. y Tres, la fertilización basal fue realizada al voleo e incorporada con disquera (12,6 kg/ha de N, 72 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 12,6 kg/ha de K<sub>2</sub>O). Los ensayos recibieron dos aplicaciones de urea, en macollaje y primordio, de 32,2 y 27,6 kg/ha de N, respectivamente. El control de malezas en el periodo previo de evaluación de estas líneas experimentales (2 a 4 años), así como en el de selección (5 años), fue realizado con Kifix + Plurafac, a razón de 0,21 kg/ha + 0,2 l/ha. En 2010/11, el control de malezas en la totalidad del sector de ensayos (cultivares convencionales y Clearfield) fue realizado con una aplicación aérea de herbicidas convencionales, por lo que en esta oportunidad se resolvió no realizar la aplicación de Kifix.

El diseño fue de bloques completos al azar, con tres repeticiones. En los cuadros se incluye información de los análisis de varianza, indicándose si existieron diferencias significativas para cultivares o repeticiones, a través del nivel de probabilidad (diferencias significativas: 0,05 > P > 0,01; muy significativas: P < 0,01). También se incluyen el Coeficiente de Variación (CV%) y la Mínima Diferencia Significativa (MDS P < 0,05). Los signos de "+" y "-" indican diferencias significativas de cada cultivar con el testigo Puitá INTA (E5-1CL, E3-1CL y E3-3CL) y con CFX18 (CL161) (E3-2) en la respectiva columna de medias.

Se evaluó rendimiento, calidad industrial, características agronómicas e incidencia de enfermedades al final del ciclo. Esta última evaluación, al igual que la de *Pyricularia*, se realiza por el Sistema de Evaluación Estándar, con escala de 1 a 9, donde 1= Resistente y 9= Muy Susceptible. La evaluación de resistencia a *Pyricularia* se realizó en vivero con inoculación artificial con una mezcla de aislamientos del patógeno.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### E5-1CL

Zafra 2010/11. En este ensayo se incluyeron 4 líneas experimentales de tipo *japónica tropical* (calidad americana) y 1 línea japónica (grano medio), provenientes de selección local en el material segregante directamente introducido de EEUU, y 10 líneas de tipo *Indica*, provenientes de cruzamientos con IRGA 417 e INIA Olimar, junto a las variedades testigo CFX 18 (CL161) y Puitá INTA CL, de tipo *japónica*

*tropical* e *Indica*, respectivamente. Además de la línea experimental local CL244, en Paso de la Laguna se incluyeron dos reselecciones de la misma, CL244A y CL244B.

En el ensayo localizado en Paso de la Laguna, la línea experimental CL243 superó significativamente el rendimiento del testigo Puitá INTA CL, alcanzando 10,8 t/ha (Cuadro 1). También se destacó el rendimiento de CL212, con 10,7 t/ha, siendo importante mencionar que esta línea presenta buena tolerancia a Brusone. La línea CL244A, la cual proviene de purificación y multiplicación inicial de semillas, mostró mejor comportamiento que la línea original (CL244 orig.). Todos los cultivares mencionados previamente son de tipo *Indica*. El cultivar de calidad americana de mejor rendimiento fue CL179, en un nivel similar al Testigo Puitá INTA CL. El rendimiento de la línea de grano medio CL114, precoz y de panoja expuesta, fue seriamente limitado por daño de pájaros. En el ensayo localizado en Paso Farías, el máximo rendimiento fue alcanzado por CL179, con 11,7 t/ha, aunque la diferencia con el testigo Puitá INTA CL no alcanzó a ser significativa. En esta localidad se mantuvo un muy buen

rendimiento de CL243 y CL 212, los cultivares que mostraron los mayores rendimientos promedio en las dos localidades.

En general, los materiales más destacados mostraron ciclos más cortos que el de Puitá INTA CL, siendo las diferencias significativas para CL243 y CL244A. Respecto a enfermedades del tallo, si bien existieron diferencias entre cultivares en el ANOVA, éstas no alcanzaron a ser significativamente menores a la infección registrada en el testigo Puitá INTA CL. CL212 mostró adecuada resistencia a *Pyricularia* y menor incidencia de enfermedades en los tallos. Ambos ensayos mostraron excelente calidad molinera, promediando 70,5% de blanco total, 65,4% de entero y 3,3% de yesado. Las líneas más destacadas en rendimiento no presentaron problemas de calidad, aunque la mayoría de ellas tuvieron incidencia de yesado significativamente mayor que el testigo Puitá INTA CL, en el ensayo localizado en Paso de la Laguna, aunque mantuvieron valores de yesado bajos, entre 2 y 3%, con excepción de CL212, que en esta localidad tuvo 7% de yesado. En Paso Farías, por el contrario, no presentó problema (Cuadro 1).

Cuadro 1. Evaluación Avanzada, E5-1CL, 2010/11. Rendimiento, características agronómicas y calidad molinera en Treinta y Tres (TyT) y Artigas (Art.). Los cultivares CL244A y CL244B no fueron evaluados en Artigas.

N° Cultivar	Rend kg/ha			Altura cm	Cflor días	Rhizo (1)	Scler (1)	Pyri (1)	B. Tot %		Entero %		Yesado %		Alcali
	TyT	Art.	Med						TyT	Art.	TyT	Art.	TyT	Art.	
8 CL243	10848 +	10927	10888	83	111 -	0.8	6.0	8.0	70.0	69.4	63.9	65.4	2.6 +	5.4 +	5.0
7 CL212	10763	10868	10815	84	113	0.7	5.3	3.0	69.8	69.0	62.9	63.3	7.1 +	2.2	6.0
15 CL244A	10439			82	109 -	0.8	6.3	7.0	69.2		63.2		2.3 +		6.0
9 CL298	10422	11066	10744	79	111 -	1.0	6.0	7.0	70.2	69.6	61.3	63.0	7.2 +	2.3	5.5
6 CL248	9810	10459	10135	83	115	1.0	5.7	7.0	68.9	69.3	64.4	64.9	2.0 +	2.1	6.0
13 CL244 orig	9804	8920 -	9362	81	105 -	1.0	6.0	6.5	70.0	71.9 +	63.0	65.4	2.2 +	1.7	6.0
10 CL318	9796	11065	10431	78	116	0.8	5.0	7.0	68.8	71.2 +	63.3	64.1	1.4	4.7 +	6.0
17 Puitá INTA	9391	10732	10062	82	116	1.0	5.7	3.5	70.3	69.4	63.6	65.9	1.0	1.6	6.0
5 CL234	9353	9963	9658	80	115	1.3	6.7	7.5	69.6	69.6	65.3	65.2	1.8 +	2.3	6.0
11 CL179	9225	11740	10482	77	114	1.0	6.0	3.5	74.2 +	68.8	71.4 +	65.7	4.6 +	1.0	5.1
4 CL146	8952	10475	9714	81	116	1.0	6.7	7.0	70.2	69.7	64.5	62.5 -	5.6 +	6.1 +	5.9
1 CL52	8833	9113	8973	78	115	1.3	6.3	1.0	70.4	71.2 +	65.3	65.8	3.1 +	4.8	6.0
14 CL244B	8611			81	105 -	0.8	5.3	6.5	69.5		64.6		1.8 +		6.0
16 CFX 18	8353	8052 -	8203	80	117	1.7 +	6.0	3.5	73.0 +	72.8 +	71.1 +	68.9	5.2 +	2.8	5.0
2 CL51	8129	9374	8752	79	116	1.7 +	6.7	1.0	71.3	70.8 +	64.6	66.6	2.5 +	4.1	5.0
12 CL54	7351 -	10596	8974	83	116	1.0	5.7	1.0	72.6 +	73.3 +	70.2 +	65.9	1.5	3.9	5.0
3 CL114	7121 -	8269 -	7695	87 +	106 -	0.5	5.0	1.0	72.2 +	71.5 +	70.3 +	66.1	6.7 +	4.6 +	5.0
<b>Media</b>	<b>9347</b>	<b>10239</b>		<b>81</b>	<b>113</b>	<b>1.0</b>	<b>5.9</b>	<b>4.9</b>	<b>70.6</b>	<b>70.4</b>	<b>65.5</b>	<b>65.2</b>	<b>3.4</b>	<b>3.2</b>	<b>5.6</b>
<b>P Bloque</b>	0.386	0.253		0.001	0.435	0.315	0.360		0.571	0.036	0.057	0.452	0.001	0.000	
<b>P Cultivar</b>	0.000	0.004		0.073	0.000	0.065	0.023		0.000	0.000	0.000	0.052	0.000	0.009	
<b>CV%</b>	9.1	9.8		3.9	1.8	37.8	10.3		1.4	0.77	3.5	2.8	9.0	29.8	
<b>MDS 0,05</b>	1404	1688		5.28	3.31	0.65	1.01		1.66	0.93	3.8	3.14	0.97	3.85	

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

**Comportamiento en las últimas zafras.** En el Cuadro 2 se incluye la información promedio de los cultivares en cinco años de evaluación en Treinta y Tres. Para Artigas, se incluyó información de dos años para calidad industrial y un año para rendimiento, descartándose los datos de esta variable correspondientes a 2009/10, debido a problemas de riego que limitaron el potencial del ensayo. Las líneas de mayor rendimiento promedio en los cinco años de evaluación fueron CL298 y CL243, superando 9,5 t/ha, 6-7% por encima del testigo Puitá INTA CL. Entre ellas, CL243 mostró mayor porcentaje de grano entero y menor yesado. La línea CL244 sin purificar, al igual que CL212, alcanzaron rendimientos

de 9,3-9,4 t/ha, la primera de ellas con un ciclo 11 días más corto que el testigo, manteniendo buena calidad molinera. En base a lo observado en 2010/11, la línea purificada CL244A presentaría mayor potencial de rendimiento. En el caso de CL212, se destaca también su adecuada resistencia a *Pyricularia* y mejor sanidad en los tallos, así como su mayor largo de grano y tolerancia a desgrane. La línea de calidad americana CL179, mostró un rendimiento promedio similar al de Puitá INTA CL, con excelente rendimiento industrial y buena resistencia a *Pyricularia*.



La purificación y multiplicación inicial de CL244A, realizada por la Unidad Técnica de Semillas, permitirá realizar pruebas a escala de chacra en la zafra 2011/12.

En base a los resultados obtenidos, se dispone de material para iniciar la purificación y multiplicación de CL243 y CL212 en la próxima zafra.

Cuadro 2. Evaluación Avanzada, E5-1CL. Promedios de rendimiento, calidad industrial y características agronómicas en Treinta y Tres (5 años) y Artigas (1 año para rendimiento y 2 años para calidad industrial). Se excluye a CL244A y CL244B, que sólo fueron evaluadas en 2010/11.

N° Cultivar	Rend. kg/ha		Altura cm	Com. Flor. días	Rhiz. (1)	Scler. (1)	Pyri. (1)	Bl. Total %		Entero %		Yesado %		Disp. Alcalí
	TyT.	Art.*						TyT	Art.	TyT.	Art.	TyT.	Art.	
	9 CL298	9602						11066	83	96	2.1	6.0	7.7	
<b>8 CL243</b>	<b>9522</b>	<b>10927</b>	<b>84</b>	<b>99</b>	<b>1.8</b>	<b>5.9</b>	<b>8.0</b>	<b>67.8</b>	<b>69.4</b>	<b>59.5</b>	<b>63.7</b>	<b>2.0</b>	<b>3.1</b>	<b>6.0</b>
5 CL234	9409	9963	83	100	2.2	6.4	7.8	68.2	69.5	60.5	63.1	2.0	2.0	6.3
<b>13 CL244 orig</b>	<b>9370</b>	<b>8920</b>	<b>84</b>	<b>93</b>	<b>2.2</b>	<b>6.1</b>	<b>7.5</b>	<b>67.9</b>	<b>70.7</b>	<b>61.2</b>	<b>63.5</b>	<b>2.4</b>	<b>1.2</b>	<b>6.3</b>
<b>7 CL212</b>	<b>9323</b>	<b>10868</b>	<b>88</b>	<b>99</b>	<b>1.3</b>	<b>5.3</b>	<b>3.0</b>	<b>67.9</b>	<b>69.4</b>	<b>59.3</b>	<b>62.0</b>	<b>3.9</b>	<b>1.9</b>	<b>6.3</b>
6 CL248	9290	10459	83	100	3.0	6.2	7.7	67.4	69.0	60.0	61.2	2.0	1.5	6.3
10 CL318	9249	11065	82	100	2.6	6.0	7.7	67.6	69.9	61.3	63.2	1.5	2.5	6.3
11 CL179	9059	11740	76	100	4.4	6.2	1.5	72.1	71.0	66.1	64.1	5.4	1.6	5.2
4 CL146	8990	10475	84	105	2.2	6.4	8.3	68.8	69.7	59.6	62.5	7.0	6.1	6.5
<b>17 Puitá</b>	<b>8957</b>	<b>10732</b>	<b>83</b>	<b>104</b>	<b>2.3</b>	<b>6.1</b>	<b>5.5</b>	<b>68.9</b>	<b>69.5</b>	<b>61.6</b>	<b>65.3</b>	<b>2.2</b>	<b>1.4</b>	<b>6.0</b>
1 CL52	8886	9113	79	104	3.8	6.6	0.7	70.1	71.5	64.8	65.2	6.6	2.9	5.3
2 CL51	8598	9374	79	105	3.2	6.2	1.7	70.7	71.4	65.7	66.1	4.4	2.5	5.0
12 CL 54	8092	10596	84	100	2.7	5.8	1.7	71.8	72.5	66.8	64.5	2.3	2.6	5.0
<b>16 CFX 18</b>	<b>8081</b>	<b>8052</b>	<b>79</b>	<b>108</b>	<b>3.7</b>	<b>6.3</b>	<b>2.2</b>	<b>72.2</b>	<b>73.0</b>	<b>69.1</b>	<b>66.4</b>	<b>5.2</b>	<b>2.1</b>	<b>5.2</b>
3 CL114	7753	8269	87	99	1.7	5.7	1.7	70.7	71.4	65.7	66.6	6.8	3.1	5.1

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

(\*) Artigas: rendimiento correspondiente a 2010/11.

### E3-1CL

Zafra 2010/11. En este ensayo se incluyeron 27 líneas experimentales de tipo Indica, provenientes de cruzamientos locales con poblaciones introducidas de LSU. En el pedigrí de estas líneas figuran progenitores como IRGA 416, Oryzica Llanos 5, INIA Olimar, INIA Cuaró y CFX18. Se incluyeron como testigos a CFX 18, Puitá INTA CL, CL244 y los híbridos Avaxi CL e Inov CL (RiceTec).

El rendimiento promedio del ensayo fue muy alto, con 10,5 t/ha. Los máximos rendimientos (13,7 a 12,2 t/ha) fueron alcanzados por los híbridos y la línea CL399, superando significativamente al testigo Puitá INTA CL (9,7 t/ha) (Cuadro 3). CL244 (línea original) mostró un rendimiento de 10,5 t/ha, que no alcanzó a diferir significativamente del testigo. En general, la calidad molinera de los cultivares fue muy buena, pero debido al excelente rendimiento de entero y muy baja incidencia de yesado de Puitá, algunos cultivares mostraron diferencias significativas con el testigo, como en el caso de los híbridos. CL399, la línea experimental de mayor rendimiento, mostró buen vigor de planta y buena sanidad en los tallos, manteniendo muy buena calidad molinera. Los cruzamientos con O. Llanos 5, variedad destacada por su resistencia durable a Brusone, contrariamente a lo esperado, no permitieron seleccionar líneas resistentes en la progenie. CL354, seleccionada en una población diferente, mostró buena resistencia a Brusone, pero su rendimiento en la pasada zafra fue similar al de Puitá.

Comportamiento en las últimas zafras. En los tres años de información disponible se registraron dos zafras de

alto rendimiento, 2008/09 y 2010/11, con 9,8 y 10,4 t/ha de rendimiento promedio de los cultivares evaluados, y uno de bajo rendimiento, 2009/10, con 6,3 t/ha. En el caso de 2009/10, además de las condiciones climáticas generales desfavorables, se registró una fuerte tormenta previa a la cosecha, que provocó pérdidas de grano. De todas formas, en el Cuadro 4 se presenta la información de la serie completa, en el entendido de que refleja el comportamiento de los cultivares frente a condiciones reales de campo. Sólo se presenta la información promedio de los cultivares incluidos en los ensayos de los tres años de la serie, por lo que se excluye a los híbridos y CL244, que sólo fueron evaluados junto a las demás líneas en 2010/11.

Cuatro líneas experimentales (CL372, CL399, CL417 y CL394) promediaron rendimientos superiores a 9,5 t/ha, aventajando al testigo Puitá (8,2 t/ha) en 18 a 20% (Cuadro 4). CL399, que mostró el máximo potencial en la pasada zafra, promedió un ciclo a floración 5 días más corto que el del testigo, manteniendo muy buena calidad molinera. La línea CL354, única con resistencia a Brusone en el ensayo, promedió un rendimiento 14% superior al del testigo. Los cultivares mostraron muy buena calidad molinera en general, promediando 70,5% de blanco total, 63,7% de entero y 3% de yesado (Cuadro 4). Algunas de ellas también mostraron buena tolerancia a desgrane. Si se consideran sólo las dos zafras de mayor rendimiento, excluyendo 2009/10, los máximos rendimientos fueron alcanzados por las mismas cuatro líneas experimentales mencionadas, promediando en este caso 11 a 11,3 t/ha, superando al testigo Puitá (9,5 t/ha) en 15 a 21%.

Cuadro 3. Evaluación Avanzada, E3-1CL, 2010/11. Rendimiento, características agronómicas y calidad molinera en Treinta y Tres.

N°	Cultivar	Rend kg/ha	Altura cm	CFlor días	Rhizo (1)	Scler (1)	Pyri (1)	B. Tot %	Entero %	Yesa. %
32	Avaxi CL	13697 +	87 +	115	0.8	3.7 -	3.5	70.7 +	61.5 -	10.5 +
31	INOV CL	12932 +	86	114	0.5	5.7	4.0	70.6 +	62.0 -	4.9 +
19	CL 399	12200 +	84	116	0.5	4.3 -	7.0	70.1	65.5	3.0 +
9	CL 334	11601	84	116	0.7	6.0	6.5	69.9	65.7	2.4 +
2	CL 372	11551	81	113 -	0.8	4.7	3.5	70.6 +	62.4 -	1.7
18	CL 394	11456	83	116	0.5	4.0 -	7.0	71.4 +	65.7	4.2 +
23	CL 397	11239	86	116	0.5	4.7	5.5	70.1	65.9	2.4 +
16	CL 455	11153	83	118	0.7	6.0	7.0	68.4 -	59.8 -	1.6
7	CL 361	11118	86	113 -	0.8	6.0	6.0	70.4	62.5 -	3.3 +
17	CL 417	10953	95 +	122 +	0.5	3.0 -	6.5	70.9 +	63.1 -	2.1
24	CL 472	10739	86	115	1.2 +	6.0	5.5	71.2 +	67.8	2.1
22	CL 407	10739	94 +	120 +	0.5	3.7 -	5.5	70.2	66.8	3.4 +
21	CL 416	10674	101 +	122 +	0.7	3.3 -	5.5	69.1	62.0 -	2.6 +
20	CL 410	10585	91 +	115	0.5	3.7 -	6.5	70.4	62.4 -	1.3
27	CL244	10539	83	112 -	0.8	5.0	7.0	68.7 -	64.3	2.4 +
3	CL 358	10498	81	117	0.7	3.7 -	5.5	70.5 +	65.8	4.7 +
14	CL 373	10456	83	115	0.7	6.3	6.5	69.1	64.3	0.6
25	CL 487	10450	85	114 -	0.7	6.0	4.5	71.3 +	65.5	6.7 +
11	CL 324	10410	82	116	0.7	4.3 -	3.5	69.2	58.3 -	0.6
10	CL 446	10235	86 +	112 -	0.5	4.0 -	6.0	70.7 +	65.4	1.8
8	CL 329	10139	81	117	0.8	4.7	6.5	69.2	66.0	0.9
26	CL 485	10108	82	104 -	0.7	5.3	3.0	69.2	64.6	1.7
1	CL 354	9868	80	121 +	0.7	2.7 -	0.0	69.7	65.5	5.6 +
30	Puitá	9728	81	117	0.7	6.0	4.5	69.7	66.8	1.0
15	CL 375	9692	82	112 -	0.7	4.7	6.5	69.1	65.0	0.3 -
6	CL 355	9517	79	107 -	0.8	5.7	6.0	70.6 +	67.0	2.1
4	CL 377	9443	83	116	0.5	4.7	6.5	69.4	65.7	0.8
12	CL 327	9419	84	117	0.5	4.0 -	3.5	68.7 -	64.3	0.4
28	CFX18	9262	80	118	0.5	6.0	1.0	73.6 +	71.3 +	4.0 +
5	CL 349	9110	82	112 -	0.7	5.0	5.0	70.0	62.9 -	1.9
13	CL 364	6508 -	87 +	119	0.5	3.7 -	5.5	68.9 -	64.5	0.3 -
	<b>Media</b>	<b>10540</b>	<b>85</b>	<b>115</b>	<b>0.6</b>	<b>4.7</b>	<b>5.2</b>	<b>70.0</b>	<b>64.5</b>	<b>2.6</b>
	<b>P Bloque</b>	0.288	0.006	0.086	0.086	0.000		0.007	0.971	0.000
	<b>P Cultivar</b>	0.000	0.000	0.000	0.275	0.000		0.000	0.000	0.000
	<b>CV%</b>	12.15	3.24	1.34	38.6	20.4		0.65	3.4	16.7
	<b>MDS 0,05</b>	2090	4.47	2.53	0.41	1.57		0.75	3.58	1.36

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

Cuadro 4. Evaluación Avanzada, E3-1CL. Promedios de rendimiento, calidad industrial y características agronómicas en Treinta y Tres (3 años).

N° Cultivar	Rend.		Altura cm	CFlor. días	Rhiz. (1)	Scler. (1)	Pyri. (1)	B. Tot. %	Entero %	Yesa. %
	kg/ha	%Puitá								
2 CL 372	9764	120	81	98	1.1	6.1	6.3	70.4	60.2	3.1
19 CL 399	9677	119	87	100	1.0	5.4	7.5	70.7	64.3	2.7
17 CL 417	9610	118	98	107	1.0	5.0	7.3	71.8	62.1	2.2
18 CL 394	9599	118	86	102	1.7	5.5	7.5	71.9	64.7	4.0
3 CL 358	9335	114	85	101	1.4	5.4	7.3	70.8	62.5	5.9
24 CL 472	9331	114	88	97	1.1	6.3	7.3	70.9	63.9	5.0
1 CL 354	9294	114	84	105	1.1	4.9	2.5	71.1	64.7	6.0
9 CL 334	9188	113	86	101	1.2	6.0	7.8	70.1	64.3	2.9
7 CL 361	9131	112	87	97	1.4	6.3	7.5	70.9	62.4	4.3
20 CL 410	9092	111	89	99	1.2	5.1	7.3	70.5	61.8	3.0
21 CL 416	9068	111	99	106	0.9	5.3	6.8	70.4	61.6	3.7
22 CL 407	9040	111	96	105	1.3	5.2	6.8	71.1	65.2	2.4
25 CL 487	8992	110	90	99	1.5	6.7	2.3	71.6	61.4	4.9
8 CL 329	8798	108	85	104	1.1	5.6	7.8	69.8	65.1	1.8
23 CL 397	8768	108	87	100	0.8	5.4	6.8	70.7	64.0	2.4
4 CL 377	8759	107	87	100	1.2	5.7	7.8	70.0	64.9	3.0
11 CL 324	8748	107	89	101	1.1	5.8	4.8	70.0	60.7	1.5
10 CL 446	8731	107	89	96	1.0	5.7	6.5	71.2	64.2	3.7
6 CL 355	8676	106	78	89	1.3	6.7	7.5	70.6	65.5	3.1
16 CL 455	8673	106	85	103	1.0	6.0	8.0	69.2	62.8	2.1
26 CL 485	8575	105	85	89	1.0	6.4	4.0	69.2	61.4	2.2
5 CL 349	8550	105	80	96	1.2	6.0	5.0	70.4	61.8	3.9
14 CL 373	8483	104	88	100	1.1	6.1	7.8	69.1	64.7	1.4
12 CL 327	8364	103	86	104	1.0	5.3	6.3	69.4	64.8	0.8
15 CL 375	8186	100	86	94	1.1	5.6	7.8	69.4	64.8	1.1
<b>30 Puitá</b>	<b>8155</b>	<b>100</b>	<b>89</b>	<b>105</b>	<b>1.0</b>	<b>6.0</b>	<b>4.8</b>	<b>70.4</b>	<b>64.8</b>	<b>0.7</b>
<b>28 CFX18</b>	<b>7472</b>	<b>92</b>	<b>80</b>	<b>103</b>	<b>0.9</b>	<b>6.3</b>	<b>1.0</b>	<b>73.5</b>	<b>69.9</b>	<b>3.9</b>
13 CL 364	7281	89	89	102	0.8	5.1	7.3	69.6	64.6	1.3
<b>Media</b>	<b>8833</b>		<b>87</b>	<b>100</b>	<b>1.1</b>	<b>5.7</b>	<b>6.3</b>	<b>70.5</b>	<b>63.7</b>	<b>3.0</b>

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

### E3-2CL

Zafra 2010/11. En este ensayo se incluyeron 30 cultivares de calidad culinaria americana, provenientes de cuatro poblaciones obtenidas mediante cruzamientos locales, en la mayoría de los cuales se incluyó a INIA Tacuarí como uno de los progenitores. Como testigos se incluyeron las variedades CFX18 (CL161), de calidad americana, y Puitá INTA CL, de tipo *Indica*. En el Cuadro 5, las líneas experimentales se compararon con el testigo de calidad americana, CFX18, que alcanzó un rendimiento inusualmente alto (10,1 t/ha) y excelente calidad molinera. El rendimiento promedio del ensayo (10,4 t/ha) fue similar al del ensayo E3-1, integrado por cultivares *Indica*.

Los máximos rendimientos fueron alcanzados por las líneas experimentales CL739 y CL762, con 12,1 y 12,3

t/ha, los que fueron significativamente superiores al del testigo CFX18 (Cuadro 5). El primero de ellos también fue superior al del testigo Puitá. El rendimiento industrial de los cultivares fue, en general, excelente, a pesar de que algunos mostraron valores menores que los del testigo CFX18. Se registró mayor variabilidad en porcentaje de yesado, el cual fue alto en algunos cultivares, entre ellos CL739, el de mayor rendimiento. Por el contrario, CL762 mostró yesado aceptable y buena sanidad en los tallos. El grupo de líneas experimentales mostró buen nivel de resistencia a Brusone en las condiciones de la zafra. La línea CL707 combinó buen rendimiento, similar al de Puitá, ciclo corto, buena sanidad en los tallos, resistencia a Brusone, excelente calidad de grano y buena tolerancia a desgrane. Esta línea mostró porcentajes de blanco total y entero 2 y 6 puntos por encima de Puitá, respectivamente.

Cuadro 5. Evaluación Avanzada, E3-2CL, 2010/11. Rendimiento, características agronómicas y calidad molinera en Treinta y Tres.

N°	Cultivar	Rend kg/ha	Altura cm	CFlor días	Rhizo (1)	Scler (1)	Pyri (1)	B. Tot %	Entero %	Yesa. %
16	CL 739	12272 +	79 -	118	0.0	6.3	1.0	71.6 -	66.6 -	8.9 +
24	CL 762	12128 +	84	115	0.0	5.0 -	3.5	72.5 -	67.6 -	5.6
9	CL 668	11228	81	114 -	0.0	6.3	0.0	73.3 -	69.4	5.1
22	CL 691	11156	90 +	118	0.0	6.0	3.0	72.1 -	68.6 -	6.5
15	CL 707	11089	81	113 -	0.0	5.7 -	1.0	72.2 -	69.6	2.0 -
14	CL 716	11078	80 -	112 -	0.0	6.7	3.0	72.2 -	69.1 -	4.9
18	CL 682	10997	79 -	109 -	0.3	6.7	0.0	72.6 -	68.8 -	4.4
4	CL 625	10931	81	114 -	0.0	5.7 -	1.0	72.4 -	67.8 -	2.0 -
<b>32</b>	<b>Puitá</b>	<b>10917</b>	<b>84</b>	<b>117</b>	<b>0.0</b>	<b>6.0</b>	<b>4.0</b>	<b>70.0 -</b>	<b>63.5 -</b>	<b>0.8 -</b>
8	CL 644	10904	89 +	109 -	0.0	6.0	0.0	73.0 -	68.0 -	2.5 -
7	CL 649	10817	88	115	0.0	6.0	0.0	72.7 -	69.2 -	3.4
19	CL 706	10740	77 -	112 -	1.0	6.0	0.0	72.4 -	69.7	1.0 -
21	CL 730	10733	100 +	115	0.0	5.3 -	1.0	74.6	71.6	5.0
17	CL 729	10639	92 +	112 -	0.0	7.0	0.0	73.4 -	69.3 -	5.4
11	CL 670	10633	83	118	0.0	6.0	0.0	73.4 -	67.0 -	5.0
13	CL 690	10576	79 -	114 -	0.0	5.3 -	3.5	72.8 -	70.7	3.9
12	CL 702	10499	75 -	112 -	0.0	7.7	0.0	73.1 -	69.8	6.0
23	CL 745	10442	81	118	0.0	6.0	1.0	73.5 -	68.4 -	9.7 +
28	CL 742	10407	81	118	0.0	6.3	0.0	73.2 -	70.0	3.6
2	CL 626	10356	83	114 -	0.3	5.7 -	1.0	73.2 -	67.3 -	5.1
3	CL 629	10209	82	115	0.0	6.0	1.0	72.2 -	66.9 -	11.5 +
25	CL 758	10181	81	113 -	1.0	5.7 -	0.0	73.4 -	69.6	1.8 -
<b>31</b>	<b>CFX18</b>	<b>10110</b>	<b>85</b>	<b>117</b>	<b>0.0</b>	<b>7.3</b>	<b>0.0</b>	<b>74.6</b>	<b>71.6</b>	<b>4.3</b>
20	CL 725	10063	92 +	111 -	0.0	5.7 -	0.0	73.4 -	70.8	3.0
26	CL 755	9947	79 -	114 -	0.0	6.0	0.0	72.8 -	66.6 -	5.7
10	CL 661	9660	80 -	110 -	0.0	7.3	3.0	72.4 -	68.2 -	1.7 -
30	CL 749	9616	86	114 -	0.0	6.0	0.0	72.6 -	69.2 -	1.1 -
6	CL 662	9467	79 -	114 -	0.0	6.7	0.0	71.8 -	67.7 -	1.3 -
5	CL 624	9139	78 -	114 -	0.0	5.7 -	0.0	73.2 -	69.5	1.6 -
29	CL 774	9089	89	118	0.0	7.7	3.0	72.1 -	68.9 -	3.5
1	CL 630	9076	76 -	114 -	0.0	6.3	3.5	72.8 -	70.5	2.0 -
27	CL 747	8247 -	76 -	118	0.0	6.7	0.0	71.6 -	66.1 -	3.8
<b>Media</b>		<b>10417</b>	<b>83</b>	<b>114</b>	<b>0.1</b>	<b>6.2</b>	<b>1.0</b>	<b>72.7</b>	<b>68.7</b>	<b>4.1</b>
<b>P Bloque</b>		0.204	0.105	0.099	0.038	0.573		0.319	0.002	0.000
<b>P Cultivar</b>		0.000	0.000	0.000	0.486	0.016		0.000	0.000	0.000
<b>CV%</b>		7.65	3.29	1.47	528	13.4		0.8	2.05	14.7
<b>MDS 0,05</b>		1300	4.44	2.74	0.72	1.35		0.95	2.3	1.98

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

Comportamiento en las últimas zafas. Al igual que lo comentado en el ensayo E3-1CL, en el Cuadro 6 se incluye información de los 3 años de la serie. En este caso, el rendimiento promedio de los cultivares en las zafas 2008/09 y 2010/11, de alto rendimiento, fue de 9,7 y 10,4 t/ha, mientras que en 209/10 fue de 6,9 t/ha. Por lo tanto, en condiciones de alto rendimiento, estos cultivares tuvieron un potencial similar al de los cultivares Indica incluidos en el ensayo E3-1, y superior en el año en que se registraron condiciones adversas a la cosecha.

Las mismas líneas experimentales que mostraron los máximos rendimientos en 2010/11, CL762 y CL739, tuvieron los mayores rendimientos promedio en los 3

años de la serie, alcanzando 9,7 t/ha, 27 y 10% por encima de CFX18 y Puitá, respectivamente (Cuadro 6). Como aspecto negativo, estas líneas tuvieron mayor incidencia de yesado, aproximadamente 8%, y su reacción a Brusone promedio fue intermedia, similar a la de Puitá. Algunas líneas experimentales, como CL707, combinaron buen rendimiento, 9,6 t/ha, buena sanidad en los tallos, adecuada resistencia a Brusone y buena calidad de grano (Cuadro 6), mostrando también buena tolerancia a desgrane. Si se consideran sólo las dos zafas de mayor rendimiento, excluyendo 2009/10, las líneas de mayor rendimiento promediaron 10,9 t/ha, superando los rendimientos de CFX18 y Puitá en 26 y 6%, respectivamente.

Cuadro 6. Evaluación Avanzada, E3-2CL. Promedios de rendimiento, calidad industrial y características agronómicas en Treinta y Tres (3 años).

N° Cultivar	Rend.			Altura cm	CFlor. días	Rhiz. (1)	Scler. (1)	Pyri. (1)	B. Tot. %	Entero %	Yesa. %
	kg/ha	%CFX18	%Puitá								
24 CL 762	9732	127	110	81	98	1.0	5.5	5.3	71.6	62.9	7.9
16 CL 739	9714	127	110	78	104	0.8	5.9	4.0	71.9	63.9	8.0
12 CL 702	9613	126	109	73	96	1.8	7.3	2.0	72.7	65.3	5.7
14 CL 716	9583	126	109	79	96	1.3	6.3	4.5	71.9	65.7	6.4
15 CL 707	9568	125	108	82	98	0.5	5.6	3.0	72.1	65.8	3.0
13 CL 690	9453	124	107	76	99	0.5	5.2	5.3	73.2	67.6	5.2
18 CL 682	9248	121	105	79	92	1.6	6.7	3.0	72.0	65.6	5.6
7 CL 649	9236	121	105	86	98	2.7	6.2	2.0	72.4	66.8	3.5
23 CL 745	9189	120	104	80	104	1.0	6.0	3.0	72.5	65.7	9.5
9 CL 668	9187	120	104	80	99	2.0	6.3	0.5	72.8	68.2	4.8
4 CL 625	9160	120	104	79	97	1.8	6.2	1.0	71.9	63.2	4.5
17 CL 729	9142	120	104	90	96	1.0	6.5	0.5	72.8	67.1	4.4
6 CL 662	9126	120	103	78	97	2.0	6.4	2.5	71.6	63.1	2.5
8 CL 644	9099	119	103	85	93	2.3	6.5	2.5	71.2	61.5	4.8
2 CL 626	9084	119	103	80	100	2.3	5.6	1.0	72.8	64.8	4.7
19 CL 706	9012	118	102	78	96	1.3	5.8	3.0	71.7	64.4	3.1
25 CL 758	9011	118	102	77	98	1.0	5.6	0.5	72.6	65.7	2.6
3 CL 629	8973	118	102	81	99	1.2	5.8	2.5	72.7	63.8	9.3
22 CL 691	8956	117	101	89	102	0.8	6.0	5.0	72.2	66.8	5.4
11 CL 670	8940	117	101	81	101	1.8	6.3	2.0	72.6	62.4	4.4
21 CL 730	8910	117	101	97	98	1.0	5.9	0.5	73.9	67.9	5.1
<b>32 Puitá</b>	<b>8826</b>	<b>116</b>	<b>100</b>	<b>87</b>	<b>101</b>	<b>0.8</b>	<b>6.3</b>	<b>5.5</b>	<b>70.2</b>	<b>64.0</b>	<b>1.7</b>
26 CL 755	8817	115	100	76	96	1.0	5.8	2.0	72.0	62.4	7.2
1 CL 630	8805	115	100	72	98	0.8	5.6	3.8	72.4	65.0	3.4
28 CL 742	8779	115	99	81	102	0.5	6.2	2.0	72.8	67.4	4.5
20 CL 725	8690	114	98	90	95	0.5	5.8	2.0	72.9	66.9	3.9
10 CL 661	8623	113	98	79	95	1.8	6.9	4.0	71.7	64.5	3.5
30 CL 749	8356	109	95	84	98	0.8	6.0	2.0	72.3	66.1	2.6
5 CL 624	8317	109	94	78	100	1.0	5.4	0.5	72.9	66.5	1.9
29 CL 774	8218	108	93	87	103	0.5	6.8	4.5	71.9	63.5	3.8
27 CL 747	8180	107	93	76	101	1.0	6.6	0.5	71.6	61.1	3.3
<b>31 CFX18</b>	<b>7635</b>	<b>100</b>	<b>86</b>	<b>81</b>	<b>101</b>	<b>2.0</b>	<b>7.1</b>	<b>2.0</b>	<b>73.4</b>	<b>67.2</b>	<b>4.8</b>
<b>Media</b>	<b>8974</b>			<b>81</b>	<b>98</b>	<b>1.3</b>	<b>6.1</b>	<b>2.6</b>	<b>72.3</b>	<b>65.1</b>	<b>4.7</b>

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

### E3-3CL

**Zafra 2010/11.** En este ensayo se incluyeron 12 líneas experimentales provenientes de una población que involucra a progenitores de buena calidad de grano, como INIA Olimar e IRGA 417. Además de los testigos Puitá INTA CL e Inov CL, se incluyeron líneas de la misma población seleccionadas en etapas más tempranas del proceso, como CL128, CL146, CL244, CL244A y CL244B.

Al igual que en los ensayos E3 previos, el rendimiento promedio de los cultivares alcanzó a 10,5 t/ha. El híbrido Inov CL y la línea experimental CL244A, con rendimientos de 13 y 12,2 t/ha, superaron significativamente a Puitá (10,7 t/ha) (Cuadro 7). Al igual que en el ensayo E5-1CL, la línea purificada CL244A tuvo mayor rendimiento que CL244, alcanzando en este caso la diferencia entre ambas a 900 kg. CL244A, si

bien tiene un ciclo más largo que la línea original, es más precoz que Puitá. Otras líneas, como CL567, tuvieron rendimientos similares a Puitá, con buena calidad molinera y reacción intermedia a *Pyricularia*.

**Comportamiento en las últimas zafras.** En el caso de los cultivares incluidos en este ensayo, el rendimiento promedio en las dos zafras de alto rendimiento fue similar al de los cultivares incluidos en los ensayos E3-1CL y E3-2CL, pero en 2009/10, la caída de rendimiento fue menor, promediando los cultivares 8,2 t/ha en esa zafra. En el Cuadro 8 sólo se incluyen los cultivares que fueron evaluados en similares condiciones en los tres años de la serie, excluyéndose Inov CL, CL146, CL244, CL244A, CL244B. La línea CL567 tuvo el mayor rendimiento promedio en la serie, con 10,4 t/ha, 11% superior al del testigo Puitá. Esta línea mantiene buena calidad molinera pero no aporta resistencia a Brusone.

Cuadro 7. Evaluación Avanzada, E3-3CL, 2010/11. Rendimiento, características agronómicas y calidad molinera en Treinta y Tres.

N°	Cultivar	Rend kg/ha	Altura cm	CFlor días	Rhizo (1)	Scler (1)	Pyri (1)	B. Tot %	Entero %	Yesa. %
18	INOV CL	12961 +	84	114 -	0.5	4.7	3.5	70.4 +	60.9 -	5.4 +
20	CL244A	12222 +	80	113 -	0.5	4.3	6.5	68.6	64.1	1.5
15	CL244	11322	80	109 -	0.5	4.7	7.0	68.9	63.2	1.4
6	CL 618	11289	78	113 -	0.5	6.3	5.5	69.6	60.7 -	3.0 +
1	CL 567	10800	81	114 -	0.5	4.0	4.5	70.3 +	65.2	3.1 +
14	Puitá	10732	81	118	0.5	4.0	4.0	69.1	65.2	1.3
16	CL146	10578	82	117	0.5	6.0	8.0	69.0	61.0 -	5.0 +
3	CL 607	10470	90 +	115 -	0.5	4.7	5.5	68.2 -	60.9 -	1.3
2	CL 570	10264	79	113 -	0.5	4.3	4.5	70.1 +	64.5	2.3
19	CL 244B	10258	79	108 -	0.5	4.0	7.0	68.6	59.8 -	1.7
11	CL 575	10159	83	115 -	0.5	4.7	4.0	69.7	61.7 -	1.9
8	CL 588	10126	85	118	0.7	4.0	6.5	68.9	58.5 -	1.8
12	CL 576	9985	87 +	112 -	1.0	6.0	4.0	68.7	59.1 -	1.8
4	CL 572	9970	90 +	116	0.5	4.3	4.0	70.2 +	63.6	1.0
9	CL 584	9631	77	114 -	0.5	4.7	4.0	69.5	62.0	3.4 +
10	CL 585	9515	85	115 -	0.5	3.7	6.0	69.7	62.1	1.9
5	CL 616	9445	84	114 -	0.5	4.3	4.5	69.2	64.5	6.9 +
7	CL 601	8954 -	89 +	115	0.5	4.3	6.5	68.5	64.5	0.9
13	CL 128	8696 -	85	110 -	0.5	4.0	3.0	69.2	62.4	3.2 +
	<b>Media</b>	<b>10493</b>	<b>83</b>	<b>114</b>	<b>0.5</b>	<b>4.6</b>	<b>5.3</b>	<b>69.3</b>	<b>62.4</b>	<b>2.5</b>
	<b>P Bloque</b>	0.000	0.030	0.000	0.205	0.234		0.000	0.492	0.000
	<b>P Cultivar</b>	0.000	0.000	0.000	0.482	0.251		0.000	0.002	0.000
	<b>CV%</b>	8.31	3.55	1.42	37.7	24.3		0.75	3.21	19.4
	<b>MDS 0,05</b>	1443	4.87	2.66	0.33	1.84		0.86	3.31	1.62

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

Cuadro 8. Evaluación Avanzada, E3-3CL. Promedios de rendimiento, calidad industrial y características agronómicas en Treinta y Tres (3 años). Se excluye a Inov CL, CL146, CL244, CL244A y CL244B que sólo fueron evaluadas en 2010/11.

N°	Cultivar	Rend.		Altura cm	CFlor. días	Rhiz. (1)	Scler. (1)	Pyri. (1)	B. Tot. %	Entero %	Yesa. %
		kg/ha	%Puitá								
1	CL 567	10417	111	83	98	0.8	5.0	6.8	70.2	65.4	2.7
6	CL 618	9627	103	81	97	0.8	6.9	7.3	69.6	61.0	4.8
2	CL 570	9616	102	82	96	0.8	5.2	6.8	70.5	65.3	2.2
3	CL 607	9550	102	95	97	1.0	5.3	7.3	68.9	62.7	3.2
14	<b>Puitá</b>	<b>9382</b>	<b>100</b>	<b>85</b>	<b>103</b>	<b>0.8</b>	<b>5.0</b>	<b>5.0</b>	<b>69.6</b>	<b>66.1</b>	<b>1.9</b>
4	CL 572	9292	99	92	98	0.8	4.9	5.0	70.8	65.7	0.9
5	CL 616	9090	97	87	99	0.8	4.9	6.8	69.4	64.8	5.9
8	CL 588	9057	97	91	101	1.3	5.0	7.8	69.1	60.9	2.8
11	CL 575	8951	95	92	99	0.8	5.1	5.5	70.2	61.4	2.1
9	CL 584	8883	95	80	98	1.0	5.3	6.0	69.9	62.1	4.8
12	CL 576	8833	94	91	98	1.0	6.3	4.5	69.4	60.5	2.1
7	CL 601	8789	94	93	98	0.8	4.9	7.8	68.7	64.6	2.5
10	CL 585	8777	94	87	99	0.8	4.3	7.5	69.7	61.0	2.9
13	CL 128	8665	92	84	95	0.8	5.3	2.0	69.7	63.8	4.2
	<b>Media</b>	<b>9209</b>		<b>87</b>	<b>98</b>	<b>0.8</b>	<b>5.2</b>	<b>6.1</b>	<b>69.7</b>	<b>63.2</b>	<b>3.1</b>

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



EVALUACION DE CULTIVARES JAPÓNICA TEMPLADO (GRANOS CORTOS Y MEDIOS)

Fernando Pérez de Vida<sup>1/</sup>

**INTRODUCCIÓN**

En esta zafra se incluyeron 92 cultivares en un segundo año de evaluación; el grupo esta conformado por cultivares locales (cruzamientos realizados en 1996-1998) y material introducido desde el banco de germoplasma del USDA, EEUU en el año 2007/08. La colección esta integrada por germoplasma de diversos orígenes, como Japón, Corea, California, Arkansas, Italia, España, etc. En este periodo de estudio se han identificado parentales de interés que se han integrado a los cruzamientos locales para la generación poblaciones. Como se menciona a continuación, el 30% de los cruzamientos realizados en la zafra en

consideración fueron orientados al objetivo de obtención de cultivares locales en calidades de granos medios y cortos.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

El grupo de 92 cultivares se dispuso en dos ensayos sembrados en UEPL el 26-oct., teniendo su emergencia el 16-nov., después de dos riegos para baño. El manejo de fertilización, control de malezas, riegos fue el similar al reportado en el resto del campo experimental. INIA Tacuarí y el cultivar promisorio C289 fueron los testigos comunes (Cuadro 1).

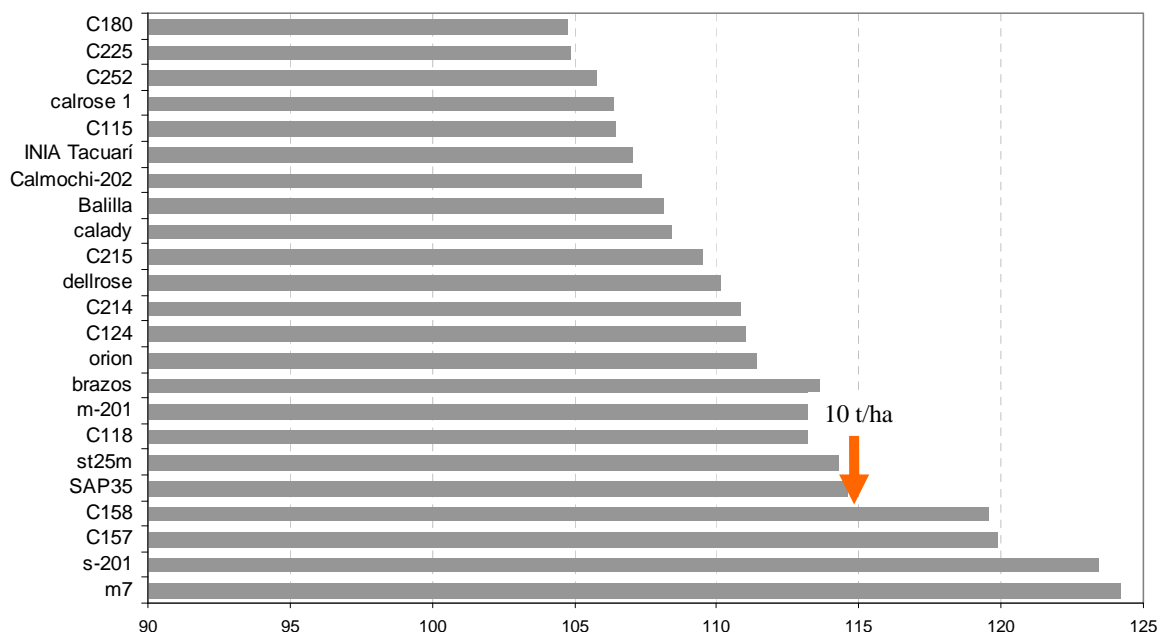


Figura 1. Resumen de rendimientos físicos en dos años de evaluación (2009/10 y 2010/11) en Paso de la Laguna, valores relativos media del conjunto (100=8,7 t/ha; rendimiento de EEA-404=6,9 t/ha)

**RESULTADOS**

En el promedio de dos años se destacan cultivares con alta productividad física, algunos introducidos (m7, S-201, California 1977) y material local (C158, C157 [Sasanishiki/S-201], C118 [Koshihikari/S-201]), así como SAP135. Los cultivares Orion (Arkansas 1991),

su parental Brazos (Texas, 1974) presentan adecuada productividad con granos medios típicos y de amilosa intermedia (16-19%). En general, el material proveniente de California (M-102, M-202, M-203, M-301) no ha mostrado buena adaptación ante condiciones más cálidas que las de origen, exceptuando a S-201 y M7 como mencionado (Cuadro 1).

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

Cuadro 1 Lista de cultivares en evaluación intermedia (2do año) de cultivares *Japónica* templado, rendimientos (Promedios anuales y general de dos años) y reacción a *Pyricularia grisea* en camas de infección (2 años).

Experimento 1		Rendimiento (t/ha)				Experimento 2		Rendimiento (t/ha)			
No.	Cultivar	2009/10	2010/11	Prom.	Pyri	No.	Cultivar	2009/10	2010/11	Prom.	Pyri
1	Bengal	9.1	8.2	8.7	3.8	1	Akitakomachi	8.0	6.8	7.4	2.0
2	Brazos	9.9	9.9	9.9	5.5	2	b85p2385	7.8	8.9	8.3	8.0
3	C111	9.7	8.0	8.8	8.3	3	Balilla	7.4	11.4	9.4	8.3
4	C115	9.3	9.3	9.3	8.0	4	C113	8.2	8.5	8.4	8.8
5	C118	10.4	9.5	9.9	7.8	5	C116	8.2	9.6	8.9	7.8
6	C124	9.9	9.5	9.7	3.0	6	C180	8.4	9.8	9.1	6.8
7	C157	10.3	10.6	<u>10.4</u>	9.0	7	C205	8.1	9.6	8.8	6.3
8	C158	8.9	11.9	<u>10.4</u>	8.8	8	C225	8.4	9.9	9.1	3.0
9	C214	9.4	9.9	9.6	6.8	9	C288	7.8	6.7	7.2	5.5
10	C215	9.8	9.2	9.5	6.8	10	Calpearl	8.5	7.2	7.9	7.8
11	C252	8.7	9.8	<u>9.2</u>	<u>0.0</u>	11	Calrose 1	8.1	10.4	9.3	9.0
12	C293	8.6		8.6	3.5	12	Early prolific	7.9		7.9	7.5
13	C301	9.8		9.8	7.3	13	EEA- 404	6.9		6.9	2.5
14	Calady	9.1	9.8	9.4	6.0	14	Golden Stev	7.1	8.6	7.9	2.0
15	Calmochi101	8.7	8.4	8.6	8.0	15	Hayate	7.3	6.1	6.7	4.5
16	Calmochi202	8.8	9.9	9.3	8.8	16	Hispagran	7.7	10.0	8.9	7.5
17	Caloro	9.4		9.4	8.8	17	Ipumbyo	7.5	7.2	7.3	2.5
18	Calrose 2	8.7		8.7	8.5	18	M-102	6.9		6.9	8.8
19	Dellmont	8.7		8.7	2.3	19	M-202	8.3		8.3	6.0
20	Dellrose	8.6	10.5	9.6	0.5	20	M-203	7.8	8.3	8.0	8.8
21	Gody	8.5	7.5	8.0	6.0	21	M-301	7.8	8.6	8.2	8.8
22	M-201	8.8	11.1	<u>9.9</u>	9.0	22	Milian 23	8.2	7.5	7.9	2.5
23	M7	9.9	11.7	<u>10.8</u>	9.0	23	Perla	7.6	8.1	7.9	3.0
24	Orion	9.5	9.9	<u>9.7</u>	<u>0.5</u>	24	Roma	6.9	9.4	8.2	6.3
25	S-201	10.4	11.1	<u>10.7</u>	8.0	25	s2-calpearl	7.7	10.0	8.9	7.3
26	SAP35	9.8	10.2	<u>10.0</u>	<u>1.0</u>	26	SAP10	6.9	8.2	7.6	3.5
27	St25m	9.6	10.3	9.9	7.8	27	SAP136	7.5	6.0	6.7	1.0
28	INIA Tacuarí	8.0	10.1	9.0	4.8	28	SAP149	5.5	7.5	6.5	2.0
29	C289	7.4	9.2	8.3	5.0	29	SAP152	5.7	10.3	8.0	2.5
30	C289-1.1	8.9	6.8	7.8	5.8	30	SAP208	7.7	8.7	8.2	3.5
31	C289-1.10	9.2	8.3	8.8	5.5	31	SAP6	6.3	8.2	7.2	5.3
32	C289-1.3	11.0		11.0	5.8	32	terso	8.1		8.1	9.0
33	C289-1.4	9.1	7.3	8.2	5.8	33	Thaiparla	8.3	8.5	8.4	8.8
34	C289-1.7	9.7	6.8	8.3	5.5	34	Toyonishiki	7.6	10.2	8.9	4.0
35	C289-1.8	10.0	7.3	8.7	5.5	35	Valencia 87	8.3	7.5	7.9	8.3
36	C289-1.9	8.9	8.4	8.6	5.8	36	Vista	7.5	8.4	7.9	3.8
37	C289-2.1	8.8		8.8	4.3	37	Yumanpey	5.3	7.3	6.3	4.8
38	C289-2.11	9.7		9.7	3.0	38	INIA Tacuarí	7.7	10.9	9.3	4.8
39	C289-2.12	9.3		9.3	3.0	38	C289	7.7	9.2	8.4	6.8
40	C289-2.13	10.1		10.1	5.3	40	C289-1.17	8.5		8.5	5.8
41	C289-2.15	9.1		9.1	3.5	41	C289-1.5	8.3	8.7	8.5	5.3
42	C289-2.2	8.7		8.7	4.5	42	C289-2.4	8.2		8.2	3.0
43	C289-2.3	10.9		10.9	4.3	43	C289-1.16	8.2		8.2	0.5
44	C289-2.5	9.1		9.1	4.8	44	C289-1.2	8.2	8.2	8.2	5.8
45	C289-2.6	8.5		8.5	4.0	45	C289-1.12	8.1	7.9	8.0	5.8
46	C289-2.7	9.9		9.9	0.0	46	C289-2.14	7.9		7.9	8.3
47	C289-2.8	10.5		10.5	2.5	47	C289-1.11	7.7	6.5	7.1	5.8
48	C289-2.9	9.1		9.1	0.0	48	C289-1.14	7.5	9.4	8.5	5.8
Promedios (t/ha)		9.3	9.3	9.4				7.7	7.0	8.1	

## ACTIVIDADES DE MEJORAMIENTO GENETICO

### GERMOPLASMA *INDICA* Y *JAPÓNICA* TEMPLADO

Fernando Pérez de Vida<sup>1/</sup>, Juan Rosas<sup>1/</sup>, Daniel Ramírez<sup>1/</sup>, Carolina Sanchez<sup>1/</sup>, Walter Silvera<sup>1/</sup>

#### OBJETIVOS DE TRABAJO

El trabajo en mejoramiento genético basado en los grupos de germoplasma *Indica* y *Japónica* templado está orientado a los siguientes objetivos generales:

1. La obtención de cultivares *Indica* de grano largo/fino con adaptación local (ciclos adecuados, tolerancia intermedia a bajas temperaturas), alta productividad, resistencia a *Pyricularia* y calidad molinera acorde a las bases de comercialización y culinaria de buena aceptación por los consumidores (tipo INIA Olimar) o superior (IRGA 417).
2. La obtención de cultivares de granos medios y cortos con base genética *Japónica templado* con buen potencial de rendimiento, similar al de cultivares de uso actual, de baja amilosa, adecuados para participar en mercados demandantes.
3. La obtención de cultivares de base genética *Indica* con aroma.

#### GENERACIÓN DE VARIABILIDAD

En la zafra 2010-2011 se realizó un total de 73 cruzamientos en su mayoría simples, con objetivos específicos, enmarcados en los objetivos generales definidos previamente según el siguiente detalle:

##### Objetivo general 1

1. Alto rendimiento en *Indicas* (30% de todos cruzamientos), resaltando la incorporación de germoplasma de origen FLAR (FL11873, FL6045) y el cultivar IRGA 424.
2. Calidad culinaria superior tipo "IRGA 417" (5%). En base a que este cultivar es considerado el patrón de calidad culinaria con mayor aceptación en el mercado brasileiro, se utilizó para mejorar dicho rasgo en variedades locales.
3. Calidad culinaria tipo americana en *Indicas* (10 %), utilizando mayoritariamente al cultivar IR64 e incluyendo cruzamientos entre materiales *Indicas* y *Japónica* tropical.
4. Resistencia a brusone en *índicas* (17%). Se realizaron cruzamientos para incorporar resistencia desde los cultivares IRGA 424 e IR-64.
5. Resistencia a brusone en *índicas* Programa de incorporación de genes de resistencia a *Pyricularia grisea* en INIA Olimar y El Paso 144 mediante retrocruzamientos, iniciado en 2006/07. Se realizó BC3 en febrero 2011 y BC4 en contraestación en FLAR (Cali, Colombia).

##### Objetivo general 2

1 Granos cortos y medios (30% del total de cruzamientos), ampliando la diversidad mediante nuevas fuentes de germoplasma originarias de Japón, EEUU (California) e Italia.

Incorporación de nuevo germoplasma:

Se ha reportado que la mega-variedad tipo *Indica* IR64 desarrollada por IRRI presenta una calidad culinaria similar al estándar americano, con contenido de amilosa y temperatura de gelatinización intermedios. Esto sumado a su excelente comportamiento frente a brusone dado por al menos 5 genes de resistencia y su alta productividad motivó su inclusión en 11 cruzamientos.

Materiales de origen italiano con excelentes características agronómicas y sanitarias se incorporaron en 13 cruzamientos para la obtención de nuevas líneas de granos cortos y medios.

Actividades asociadas al objetivo 1 (incorporación de resistencia a *Pyricularia*)

El uso de variedades con resistencia genética a patógenos es uno de los pilares del manejo integrado de enfermedades. Sin embargo, los cultivares más sembrados en el país, El Paso 144 e INIA Olimar, (que juntos cubren más del 80% del área comercial) son susceptibles a *Pyricularia grisea* (agente del quemado del arroz o brusone), lo que agrega inestabilidad a la producción en años con condiciones favorables al patógeno. Estudios previos (CORREA et al., 2005) concluyeron que los genes de resistencia Pi-1, Pi-2 y Pi-33 combinados otorgarían resistencia durable a las poblaciones de patógeno de la región. Los marcadores microsatélites RM 5926, RM 527 y RM 72 ligados a estos genes fueron utilizados en un programa de retrocruzamientos asistidos para incorporar estos genes Pi a los cultivares El Paso 144 e INIA Olimar. Los donantes de los alelos de resistencia fueron la línea diferencial CT13432-189 para Pi-1 y Pi-2, y el cultivar IR-64 para Pi-33. En la temporada 2010-2011 se obtuvieron 550 individuos BC3F1 portadores de alelos de resistencia para Pi-1 y Pi-2, así como 960 líneas F1 para la incorporación conjunta de los tres genes. En 2011 se realizó la cuarta retrocruza sobre El Paso 144 e INIA Olimar. Se obtuvo así semilla de plantas que tendrán un 97% de su genoma igual al de dichos cultivares, sumándoles los genes de resistencia a brusone Pi-1 y Pi-2. Estas plantas se avanzarán una generación por autofecundación, y su progenie se evaluará en campo e invernáculo.

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

### SELECCIÓN EN POBLACIONES SEGREGANTES Generación F1

Se dispusieron en el campo 25 poblaciones F1 mediante trasplante, con un número variable de plantas (2-50) por cruzamiento. De estas poblaciones, 15 se corresponden al objetivo de mejoramiento en *Japónicas* templado (granos cortos y medios) involucrando cruces simples y triples. Se incorporaron cultivares como Orion, Bengal, M202, M102 y la local C289. Las restantes F1 son cruzamientos orientados a la mejora en el potencial y la incorporación de *Pyricularia* con donantes de resistencia durable a brusone (material FLAR pocos adaptados a nuestras condiciones), sobre cultivares locales de alta productividad (L3821CA, INIA Olimar).

### Generación F2

Se sembraron 7 poblaciones provenientes de cruzamientos entre material *Indica* y *Japónica* (templado y tropical) generados localmente, y 200 poblaciones de origen FLAR.

### Generación F3

En esta etapa se introduce la mayoría del material segregante enviado por FLAR; en esta zafra 2010/11 se recibió dicho vivero con 792 familias. En correspondencia con la selección para tolerancia a bajas temperaturas en vegetativo realizada en Cali bajo condiciones controladas (cámara de frío), este material se siembra de modo temprano en el campo experimental (8 de octubre, en este año). De este grupo se seleccionaron 1939 panículas; estas se enviaron para contraestación en Cali (FLAR) y serán sembradas como F5 en la zafra 2011/12.

Adicionalmente, se condujo material F3 originado localmente, pero bajo la metodología de Descendencia por Semilla Simple, en invernáculo en la Unidad Experimental de Villa Sara, Treinta y Tres. Este grupo son 21 poblaciones, en las que se combina el potencial

y adaptabilidad de los mejores cultivares (L3821CA, INIA Olimar, L4806) con cultivares FLAR evaluados localmente, con buena adaptación y resistencia a *Pyricularia*.

### Generación F4

En el grupo de material *Indica*, se sembraron panículas por hilera de 60 poblaciones FLAR, obtenidas por selección en el material F3 recibido para la zafra 2009/10. Se seleccionaron 752 panículas a ser sembradas como F5 en la zafra venidera. Dentro de este grupo *Indica* también se seleccionó en 7 poblaciones de background genético de las principales variedades locales a las que se ha introgresado el carácter de aroma y eventualmente elongación de grano desde germoplasma de origen iraní. Se obtuvieron un total de 2903 panículas.

Atendiendo el objetivo de mejoramiento en granos cortos y medios, se conducen poblaciones con este objetivo incorporando genotipos como C289, EEA404, Tacuarí como donante de alta productividad y ciclos a floración más acotados, en cruzamientos simples y triples. Se seleccionaron un total de 388 panículas.

### Generación F5

En esta zafra no se dispuso de poblaciones *Indica* en esta generación debido al avance generacional contraestación. Se dispuso, en cambio de material de granos cortos y medios en los cuales se seleccionaron 58 panículas.

### Generación F6

En generación F6 se dispuso de 1903 hileras de material FLAR seleccionado localmente en los años previos; en esta etapa se seleccionaron 678 hileras que fueron cosechadas para participar en su primer año de evaluación de rendimiento en ensayos (parcelas de 6 hileras y dos repeticiones) en la zafra 2011/12.

## ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO DE ARROZ

### POTENCIAL DE RENDIMIENTO EN ARROZ

#### ASPECTOS DE LA ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO DE ARROZ EN URUGUAY: III. POTENCIAL BIOLÓGICO EN LA REGION ESTE

Fernando Pérez de Vida<sup>1/</sup>

#### INTRODUCCIÓN

La producción de granos y/o fibras se puede considerar finalmente como un proceso de cosecha de la energía solar por parte de las plantas, almacenándola en forma de carbohidratos de diferente complejidad, y en algunos casos asociados a cantidades relevantes de aceites y proteínas. La productividad de arroz presenta rendimientos máximos teóricos entorno a las 10 t/ha en regiones tropicales y de 15 t/ha en regiones templadas (PL Mitchell, JE Sheeshy, FI Woodward, 1998). Actualmente, se considera que dichos valores expresan la máxima eficiencia global del sistema posible con el germoplasma y con el manejo estándar disponible, y representa los actuales niveles de eficiencia metabólica de los mismos. En particular es crítica la eficiencia de conversión de la radiación, la cual es propia de cada especie, y poco variable salvo condiciones extremas de disponibilidad de agua, nutrientes y radiación. La latitud, altura sobre el nivel del mar y nubosidad, a través del régimen de temperaturas y disponibilidad de radiación durante el periodo de crecimiento afectan

sustancialmente la eficiencia general de la cosecha de energía por los cultivos. Basados en la publicación Potential yield and the efficiency of radiation use in rice (PL Mitchell, JE Sheeshy, FI Woodward, 1998) en este artículo presentamos una primera aproximación a la estimación del potencial biológico o teórico de la producción de arroz en la región Este de Uruguay. Estos trabajos dan continuidad a los presentados en esta misma serie en 2010. (Aspectos de la ecofisiología del cultivo de arroz en Uruguay: I Análisis de la productividad en los últimos 15 años; II Importancia de la fecha de siembra en la productividad. Arroz Resultados Experimentales 2009-10. Actividades de Difusión 611. INIA Treinta y Tres).

#### ANTECEDENTES

En el mencionado trabajo se reportan los siguientes valores de radiación fotosintéticamente activa (PAR) disponibles en regiones arroceras relevantes en el mundo, de clima tropical, templado y subtropical.

Cuadro 1. Radiación mensual promedio para localidades en regiones tropical y templadas del mundo (extraído de Potential yield and the efficiency of radiation use in rice (PL Mitchell, JE Sheeshy, FI Woodward, 1998)).

Localidad	Tropical			
	IRRI wetland site, Filipinas 14°11'N, 121°15'E, alt 21 msnm	PhilRice, Nueva Ecija, Filipinas 15°45'N, 120°56'E, alt 4msnm		
	MJ/m <sup>2</sup> /d			
Estación	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda
Mes 1	6.7	8.2	10.0	10.1
Mes 2	8.7	7.9	10.9	10.0
Mes 3	10.1	7.8	11.6	10.7
Mes 4	10.7	7.3	11.9	9.9
Promedio para la estación de crecimiento	9.1	7.8	11.1	10.2
	Templado y subtropical			
	Toyama, Japón 36°42'N, 137°12'E, alt 9msnm	Yanco, Australia 34°33'S, 151°0'E	Davis, California USA 38°30'N, 121°45'W	Taoyuan, Yunnan, China 27°8'N 101°2'E, alt 1170 msnm
	MJ/m <sup>2</sup> /d			
Mes 1	7.7	11.9	10.9	10.1
Mes 2	8.7	10.9	13.2	9.7
Mes 3	8.3	11.3	14.3	9.5
Mes 4	7.7	12.1	14.1	8.8
Mes 5	8.5	12.5	12.7	9.7
Mes 6	6.0	11.1	10.3	-
Promedio para la estación de crecimiento	7.8	11.6	12.6	9.6

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

**METODOLOGÍA**

La estimación del rendimiento se realizó siguiendo la formula

$$Y = H \epsilon \sum_{i=1}^n (Q_{Ti} f_i)$$

Donde Y es rendimiento (g/m2), H es el índice de cosecha, Epsilon es el factor de conversión de la radiación (g materia seca/MJ), n es el número de períodos, Q<sub>Ti</sub> es la radiación incidente en un periodo i, y f<sub>i</sub> es la fracción de la radiación interceptada en dicho periodo i.

Es de considerar que Q representa la fracción de la energía solar (300-3000nm) en las longitudes de onda de 400-700nm que son fotosintéticamente activas (PAR). Se asume que la PAR es aprox. un 50% del total de la radiación incidente.

Se utilizó la información obtenida en la casilla meteorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna (33°16' Latitud sur), de INIA Treinta y Tres, de la cual se dispone una serie histórica desde el año 1972 hasta la actualidad. El registro de radiación se obtiene mediante un actinógrafo y se expresó en MJ/m2/d.

Según reportado por PL Mitchell, JE Sheeshy, FI Woodward (1998), se consideró un periodo de 6 meses como periodo de desarrollo de cultivo, aunque los cultivares locales no implican una duración de siembra a cosecha de esa magnitud. De igual manera, se utilizaron valores de índice de cosecha de 0,50 (El Paso 144) y 0,55 (INIA Tacuarí), como valores típicos registrado en cultivares locales (Porto y Castro 1994, Báez y Toledo, 1998)

La fracción de radiación interceptada en cada mes fue para el mes1: 0.1, mes 2: 0.3, mes 3: 0.6, mes 4: 1 (antesis), mes 5: 0.75 (llenado de granos) y mes 6: 0.5 (madurez). El factor de conversión de radiación se corrigió por 0.9 en el último mes, mientras que se consideró constante durante el resto del periodo de crecimiento del cultivo (Figura 1).

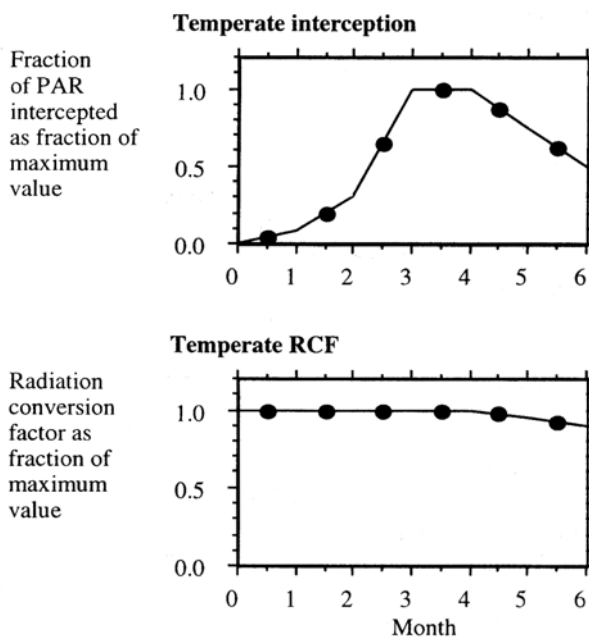


Figura 1. Fracción interceptada de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) y factor de conversión de radiación para los meses de estación de crecimiento del cultivo de arroz en regiones templadas (extraído de Potential yield and the efficiency of radiation use in rice (PL Mitchell, JE Sheeshy, FI Woodward, 1998)

**RESULTADOS**

Considerando la estación de crecimiento del cultivo en el periodo octubre-marzo se estimó la energía disponible (oferta ambiental) en términos de promedios históricos para la serie 1972-2011. En el siguiente cuadro se reportan los valores de radiación incidente y una estimación de su correspondiente fracción fotosintéticamente activa (PAR). Dicha estimación se hizo extensiva a fechas de siembras muy tempranas (setiembre) y medianamente tardías (noviembre). Para la fecha de siembra normal (octubre) se obtuvo un valor

medio de PAR de 9.07 MJ/m2/d (cuadro 2). Este valor resulta inferior a los estimados por el mismo método para otras regiones arroceras de clima templado (Australia, California), indicando un menor potencial biológico del cultivo ante una oferta ambiental más restringida. Como se aprecia en el cuadro 1, la latitud geográfica tiene una incidencia natural en este aspecto, así como también la ocurrencia de nubosidad asociada a un patrón general climático de cada localización (por ejemplo variaciones según estaciones secas/húmedas en Filipinas).



Cuadro 2. Promedios diarios por mes de Radiación incidente y fotosintéticamente activa (PAR) (MJ/m<sup>2</sup>/d) durante la estación de crecimiento de arroz en la condiciones del Este del país basado en datos de la serie histórica (1971-2011) en Paso de la Laguna y estimación de la productividad esperable.

	Siembra en mes de					
	Setiembre		Octubre		Noviembre	
	Rad Incidente	PAR	Rad Incidente	PAR	Rad Incidente	PAR
	MJ/m <sup>2</sup> /d					
set	13.07	6.53	-	-	-	-
oct	16.14	8.07	16.14	8.07	-	-
nov	19.26	9.60	19.26	9.60	19.26	9.60
dic	20.43	10.2	20.43	10.2	20.43	10.2
ene	20.16	10.1	20.16	10.1	20.16	10.1
feb	17.54	8.77	17.54	8.77	17.54	8.77
mar	-	-	15.31	7.65	15.31	7.65
abril	-	-	-	-	11.85	5.92
promedio	8.88		9.07		8.71	
	Rendimiento					
	t/ha					
IC=0.50	9.9		9.7		8.8	
IC=0.55	10.9		10.7		9.7	

La fracción de radiación interceptada en cada mes fue 1: 0.1, 2: 0.3, 3: 0.6, 4: 1 (antesis), 5: 0.75 llenado de granos, 6: 0.5 (madurez). El factor de conversión de radiación se corrigió por 0.9 en el último mes, mientras que se considera constante durante el resto del periodo de crecimiento del cultivo.

La comparación entre distintas fechas de siembra en las condiciones locales trae aparejadas variaciones menores en el promedio de radiación utilizable por el cultivo, indicando que la fecha de octubre es la más favorecida por la disponibilidad de radiación en el conjunto del periodo.

La estimación de la productividad, en cambio indica la conveniencia de la siembra más temprana respecto a las restantes. La diferencia entre siembras de setiembre y octubre no debería ser considerada relevante, y si el concepto de la ventaja general esperable tras las siembras tempranas respecto a las más tardías. Esto representa una conclusión similar a la alcanzada por otras vías de análisis (Blanco 1994; Pérez de Vida 2010; Roel 2011) desde una perspectiva diferente en la que se considera solo la energía incidente sobre el cultivo. De todos modos, las siembras tempranas logran mayor productividad –aún con menor radiación promedio mensual- por un mejor ajuste de la oferta

(maximizada en los meses de diciembre y enero) con la capacidad del cultivo de hacer una alta interceptación al alcanzar estados más avanzados del desarrollo de la canopia (elongación de entrenudos-embuchado, inicios de llenado de granos) (Deambrosi, Méndez, Roel 1994).

El nivel de productividad que establece esta estimación para las condiciones locales permite concluir un nivel de productividad esperable menor al de otros ambientes de mayor radiación (Australia, California) y de regímenes de temperatura similar (templados).

Por otra parte, ante niveles de radiación similar a localizaciones de regiones tropicales, nuestro ambiente provee condiciones de temperaturas más favorables (Figura 3) al reducir costos de mantenimiento por fotorespiración y por ende se podría asumir un potencial superior a dichas localidades (por ejemplo, estación seca en IRRI, Filipinas, Cuadro 3).

Cuadro 3. Productividad esperable en diferentes regiones arroceras del mundo según estimación con el presente modelo (extraído de Potential yield and the efficiency of radiation use in rice (PL Mitchell, JE Sheeshy, FI Woodward, 1998).

Localidad	PAR promedio en estación de crecimiento (MJ/m <sup>2</sup> /d)	Rendimiento de grano (t/ha 14% mc)
<b>Trópicos</b>		
IRRI, estación húmeda	7.8	7.6
Trópico típico, PAR constante	8.5	8.4
IRRI, estación seca	9.1	9.5
Nueva Ecija, estación húmeda	10.2	10.1
Nueva Ecija, estación seca	11.1	11.2
<b>Templado</b>		
Toyama, Japón	7.8	9.4
Yanco, Australia	11.6	14.3
Davis, California	12.6	15.7

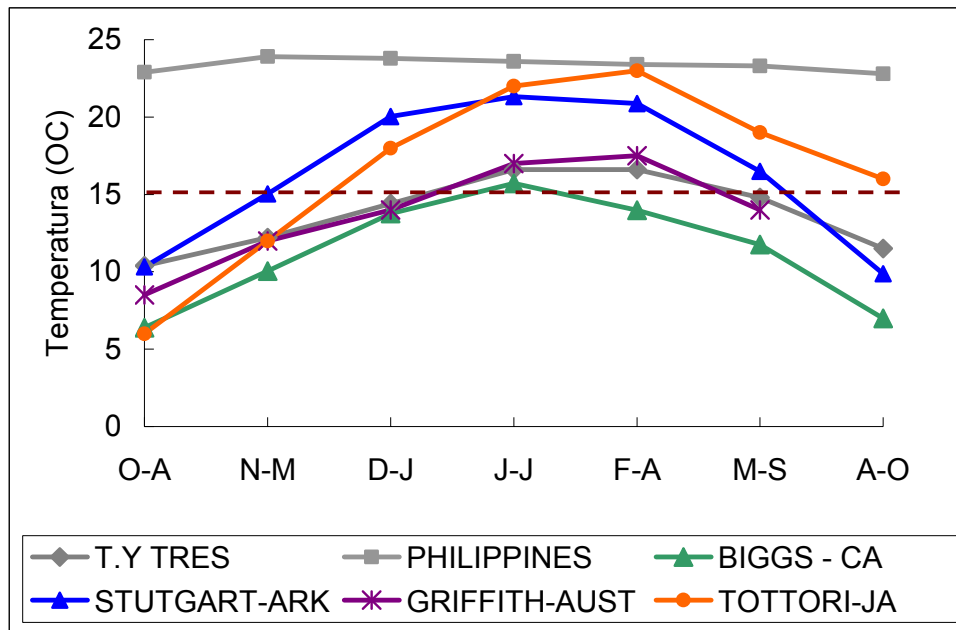


Figura 2. Umbral de temperatura mínima para el cultivo de arroz en estadios reproductivos (15°C) y Temperatura mínima media mensual en diferentes regiones arroceras del mundo, Treinta y Tres, Uruguay; Stuttgart, Arkansas; Filipinas; Griffith, Australia; Biggs, California; Tottori, Japón.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Deambrosi E, Méndez R, Roel A. 1997. Estrategia en la producción de arroz para un mejor aprovechamiento de las principales variables climáticas. Serie Técnica 89 INIA Treinta y Tres.

Mitchell PL, Sheeshy JE, Woodward FL. 1998. Potential yieldS and the efficiency of radiation use in rice. IRRRI Discussion Paper Series N°32 . Manila (Philippines): International Rice Research Institute. 62 p.

Pérez de Vida F. 2010. Aspectos de la ecofisiología del cultivo de arroz en Uruguay: I Análisis de la productividad en los últimos 15 años. Arroz Resultados Experimentales 2009-10. Actividades de Difusión 611. INIA Treinta y Tres.

Pérez de Vida F. 2010. Aspectos de la ecofisiología del cultivo de arroz en Uruguay: II Importancia de la fecha de siembra en la productividad. Arroz Resultados Experimentales 2009-10. Actividades de Difusión 611. INIA Treinta y Tres.

#### IV. INCIDENCIA DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE ARROZ EN URUGUAY

Fernando Pérez de Vida<sup>1</sup>

##### INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se realizó un análisis de la productividad de arroz en los últimos 15 años, cubriendo el periodo de las zafras agrícolas 1995/96 a 2009/10. El objetivo principal del mismo es contribuir a comprender aspectos de eco-fisiología de la producción de arroz en Uruguay, en particular el efecto de las condiciones climáticas en la productividad en un entorno de altos rendimientos. Es de interés entender los principales factores ambientales, de manejo y su posible interacción que se asocian a la evolución del rendimiento nacional en el mencionado periodo. Esto permitirá alcanzar una estimación del potencial de producción del ambiente y de las tecnologías en uso en el área comercial. La definición del período de análisis esta acorde con el propósito general ya que durante el tiempo mencionado se consolida el uso de cultivares de alto potencial y se mantiene una relativa homogeneidad en el germoplasma. En el recambio varietal, la variedad Bluebelle –buque insignia de la producción de arroz moderna en Uruguay-, pierde relevancia cediendo área de siembra principalmente a El Paso 144, INIA Tacuarí y posteriormente a INIA Olimar. La incorporación de tecnologías –incluyendo las variedades de origen local– significó un incremento de 51 % en el rendimiento nacional respecto a los 15 años previos (1980-1994). Los resultados de este análisis permitirán generar nuevas hipótesis de trabajo experimental con aplicación al mejoramiento genético.

##### PARÁMETROS CLIMÁTICOS

Los parámetros climáticos considerados en este estudio se refieren a niveles de humedad ambiental, precipitaciones (mm) y número de días de lluvias, disponibilidad de horas de sol y radiación, y temperaturas máxima media, mínima media, y número de días con temperatura mínima inferior a 15 grados Centígrados (valores incluidos: mínimo, máximo y promedio mensuales en Anexo). La comparación de los valores promedio de la serie de 39 años disponibles en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (Treinta y Tres) vs. los comprendidos en el periodo analizado permite apreciar que algunos de estos parámetros presentan tendencias diferentes a las históricas.

Las diferencias en los niveles de pluviosidad serían típicos de un régimen pluvial variable y de menor relevancia en un cultivo realizado bajo riego (figuras en anexo). Las tendencias de mayor preeminencia para el desarrollo del cultivo estarían relacionadas con niveles de temperaturas superiores en los últimos 15 años, en periodos relevantes para la construcción del rendimiento. En este sentido, las temperaturas mínimas presentan valores superiores a los históricos en estadios vegetativos del cultivo (meses de octubre y

noviembre), así como en los meses de marzo y abril (Figura 1). De igual manera, el número de días con bajas temperaturas (inferiores a 15 grados C) es inferior al registrado en la serie 1971/1994 (Figura 2).

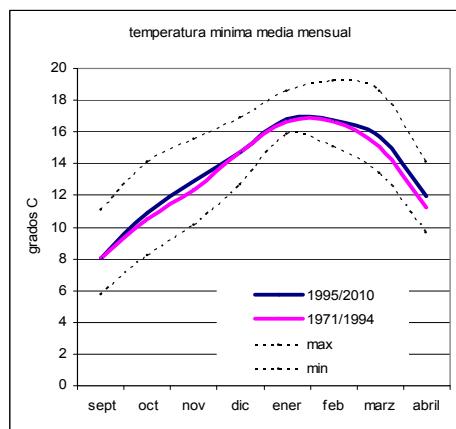


Figura 1. Valores mensuales de temperatura media desde septiembre a abril de la serie 1971 a 1995 (n=24) y del periodo analizado (1995 a 2010, n=15). Paso de la Laguna, Treinta y Tres.

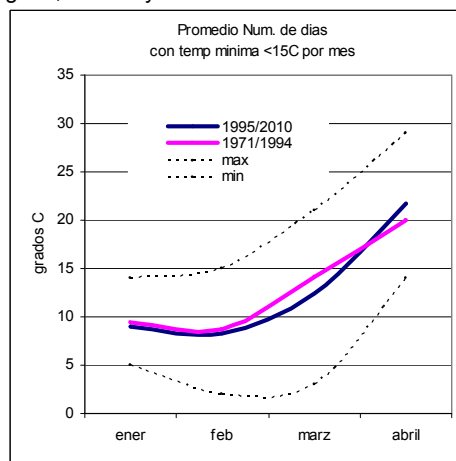


Figura 2. Valores promedio mensuales de número de días con temperatura mínima inferior a 15°C de enero a abril de la serie 1971 a 1995 (n=24) y del periodo analizado (1995 a 2010, n=15). Paso de la Laguna, Treinta y Tres.

Concordantemente, la temperatura mínima media del mes de marzo es la única variable climática en esta serie de datos en que se aprecia un incremento significativo en la secuencia de 39 años (Figura 3).

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

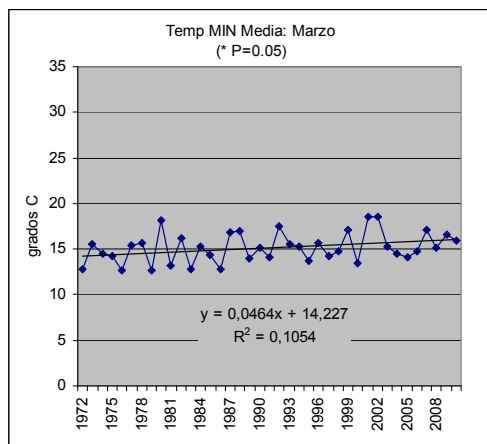


Figura 3. Evolución de la Temperatura Mínima media en el mes de abril en Paso de la Laguna, Treinta y Tres. Serie 1973 a 2010.

### PRODUCTIVIDAD Y FACTORES CLIMÁTICOS

La productividad del cultivo se relacionó mediante análisis de regresión múltiple con los parámetros climáticos señalados previamente. Se utilizaron datos de 15 zafas. La información climática se obtuvo de la estación meteorológica de la unidad experimental Paso de la Laguna, mientras que los datos de rendimientos son los publicados en reportes de DIEA. Debido a la regionalización de la información climática se utilizó información productiva restringida a la zona Este del país (departamentos de Rocha, Lavalleja, Treinta y Tres y Cerro Largo). Se utilizó el método de Stepwise para la selección de variables más significativas en la explicación de las variaciones en rendimiento. Se aplicó la sub-opción "forward" con probabilidades de entrada y salida al modelo de 0,25 y 0,10 respectivamente. Se trabajó con el paquete estadístico JMPin (SAS) versión 7.

El análisis de regresión, con  $n=15$ , estima la media de rendimientos en 6.64 t/ha con un desvío de 0.31. El

Cuadro 1. Estimadores de parámetros

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t	Std Beta
Intercept	27,099	4,833	5,61	0,0002	0
%Hum-Feb	-0,227	0,044	-5,15	0,0004	-0,613
%Hum abril	-0,098	0,029	-3,38	0,0070	-0,419
t.max nov	0,2617	0,086	3,01	0,0131	0,376
N°días<15°C Feb	-0,149	0,034	-4,35	0,0014	-0,604

Las variables seleccionadas por Stepwise para el modelo representan efectos ambientales en diferentes estadios de desarrollo del cultivo. Como se indicara, los mayores valores de coeficiente *path* resultan en variables con ocurrencia en el mes de Febrero que se asociarían a periodos de pre-floración y comienzo de llenado de granos en cultivos sembrados en el mes de octubre. La variable % de humedad en Febrero se podría relacionar causalmente con otros parámetros climáticos como precipitaciones (mm.), N° de días con lluvia, horas sol y radiación. Un modelo significativo identifica solo a Horas Sol en el mes de Febrero ( $R^2=0.336^*$   $P=0.0186$ ; valor de coeficiente  $path=-0.579^*$ )

modelo seleccionado explica un alto porcentaje de la variabilidad en los rendimientos de la serie ( $R^2=0.890^{***}$ ,  $P=0.001$ ). Las variables incluidas en el modelo (Tabla 1) son Temperatura máxima en noviembre (t.max nov), N° de días con temperaturas inferiores a 15°C en Febrero (N°días<15°C Feb), porcentajes de humedad ambiental en los meses de Febrero (%Hum-Feb) y abril (%Hum-Abril). Los valores de coeficientes *path* (p, Std Beta en cuadro 1) indican que los parámetros de mayor importancia en la variabilidad de los rendimientos en el periodo fueron relacionados a las condiciones climáticas en el mes de Febrero. El % de humedad ambiental presenta un valor  $p=-0.613^{**}$  y en N°días<15°C Feb resulta  $p=-0.604^{**}$ . Los signos negativos indican que los mayores rendimientos se obtuvieron en zafas con condiciones de menor humedad y menor número de días con bajas temperaturas. Baja humedad en el mes de abril y temperaturas altas en noviembre también contribuyen a explicar significativamente los mayores rendimientos en la serie 1995-2010.

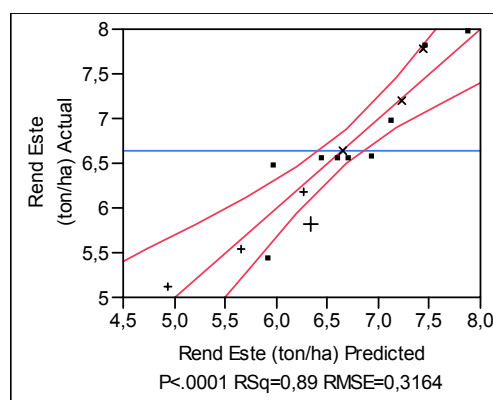


Figura 4. Ajuste del modelo de regresión múltiple respecto de la variable y (Rendimiento en la región Este).

como relacionado con las variaciones en %Hum-Feb. De este modo, los mayores rendimientos se asociarían a mayor disponibilidad de Horas Sol (menores niveles de humedad atmosférica) para el cultivo en periodos de alta demanda foto-energética (prefloración e inicios de llenado de granos). El mes de febrero es el que presenta mayor variabilidad en horas sol en la serie de años analizada (Coeficientes de variación: Enero=11,02%, Febrero=15,25%, Marzo=13,2). El %Hum-Feb se correlaciona significativamente con la temperatura máxima de Febrero ( $r=-0.667^{**}$ ) indicando que la ocurrencia de temperaturas diurnas más altas

también contribuyeron a la expresión de más altos rendimientos en el periodo analizado.

La ocurrencia de temperaturas por debajo de 15 grados centígrados en el periodo pre-floración puede perturbar el normal desarrollo de los granos de polen -afectado su viabilidad- y por ende reducir la fertilización de las flores. El aumento en esterilidad de granos trae aparejada la reducción en rendimiento, sin posibilidades de compensación a través de la expansión de otros componentes del rendimiento. El periodo de mayor susceptibilidad en arroz se estima en 10 a 15 días prefloración. En las condiciones locales estos eventos ocurren normalmente durante la noche. El N°días<15°C es indicativo del estrés térmico en que se desarrolla el cultivo. Los registros históricos en Paso de la Laguna permiten estimar una probabilidad entorno al 30% de ocurrencia de temperaturas inferiores a 15 grados Celsius, tanto en el mes de enero, febrero y primeros 10 días de marzo. En estas condiciones son esperables valores de % de granos estériles de 24,4, 20,4 y 20,9 para El Paso 144, INIA Tacuarí e INIA Olimar respectivamente, -obtenidos en 13 ensayos realizados en 8 años en UEPL-. En dichos experimentos no se descarta la incidencia de enfermedades de tallos (*Rhizoctonia oryzae sativae* y *Sclerotium sativae*) afectando ese componente, en particular en INIA Tacuarí. Por otra parte, en 3 años de ensayos bajo condición de temperatura controlada (cámara de crecimiento, 36 horas a 5 grados Celsius en prefloración) la incidencia de esterilidad por frío fue de 28,8% (El Paso 144), 21,4% (INIA Tacuarí), 22,4% (INIA Olimar) y 18,3% (testigo tolerante L2825CA) (Pérez de Vida, 2010). La información climática del periodo analizado destaca la disminución de la frecuencia de bajas temperaturas, así como el incremento de la temperatura mínima media (figuras 1, 2 y 3).

Por otra parte, el modelo identifica a %Hum-Abr como una variable significativamente relacionada a las variaciones en rendimiento. Al igual que la humedad ambiental en el mes de febrero, en el mes de abril presenta alta correlación negativa con Horas Sol ( $r=-0,746^{**}$ ) y Tmax ( $r=-0,648^{**}$ ). También son significativas las correlaciones del nivel de humedad con precipitaciones ( $r=0,737^{**}$ ) y días de lluvia ( $r=0,748^{**}$ ).

En base al análisis de rango de siembras simuladas (ver Pérez de Vida 2010) (inicios de octubre a 2da quincena de diciembre), y considerando los requerimientos de acumulación térmica de una variedad de ciclo intermedio (INIA Olimar), la relevancia de las condiciones ambientales del mes de abril (humedad, radiación) se debería restringir a las siembras tardías (2nov+Dic). Condiciones de menor humedad en el ambiente y mayor radiación y temperatura favorecerían el proceso de llenado de granos en dichas siembras. Por otra parte, en cultivos más avanzados en su maduración dichas condiciones favorecerían la disminución de pérdidas de granos por mayor eficiencia en la cosecha.

A partir de los resultados del análisis de regresión, se podría inferir que las condiciones ambientales al inicio del otoño fueron relevantes en favorecer la maduración y cosecha efectiva de un porcentaje del área de siembra

realizada tardíamente y de esta manera aportan al logro de altos rendimientos en el área nacional.

En conclusión, durante el periodo analizado, se dio la consolidación del recambio varietal y la plena adopción de nuevas variedades de alto potencial de rendimiento, así como el uso masivo de tecnologías. El cultivo presentó una media de 6.7 t/ha en 1995-2010 que fue aprox. 50% superior a un periodo similar precedente. Se estimó una alta tasa de incremento de la productividad/año (aprox. 130 kg/ha/año) (Pérez de Vida 2010). Sin embargo, un alto porcentaje (89%) de la variación en rendimientos del periodo estaría vinculado a las condiciones climáticas ocurridas. En general, los años de mayor productividad tuvieron condiciones de menor estrés lumínico y térmico en momentos relevantes para la construcción (prefloración) y concreción del rendimiento (llenado de granos). Esto en parte puede atribuirse a variaciones interanuales típicas de nuestras condiciones, así como al ajuste de fecha de siembra del cultivo de arroz. Por último, las condiciones climáticas habrían contribuido a disminuir significativamente las pérdidas de grano a madurez, al permitir una efectiva cosecha. El cultivo de arroz en Uruguay se destaca por la amplia adopción de prácticas culturales asociadas a un alto nivel tecnológico. La alta proporción de la variabilidad en los rendimientos causada por factores climáticos es reflejo de la amplia adopción de prácticas de manejo y tecnologías de protección del cultivo. De todos modos, durante el periodo de estudio, un 20% del área se sembró en fechas subóptimas para la obtención del máximo potencial del cultivo (Pérez de Vida 2010). La razón para esto seguramente, es inherente a nuestras condiciones climáticas -variaciones en el régimen hídrico- en la primavera. El exceso de lluvias en noviembre condicionó las siembras ubicando una parte de ellas en fechas tardías.

#### **APLICACIONES AL MEJORAMIENTO GENÉTICO LOCAL**

Considerando las variables climáticas identificadas en este análisis y su impacto en la productividad, resulta de importancia valorar el rol del mejoramiento genético en la incorporación de tolerancias a estreses abióticos y bióticos. En este sentido, se destaca que un cultivar de ciclo similar a INIA Olimar maximizaría su captación de radiación solar con una siembra de mediados de octubre, en particular durante los periodos de mayor importancia para definir la productividad. Siembras más tempranas, requerirían de la incorporación de tolerancia a bajas temperaturas en estadios de germinación y plántula en los cultivares. Sin embargo, en las condiciones del Este del país la principal limitante para la realización de siembras tempranas es el balance hídrico en los suelos, fuertemente condicionado por la variabilidad de las lluvias primaverales. En este sentido se destaca la actual ocurrencia de un 20% de las siembras fuera del periodo óptimo. Es necesario encontrar el método de siembra que justifique la decidida incorporación de tolerancia a bajas temperaturas en estadios juveniles del germoplasma. En circunstancias de preparación de suelos subóptimas, con potenciales problemas de microrelieve -y por ende anegamiento en "pozos"- se justificaría

además la incorporación de tolerancia a la sumersión en el germoplasma, como un seguro adicional para lograr el stand de plantas necesario. La adopción de la siembra en agua, como mecanismo alternativo y complementario a las siembras en suelo seco, podría ser una técnica de gran impacto para soslayar dichos problemas, permitiendo siembras más tempranas y evitando las tardías. Más allá de la experiencia nacional (Blanco y Roel, 1996) se debería retomar su investigación, en particular el impacto y mecanismos de mitigación de las aves (patos) en la siembra. La información climática presentada de la región Este destaca la alta prevalencia de condiciones térmicas de estrés para el cultivo de arroz en prefloración. El nivel de riesgo de un 30% comprende a siembras realizadas en un amplio abanico de casi 75 días desde el 1 de octubre. En función de esto, las variedades futuras deberían mejorar la tolerancia a frío de las actuales. Este componente del rendimiento daría soporte a una productividad superior a los actuales cultivares; mejorar la tolerancia a bajas temperaturas es un objetivo alcanzable en un relativo corto plazo, en relación a mejoras en la acumulación y partición de la biomasa o en la eficiencia fotosintética. Las condiciones de radiación en meses de inicio de llenado de granos también se han relacionado a las variaciones de rendimiento en los últimos 15 años. Las condiciones climáticas (radiación y temperaturas) de febrero son las más variables en la región Este. Explorar la diversidad genética en arroz para un uso más eficiente de radiación solar escasa es un enunciado más idealista que práctico. El arroz tiene su origen en regiones del mundo con relativa escasa radiación (Kush, 2000), millones de años de evolución seguramente ya han hecho su trabajo de selección natural entregándonos las combinaciones alélicas más adaptadas (Denison, com.pers. 2007). Sin embargo, la manipulación genética en algunos años de selección convencional ha realizado combinaciones con diferente plasticidad frente a cambios en los niveles de radiación. En este sentido, cultivares con capacidad para la acumulación de reservas prefloración (carbohidratos no estructurales) podrían tener una mayor habilidad de adaptación, contribuyendo con ellas al llenado de grano de modo diferido, y relativamente independiente de las condiciones prevalecientes de radiación durante el mismo periodo de llenado de granos. Por otra parte, cultivares con mayor duración del período de llenado de

granos (o “staygreen”) podrían superar restricciones temporales en la radiación (Pérez de Vida, 2011).

En el periodo se destaca el creciente uso de fungicidas para la protección del cultivo (más de 4% del área año<sup>-1</sup>) (Pérez de Vida, 2010). Las condiciones climáticas pueden haber disparado la incidencia de enfermedades (por ej: *Pyricularia*, en un contexto de variedades susceptibles [El Paso 144 e INIA Olimar]), así como la mayor intensidad de uso del suelo. La incorporación de resistencias a patógenos en las nuevas variedades es prioritario para el Programa de Mejoramiento Genético de INIA, y para ello se implementan técnicas tradicionales (cruzamientos con parentales donantes de resistencia, evaluación de reacción de cultivares bajo condiciones de alta presión [camas de infección]), así como técnicas moleculares para asistir la selección y diagnósticas de la presencia de genes mayores en los cultivares existentes. La convivencia con la presencia de enfermedades a hongos en el cultivo debe basarse en la incorporación de resistencia genética, como contribución indispensable a la competitividad económica del sector productor, a la sustentabilidad ambiental, y alineación con los esfuerzos de certificación de inocuidad de la producción.

Por último, las condiciones climáticas durante cosecha fueron indicadas como relevantes en la obtención de altos rendimientos nacionales. La eficiente cosecha en tiempo, permite desde el punto de vista del rendimiento físico (sin considerar la calidad molinera del grano) minimizar las pérdidas de grano en la planta. Desde el mejoramiento genético se podría contribuir con una menor facilidad de desprendimiento de los granos en la panoja –un carácter de herencia cuantitativa-, y de ese modo aportar en la estabilidad de la producción, minimizando pérdidas a cosecha (por ej. el novel cultivar L5502). Finalmente, considerando los rendimientos nacionales y experimentales -en base a la productividad de los tres cultivares ponderada por su porcentaje de participación en el área nacional- en un mismo periodo (2001/02 a 2008/09), se evidencia una brecha tecnológica de 10,8%. Este indicador refleja la muy alta adopción de técnicas y tecnologías por el sector productor. El mejoramiento genético tiene un importante desafío en el corto plazo: aportar germoplasma de alta productividad -un componente tecnológico esencial para contribuir a levantar el actual techo productivo que se desprende de este análisis-



## EXPLORACIÓN DEL POTENCIAL DE RENDIMIENTO

Fernando Pérez de Vida<sup>1/</sup>, Federico Molina<sup>1/</sup>

### INTRODUCCION

En el contexto actual, el rendimiento físico de los genotipos juega un importante rol en la economía del productor y en la estabilidad del negocio arrocero. En este sentido, el potencial de los nuevos cultivares deberá superar al de las variedades en uso, de modo de lograr una utilización más eficiente de todos los recursos dispuestos en la producción. El germoplasma elite del programa alcanza dicho estadio luego de varios años de evaluación con niveles de fertilización acorde a las recomendaciones generales de manejo. Este trabajo no tiene por objetivo definir practicas de manejo para cultivares en particular, pero sí entender procesos que pueden estar limitando la expresión de los rendimientos del germoplasma elite en la etapa final de evaluación y generar información preliminar del nivel de respuesta de nuevos cultivares.

### MATERIALES Y METODOS

Se evaluó el rendimiento en condiciones de alto N y protección de enfermedades a hongos en 6 cultivares de antecedentes de alto potencial. El objetivo del trabajo fue explorar la potencialidad de la combinación de alta fertilización nitrogenada junto a la aplicación preventiva de fungicidas, como una vía de incrementar el rendimiento físico, en dos fechas de siembra. El experimento se sembró en la UEPL en las fechas 8-oct. y 23-nov. de 2010. En la primer fecha de siembra se debió dar baños para la emergencia (1er baño: 22-oct.;

2do baño: 28-oct.), lográndose una efectiva emergencia el 12-nov. En la segunda fecha de siembra, la emergencia se registró el 10-dic.

Se realizó un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, con parcelas de 6 hileras de 3,5 m de largo y 0,20 cm entre hileras. La densidad de siembra fue de 165 Kg./ha, corregido por porcentaje de germinación.

La protección del cultivo se realizó con dos aplicaciones preventivas de Amistar top más surfactante a razón de 1 lt/ha. La primera aplicación se realizó en embarrigado y la segunda una semana pos fin de floración. El control de malezas se realizó mediante una aplicación de herbicidas en mezcla de tanque a razón de Clomazone (Command) 0.9 lt/ha, Quinclorac (Facet) 1.3 lt/ha, Molinate (Propanil) 3.5 lt/ha y Pirazosulfurón (Cyperex) 200gr/ha. En el ensayo en época 1, se presentó un importante escape de *alternanthera sp.* que obligó al desmalezado manual del ensayo.

Se incluyeron los cultivares: El Paso 144, INIA Olimar, FL06045, INIA Tacuarí, L5502 y L6329.

La fertilización Nitrogenada se realizó de acuerdo al detalle en el cuadro siguiente. Se utilizaron dos dosis de N total (nivel normal: 77 kg/ha, y, nivel alto: 114 kg/ha). La fertilización basal fue igual para ambos tratamientos, implicando la nutrición con 12.6 kg/ha de N, 72 kg/ha de P2O5 y 12.6 kg/ha de K.

Cuadro 1. Fertilización en ensayos de exploración del potencial de rendimiento

Momento	Alto Nitrógeno				Nitrógeno normal			
	Fert. (kg/ha)	N	P	K	Fert. (kg/ha)	N	P	K
Basal		12.6	72	12.6		12.6	72	12.6
Macollaje		50.6				36.8		
Primordio		50.6				27.6		
Unidad Fert Total		113.8	72	12.6		77	72	12.6

Se realizó el fraccionamiento de las coberturas en macollaje y primordio. En macollaje, el tratamiento de alto N suministró un 37,5% más del nutriente que el tratamiento de fertilización normal; en primordio, en cambio, dicha relación fue de 83% superior. En el total, el tratamiento de alto N recibió un 48% más de este nutriente.

### RESULTADOS

En estos ensayos, en un año de muy alta productividad y en condiciones de mínima presencia de enfermedades en parte debido a un eficiente control de las mismas, se obtuvo una productividad intermedia con un máximo de aprox. 10 t/ha (INIA Olimar, Época 1). Esto es en parte indicativo de una condición de suelo subóptima en el sitio ubicado el experimento, así como dificultades de implantación originadas en la necesidad de riegos para

promover la emergencia -lo cual frecuentemente trae aparejado problemas de encostramiento-, así como la incidencia de bajas temperaturas en las primeras etapas de la primera fecha de siembra. Experimentos contemporáneos en el mismo campo, presentaron potenciales superiores, con rendimientos de 11,5 a 12 t/ha en los testigos INA Olimar y El Paso 144.

El índice de severidad de daño para *rhizoctonia oryzae sativae* y *Sclerotium oryzae* fue muy bajo (3.5 y 6.9, respectivamente), comparado al registrado en los mismos cultivares en un ensayo sin protección de fungicidas (5.9 y 62.4, respectivamente) (Martínez y Casales com.pers.)

### Rendimiento

El rendimiento medio obtenido en las dos épocas de siembra fue de 8760,41, con un CV%=13,0. De acuerdo al ANAVA, el rendimiento fue afectado por los factores

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

cultivar, tratamiento de N, época de siembra, y en particular por la interacción de estos últimos.

Cuadro 2. Fuentes de variación y su probabilidad según análisis de varianza para rendimiento

Fuente de variación	F Ratio	Prob > F
Cultivar	7,6673	<,0001
Trat Nitrógeno	15,7973	0,0002
Cultivar * Trat Nitrógeno	0,8387	0,5263
Época	31,5781	<,0001
Trat Nitrógeno * Época	4,1126	0,0459
Bloque	2,8781	0,0412

Cultivar

El análisis estadístico y separación de medias (t-Student 5%) (Cuadro 3) indican que INIA Olimar, L5502, L6329 y El Paso 144 fueron los cultivares mas productivos, con un rango de rendimientos de 10,2 a 9,4 t/ha. El cultivar *indica* FL06045 fue el de menor rendimiento. INIA Tacuarí presentó una menor productividad en parte afectado por daño de pájaros en particular en época 1

Cuadro 3. Medias ajustadas por método de mínimos cuadrados y resultados de separación de medias.

Tratamiento		Media AMC
INIA Olimar	A	10199,746
L5502	A	9892,975
L6329	A B	9744,537
El Paso 144	A B	9431,479
INIA Tacuarí	B	9103,392
FL06045-11M-1-1P-2P	C	8026,308

LSMedias Differences Student's t,  $\alpha=0,050$   $t=1,99045$

Épocas de siembra

La productividad en Época 1 (9.4 t/ha) fue significativamente superior a la Época 2 (8.1 t/ha), representando diferencias típicas entre siembras de momentos óptimos y marginales, respectivamente. Al igual a lo reportado en Evaluación Final de cultivares (cap 6), la primer fecha de siembra presenta un mayor nivel de rendimiento, asociado a condiciones de radiación pre y postfloración más favorables para el desarrollo de los cultivares.

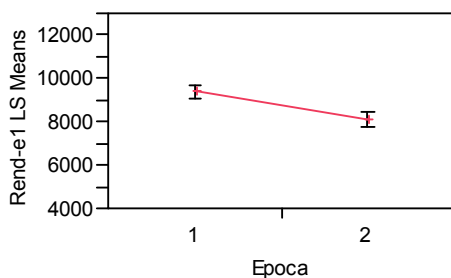


Figura 1. Rendimientos físicos en épocas de siembra en Paso de la Laguna 2010/11.

Tratamiento de Nitrógeno

Las dosis de N aplicadas generaron diferencias estadísticamente significativas en la productividad, independientemente de los cultivares (interacción no significativa). El nivel alto de fertilización (114 kg/ha de N) produjo 10 t/ha promedio lo que fue significativamente superior al tratamiento de fertilización normal (77 kg/ha, 8.7 t/ha)

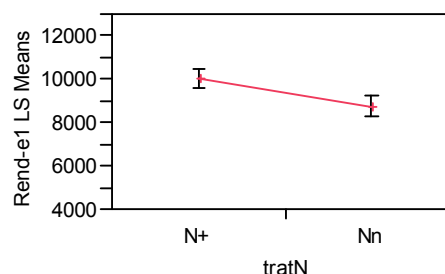


Figura 2. Respuesta a fertilización nitrogenada en condiciones de control químico de enfermedades a hongos de modo preventivo, en dos épocas de siembra.

Interacción Épocas de siembra \* Tratamiento de Nitrógeno

Esta interacción fue significativa, indicando que la respuesta a la fertilización nitrogenada estuvo determinada por las condiciones en que se desarrollo el cultivo, directamente relacionado a las fechas de siembra realizadas. De acuerdo al grafico y separación de medias en cuadro 4, se aprecia que en época 2 no se obtuvo respuesta significativa al agregado adicional de N.

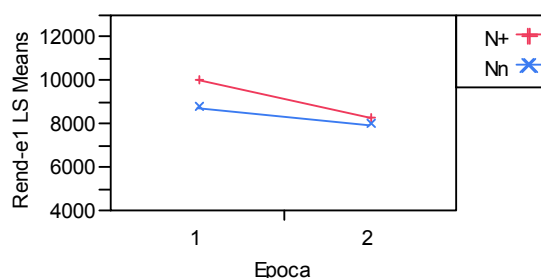


Figura 3. Respuesta a la fertilización nitrogenada según fecha de siembra. Paso de la Laguna 2010/11.

La combinación de factores ambientales (radiación y temperaturas) en niveles más restringidos en época 2, de acuerdo a lo reportado en el análisis de ensayos de evaluación final (cap 6 de esta publicación), limitaron la respuesta al N adicional agregado. Los resultados en cuadro 4 indican que el aprovechamiento del suministro extra de N fue realizado con éxito cuando las condiciones ambientales fueron no restrictivas.

Cuadro 4. Medias ajustadas por mínimos cuadrados (AMC) de rendimiento físico en tratamientos de nitrógeno y fechas de siembra

Nitrógeno, fecha de siembra				Media AMC
Nitrógeno Alto (114 k/ha), Época 1	A			10039,236
Nitrógeno normal (77 kg/ha), Época 1		B		8760,243
Nitrógeno Alto (114 kg/ha), Época 2		B	C	8299,132
Nitrógeno normal (77 kg/ha), Época 2			C	7943,031

LSMedias Differences Student's t  $\alpha=0,050$   $t=1,98861$  Tratamientos no conectados por la misma letra son significativamente diferentes. N+, alto nitrógeno; Nn, nitrógeno normal. 1, primera época de siembra; 2, segunda época de siembra.

Según el análisis mencionado previamente, el nivel de radiación disponible para llenado de granos en época 1 fue 17% superior al registrado en igual periodo fenológico para los cultivares sembrados en época 2. Considerando que la temperatura media mínima fue similar para ambas fechas de siembra, en el período crítico prefloración (16.9 vs 17.1 grados C), se asume que la reducción en radiación es la causa para la falta

de respuesta. Es importante considerar que dicho alto nivel de fertilización nitrogenada no fue detrimental para la expresión del rendimiento, probablemente debido a que las condiciones de radiación en momentos fenológicos relevantes en época 2 –si bien siendo inferiores a las de época 1– aun fueron superiores en 13 a 15% a los registros históricos.

Cuadro 5. Radiación (MJ/m<sup>2</sup>/d) promedio diario en diferentes estadios de desarrollo del arroz durante la zafra 2010/11 y valores históricos de la serie 1972-2011 en Unidad Experimental Paso de la Laguna, Treinta y Tres. Temperatura mínima promedio de 15 días prefloración en cada fecha de siembra.

		2010/11	Media histórica MJ/m <sup>2</sup> /d	Dif.	Temp. min. (°C)
Época 1	<b>20 días</b>				
	Prefloración	10.36	9.5	0.83 (+9%)	16.9
	Posfloración prom	10.29 10.3	8.3	1.99 (+24%)	
Época 2	Prefloración	9.96	8.84	1.12 (+13%)	17.1
	Posfloración prom	8.82 9.39	7.67	1.14 (+15%)	

### Componentes del rendimiento

#### Panículas por metro<sup>2</sup>

No se obtuvieron diferencias significativas en este componente ocasionados por los factores estudiados. La media de panículas por m<sup>2</sup> fue de 540, con variaciones entre cultivares de 582 (El Paso 144) y 518 (L5502).

#### Granos totales/panículas

Se obtuvo un tamaño promedio de panículas de 119 granos (totales). El ANAVA identifica variaciones significativas causadas por cultivares, tratamiento de nitrógeno, y la interacción de este con fechas de siembra.

Cuadro 6. Fuentes de variación y su probabilidad según análisis de varianza para granos totales por panícula

Fuente de variación	F Ratio	Prob > F
Cultivar	19,7043	<,0001
Trat Nitrógeno	16,5269	0,0001
Cultivar* Trat Nitrógeno	2,1433	0,0696
Época	2,3535	0,1293
Cultivar*Época	2,9195	0,0185
Trat Nitrógeno *Época	0,4719	0,4943
Bloque	0,4336	0,7296

#### Cultivar

Los cultivares presentaron un comportamiento general en granos por panícula acorde con sus antecedentes y que en parte justificaban su elección para este estudio. En general los cultivares del subtipo *japónica* tropical presentaron panículas con mayor número de granos, destacándose L6329. Los cultivares *Indica*, cuyo potencial en general se construye en un alto número de tallos fértiles por m<sup>2</sup>, presentan los menores registros de granos por panoja.

Cuadro 7. Medias ajustadas por mínimos cuadrados (AMC) de granos totales por panícula en cultivares.

Cultivar		Media AMC
L6329	A	166,54167
L5502	B	140,36667
INIA Tacuarí	B	127,00000
INIA Olimar	C	108,62500
El Paso 144	C	96,83333
FL06045-11M-1-1P-2P	C	92,13333

LSMedias Differences Student's t  $\alpha=0,050$   $t=1,99254$ . Tratamientos no conectados con la misma letra son significativamente diferentes.

#### Tratamiento de Nitrógeno

El número de granos por panícula presentó una significativa respuesta al agregado adicional de nitrógeno realizado en el tratamiento de alto N (133 vs. 111;  $P=0.01$ ). Como se indicara, en particular las mayores diferencias en la aplicación se dieron al estadio de elongación de entrenudos (primordio), lo cual efectivamente se evidencian en la obtención de panículas con mayor número de granos. La alta respuesta obtenida, en general, podría deberse a las condiciones climáticas favorables (alta radiación) durante el período de construcción de este componente.

#### Interacción Cultivar \* Tratamiento de Nitrógeno

Esta interacción presentó una tendencia con  $P=0,0696$ , reflejando respuestas diferenciales de algunos

cultivares (*Indicas*, El Paso 144 y FL06045) con baja respuesta al agregado de mayor nitrógeno (Figura 4). Como se comentara, las mayores diferencias en dosis de nitrógeno aplicado correspondieron al estadio de elongación de entrenudos (83% superior en alto N vs N normal), en cuyo caso, los cultivares con mayor respuesta en rendimientos fueron aquellos en que su potencial esta mayormente condicionado por dicho componente. Los genotipos *Indicas* de más amplio desarrollo de canopia basado en un alto número de macollos por m<sup>2</sup> y panículas de menor número de flores, son los que tienen menor respuesta. En un plano hipotético, se podría asumir que el perfil de fraccionamiento del nitrógeno realizado pudo ir relativamente en detrimento de la respuesta de estos cultivares.

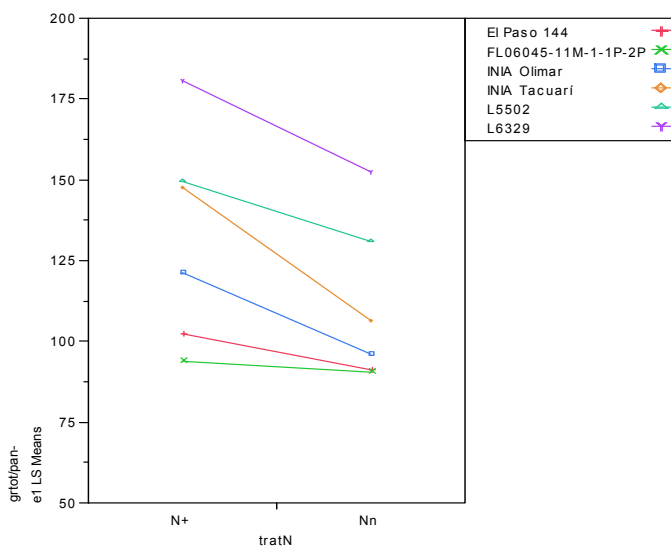


Figura 4. No. de granos por panícula en cultivares según tratamiento de nitrógeno.

#### Interacción Cultivar \* Época

En general se obtuvieron menores desarrollos de panículas en la segunda fecha de siembra respecto a la primera. La interacción de cultivares según época de

siembra ( $P=0,0185$ ) refleja la respuesta diferencial de L6329 e INIA Tacuarí al resto de los cultivares, con valores sostenidos aun en la fecha de siembra tardía (Figura 5).

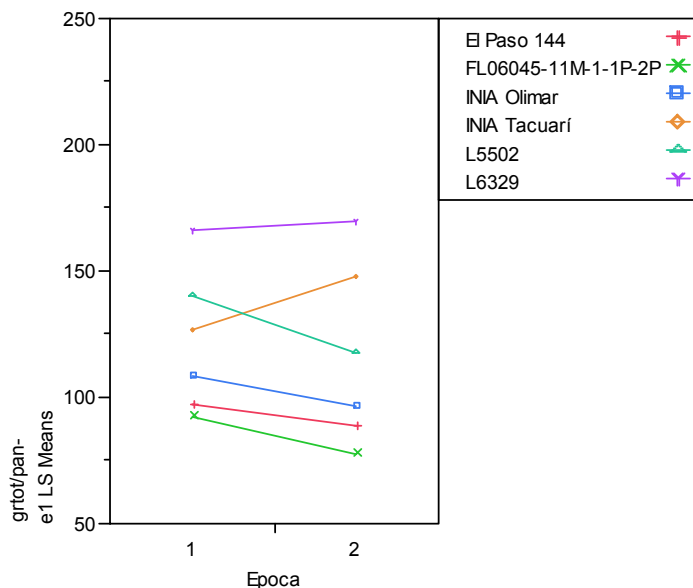


Figura 5. No. de granos totales por panícula en cultivares según época de siembra.

### Porcentaje de esterilidad de granos

El porcentaje de flores que no se concretaron en granos fue significativamente afectado por cultivar, época de siembra y su interacción. El nivel de fertilización nitrogenada no afectó el % de esterilidad.

Cuadro 8. Fuentes de variación y su probabilidad según análisis de varianza para porcentaje de esterilidad de granos

Fuente de variación	F Ratio	Prob > F
Cultivar	2,3862	0,0462
Trat Nitrógeno	1,1153	0,2944
Cultivar* Trat Nitrógeno	0,8782	0,5002
Época	51,4752	<,0001
Cultivar* Época	5,3193	0,0003
Trat N*Época	0,4830	0,4893
Bloque	1,7865	0,1573

### Cultivar

Cuadro 9. Medias ajustadas por mínimos cuadrados (AMC) de porcentaje de esterilidad de granos en cultivares

Tratamiento	Media AMC
FL06045-11M-1-1P-2P	A 19,176929
L6329	A 18,205711
INIA Tacuarí	A 16,407219
El Paso 144	A B 15,069017
L5502	A B 14,994845
INIA Olimar	B 10,459331

LSMedias Differences Student's t,  $\alpha=0,050$   $t=1,993$   
Tratamientos not connected by same letter are significantly different

### Época

Las fechas de siembra generaron diferencias muy significativas, indicativos de las diferentes condiciones de radiación y temperaturas a las que se vieron expuestos los cultivares; la segunda fecha de siembra presentó valores superiores de esterilidad de granos (24,0%) frente a época 1 (15,7%) ( $P=0.001$ ).

### Interacción Cultivar \* Época

La interacción entre cultivar y fechas de siembra fue significativa. La figura indica que la misma estuvo dada por respuestas varietales de igual sentido pero con diferentes pendientes en distintas fechas de siembra. Las menores variaciones se obtuvieron en L5502 y El Paso 144, mientras que FL06045 y L6329 fueron los de mayores cambios entre épocas.

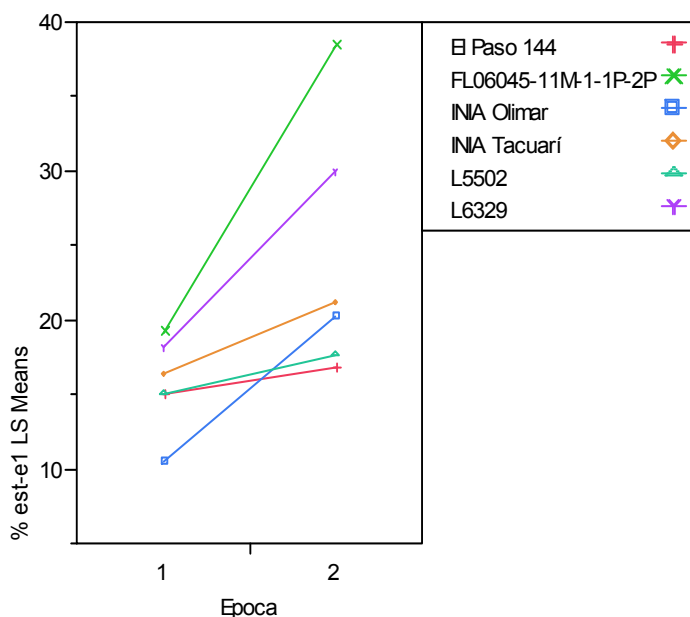


Figura 6. Porcentaje de esterilidad de granos en cultivares según fecha de siembra.

### CONCLUSIONES

Los resultados presentados deben ser valorados en el contexto particular del año y del diseño experimental utilizado. Este no tiene en su alcance la identificación de óptimos físicos ni económicos, así como tampoco el entendimiento de alguna de las interacciones relevantes en la respuesta a nitrógeno, por Ej. la incidencia de enfermedades a hongos. Sin embargo, en un contexto de cultivo protegido preventivamente con fungicidas (doble aplicación) se obtuvo una significativa respuesta en producción física de arroz al agregado de fertilizante nitrogenado de hasta 114 kg/ha, un 48% superior al utilizado como norma de manejo en otros ensayos del PMGA. Dicha respuesta se obtuvo en un año de alta radiación (13% superior al valor medio de la serie

histórica 1972-2011, en el periodo diciembre a marzo) y por ende de alta productividad. En particular se destaca la respuesta de cultivares con alta capacidad para desarrollar panículas de mayor número de granos, ante un suministro fraccionado que maximizó las diferencias entre tratamientos de nitrógeno en elongación de entrenudos. La densidad de panículas por m<sup>2</sup> no presentó respuesta al agregado adicional de N, en un contexto de densidad media (540 pan/m<sup>2</sup>). La baja incidencia de estrés de bajas temperaturas en estadios reproductivos de la primera fecha de siembra y alta radiación durante el llenado de granos (10.29 MJ/m<sup>2</sup>/d), explican el mayor potencial obtenido en dicha siembra y en particular la respuesta a un mayor nivel de nitrógeno aplicado.



## CONSTRUCCION DEL RENDIMIENTO EN CULTIVARES (VARIEDADES E HÍBRIDOS) DE ALTO POTENCIAL SEGÚN DENSIDAD DE SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Fernando Pérez de Vida<sup>1/</sup>, G. Hernández<sup>2/</sup>, G. Moreira<sup>2/</sup>, T. Lucas<sup>2/</sup>

Actividad correspondiente al Proyecto FCI02: "Bases fisiológicas para la mitigación de la vulnerabilidad de los sistemas productivos agrícolas (arroz, cebada, cítricos, trigo, forestales) ante estreses abióticos causados por el cambio climático en Uruguay".

### INTRODUCCIÓN

### MATERIALES Y MÉTODOS

Los factores incluidos en este estudio fueron los cultivares El Paso 144 e INIA Olimar (variedades) y Avaxi CL e INOV CL (híbridos) de la empresa RiceTec, como parcela mayor; densidad de siembra con tres niveles: 50, 150 y 250 plantas/m<sup>2</sup> como parcela menor; y fertilización nitrogenada como sub-parcela. El experimento se sembró el 21-oct., recibiendo un 1er baño el 22-oct, junto a un grupo importante de ensayos contiguos. La fecha de emergencia fue el 11-nov. En dichas condiciones, la tasa de recuperación de plantas

fue superior a la estimada en el diseño del experimento (35%), ubicándose entorno a 50-60%. Los niveles de Nitrógeno se detallan en cuadro 1. Fertilización Nitrogenada (urea) en cobertura a macollaje: 10- dic. 2010 en estadios V3-V4 (El Paso 144, INIA Olimar) y en V3 (AvaxiCL, InovCL). La lámina permanente de riego se estableció el 13-dic. 2010.

El estudio se basa en el análisis de crecimiento, evolución del índice de área foliar, componentes y rendimiento de los cultivares en las condiciones variables de desarrollo de canopia generadas por el manejo (niveles) de los factores densidad y nitrógeno

Cuadro 1. Fertilización general Del ensayo y niveles en sub-parcelas de Nitrógeno.

	kg/ha Fert	N	P	K	kg/ha Fert	N	P	K
Basal	180 (7-40-7)	12.6	72	12.6	180 (7-40-7)	12.6	72	12.6
Macollaje	100 (46-0-0)	46			60 (46-0-0)	27.6	0	0
Primordio	100 (46-0-0)	46	0	0	60 (46-0-0)	27.6	0	0
Unidad Fert Total		104.6	72	12.6		67.8	72	12.6

### RESULTADOS PRELIMINARES

El rendimiento promedio del experimento fue de 12.5 t/ha; los factores Cultivar y Nitrógeno afectaron significativamente la productividad, no siendo así la densidad de siembra (Cuadro 2). Las densidades obtenidas difirieron de las deseadas (D1: 112, D2: 330, D3: 473 plantas/m<sup>2</sup>). La necesidad de baños para promover la emergencia, al día siguiente de la siembra (manejo asociado a otras áreas del campo experimental), incrementó el porcentaje de recuperación de plantas. Sin embargo, se alcanzó el objetivo del diseño experimental de generar diferentes desarrollos y evolución en las canopias de los cultivares, aunque fuera del rango de aplicación practica (por Ej. Densidad 3) El rendimiento de los cultivares varió significativamente, presentando los híbridos mayor productividad física que las variedades, y entre estas El Paso 144 superó a INIA Olimar. En general Avaxi, obtuvo valores en componentes que favorecieron su alta producción (alto número de Pan/m<sup>2</sup> y bajo % de esterilidad), en tanto que Inov generó una fosa mayor basada en mayor número de granos por panícula con

una esterilidad similar a las variedades. El rendimiento en Olimar bajó levemente respecto a El Paso 144, al definir un menor número de panículas por metro.

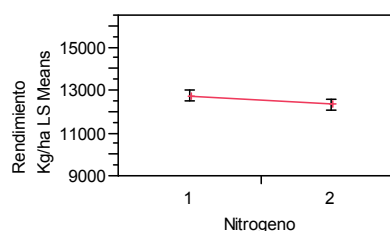


Figura 1. Respuesta general de rendimiento a dosis de nitrógeno (P=0.001)

La respuesta general a N fue significativa obteniéndose mayor productividad ante la mayor disponibilidad de N (Figura 1), lo cual se asoció principalmente al desarrollo de panículas de mayor potencial, con escaso impacto en los demás componentes.

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

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

Cuadro 2. Medias y significación de rendimiento y componentes según factores de variación, cultivar, densidad, nitrógeno.

Tratamiento	Rend (t/ha)	Pan/m <sup>2</sup>	Granos/Pan	% Esterilidad	Peso 1000 granos
Avaxi CL	13.6 A	638 A	92 A	8.1 B	26.1 C
Inov CL	13.3 A	411 C	133 C	11.9 A	27.9 A
El Paso 144	12.6 B	517 B	111 B	11.3 A	26.6 B
Olimar	11.9 C	485 B	111 B	11.4 A	27.2 AB
Densidad 1	12.6	406 C	136 A	10.3	26.8 B
Densidad 2	12.5	492 B	107 B	9.8	27.3 A
Densidad 3	12.5	537 A	100 C	9.9	27.2 A
Nitrógeno 1	12.7 A	472	118 A	10.2	27.0
Nitrógeno 2	12.3 B	485	110 B	9.8	27.2
Fuente de variación					
Cultivar	<u>0.0001</u>	<u>0.0001</u>	<u>0.0001</u>	<u>0.0001</u>	<u>0.0001</u>
Densidad	0.837	<u>0.0001</u>	<u>0.0001</u>	0.664	<u>0.004</u>
Nitrógeno	<u>0.035</u>	0.324	<u>0.0005</u>	0.375	0.122
Cultivar*Densidad	<u>0.028</u>	<u>0.0003</u>	0.207	0.298	0.437
Cultivar*Nitrógeno	0.739	<u>0.0003</u>	0.833	0.671	0.817
Densidad*Nitrógeno	0.228	<u>0.054</u>	<u>0.0003</u>	0.134	0.703
C*D*N	0.123	0.525	0.911	0.456	0.837
Promedio	12.5	479	114	10.0	27.1
Coefficiente de variación (%)	8.28	15.12	8.00	22.6	2.64

Si bien el rendimiento no fue afectado por el factor densidad de siembra, sí lo fue por la interacción Densidad\*Cultivar. En figura 1 se aprecian las distintas tendencias de respuesta entre cultivares; así el incremento de densidad reduce el rendimiento en Avaxi, mientras que no incide de modo estadísticamente

significativo en los demás cultivares. De otro modo, las diferencias productivas entre cultivares, dependen de la densidad de siembra (por ejemplo los híbridos no se diferencian de El Paso 144 en la densidad intermedia; Inov alcanza la máxima productividad de Avaxi [en baja densidad] mediante la mayor densidad [3])

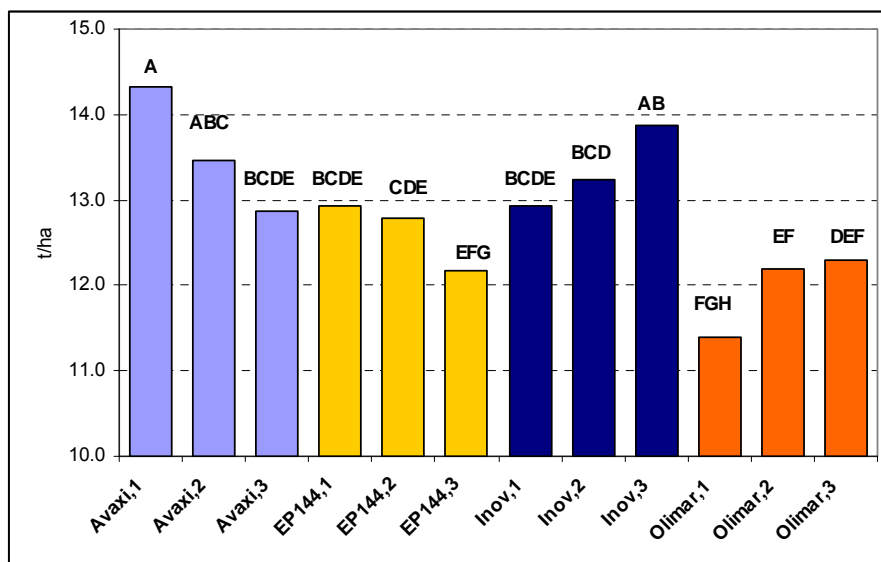


Figura 2. Rendimientos físicos (t/ha) en cultivares híbridos y variedades según densidad de siembra.

La combinación de factores (densidad, nitrógeno, cultivares) generó diferentes desarrollos de las canopias cuya capacidad para interceptar efectivamente la radiación solar determina el rendimiento- evaluados por el índice de área foliar (IAF). Como se aprecia en la figura 3, la mayor expresión del rendimiento en los cultivares resulta de obtener un IAF entorno a 6 en floración –generalmente aceptado como IAF óptimo-. Sin embargo, en función del tipo de planta y su

arquitectura dicho valor de IAF se obtiene con densidades de plantas diferentes. Por ejemplo, Avaxi y El Paso 144 desarrollan valores mayores de IAF a floración que Inov y Olimar. Estas últimas, con menor desarrollo de hojas presentan escaso incremento en el IAF con el aumento de densidad 2 a 3; mientras que en El Paso 144 el aumento poblacional genera un desarrollo foliar excesivo, con mayor sombreamiento interno de la canopia –muerte de hojas basales- y en

consecuencia el IAF disminuye. El rendimiento presenta una tendencia declinante en dicho tratamiento (Figura 2). Avaxi por otra parte, expresa su mayor potencial en siembras de baja densidad; el incremento en densidad de plantas se asocia a un incremento en IAF en todo el

rango. Este cultivar se caracterizó por un alto macollaje efectivo (número de panículas por m<sup>2</sup>), con hojas más cortas (que El Paso 144 por ej.) y podría explicar la no reducción en IAF. Este valor no se relaciona con el rendimiento obtenido.

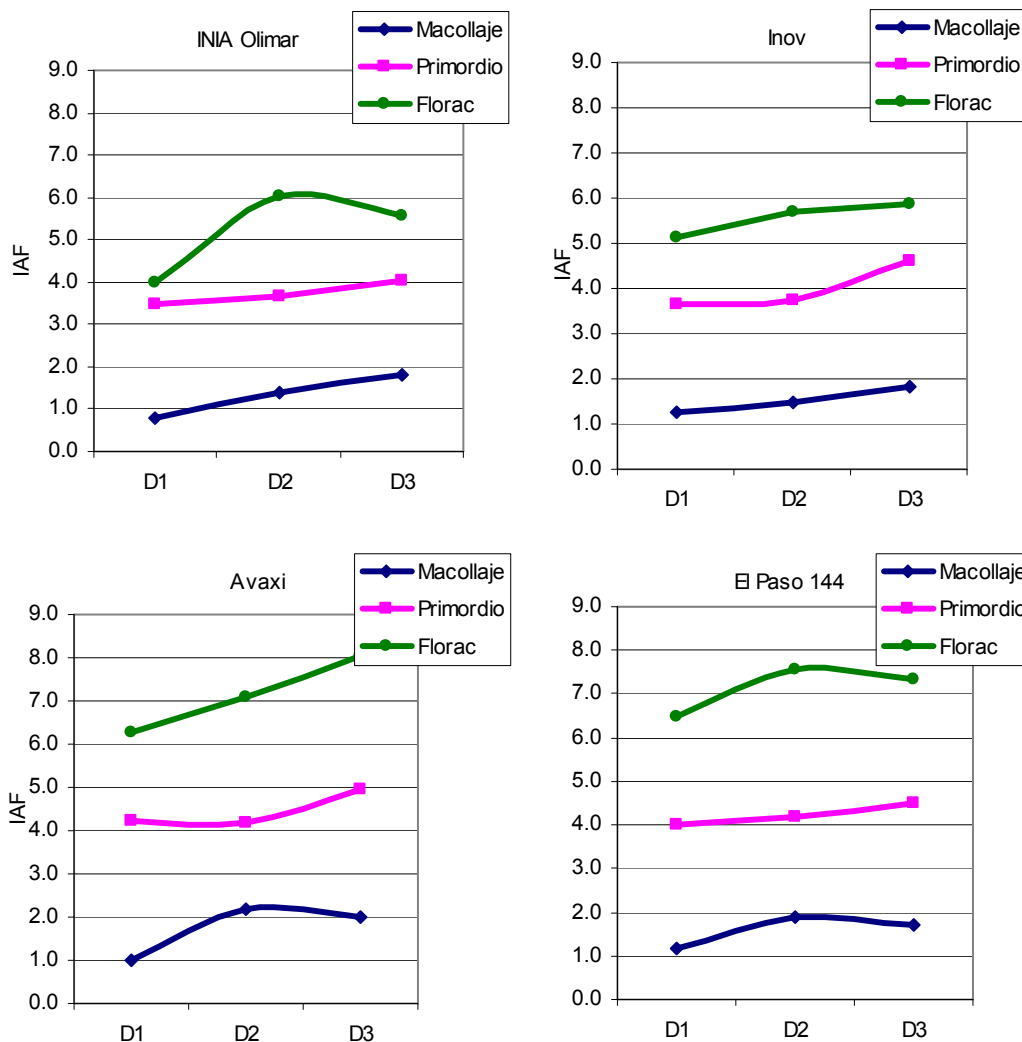


Figura 3. Evolución del Índice de Área Foliar por cultivar en distintos estadios fenológicos según densidad de siembra.

### CONCLUSIONES

El ajuste de densidad de siembra en cultivares debe – en función del tipo de planta, capacidad de macollaje, desarrollo foliar- apuntar a alcanzar un valor de IAF óptimo –según referencias y este estudio- entorno a 6, rango 5-7. Este valor se alcanzaría con ajustes poblacionales diferentes según el cultivar; Avaxi y El Paso 144 se ven favorecidos por densidades iniciales

bajas (100 plantas/m<sup>2</sup>) de modo que logran una canopia de desarrollo moderado con el que maximizan su rendimiento. Inov y su parental INIA Olimar presentan una tendencia inversa, logrando mayores potenciales con densidades de más de 250 plantas por m<sup>2</sup>. En este contexto, alcanzan IAF a floración de 5-6, maximizando así sus rendimientos físicos.

## NUEVO MÉTODO MOLECULAR PARA DETECCIÓN DE ARROZ ROJO RESISTENTE A IMIDAZOLINONAS Y SU APLICACIÓN EN UN ESTUDIO DE CAMPO

Juan Rosas<sup>1</sup>, Victoria Bonnacarrere<sup>2</sup>, Fernando Pérez de Vida<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

La infestación por arroz rojo (AR) es un problema creciente en el país (DIEA, 2009), pudiendo comprometer la calidad y competitividad de la producción. El AR es una variante dañina que por ser de la misma especie que el arroz cultivado (AC) no puede combatirse eficientemente con herbicidas selectivos. Una respuesta comercial a este problema es el Sistema de Producción de Arroz Clearfield® (CL), de reciente adopción en Uruguay. Este sistema de producción combina el uso de herbicidas imidazolinonas (IMI) con variedades de AC no transgénico con resistencia a IMI. Esta resistencia se debe a una mutación puntual en la enzima blanco (acetolactato sintasa). Las mutaciones presentes en cultivares resistentes son S<sub>653</sub>E, G<sub>654</sub>E o A<sub>122</sub>T. Éstas pueden incorporarse al AR por flujo génico, lo que ha sido reportado como principal fuente de resistencia a IMI en AR en EEUU (Shivrain et al. 2010) y Brasil (Roso et al. 2010). El uso sostenido de IMI selecciona híbridos resistentes y eventuales mutantes espontáneos, generando poblaciones de arroz rojo resistente a IMI (ARRI) que limitan la vida útil de la tecnología CL.

En 2008 se iniciaron los primeros estudios moleculares de flujo de genes desde variedades CL a AR en Uruguay. En 2010 se incorporó un nuevo método molecular, KASP, para identificar mutaciones de resistencia a IMI en AR proveniente de una chacra de arroz con 3 años de uso continuo de CL. Este método, más rápido, específico y económico que los anteriormente disponibles, permitió identificar varios eventos de flujo génico en la situación de campo estudiada, y se presenta como una valiosa herramienta para vigilar la aparición de resistencia a IMI en AR, aportando a un manejo responsable de la tecnología CL.

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### SITUACIÓN DE CAMPO Y MATERIAL VEGETAL

El AR fue colectado en una chacra de arroz en el Depto. de Cerro Largo (NE del país), con cuatro sectores con 0, 1, 2 y 3 años de uso de CL (sectores A, B, C y D, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sectores con los cultivares sembrados en los 3 años estudiados.

SECTOR	A	B	C	D
SUP (ha)	4	8	9	8
AÑO 1	INIA Olimar	INIA Olimar	INIA Olimar	CL 161
AÑO 2	INIA Olimar	INIA Olimar	INTA Puitá-CL	CL 161 + INTA Puitá-CL
AÑO 3	INIA Olimar	INTA Puitá-CL	INTA Puitá-CL	INTA Puitá-CL

Los cultivares sembrados eran: INIA Olimar (susceptible a IMI); INTA Puitá-CL (mutación A<sub>122</sub>T) y CL-161 (mutación S<sub>653</sub>D). Se identificaron 24, 29, 31 y 48 sitios de alta concentración de AR en cada sector, respectivamente. De cada sitio se colectó por separado la semilla de una panícula por cada individuo con fenotipo de AR. Se muestrearon 101 plantas en el sector A, 74 en el B, 75 en el C y 90 en el D, y se sembró su semilla en almacigueras (más de 15000 semillas) para tratamiento con herbicida.

Se analizaron molecularmente individuos sobrevivientes a dos aplicaciones secuenciales de herbicida KiFix®, BASF (Imazapir 17.50% w/w, Imazapir 52.50% w/w + coadyuvante tensioactivo no iónico Plurafac® al 0.25%) a dosis letales (200 g/ha), a los 15 y 30 días post-emergencia. En cada experimento se incluyeron controles con ADN de cultivares con genotipo conocido homocigota resistente, homocigota susceptible y heterocigota para la mutación a determinar, así como controles sin ADN.

#### EXTRACCIÓN DE ADN

Se empleó el método CTAB (Bromuro de hexadeciltrimetilamonio) adaptado al procesamiento simultáneo de 96 muestras, y se determinó la concentración de ADN obtenido midiendo absorbancia a 260 nm en un espectrofotómetro NanoDrop 2000C. Se llevaron las concentraciones de ADN de las muestras y controles a 100 ng/μL.

#### VALIDACIÓN DEL MÉTODO KASP

El método se validó por dos vías: 1) analizando 3 paneles de 72 muestras de genotipo conocido (A, B y C, un panel para cada mutación), y 2) analizando en paralelo 155 muestras de genotipo desconocido con el método KASP y el método convencional, AS-PCR, para determinar la mutación S<sub>653</sub>D. La concordancia entre los resultados obtenidos por ambos métodos se cuantificó por el coeficiente *kappa* (Cohen, 1960).

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

<sup>2/</sup> INIA Las Brujas

KASP PARA MUTACIONES S<sub>653</sub>D y A<sub>122</sub>T

El análisis por KASP para las mutaciones S<sub>653</sub>D y A<sub>122</sub>T se realizó a un total de 168 individuos, 1 del sector A, 6 del sector B, 72 del sector C y 89 del sector D. No se analizaron muestras para la presencia de la mutación G<sub>654</sub>E, por no haber cultivares CL portadores de ese alelo en las situaciones de campo estudiadas. La amplificación se realizó de acuerdo a las instrucciones del fabricante, con modificaciones para optimizar la reacción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VALIDACIÓN DEL MÉTODO KASP

El análisis de los paneles A, B y C permitió determinar la sensibilidad y especificidad del método para cada mutación (Cuadro 2). Se observó que KASP tiene similar especificidad (E) pero mayor sensibilidad (S) que el método convencional, lo que lo hace más confiable para estudios de campo.

Cuadro 2. Resultados de validación de KASP mediante el análisis de paneles con 72 genotipos conocidos.

MÉTODO	E	S
AS-PCR S <sub>653</sub> D	1,00	0,83
KASP S <sub>653</sub> D	0,96	0,98
KASP A <sub>122</sub> T	1,00	0,96
KASP G <sub>654</sub> E	1,00	0,93

Al comparar los resultados de AS-PCR y KASP para la mutación S<sub>653</sub>D en 155 muestras, se obtuvo una correlación aceptable (coeficiente kappa de 0,63), lo que permitió confirmar la validación del método KASP.

DETECCIÓN DE MUTACIONES S<sub>653</sub>D Y A<sub>122</sub>T POR KASP

En la figura 1 se presentan los genotipos para las mutaciones S<sub>653</sub>D y A<sub>122</sub>T determinadas por el método KASP. La resistencia a IMI en los sectores A y B está dada exclusivamente por la mutación A<sub>122</sub>T, la que predomina también en el sector C, tanto en homocigotas como heterocigotas, mientras que en el D hay mayor presencia de la mutación S<sub>653</sub>D, especialmente en estado homocigota.

Esto muestra una correlación general entre la prevalencia de las mutaciones encontradas y las variedades sembradas en cada sector, indicando al flujo génico como principal fuente de resistencia a IMI en AR en la situación estudiada. Sin embargo, un 7% de las muestras (incluidas en "otros" en gráfica 2) resistieron a dosis letales de IMI sin presentar ninguna de las mutaciones interrogadas. Este tipo de resultados coincide con los de estudios similares a mayor escala (Roso et al., 2010). Por otra parte, la presencia de alelos mutantes en sectores donde las variedades donantes no fueron sembradas (A<sub>122</sub>T en sector A y S<sub>653</sub>D en sector B) es indicadora de eventos de dispersión de semilla, lo que puede corresponder al uso de semilla propia por parte del productor. Los individuos portadores de ambas mutaciones (22%) indican dos eventos de flujo génico sucesivos, el primero desde la variedad CL al AR susceptible (volviéndolo resistente), y el segundo desde otra variedad CL al AR resistente. Sería de interés conocer el comportamiento de estos AR portadores de ambas mutaciones en situaciones con y sin herbicida.

DISTRIBUCIÓN DE GENOTIPOS

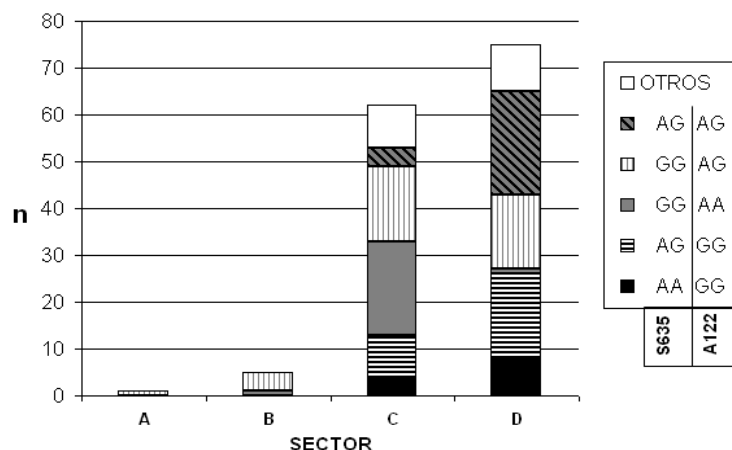


Figura 1. Resultados del genotipado por KASP en los loci S653 y A122. A = alelo de resistencia, G = alelo de susceptibilidad, Otros = no se detectaron las mutaciones interrogadas.

## CONCLUSIONES

Más de un evento de flujo genes de resistencia desde variedades CL a AR puede ocurrir anualmente si las condiciones son propicias. Además, la dispersión de semilla resistente juega un rol importante en la expansión del AR resistente a IMI. Considerando la experiencia de regiones en las que el AR ha comprometido la competitividad como el sur de Brasil (Villa et al., 2006) se hace imprescindible reforzar las recomendaciones para un uso responsable de CL.

El método molecular validado es un insumo aplicable en el monitoreo y vigilancia de chacras con uso de la tecnología CL, para detectar a tiempo AR resistente a IMI e implementar medidas oportunas que minimicen su dispersión.

## AGRADECIMENTOS

Este trabajo se enmarcó en el proyecto financiado por FONTAGRO "Impacto ambiental de la adopción del arroz resistente a las imidazolinonas en sistemas productivos contrastantes de América Latina". J. Rosas recibió una beca de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) de Uruguay. Se agradece el apoyo de Téc. Agr. Daniel Ramírez, Id. Agr. Adriana López, Sr. Wilson Ferreira y Br. Leticia Quintana.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cohen J (1960) A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and psychological measurement*; 20:37-46.

DIEA (2009) Estadísticas Básicas del Sector Arrocero, Período 1998-2009. Publicación de la Dirección de Estadísticas Agropecuarias, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

Roso AC, Merotto Jr A, Delatorre CA, Menezes VG (2010) Regional scale distribution of imidazolinine herbicide-resistant alleles in red rice (*Oryza sativa* L.) determined through SNP markers. *Field Crops Research*, 119:175-182.

Shivrain VK, Burgos NR, Sales MA, Kuk YI (2010) Polymorphisms in the ALS gene of weedy rice (*Oryza sativa* L.) accessions with differential tolerance to imazethapyr. *Crop Protection*, 29:336-341.

Villa SCC, Marchezan E, Avila LA, Massoni PFS, Telo GV, Machado SLO, Camargo ER (2006) Arroz Tolerante a Imidazolinonas: Controle do Arroz-Vermelho, Fluxo Gênico e Efeito Residual do Herbicida em Culturas Sucessoras Não-Tolerantes. *Planta Daninha, Viçosa-MG*, 24:761-768.

## RESPUESTA DE CULTIVARES DE ARROZ A BAJAS TEMPERATURAS EN ESTADIOS REPRODUCTIVOS

Fernando Pérez de Vida<sup>1/</sup>, Carolina Sanchez<sup>1/</sup>, Daniel Ramírez<sup>1/</sup>

### INTRODUCCION

En correspondencia con los objetivos planteados en la Evaluación Final de cultivares del programa, se realiza la caracterización de la tolerancia a bajas temperaturas del germoplasma elite en condiciones controladas (cámara de frío). Se sigue un protocolo similar en los últimos 3 años (Pérez de Vida 2008, Pérez de Vida y Barrios 2009, Pérez de Vida y Díaz 2010). En esta zafra se modificó el tratamiento pasando de 5 grados Celsius durante 36 horas a 8 grados Celsius durante 48 horas, debido a limitantes del equipamiento para alcanzar el primer registro mencionado.

### RESULTADOS

El tratamiento de bajas temperaturas en prefloración generó un incremento significativo en el % de esterilidad de flores (P=0.001). El porcentaje de granos estériles paso de 14% en los testigos sin tratar a 27% en los tratados, como medias de todos los cultivares evaluados. Similares resultados se reportaron el año

anterior (13.3% y 27.9% testigos y tratados, respectivamente). Los cultivares difirieron significativamente en su respuesta en % de granos estériles (P=0.001) al tratamiento de bajas temperaturas. Debido a que presentaron diferentes valores de esterilidad en los testigos, se evalúa la respuesta al tratamiento térmico en la cámara de frío mediante la diferencia "tratamiento de frío - testigo" variable que se denomina "daño por frío". En segunda instancia, a esta variable "daño por frío" se le divide por el nivel de esterilidad resultante en el tratamiento testigo para evaluar la entidad de dicho impacto o daño respecto a la esterilidad de base (o en ausencia de bajas temperaturas).

Como se puede apreciar en cuadro 1 y ANAVA los cultivares *Indica* son más susceptibles al tratamiento de bajas temperaturas (P=0.001) como esperable; sin embargo, el cultivar CL244 presentó menor incidencia de esterilidad y su incremento relativo al testigo fue de los menores registrados. Este resultado difiere sustancialmente de lo reportado el año anterior para este cultivar. En el mismo sentido los cultivares El Paso 144, INIA Olimar y FL05090 tienen resultados similares al que presentan cultivares tolerantes como L5502, L5287 y L2825CA. Sin embargo y de modo coincidente

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres



a lo señalado, dichos cultivares *Indicas* se destacaron por su sostenido rendimiento en el ensayo "Época2" de Evaluación Final. También es coincidente el resultado

de daño por frío con los registros de % de esterilidad en Época2 en L5903, FL06045, IRGA424, indicativos de su susceptibilidad.

Cuadro1. Daño por tratamiento de frío (% de esterilidad en tratamiento de baja temperatura en prefloración - % de esterilidad en tratamiento testigo sin estrés por frío) y daño relativo (daño/% de esterilidad en tratamiento testigo) en cultivares en Evaluación Final. Unidad Experimental Villa Sara. 2010/11.

Cultivar		daño	Cultivar		daño relativo
Puita	A	45.4	Puita	A	816.5
FL06045	A B	37.4	L 7833	B	435.0
L 5945	B C	32.4	FL06045	B C	405.3
L 7833	B C	29.5	L 5945	B C D	339.4
L 5903	B C D	26.4	L 2825 CA	B C D E	311.4
CL 146	C D E	22.2	CL 146	B C D E F	278.6
IRGA 424	D E F	16.1	L 5287	B C D E F G	257.5
L 5830	E F G	13.4	L 5830	B C D E F G H	247.3
INIA Tacuarí	E F G	12.2	CL 243	B C D E F G H I	236.0
CL 243	E F G	11.7	L 5904	C D E F G H I	205.5
L 6399	E F G	10.6	INIA Tacuarí	D E F G H I	136.4
Bluebelle	F G H	8.1	IRGA 424	D E F G H I	128.5
INIA Olimar	F G H	7.7	L 5903	D E F G H I	125.4
L 2825 CA	F G H	7.5	Bluebelle	D E F G H I	125.0
L 5904	F G H	7.0	INIA Olimar	E F G H I	119.4
L 6329	F G H	6.9	L 6399	E F G H I	106.6
L 7503	F G H	6.7	L7422	F G H I	95.0
L7422	F G H	6.2	FL05090	F G H I	71.8
L 5287	F G H	5.4	L 6329	F G H I	66.3
FL05090	F G H	5.2	El Paso 144	G H I	47.2
El Paso 144	G H	3.7	CL 244	H I	45.3
CL 244	H	2.6	L 7503	I	21.7
L 5502	H	2.7	L 5502	I	18.3

## SEMILLAS

### INFORME DE PRODUCCIÓN DE LA ZAFRA 10/11

Ana Laura Pereira <sup>1/</sup> Ariel Pimienta<sup>1/</sup>

Cuadro 1. Mantenimiento genético y producción de semilla pre-básica de arroz

Variedad	Panojas/hilera N° Sembradas	Semilla pre básica kg
INIA Tacuarí	350	456
L300 INIA Olimar	300	269
EL Paso 144	570	1112
L5502	220	420*
CL 146	100	122
CL 244	90	139

Cuadro 2. Producción de líneas promisorias

Variedad	Área Sembrada (ha)	Densidad siembra (kg/ha)	Rend. (kg/ha)	Semilla Obtenida kg
L 5502	1.7	115	9286	15787*
CL 146	0.36	120	7083	2550
CL 244	0.41	100	8634	3540

(\*): Estimado (se está clasificando)

Cuadro 3. Producción de Semilla Categoría Básica - Zafra 2010/11

Variedad	Área Sembrada (ha)	Densidad siembra (kg/ha)	Rend. (kg/ha)	Semilla Obtenida kg
INIA Tacuarí	2.5	120	7920	19800
L 3000 INIA Olimar	2.3	130	7619	17525
El Paso 144	6.9	120	8634	59575

### EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE PRODUCCIÓN Y USO DE SEMILLA BÁSICA

Cuadro 3. Área total, rendimiento promedio y total de semilla Básica

Zafra	Área (ha)	Rendimiento (bls/ha)	S.obtenida (bls)
90-91	16,7	133	1.870
91-92	19,6	113	1.744
92-93	28,6	95	2.088
93-94	25,9	133	2.745
94-95	29,0	163	4.717
95-96	21,0	168	2.845
96-97	25,3	160	3.087
97-98	24,5	98	1.838
98-99	29,0	138	3.323
99-00	23,6	185	3.590
00-01	7,6	145	800
01-02	17,1	122	1.650
02-03	19,7	146	2.175
03-04	17,6	115	1.667
04-05	20,2	131	2.040
05-06	16,5	150	2.016
06-07	11,5	174	1.673
07-08	16,0	131	2.099
08-09	14,7	109	1.595
08-09	11,8	114	1349
09-10	14,1	128	1800
10-11	14,1	168	2375

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

## LONGEVIDAD DE SEMILLAS DE VARIEDADES DE ARROZ Y DE BIOTIPOS DE ARROZ ROJO Y NEGRO EN EL SUELO

Gonzalo Zorrilla<sup>1/</sup>; Ana Laura Pereira<sup>2/</sup>; Mabel Oxley<sup>2/</sup>; Antonio Acevedo<sup>3/</sup>

### INTRODUCCIÓN

La mezcla varietal debido a la existencia de plantas oriundas de semillas que persisten en el suelo de años anteriores es un problema que há sido observado en chacras de arroz. La longevidad de la semilla de variedades es un problema serio a nivel de cambio de variedades de un año para el otro y para planificar el uso de suelos de retorno con fines de producción de semilla. En la práctica se há visto una mayor longevidad de semillas en el suelo de la variedad El Paso 144 con respecto a otras variedades que permanecen de una siembra para otra, pero no se tiene una Idea clara de cuanto se tiene que esperar para evitar plantas guachas.

El arroz rojo genera pérdidas importantes de productividad en las chacras de arroz, siendo de difícil control por tratar-se de la misma especie del arroz cultivado. El arroz rojo se caracteriza por la gran rusticidad, donde la mayoría de los tipos es del mismo ciclo o más precoz que las cultivares más representativas de cada región productora. La gran dormancia, que puede mantener viables las semillas por varios años en el suelo asociado al alto degrane, son características de sobrevivencia de esta planta que permiten acumular densos bancos de semillas en el suelo, lo que contribuye decisivamente para la infestación creciente en cultivos subsecuentes en la misma área y la dificultad de control.

El conocimiento de las características del banco de semillas del suelo, como la longevidad de las semillas, es esencial en la elección de los métodos de control, tanto en el caso de especies malezas como el arroz rojo cuanto el de mezcla varietal, en el caso de otras variedades de arroz cultivado.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la longevidad de semillas en el suelo de variedades de arroz y de biótipos de arroz rojo y negro sobre las condiciones de suelo y clima de la región este de Uruguay.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo consto de dos experimentos, donde fueron evaluadas la longevidad de variedades de arroz (experimento 1) y biotipos de arroz rojo y negro (experimento 2) en el período de abril de 1993 a setiembre de 2005.

Los experimentos fueron conducidos en la Estación Experimental de Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres en un suelo Solod Melánico L.

En el experimento 1 fueron utilizadas semillas de las variedades Bluebelle, El Paso 144, El Paso 48, EEA 404 e INIA Tacuarí, cosechadas manualmente em abril de 1993 en los experimentos de cultivares Del Programa de Mejoramiento Genético de Arroz de INIA. Las semillas fueron trilladas manualmente, siendo posteriormente secadas al sol. La limpieza de las semillas se realizo en laboratorio, donde permanecieron almacenadas en bolsas de papel hasta la instalación del experimento.

El cuadro 1 caracteriza las muestras de semillas utilizadas cuanto a su porcentaje de germinación y el peso de mil semillas en gramos.

Cuadro 1. Valores de germinación y peso de mil semillas de las cultivares de arroz EEA 404, El Paso 144 e INIA Tacuarí utilizadas en el experimento 1.

Variedad	Germinación (%)	Peso de mil semillas (g)
EEA 404	89	34,6
El Paso 144	96	28,5
INIA Tacuarí	95	22,8

En el experimento 2 se utilizaron semillas de dos biotipos de arroz, uno rojo y el otro negro que fueron colectadas en áreas de rastrojo de arroz del año anterior (1992). Luego de la colecta las semillas fueron trilladas manualmente siendo secadas al sol para ser enterradas con humedad semejante a la que ocurre en el proceso natural de desgrane de las semillas.

Los biotipos de arroz utilizados fueron los comúnmente encontrados en Uruguay: arroz negro y arroz rojo. El arroz negro, denominado así por presentar coloración de las glumas negras, posee aristas resistentes y largas (4-5 cm) y el otro denominado arroz rojo por presenta coloración de las glumas ocre con aristas cortas. Ambos tipos son de cariopses cortas, gruesas y pubescentes.

La germinación inicial del arroz rojo y negro fueron de 94,5% y 97,5% respectivamente. Las semillas enterradas se encontraban con ausencia de dormancia para las cultivares y 100% de dormancia para las semillas de los biotipos de arroz rojo y negro.

### Tratamientos y delineamiento experimental

Para ambos experimentos, los tratamientos estaban constituidos de la combinación de los siguientes factores:

#### Experimento 1

- profundidad: 5,0 e 15,0 cm;
- genotipos: EEA-404, El Paso 144, INIA Tacuarí, El Paso 144 y Bluebelle

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres hasta 2005

<sup>2/</sup> INIA Treinta y Tres

<sup>3/</sup> INIA Treinta y Tres hasta 2008

- longevidad: - 5 años para EEA 404 e INIA Tacuarí
- 10 años para El Paso 144

### Experimento 2

- profundidad: 5,0 e 15,0 cm;
- genotipos: biotipos de arroz rojo y negro.

En base a la revisión bibliográfica, se establecieron tratamientos nominativos por el desconocimiento previo de la longevidad de la semilla, o sea, el número de años que las semillas podrían permanecer viables en el suelo. Así se definió un número de 20 años que asegurara la continuidad del experimento.

Los experimentos constaron de un delineamiento experimental factorial, dispuesto en parcelas divididas,

siendo la parcela principal la profundidad, la subparcela la longevidad y la sub-subparcela los genotipos para el experimento 1 y para el experimento 2 la parcela principal fue la profundidad y la subparcela el genotipo. Fueron utilizada tres repeticiones estadísticas.

Las semillas fueron enterradas en el suelo en junio de 1993. Para la obtención de las profundidades fueron retirados panes de tierra con vegetación hasta la profundidad deseada (5 y 15 cm). Cada tratamiento fue conducido en un tubo de PVC con diametro de 10 cm y altura de 4 cm abiertos en las extremidades (figura 1). Los tubos fueron dispuestos lado a lado, siendo distanciados aproximadamente 6 cm entre años y 4 cm entre genotipos (distribuidos al azar).



Figura 1 – Disposición de las semillas de las variedades de arroz y de los biotipo de arroz rojo y negro en los cilindros de PVC..

Las muestras estaban constituidas por 200 semillas de cada genotipo distribuidas en los cilindros correspondientes en una capa uniforme y sin superposición. Finalmente, el suelo fue repuesto permaneciendo la superficie prácticamente inalterada, obedeciendo, a la profundidad de los tratamientos dispuestos en las subparcelas (5 y 15 cm) en los dos experimentos.

La primera extracción de semillas fue realizada en setiembre de 1993, tres meses después de haber sido enterradas. En los años siguientes, en los meses de setiembre-octubre fueron realizadas las extracciones, con remoción de los cilindros correspondientes a cada genotipo.

Los cilindros fueron llevados al laboratorio y las semillas removidas cuidadosamente del suelo. Las semillas que no se presentaban visualmente deterioradas fueron sometidas al test de germinación. Las plántulas normales fueron contadas y registradas como semillas viables quiescentes (no dormantes). A este resultado se le agrego el número determinado de plántulas que habían germinado en el suelo (cilindro). Las semillas que no estaban deterioradas al final del test de germinación fueron analizadas por el test de tetrazolio. Las semillas viables detectadas por el test de tetrazolio

fueron registradas como viables dormantes. El total de viabilidad fue obtenido por la suma del número de semillas quiescentes y de semillas dormantes y los resultados fueron expresados como porcentaje del total de semillas viables enterradas en el suelo. Para efecto de evaluación de los datos, todos los tratamientos fueron ajustados al 100% de viabilidad.

**Germinación** - El test de germinación fue conducido con el número de semillas recuperadas de las muestras contenidas en cada cilindro que no se encontraban visualmente deterioradas. Las semillas fueron colocadas en sustrato de rollos de papel y llevadas a la cámara de germinación a una temperatura de 25 °C. El primer conteo se realizó a los cinco días y el conteo final a los catorce días de la instalación del test. Los resultados fueron expresados en porcentaje.

**Tetrazolio** – Las semillas que no germinaron al final del test de germinación fueron sometidas al test de tetrazolio para verificar su viabilidad. Se realizó corte longitudinal de las semillas siendo sumergidas en solución de sal de tetrazolio a 0,5% por un periodo de 3 h a temperatura de 30 °C. Las semillas fueron clasificadas en viables y no viables expresándose los resultados en porcentajes

**Análisis estadístico**

Las variables evaluadas en cada experimento fueron analizadas a través del programa PROC GLM (SAS, 2003), realizándose el análisis de varianza y para la comparación de medias fue utilizado el test de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Varietades de arroz**

La dinámica de la viabilidad de las variedades de arroz desde que fueron enterradas en junio de 1993, hasta la fecha en que fueron encontradas las últimas semillas viables, en setiembre de 1996, para las profundidades de 5 y 15 cm puede ser observada en la figura 2.

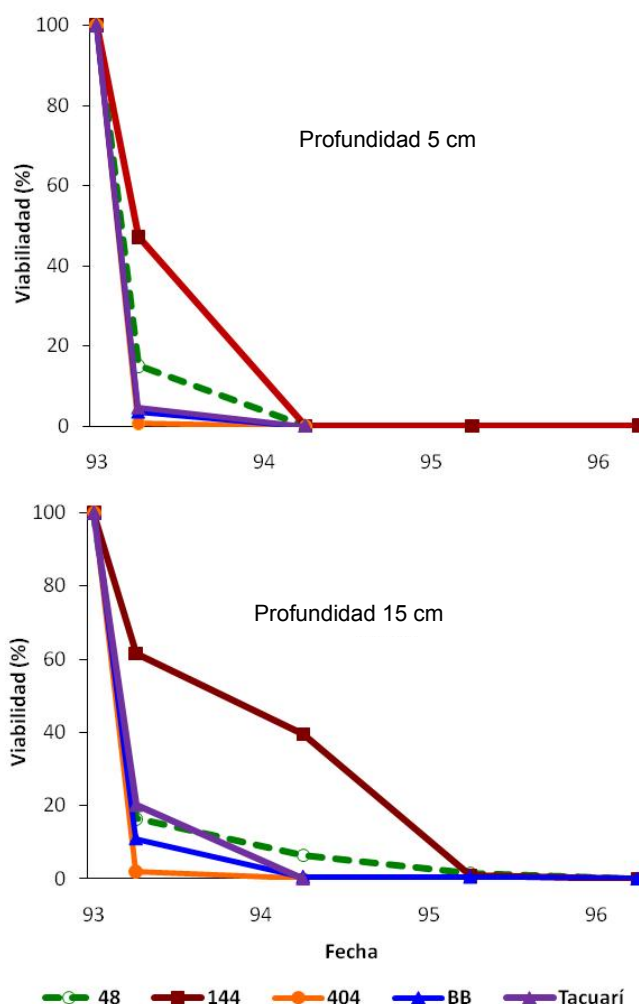


Figura 2. Dinámica de la viabilidad de las variedades El Paso 48, El Paso 144, EEA 404, Bluebelle y Tacuarí enterradas en el suelo a 5 e 15 cm de profundidad en el periodo de junio de 1993 a setiembre de 1996.

Se observa una caída acentuada en la viabilidad de las semillas tres meses después de enterradas para las variedades japónicas El Paso 48, EEA 404, Bluebelle, y Tacuarí, presentando menos de 20% de semillas viables. La variedad índica El Paso 144 también presentó reducción de viabilidad de sus semillas, sin embargo bastante menos pronunciada que para las otras variedades, manteniendo porcentajes de semillas viables de 47 y 62 para las profundidades de 5 y 15 cm, respectivamente, en setiembre de 1993. Ocurrió por lo tanto, una respuesta diferencial de las semillas cuanto al origen, pues la cultivar índica mantuvo una viabilidad

superior a las cultivares japónicas a lo largo de todo el periodo.

Dentro de las variedades japónicas El Paso 48 no difirió de Tacuarí y ambas tuvieron mayor viabilidad que Bluebelle y EEA 404 en el periodo de 1993 hasta 1996. En estudios realizados en Texas por Noldin (2006), enterrando semillas de las variedades de tipo japonico Lemont y Mars por cinco meses a 5 y 25 cm de profundidad, no encontró semillas viables independientemente de la localización em el suelo. Estos resultados son similares a los obtenidos en este

trabajo donde las variedades japónicas tuvieron una caída superior a 80% en la viabilidad a los tres meses de enterradas.

A los tres meses de enterradas (setiembre de 1993) el porcentaje de semillas viables fue en promedio de las dos profundidades y para todas las variedades de 18%, siendo significativamente superior al valor de 5% de viabilidad encontrada en la primavera siguiente, a los 15 meses de enterradas. En extracciones posteriores la viabilidad de las semillas fue menor a 1%.

Menos del 0,2% de las semillas enterradas a 15 cm de El Paso 48, El Paso 144 y Bluebelle presentaron semillas viables hasta 28 meses (setiembre de 1995). Al tercer año, a los 40 meses de enterradas, solamente permanecían viables 0,2 % de semillas de la variedad de El Paso 144 a 5 cm de profundidad.

En trabajos similares realizados en Brasil (Peske et al., 1997) y Estados Unidos (Noldin, 2006) se confirma la variabilidad existente en la longevidad de las semillas de arroz conforme el genotipo. Otros factores como el suelo y el clima pueden influir en la longevidad de las semillas (Bekker et al., 1998). Sin embargo, según Fenner y Thompson (2005), esta influencia no es determinante pues la persistencia es sobretodo una característica de la semilla, que puede ser o no modificada por las condiciones ambientales.

Considerándose la profundidad a la que fueron enterradas las semillas, se observaron diferencias de viabilidad entre las mismas. A 15 cm todas las cultivares presentaron mayor viabilidad en todas las fechas de extracción que a 5 cm. El Paso 144 presentó a una profundidad de 5 cm, a los tres meses de enterrado 47,2% de viabilidad, no encontrando-se más semillas viables hasta la última extracción (0,2%) a los 40 meses. Por otro lado, a 15 cm de profundidad, presentó respectivamente 62%, 40% y menos de 1% de semillas viables en las sucesivas extracciones.

Los valores de viabilidad encontrados para la cultivar El Paso 144 indican que si un importante número de semillas de esta variedad cae al suelo luego de las cosecha, estas podrían germinar en la cosecha siguiente. La utilización de esta área para la siembra de otras variedades comerciales podría implicar en la presencia de plantas no deseadas. En el caso de productores de semillas se puede evitar la multiplicación de las semillas del banco de semillas utilizando manejos adecuados. El tiempo mínimo de descanso requerido para retornar a la misma área de producción de semillas, según la legislación, es de 4 años para la categoría de semilla comercial y certificada II y de seis años para las categorías de semillas certificada I y básica. Por los resultados obtenidos en este trabajo, parecería ser este un período suficiente para asegurar

la ausencia de plantas guachas de otras variedades en las chacras.

En cuanto a la dormancia, las semillas de ninguna de las cultivares se encontraban en este estado cuando fueron enterradas, estando todas en estado de quiescencia. Entretanto, El Paso 144 presentó una pequeña porción de semillas dormantes a los tres meses de enterradas y también en la primavera siguiente en setiembre de 1994. En esta última fecha se encontraron también la presencia de semillas dormantes en las cultivares El Paso 48 y Bluebelle. En 1995 se repitieron algunas semillas dormantes y en 1996 apenas ocurrió la dormancia en El Paso 144.

Es probable que hubiera ocurrido el fenómeno de la dormancia secundaria, la cual se instala en una semilla quiescente, luego de la dispersión, cuando esta encuentra un ambiente desfavorable o estresante para la germinación, principalmente cuanto a los factores agua, temperatura, luz y oxígeno (Cardoso, 2004). Entretanto, los porcentajes de dormancia secundaria fueron muy bajos no encontrándose diferencias entre variedades. La mayor capacidad de sobrevivencia de las semillas de El Paso 144, por consiguiente es debido a otro factor del de la dormancia, posiblemente por alguna condición fisiológica o por la estructura física de la semilla. La protección de las estructuras que recubren la semilla podrían ser consideradas como un factor que le otorga mayor viabilidad.

#### **ARROZ ROJO Y NEGRO**

La dinámica de la composición de las muestras de semillas de arroz rojo durante el período que permanecieron enterradas es presentada en la figura 3. Puede observarse que la proporción de semillas cuyas pérdidas no pudieron ser identificadas es mayor para las enterradas a 5 cm. A esta profundidad las semillas quedan más expuestas a la predación. Las pérdidas en los bancos de semillas del suelo están determinadas por la muerte, predación y germinación de las semillas. Las pérdidas y las ganancias son influenciadas por el ambiente y prácticas de manejo comunes y estos interactúan con la presencia de especies (Harper, 1977).

La sobrevivencia de la semilla y el tamaño del banco de semillas del suelo pueden depender de las condiciones en que fueron enterradas y del hábitat, edad de la semilla, densidad y predación, además de otros factores como la herbivoría, que afecta el flujo de entrada de semillas en el suelo (Alexander e Scharag, 2003). Una vez que las semillas hayan sido enterradas y formen un banco de semillas del suelo persistente, el mayor desafío a ser enfrentado parece ser el ataque por hongos y bacterias patogénicas (Leishman et al, 2000; Blaney & Kotanen, 2002).



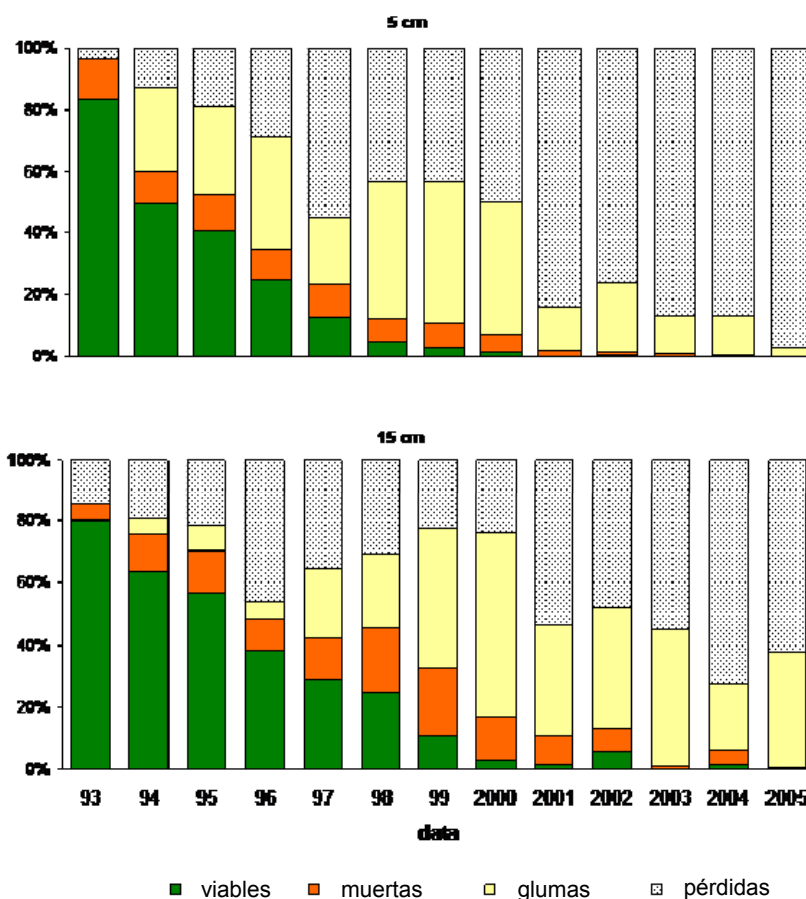


Figura 3. Dinámica de la composición porcentual de las muestras de semillas de los biotipos de arroz rojo y negro enterradas en el suelo a 5 y 15 cm en el periodo de 1993 até 2005.

Es interesante resaltar la gran cantidad de semillas recuperadas a lo largo de los años, que fueron obtenidas en este trabajo. En el caso de las semillas enterradas a 15 cm, luego de un período de ocho años de permanencia en el suelo, se obtuvieron valores próximos a 80% de recuperación de semillas. Esto se debe probablemente, además de la cantidad de semillas viables encontradas, a la permanencia de las estructuras externas de las semillas (glumas) por la presencia en sus tejidos de sustancias que le atribuyen gran resistencia como lignina, sílice y celulosa.

La evolución de la viabilidad de las semillas de los biotipos de arroz rojo y negro en las diferentes fechas de extracción son presentadas en la figura 4. La viabilidad máxima de semillas encontradas en este

estudio fue de 12 años para el arroz rojo y 11 años para el arroz negro en las condiciones de suelo y clima de esta región. No fueron encontradas semillas viables para ninguno de los biotipos de arroz posterior al año 2005, apenas las glumas de las semillas.

Resultados similares fueron obtenidos por Goss y Brown (1939) y Diarra et al. (1985), donde algunas semillas de arroz rojo mantuvieron germinación hasta después de diez y doce años de enterradas respectivamente. Por otro lado, Noldin et al. (2006) mostraron la permanencia de biotipos de arroz rojo al sur de Estados Unidos con un lapso de vida mucho más corto, ocurriendo pérdida de casi toda viabilidad después de tres años de enterradas.

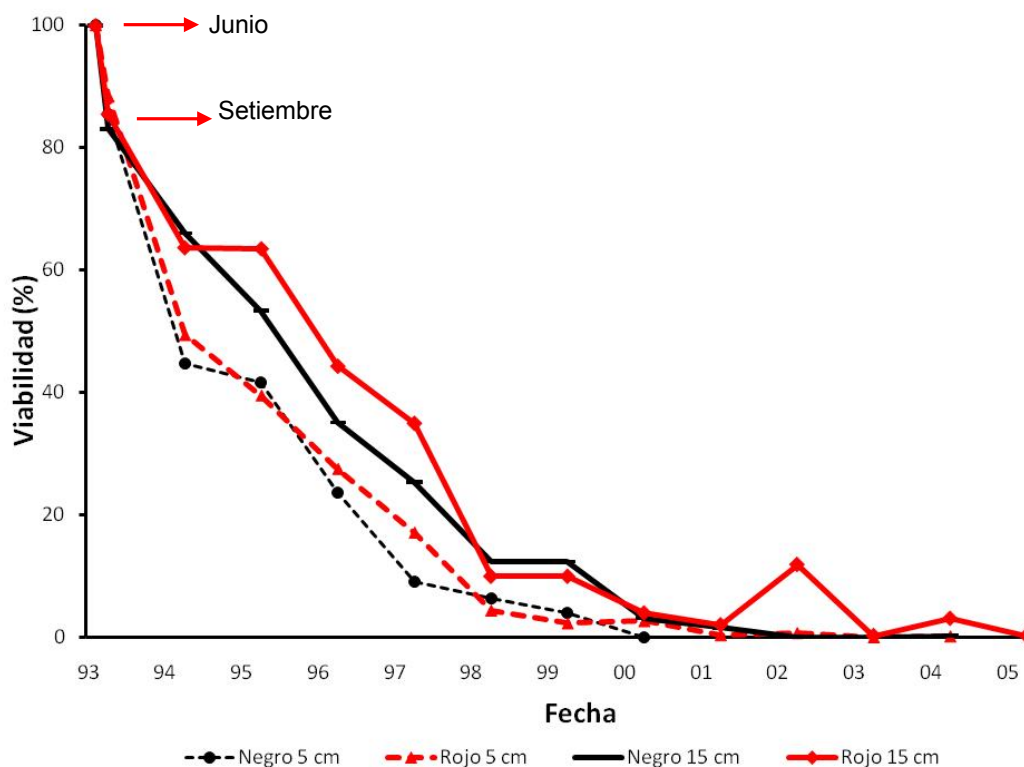


Figura 4. Dinámica de la viabilidad de semillas (%) de biotipo de arroz negro y rojo enterrados a 5 y 15 cm de profundidad en el suelo.

Esta gran diferencia en la longevidad de las semillas encontradas en estos abajos pueden ser atribuidas a las diferencias de suelo y clima de las regiones en que fueron realizadas, además de diferencias en los genotipos utilizados.

Al analizar la viabilidad de las semillas de los biotipos de arroz se observan reducciones significativas hasta seis años después de enterradas en 1999. Luego de esta fecha los porcentajes de semillas viables fueron inferiores a 4%.

Para la mayoría de los años, se observó mayor viabilidad en las semillas de arroz rojo en relación a las semillas de arroz negro, en ambas profundidades. Entretanto, esta diferencia es más acentuada a 15 cm de profundidad, donde las diferencias entre los biotipos son significativas.

En la profundidad de 15 cm, tanto el arroz rojo como el arroz negro presentaron mayor cantidad de semillas viables a lo largo de los años cuando comparada con la

profundidad de 5 cm, con una diferencia promedio de 8% de viabilidad.

En general, la longevidad de las semillas es mayor si estas se encuentran a mayores profundidades en el suelo (Miller e Nalewaja, 1990). Además de la mayor profundidad de enterradas, bajas temperaturas y humedades son factores que favorecen la mantención de la viabilidad y, Roberts (1972) afirma que disminuyendo la presión de oxígeno también se aumenta la longevidad.

Las semillas viables del arroz rojo y negro cuando fueron enterradas, en junio de 1993, se encontraban en su totalidad en estado de dormancia primaria. En la figura 5 se presenta la dinámica de la viabilidad de las semillas a lo largo del período que permanecieron enterradas. En la primera extracción, en setiembre de 1993, tres meses después de enterradas, ocurrió una alta superación de la dormancia de las semillas, pasando a valores de apenas 9% para el arroz negro y 35% para el arroz rojo en promedio de las dos profundidades.

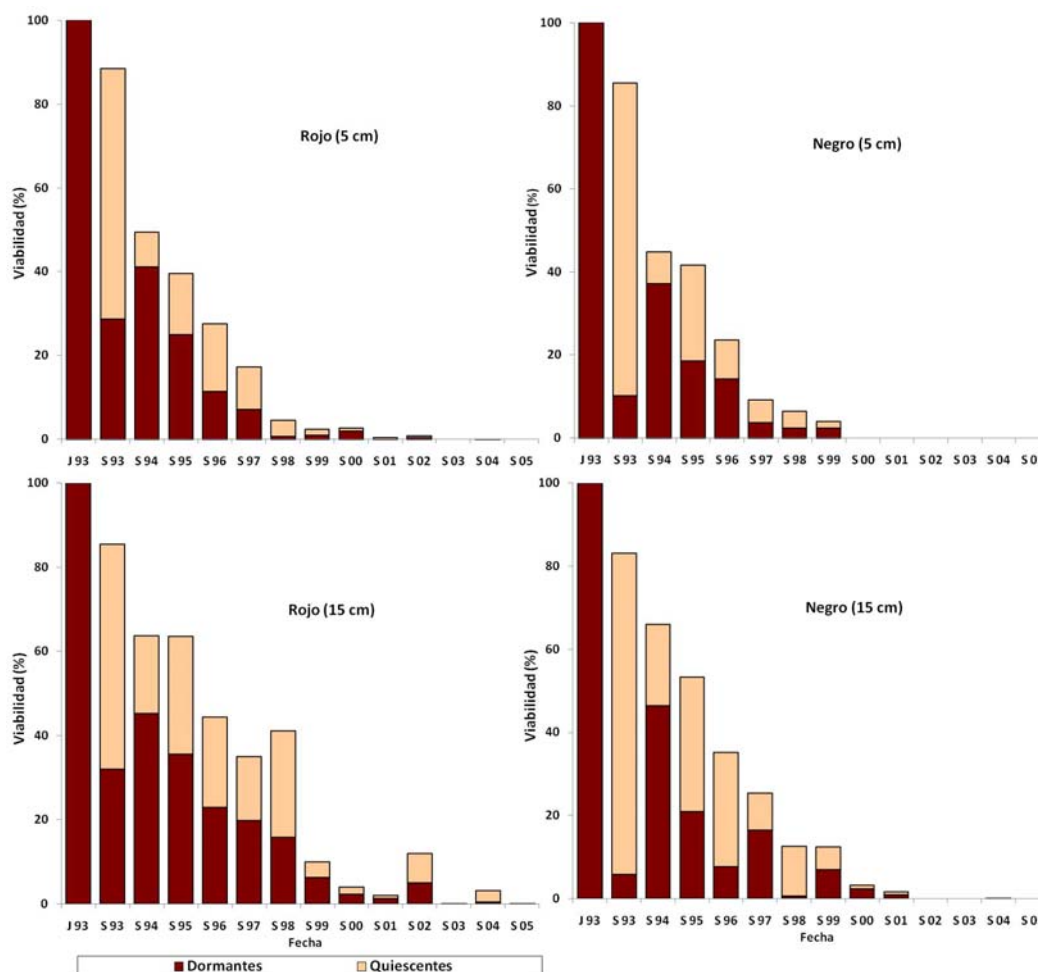


Figura 4. Dinámica de la viabilidad de las semillas de arroz rojo y negro enterradas en el suelo a las profundidades de 5 y 15 cm en porcentaje de semillas dormantes y quiescentes.

Al compararse el porcentaje de semillas quiescentes en estos primeros tres meses de enterradas, se observó valores mayores para el arroz negro en las dos profundidades. Para las semillas de arroz rojo se obtuvieron valores de 60 y 54 % de viabilidad para las profundidades de 5 y 15 cm respectivamente, mientras que para el arroz negro fueron de 88% a los 5 cm y 93% a los 15 cm. Este elevado número de semillas de arroz negro con capacidad de germinar ya en el primer año podría en parte explicar la menor sobrevivencia de este biotipo, ya que el periodo de extinción del banco de semillas ocurriría más rápidamente. Entretanto, en los años siguientes se observaron mayores proporciones de semillas dormantes para los dos biotipos y variables en función del año. Esta variación en la composición entre semillas dormantes y quiescentes puede deberse a la entrada y salida de semillas en dormancia secundaria.

Fluctuaciones en la dormancia de las semillas durante el año son encontradas para muchas especies que forman bancos de semillas en el suelo. Los ciclos de dormancia y germinación son atribuidos a condiciones del ambiente que inducen a las semillas a entrar en dormancia secundaria o a la superación de la misma,

permitiendo la germinación. Cuanto a esto, Benech-Arnold et al. (2000) mencionan que dentro de los factores que controlan la desactivación de la dormancia pueden diferenciarse los que modifican su nivel o intensidad en la población de semillas (temperatura y condiciones hídricas del suelo), de los que terminan o eliminan las últimas restricciones para la germinación de la semilla, una vez que el grado de dormancia es suficientemente bajo (luz, fluctuaciones de temperatura, concentraciones de nitratos).

Para la mayoría de las especies, el papel de la dormancia en la persistencia de las semillas es solamente el de regular la época del año en la cual la semilla puede responder a estímulos de la germinación o inhibir la germinación durante el periodo que le sigue inmediatamente luego de la dispersión (Fenner e Thompson, 2005).

Según la clasificación de Fenner (1995) de los bancos de semillas del suelo por el grado de persistencia de sus semillas en el suelo, los bancos de semillas de arroz rojo pueden ser clasificados como persistentes, pues estas mantienen viabilidad por largos periodos, presentando elevada proporción de semillas dormantes.

## DISCUSIÓN

Las semillas de arroz rojo, arroz negro y El Paso 144 mostraron diferentes estrategias de sobrevivencia. Las semillas de arroz rojo y negro se encontraban dormantes cuando fueron enterradas, y luego mantuvieron equilibrio fluctuante entre semillas quiescentes y dormantes a lo largo de los años. Los resultados evidencian que las semillas estaban entrando y saliendo en dormancia secundaria, probablemente inducida por cambios ambientales.

Por otro lado, las semillas de El Paso 144 se encontraban sin dormancia al ser enterradas, y en los años siguientes, se detectó ausencia de dormancia en casi todas las semillas. La capacidad de sobrevivencia de estas semillas fue probablemente sostenida solamente por su estructura física.

En estudio donde se discute longevidad y dormancia Takahashi (1995), concluye que la dormancia tuvo un importante papel en la longevidad de las semillas de plantas salvajes, entretanto no hay correlación entre dormancia y longevidad en semillas de plantas cultivadas.

Sin embargo, Thompson (2000) afirma que muchas especies persisten en el suelo por años o décadas en estado no dormante. Mismo en especies que pasan por diversos ciclos de dormancia, la persistencia es debida no a la dormancia, pero a la ausencia de condiciones apropiadas para la germinación durante la parte del ciclo que las semillas no están dormantes, principalmente luz. Segundo Baskin y Baskin (2001), el único tipo de dormancia que puede ser fuertemente responsable por la persistencia de las semillas es la dormancia física (semillas duras), especialmente en el caso de las leguminosas.

De estos resultados es posible realizar algunas recomendaciones sobre el manejo del banco de semillas de arroz en el suelo. Realizar rotaciones de cultivares de un año a otro puede ser posible tratándose de variedades japónicas, pero al utilizar el cultivar El Paso 144 por lo menos dos años sin arroz sería lo adecuado para evitar plantas de esta variedad en la próxima chacra. En este caso, repetir movimiento del suelo superficial puede efectivamente reducir el banco de semillas, debido a la poca dormancia secundaria en esta variedad.

Una larga sobrevivencia de semillas de arroz rojo y negro fueron confirmados en este estudio para suelos en Uruguay. Rotaciones cortas con pasturas no son suficientes para el control de campos infestados de arroz rojo por la alta sobrevivencia encontrada y serán necesarios incluir otros factores de manejo.

Estudiando la distribución vertical del banco de semillas de arroz rojo del suelo en dos sistemas de siembra, Ortega y Avarado (2005) verificaron que en sistemas de siembra directa más de 66% de las semillas que germinaban se encontraban en los primeros 5 cm del perfil del suelo. Es importante, por lo tanto, como afirma Swanton et al. (2001) realizar trabajos del suelo superficialmente para no incorporar las semillas en

profundidad en el suelo que favorece su dormancia. Mantener las semillas cerca de la superficie reduce la dormancia, promueve la germinación y permite aplicar estrategias de manejo de plantas competitivas más eficientes. En suelos no arados, un adecuado control de plantas competitivas emergidas durante varios años puede disminuir el banco de semillas en la capa superficial del suelo. Enterrar la semilla profundamente en el suelo complica esfuerzos futuros de control de malezas.

Los resultados del presente trabajo sugieren una reflexión cuanto a la intensificación del cultivo de arroz. El problema de las infestaciones de arroz rojo son proveniente en parte por la reducción del tiempo de utilización de áreas con pasturas.

## CONCLUSIONES

- Semillas de variedades de arroz presentan longevidades diferentes en el banco de semillas del suelo.
- Semillas de la variedad índica El Paso 144 mantienen viabilidad en el suelo por hasta tres años siendo superior a las variedades japónicas
- Hay una relación directa entre longevidad y profundidad a la que son enterradas las semillas de arroz rojo y arroz negro en el banco de semillas del suelo.
- El arroz rojo presenta mayor persistencia en el banco de semillas del suelo que el arroz negro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, H.M.; SCHARAG, A.M. Role of soil seed banks and newly dispersed seeds in population dynamics of the annual sunflower, *Helianthus annuus*. **Journal of Ecology**. v. 91, p. 987-998, 2003.
- BENECH-ARNOLD, R.L.; SANCHEZ, R.A., FORCELLA, B.F.; KRUKA, B.C., GHERSAA, C.M. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. **Field Crops Research**, v. 67, Issue 2.. p.105-122, 2000.
- CARDOSO, V.J.M. Dormência: estabelecimento do processo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 95-108.
- DIARRA, A.R.J.; SMITH, R.J.; TALBERT, R.E. Interference of red rice (*Oryza sativa*) with rice (*O. Sativa*) **Weed Science**. v. 33, p. 644-649, 1985.
- FENNER, M. (ed.). **Seed Ecology**. Londres: Chapman e Hall, 1985. 151p.
- FENNER, M., THOMPSON, K. The ecology of seeds. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 250 p.
- GOSS, W.L.; BROWN, L. Buried red rice seed. **Journal American Society Agronomy**. v.31, p.633-637, 1939.
- HARPER, J.L. Population biology of plants. Londres: Academic Press, 1977. p. 33-11.

NOLDIN, J.A.; CHANDLER, J.M.; MCCAULEY, G.N. Seed longevity of red rice ecotypes buried in soil. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p. 611-620, 2006.

ORTEGA, Y.M.; ALVARADO, R.A. Efectos de dos sistemas de labranza sobre poblaciones de arroz rojo (*Oryza sativa* L.) en un agroecosistema arrocero

inundado. **Agronomia Mesoamericana**, v.16, n.1, p.63-75, 2005.

PESKE, S. T.; BARROS, A.C.S.A; NUNES, M.M; FERREIRA, L.H. Sobrevivência de sementes de arroz vermelho depositadas no solo. **Revista Brasileira de Agrocência**, v.3, n.1, p.17-22, 1997.