

## RIEGO

### EFFECTO DEL MOMENTO DE LA INUNDACIÓN EN INIA OLIMAR Y EL PASO 144

Guillermina Cantou<sup>1/</sup>, Alvaro Roel<sup>1/</sup>, Juan Ignacio Castiglini<sup>2/</sup>, Juan Manuel Ugarte<sup>2/</sup>

#### INTRODUCCIÓN

A partir de la zafra 2004/05 se comenzó a trabajar en el manejo del riego en la variedad INIA Olimar (*Oryza sativa* L. sp. indica). En dichos ensayos, no se encontró un efecto claro del momento de inundación sobre los aspectos productivos y de calidad de grano, aunque en términos generales se pudieron determinar ventajas en el adelantamiento de la inundación a fechas más tempranas que las previamente utilizadas.

En la zafra 2007/08 se continuó con esta línea de investigación, incluyendo en el ensayo la comparación de INIA Olimar con El Paso 144, con el objetivo de evaluar a ambas variedades en las mismas condiciones y corroborar si los resultados obtenidos para INIA Olimar son producto de su plasticidad, que le permite alcanzar el

mismo rendimiento independientemente del tratamiento de inundación utilizado.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto del momento de la inundación sobre el rendimiento y la calidad final del producto en las variedades INIA Olimar y El Paso 144.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra agrícola 2008/09, 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) = 6.2, MO = 2.24%, P (Bray) = 3.9 µg/g, P (Cítrico) = 5 µg/g, K = 0.28 meq/100g, Textura = arenoarcilloso (23% arena, 48% limo y 30% arcilla). El manejo del cultivo se detalla en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Manejo del cultivo.

Fecha	Actividad	Detalle
15/10/08	Siembra y fertilización de base	160 kg/ha de semilla cv. INIA Olimar y El Paso 144 y 148 kg/ha 18-46-0
05/11/08	Emergencia	
17/11/08	Aplicación de herbicida	Facet 1.4 l/ha + Propanil 3.75 l/ha + Command 0.8 l/ha + Cyperex 200 g/ha
Variable según tratamiento*	Fertilización	50 kg/ha de urea en seco, previo a la inundación y 60 kg/ha de urea a primordio

\* Manejo realizado de acuerdo a la fenología del cultivo.

Los tratamientos consistieron en dos variedades de arroz y cinco momentos de inundación (Cuadro 2). El diseño experimental utilizado fue el de parcelas

subdivididas en bloques al azar, con cuatro repeticiones, en el que la parcela principal fue la variedad y la subparcela representó el momento de inundación. Los resultados fueron evaluados usando modelos mixtos PROC MIXED SAS (Littell *et al.*, 1996). Fue establecido, a priori, un nivel de significancia de  $P \leq 0.05$ .

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

<sup>2/</sup> Estudiantes Tesis, Facultad de Agronomía, UDELAR

Cuadro 2. Tratamientos evaluados.

Factor	Tratamiento
Variedad	1. INIA Olimar (Olimar)
	2. El Paso 144 (EP 144)
Momento de inundación	1. Inundación 15 DDE
	2. Inundación desde 15 DDE a 30 DDE y retiro de agua. Se vuelve a inundar a los 45 DDE
	3. Inundación 30 DDE
	4. Inundación 45 DDE
	5. Inundación 60 DDE

DDE: días después de la emergencia.

### Determinaciones y registros

De manera de caracterizar la oferta de agua en el suelo, se realizó un seguimiento periódico del contenido volumétrico de agua mediante el método de sonda de neutrones. En cada tratamiento se instaló un tubo de acceso de aluminio para realizar las lecturas correspondientes. Se consideraron tres profundidades de suelo (0-15, 15-30 y 30-45). Las mediciones de sonda fueron calibrados contra muestreos de humedad utilizando el método gravimétrico, teniendo en cuenta la densidad aparente del perfil.

Desde el inicio, se cuantificó el consumo de agua ( $m^3/ha$ ) por tratamiento de riego en forma individual, a partir de la utilización de aforadores (contadores de agua).

Se extrajeron muestras de planta a macollaje, primordio, floración y cosecha, con el propósito de medir materia seca de la parte aérea y nutrientes en planta y grano (N, P y K). Paralelamente se realizaron conteos de tallos y mediciones de altura de planta. Asimismo, se estimó el contenido relativo de clorofila en hoja (SPAD) y se evaluó incidencia de

enfermedades del tallo (*Sclerotium oryzae* y *Rhizoctonia oryzae sativae*).

Se determinó rendimiento y sus componentes (panojas por  $m^2$ , granos por panoja, porcentaje de esterilidad y peso de granos). Posteriormente, en el laboratorio se realizaron las mediciones de calidad industrial.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido de agua en el suelo

En el presente ensayo se logró caracterizar la variación en la oferta de agua del suelo para los distintos tratamientos de inundación, desde el 5 de noviembre al 31 de diciembre de 2008. Se obtuvo una buena correlación entre los valores de la sonda y la humedad del suelo determinada con el método gravimétrico ( $R^2= 0.81$ ).

En la Estación Experimental de INIA Las Brujas se determinó el contenido potencial de almacenamiento de agua del suelo, para el perfil de 45 cm, que fue de 73 mm. Este valor fue calculado a partir de la humedad en equilibrio con las tensiones correspondientes a 1/10 atmósfera (Capacidad de Campo, CC) y 15 atmósferas (Punto de Marchitez Permanente, PMP).

En la Figura 1 se presenta el contenido hídrico del suelo. Como se puede ver, las mediciones culminaron una vez que se inundó el cultivo para cada tratamiento, a excepción del tratamiento de 15 DDE que se mantuvo como referencia.

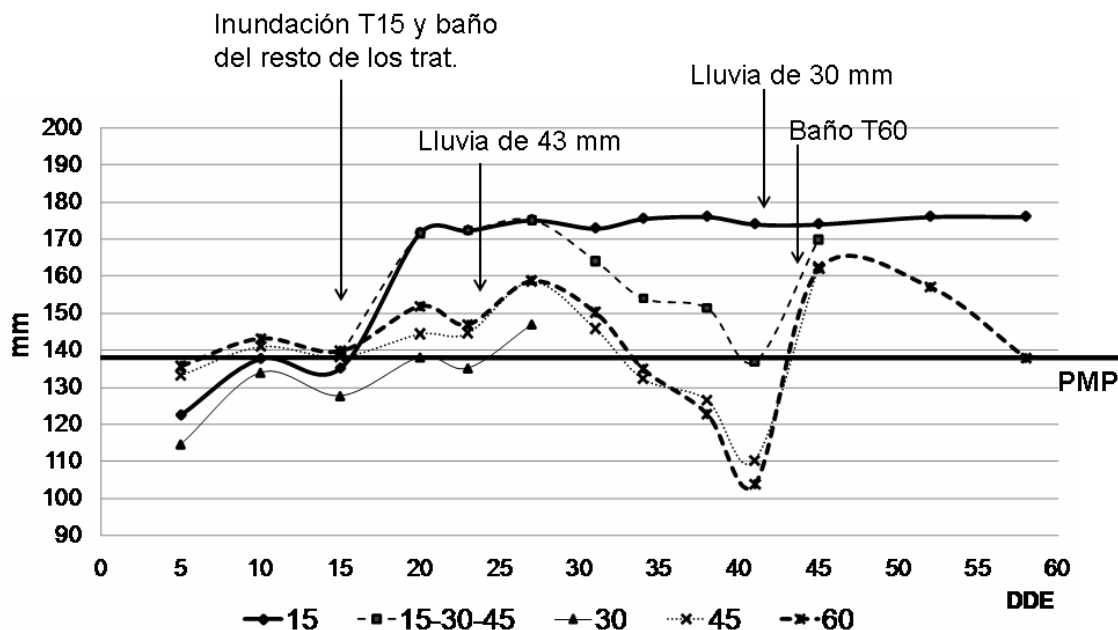


Figura 1. Contenido de agua en el suelo (mm) por tratamiento de inundación desde el 5 de noviembre al 31 de diciembre de 2008. DDE: *Días después de emergencia*; PMP: *Punto de marchitez permanente*.

Al momento de comenzar las mediciones (10 de noviembre, 2008), el contenido hídrico del suelo estaba por debajo del PMP en todos los tratamientos de inundación, lo cual determinó una emergencia lenta y desapareja del cultivo, con algunos problemas de implantación.

Dadas las condiciones de déficit hídrico que existieron posteriormente a la siembra, el 11 de noviembre (6 DDE) se realizó un baño para promover y uniformizar la emergencia de plantas. Si bien luego de este baño aumentó el contenido de humedad en el suelo, en la medición realizada a los 10 DDE, los tratamientos de 15 y 30 DDE aún permanecían por debajo del PMP.

La población promedio cuantificada a los 10 DDE fue de 232 plantas/m<sup>2</sup> (Cuadro 3) y no hubieron diferencias significativas entre los tratamientos de riego (recuperación de plantas del 35% y 40% para Olimar y EP 144, respectivamente). Este valor está por encima de las 180-200 plantas/m<sup>2</sup> usualmente recomendado en el cultivo de arroz para alcanzar rendimientos óptimos.

Cuadro 3. Número de plantas por variedad y tratamiento de inundación a los 10 DDE.

Variedad	Plantas/m <sup>2</sup> 10 DDE
Olimar	247
EP 144	217
<b>Inundación (DDE)</b>	
15	237
15-30-45	241
30	235
45	228
60	220
P. Var.	ns
P. Inund.	ns
P.Var.*Inund.	ns

DDE: *Días después de emergencia*; P.: *Probabilidad*; ns: *no significativo*; P.Var.\*Inund.: *interacción entre variedad y momento de inundación*.

En los tratamientos tardíos de inundación, el contenido de agua en el suelo se ubicó nuevamente por debajo de PMP a los 34 DDE, por un periodo de 10 días, momento en que se inundó el tratamiento de 45 DDE y se efectuó un baño al de 60 DDE.

**Efecto sobre la fenología**

Como se detalla en el Cuadro 4, el momento de inundación afectó la fenología del cultivo, determinando distintos momentos de finalización del riego y de cosecha. Si comparamos los tratamientos

extremos (15 vs 60 DDE), el adelantamiento de la inundación provocó un acortamiento del ciclo del cultivo en 21 y 14 días para la variedad Olimar y EP 144, respectivamente.

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

Tratamiento de inundación	Baños	Inundación	Primordio	Floración*	Finalización del riego**	Cosecha
<b>INIA Olimar</b>						
15	11-Nov	19-Nov	22-Dic	25-Ene	18-Feb	15-Mar
15-30-45	11-Nov	19 Nov y 16 Dic	29-Dic	03-Feb	28-Feb	23-Mar
30	11 y 19 Nov	03-Dic	26-Dic	29-Ene	23-Feb	18-Mar
45	11 y 19 Nov	16-Dic	02-Ene	06-Feb	03-Mar	28-Mar
60	11 y 19 Nov, 16 Dic	31-Dic	09-Ene	09-Feb	07-Mar	05-Abr
<b>El Paso 144</b>						
15	11-Nov	19-Nov	26-Dic	02-Feb	27-Feb	24-Mar
15-30-45	11-Nov	19 Nov y 16 Dic	31-Dic	07-Feb	02-Mar	26-Mar
30	11 y 19 Nov	03-Dic	29-Dic	04-Feb	01-Mar	26-Mar
45	11 y 19 Nov	16-Dic	07-Ene	10-Feb	07-Mar	01-Abr
60	11 y 19 Nov, 16 Dic	31-Dic	14-Ene	11-Feb	09-Mar	07-Abr

\* Parcelas con 40-50 % de floración. \*\* 80 % de las panojas con los 2/3 dorado.

Si bien el hecho de inundar más temprano el cultivo implica un aumento en el número de días de riego, este aumento no es igual a la diferencia en días que hubo entre los momentos de inundación, por el efecto que tiene dicha variable sobre el largo del ciclo.

Por ejemplo en Olimar, el tratamiento de 15 DDE tuvo 25 días más de riego que el de 60 DDE (cuando este último se inundó 45 días después del primero), mientras que en EP 144, esta diferencia fue de 32 días (Figura 2).

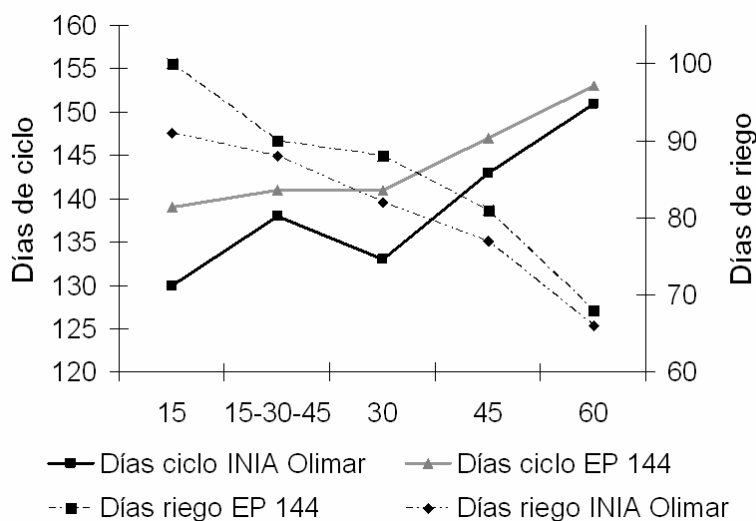


Figura 2. Efecto del momento de inundación sobre el ciclo del cultivo y los días de riego para las variedades INIA Olimar y El Paso 144.

### Efecto sobre el crecimiento

Como se aprecia en el Cuadro 5, el momento de inundación no tuvo un efecto consistente en el número de macollos producidos, si bien en el campo se observó que los cultivos que se inundaron a los 45 y 60 DDE presentaron menor desarrollo inicial y un retardo en el momento en que inició el macollaje. Esto coincide con lo observado en las zafas anteriores (Roel *et al.*, 2006; Molina *et al.*, 2007; Cantou *et al.*, 2008).

Por otro lado, se encontraron diferencias entre los manejos del agua en el número de tallos a floración y de panojas a cosecha,

aunque -en ambas variables- se dio interacción variedad vs. tratamiento de riego. Dada esta interacción, se analizó estadísticamente a cada variedad por separado. A floración se detectó que el tratamiento de 30 DDE de Olimar era superior y diferente significativamente al resto de los tratamientos, mientras que para la variedad EP 144, el mayor número de tallos se registró en el tratamiento de 15 DDE. A cosecha, se encontró diferencias únicamente en la variedad EP 144, a favor del tratamiento de 15 DDE con 815 panojas/m<sup>2</sup> (mientras que el promedio del resto de los tratamientos fue de 640 panojas/m<sup>2</sup>).

Cuadro 5. Número de tallos y panojas por variedad y tratamiento de inundación, en diferentes etapas fenológicas del cultivo.

Variedad	Tallos/m <sup>2</sup>			Cosecha Pan/m <sup>2</sup>			
	40 DDE	Primordio	Floración				
Olimar	750	959	b	736	b	694	
EP 144	774	1176	a	815	a	677	
<b>Inundación (DDE)</b>							
15	897	1085		885	a	745	a
15-30-45	842	-		631	c	702	ab
30	657	913		888	a	640	b
45	619	1227		749	b	670	b
60	795	1045		725	bc	671	b
P. Var.	ns	0.01		0.02		ns	
P. Inund.	ns	ns		<0.01		0.04	
P.Var.*Inund.	ns	ns		0.01		<0.01	

DDE: Días después de emergencia; P.: Probabilidad; ns: no significativo; P.Var.\*Inund.: interacción entre variedad y momento de inundación. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05.

El momento de inundación afectó la acumulación de materia seca del cultivo en todos los momentos estudiados (Cuadro 6).

A los 40 DDE, el tratamiento de 15 DDE fue el que produjo más materia seca y a diferencia del resto de los tratamientos, en este momento el cultivo logra cerrar las entre hileras y cubrir el suelo.

Estas diferencias se deben a que este cultivo llevaba 25 días de inundado, mientras que el tratamiento de 30 DDE llevaba tan solo 10 días y el resto permanecían en suelo seco.

Cuadro 6. Producción de materia seca (kg/ha) por variedad y tratamiento de inundación, en diferentes etapas fenológicas del cultivo.

Variedad	40 DDE	Primordio	Cosecha			
Olimar	1920	3847	25725			
EP 144	1975	3691	26708			
<b>Inundación (DDE)</b>						
15	2753	a	3500	b	28082	a
15-30-45	1889	bc	3148	b	26070	a
30	2054	b	2963	b	26064	a
45	1396	d	4650	a	26645	a
60	1647	cd	4586	a	24221	b
P. Var.	ns	ns	ns			
P. Inund.	<0.01	<0.01	ns			
P.Var.*Inund.	ns	ns	ns			

DDE: Días después de emergencia; P.: Probabilidad; ns: no significativo; P.Var.\*Inund.: interacción entre

variedad y momento de inundación. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para  $P < 0.05$ .

Desde los 28 a los 40 DDE (Cuadro 7), los tratamientos de 15 y 30 DDE tuvieron una tasa diaria de crecimiento significativamente mayor al resto de los tratamientos (119 vs 44 kg/ha por día). Se resalta el estrés que sufrió el tratamiento

intermitente (15-30-45 DDE) luego de haberle retirado el agua, en donde a pesar de haber estado 15 días con agua, acumuló prácticamente la misma cantidad de materia seca que los que estaban sin lámina de agua.

Cuadro 7. Tasa diaria de crecimiento (kg/ha) por variedad y tratamiento de inundación, en diferentes etapas fenológicas del cultivo.

Inundación (DDE)	28 a 40 DDE		40 DDE a Primordio		Primordio a Flor.		Floración a Cosecha
<b>INIA Olimar</b>							
15	119	a	165		321		227
15-30-45	57	b	116		370		165
30	96	a	123		326		189
45	46	b	169		306		273
60	61	b	94		309		230
<b>P. Inund.</b>	<0.01		ns		ns		ns
<b>El Paso 144</b>							
15	141	a	31	b	351		220
15-30-45	73	b	56	b	350		210
30	121	a	33	b	338		226
45	7	c	143	a	387		185
60	23	c	118	a	372		213
<b>P. Inund.</b>	<0.01		<0.01		ns		ns

DDE: Días después de emergencia; P.: Probabilidad.  
 Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para  $P < 0.05$ .

A primordio, los tratamientos de 45 y 60 DDE lograron compensar la menor producción de materia seca de las etapas iniciales, alcanzando valores significativamente mayores al resto de los tratamientos. Estas diferencias se explican por el efecto del momento de inundación sobre la fenología del cultivo (mayor número de días transcurridos a primordio) y para la variedad EP 144, por un aumento en la tasa diaria de producción de biomasa (131 kg/ha por día), en el período que va desde 40 DDE a primordio. A cosecha, el tratamiento de 60 DDE fue el que obtuvo menor producción de materia seca, diferencia que fue significativa respecto al resto de los tratamientos.

Respecto a la altura de la planta, el momento de inundación tuvo efectos significativos sobre esta variable (Cuadro 8). El tratamiento de 15 DDE superó en altura al resto de los tratamientos en todos los muestreos realizados. Estos resultados no concuerdan con los estudios parcelarios anteriores (Roel *et al.*, 2004/05; 2005/06; Molina *et al.*, 2006/07, Cantou *et al.* 2007/08), en donde las notorias diferencias iniciales en altura a favor de los tratamientos de riego temprano se fueron atenuando en el transcurso del ciclo hasta hacerse no significativas a cosecha.

Cuadro 8. Evolución de la altura de planta por variedad y por tratamiento de inundación (cm).

Variedad	28DDE	43DDE	Primordio	66DDE	80DDE	87DDE	94DDE	Cosecha*
<b>Olimar</b>	22	37	55	63	68	74	85	72
<b>EP 144</b>	22	32	56	60	66	75	85	70
<b>Inundación (DDE)</b>								
<b>15</b>	25	a	44	a	60	a	73	a
<b>15-30-45</b>	25	a	35	c	55	bc	61	c
<b>30</b>	21	b	40	b	57	b	66	b
<b>45</b>	21	b	27	d	54	c	59	c
<b>60</b>	20	b	28	d	53	c	47	d
<b>P. Var.</b>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<b>P. Inund.</b>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
<b>P.Var.*Inund.</b>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.04	ns

\* medido en donde dobla la panoja.

DDE: Días después de emergencia; P.: Probabilidad; ns: no significativo; P.Var.\*Inund.: interacción entre variedad y momento de inundación. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05.

Dada la interacción variedad por momento de inundación presente a los 94 DDE, en la Cuadro 9 se detallan los resultados del análisis realizado por variedad, en donde las tendencias siguen siendo las mismas.

DDE: Días después de emergencia; P.: Probabilidad. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05.

### Efecto en el comportamiento productivo

Los factores variedad y momento de inundación no tuvieron un efecto significativo sobre el rendimiento de grano. El rendimiento promedio fue de 12080 y 12390 kg/ha para INIA Olimar y El Paso 144, respectivamente. Por tercer año consecutivo, la alta productividad alcanzada en ambas variedades refleja las buenas condiciones climáticas registradas en la presente zafra. Los resultados del análisis del rendimiento y sus componentes se presentan en la Cuadro 10.

Cuadro 9. Altura de planta por variedad (cm), a los 94 DDE.

Inundación (DDE)	Altura (94 DDE)
<b>INIA Olimar</b>	
<b>15</b>	90 a
<b>15-30-45</b>	84 b
<b>30</b>	90 a
<b>45</b>	83 b
<b>60</b>	76 c
<b>P.Inund.</b>	<0.01
<b>El Paso 144</b>	
<b>15</b>	93 a
<b>15-30-45</b>	84 b
<b>30</b>	83 b
<b>45</b>	85 b
<b>60</b>	81 b
<b>P. Inund.</b>	0.03

Cuadro 10. Efecto del momento de inundación sobre el rendimiento y sus componentes.

Variedad	Rend. (kg/ha)	I.C.	N° granos/panoja	Esterilidad %	Peso mil granos (gr)
<b>Olimar</b>	12080	0.48	129	10.7	26.2
<b>EP 144</b>	12390	0.47	134	8.1	25.7
<b>Inundación (DDE)</b>					
<b>15</b>	12346	0.46	140	a	9.3
<b>15-30-45</b>	12178	0.45	134	ab	10.0
<b>30</b>	11918	0.47	140	a	10.7
<b>45</b>	12203	0.49	124	bc	8.9
<b>60</b>	12531	0.50	120	c	8.1
<b>P. Var.</b>	ns	ns	ns	ns	ns
<b>P. Inund.</b>	ns	ns	0.00	0.02	ns
<b>P.Var.*Inund.</b>	ns	ns	0.01	0.02	ns

DDE: Días después de emergencia; I.C.: Índice de cosecha; P.: Probabilidad; ns: no significativo; P.Var.\*Inund.: interacción entre variedad y momento de inundación. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05.

Al igual que en los ensayos experimentales realizados en 2005; 2006 y 2007 con la variedad INIA Olimar y en 1999, 2000 y 2007 con El Paso 144, en la presente zafra el cultivo de arroz logró mantener similares niveles de productivos independientemente del momento de inundación utilizado, mostrando una cierta plasticidad a los diferentes manejos de riego utilizados.

Respecto a los componentes de rendimiento, se observaron diferencias significativas entre tratamientos en el número de panojas por m<sup>2</sup> (comentado anteriormente), en el número de granos por panoja y en el porcentaje de esterilidad. Sin embargo, estas diferencias no se tradujeron en diferencias en productividad. Dada la presencia de interacción estadísticamente significativa entre la variedad y el tratamiento de inundación para estas variables, en el Cuadro 11 se presentan los resultados del análisis por variedad, en donde, a grandes líneas, se puede ver que los tratamientos que registraron mayor número de granos por panoja fueron los que presentaron mayor porcentaje de esterilidad (la interacción está dada porque, para EP 144, no hubo efecto del momento de inundación sobre la esterilidad).

Cuadro 11. Número de granos por panoja y porcentaje de esterilidad (%) por variedad y tratamiento de inundación.

Inundación (DDE)	N° granos/panoja	Esterilidad %	
<b>INIA Olimar</b>			
15	128	ab	10.7
15-30-45	142	a	12.7
30	132	ab	12.4
45	123	b	9.2
60	121	b	8.5
P. Inund.	0.02		0.05
<b>El Paso 144</b>			
15	152	a	8.0
15-30-45	126	b	7.3
30	148	a	9.0
45	125	b	8.5
60	120	b	7.8
P. Inund.	<0.01		ns

DDE: Días después de emergencia; I.C.: Índice de cosecha; P.: Probabilidad; ns: no significativo. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05.

### Efecto en el contenido de clorofila y nutrientes

Los tratamientos de inundación presentaron diferencias significativas en las lecturas de SPAD realizadas hasta 77 DDE, donde los valores más altos los obtuvieron los tratamientos inundados más tarde (Cuadro 12). Sin embargo se debe considerar que, dado que estas determinaciones son efectuadas a tiempo fijo, el estado fenológico y la cantidad de materia seca por tratamiento fueron diferentes. La concentración de clorofila estimado por SPAD esta relacionada al contenido de N en planta y los valores detectados a primordio en este ensayo se ubican por debajo de los valores críticos de 37 y 40 reportados para el cultivo de arroz por Singh *et al.* (2002) y Turner y Jund (1994), respectivamente.

Por otro lado, para la variedad INIA Olimar se realizaron muestreos en diferentes etapas del cultivo para determinar la evolución del contenido de fósforo (P), nitrógeno (N) y potasio (K), en planta y grano. Como se detalla en la Cuadro 13, se encontró diferencias significativas en el porcentaje de P y K a macollaje, de P en primordio y de K en grano a cosecha.

El valor de N encontrado en planta a macollaje -en todos los tratamientos- no alcanza el nivel crítico de 25 g N por kg de materia seca manejado por Fageria *et al.* (2003).

Los valores de P del ensayo se mantienen dentro del rango de valor crítico que mencionan estos autores (1 a 2 g de P por Kg de materia seca, a macollaje), lo cual indica que, independientemente del tratamiento de riego, este nutriente no sería limitante para obtener altos rendimientos.



Cuadro 12. Evolución del contenido de clorofila (SPAD) por variedad y por tratamiento de inundación.

Variedad	22DDE	28DDE	47DDE	63DDE	71DDE	77DDE	84DDE					
<b>Olimar</b>	37.3	36.8	35.7	33.1	33.8	35.1	32.7					
<b>EP 144</b>	38.2	37.1	36.9	32.3	34.4	34.9	34.8					
<b>Inundación (DDE)</b>												
<b>15</b>	34.8	b	36.1	b	35.5	b	32.1	bc	33.3	bc	34.8	31.1
<b>15-30-45</b>	35.1	b	36.9	ab	36.9	b	31.9	c	34.0	b	34.5	33.1
<b>30</b>	39.2	a	37.9	a	32.5	c	31.3	c	32.4	c	34.9	36.4
<b>45</b>	39.6	a	37.2	ab	39.7	a	33.6	ab	35.3	a	35.1	33.6
<b>60</b>	39.9	a	36.8	ab	37.0	b	34.7	a	35.7	a	35.7	34.3
<b>P. Var.</b>	ns		ns		ns		ns		ns		ns	
<b>P. Inund.</b>	<0.01		ns		<0.01		<0.01		<0.01		ns	
<b>P.Var.*Inund.</b>	ns		ns		ns		ns		ns		ns	

DDE: Días después de emergencia; P.: Probabilidad; ns: no significativo; P.Var.\*Inund.: interacción entre variedad y momento de inundación. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05.

En cuanto a la concentración de P en grano, Nelson (1980) menciona valores promedios de 3 g/kg mientras que Dobermann et al 1998, encontró que los valores de P en grano variaban entre 1.5 y 2.5 g/kg de grano. Los valores

determinados en el presente ensayo se encuentran por encima de 3 g/kg en todos los tratamientos de riego, no habiendo diferencias significativas entre los mismos.

Cuadro 13. Evolución del contenido de nutrientes (%) en planta y grano para INIA Olimar.

Inundación (DDE)	40 DDE			Primordio			Cosecha									
	P	N	K	P	N	K	Planta			Grano						
	P	N	K	P	N	K	P	N	K	P	N	K				
<b>15</b>	0.22	a	1.74	1.46	c	0.23	ab	1.59	1.54	0.15	0.88	1.34	0.37	1.05	0.40	b
<b>15-30-45</b>	0.12	c	2.12	1.85	a	0.24	a	1.79	1.71	0.12	0.78	1.13	0.37	0.96	0.55	a
<b>30</b>	0.19	b	1.94	1.58	bc	0.20	bc	1.90	1.75	0.17	0.88	1.20	0.42	1.03	0.57	a
<b>45</b>	0.13	c	2.37	1.71	ab	0.22	ab	1.96	1.72	0.11	0.74	1.10	0.32	1.00	0.49	ab
<b>60</b>	0.13	c	2.01	1.59	bc	0.18	c	1.58	1.46	0.14	0.86	1.29	0.39	1.00	0.43	b
<b>Media</b>	0.16		2.04	1.64		0.22		1.77	1.64	0.137	0.829	1.213	0.37	1.01	0.49	
<b>P. Inund.</b>	<0.01		ns		0.04		0.03		ns		ns		ns		ns	0.03

DDE: Días después de emergencia; P: Fósforo; K: Potasio; N: Nitrógeno; P.: Probabilidad; ns: no significativo. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05.

Cuando se analiza el contenido de nutrientes en relación a los totales absorbidos por ha (Cuadro 14), las tendencias cambian. Esto es básicamente atribuido a las diferencias en biomasa acumulada que existen entre los tratamientos. Si bien a cosecha no hubieron diferencias en la cantidad de nutrientes absorbidos entre los momentos de inundación, se puede apreciar una

importante extracción por parte del cultivo, en donde a través del grano sale del sistema el 73% y 53% del P y N absorbido, respectivamente. Para el K, la cantidad total absorbida por el cultivo alcanza 217 kg/ha, aunque tan solo el 31% del nutriente se va con el grano.

Cuadro 14. Evolución del contenido de nutrientes (kg/ha) en planta y grano para INIA Olimar.

Inundación (DDE)	40 DDE (kg/ha)			Primordio (kg/ha)			Cosecha (kg/ha)									
	P	N	K	P	N	K	Planta			Grano						
15	6	a	45	38	a	6	42	b	40	b	19	115	163	45	122	59
15-30-45	2	c	36	32	a	8	59	b	56	ab	16	98	150	46	130	50
30	4	b	39	32	a	7	63	ab	58	ab	20	132	189	44	113	65
45	2	c	31	23	b	10	86	a	75	a	26	133	160	50	124	69
60	2	c	33	25	b	7	62	b	57	ab	15	101	151	38	120	59
Media	3		37	30		8	62		57		17	110	165	47	121	52
P. Inund.	<0.01	ns	0.01	ns	0.03	0.04	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

DDE: Días después de emergencia; P: Fósforo; K: Potasio; N: Nitrógeno; P.: Probabilidad; ns: no significativo. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05.

Previo a la cosecha se realizó una lectura de 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, el cual combina los conceptos de incidencia (porcentaje de tallos afectados) y severidad (altura a la que llega el ataque en los tallos afectados). Los resultados se presentan en el Cuadro 15.

Si bien se detectaron diferencias entre los tratamientos de riego en los niveles de infección de *Sclerotium*, el índice se mantuvo en valores bajos (promedio general de 26%), por lo que se esperaba que esta variable no afecte el rendimiento.

Cuadro 15. Efecto del momento de inundación sobre el Índice de Grado de Severidad (IGS) de *Sclerotium* y de *Rhizoctonia* a cosecha, por variedad y por tratamiento de inundación.

Variedad	IGS (%)			
	Sclerotium	Rhizoctonia		
Olimar	25.4		25.4	b
EP 144	26.9		30.8	a
Inundación (DDE)				
15	33.4	a	20.2	d
15-30-45	21.3	c	22.8	cd
30	30.5	ab	25.7	c
45	20.3	c	32.6	b
60	25.2	bc	39.3	a
P. Var.	ns		<0.01	
P. Inund.	<0.01		<0.01	
P.Var.*Inund.	ns		<0.01	

DDE: Días después de emergencia; P.: Probabilidad; ns: no significativo; P.Var.\*Inund.: interacción entre variedad y momento de inundación. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05.

Por otro lado, se encontró diferencias significativas entre las variedades y entre los tratamientos de riego en los niveles de infección de *Rhizoctonia*, aunque también interacción. El análisis por variedad permitió determinar mayores niveles de infección para la variedad EP 144 (con un comportamiento variable de los tratamientos), mientras que en INIA Olimar, el tratamiento de inundación más temprano obtuvo un índice significativamente superior a los registrados en el resto de los tratamientos (Cuadro 16).

Cuadro 16. Índice de Grado de Severidad de *Rhizoctonia* a cosecha, para INIA Olimar y El Paso 144.

Inundación (DDE)	Rhizoctonia	
INIA Olimar		
15	17.6	bc
15-30-45	12.3	c
30	20.0	b
45	37.5	a
60	39.7	a
P. Inund.	<0.01	
El Paso 144		
15	22.8	c
15-30-45	33.4	ab
30	31.4	ab
45	27.8	bc
60	38.9	a
P. Inund.	0.03	

DDE: Días después de emergencia; P.: Probabilidad. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05.

### Calidad de grano

Como se puede observar en el Cuadro 17, hubo diferencias significativas entre los tratamientos de riego únicamente en el porcentaje de yesado. El tratamiento de inundación de 60 DDE fue el más afectado, con valores que se encuentran por encima de la base de comercialización del arroz para este parámetro (6%).

Cuadro 17. Efecto del momento de inundación sobre la calidad molinera.

Variedad	Blanco Total (%)	Entero (%)	Yesado (%)
Olimar	69.9	63.6	a 4.5
EP 144	69.5	62.7	b 4.1
<b>Inundación (DDE)</b>			
15	69.5	63.0	3.1 b
15-30-45	69.7	63.2	4.3 b
30	69.4	62.7	3.8 b
45	69.9	62.8	4.5 b
60	69.9	64.0	7.6 a
P. Var.	ns	0.03	ns
P. Inund.	ns	ns	<0.01
P.Var.*Inund.	ns	ns	ns

DDE: Días después de emergencia; P.: Probabilidad; ns: no significativo; P.Var.\*Inund.: interacción entre variedad y momento de inundación. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para  $P < 0.05$ .

### Consumo de agua

Para determinar el consumo de agua por tratamiento se contó con un bloque aparte, el cual estaba integrado por todos los tratamientos a excepción del 15-30-45. En

cada parcela se dispuso de un aforador (contador de agua), que permitió regarla en forma independiente. 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 y dejar de suministrar agua a los 20 días después del haber alcanzado el 50% de floración. Se resalta el hecho de que se midió el agua que efectivamente entro a la parcela y por lo tanto, no se incluye en el valor las posibles ineficiencias del sistema de riego desde la captación del agua hasta la llegada a la parcela.

En el Cuadro 18 se presenta el total de agua suministrada para cada tratamiento, por variedad. El dato que aparece por concepto de baño, corresponde al volumen suministrado en dos baños para el tratamiento de 60 DDE y en uno para el de 30 y 45 DDE. No está incluido el volumen de agua aportada en el primer baño, realizado el 11 de noviembre (para todos los tratamientos), dado que a esa fecha aún no estaban instalados los aforadores. Sin embargo, se estimó el volumen utilizado por medio de un aforador ubicado en la entrada de agua del ensayo, siendo el valor promedio por tratamiento de 889 m<sup>3</sup>/ha (valor sobreestimado ya que incluye posibles pérdidas durante la conducción del agua por los canales de riego).

Cuadro 18. Consumo de agua por variedad y tratamiento de inundación (en m<sup>3</sup>/ha).

Trat. de inund. (DDE)	Baño	Inundación	Reposición	Total
<b>INIA Olimar</b>				
15		2124	4689	<b>6813</b>
30	294	1293	4093	<b>5680</b>
45	463	1643	3452	<b>5557</b>
60	998	1324	3653	<b>5975</b>
<b>Media</b>	<b>585</b>	<b>1596</b>	<b>3972</b>	<b>6006</b>
<b>El Paso 144</b>				
15		1646	5647	<b>7294</b>
30	703	1310	4509	<b>6522</b>
45	551	1819	3747	<b>6116</b>
60	1013	1322	3965	<b>6301</b>
<b>Media</b>	<b>756</b>	<b>1524</b>	<b>4467</b>	<b>6558</b>

DDE: Días después de emergencia.

El tratamiento de inundación de 15 DDE fue el que utilizó mayor volumen de agua, siendo 16% y 13% mayor al empleado por el promedio del resto de los tratamientos para Olimar y EP 144, respectivamente. Si comparamos los tratamientos usando como valor de referencia el obtenido por el momento de inundación temprano, el tratamiento de 45 DDE fue el que ahorró más agua en ambas variedades (aunque se debe considerar que este valor es similar al del tratamiento de 30 DDE para Olimar y al de 60 DDE para EP 144). Por otro lado, el 17% del total de agua suministrada al tratamiento de inundación de 60 DDE correspondió a gastos por concepto de baños.

Es importante resaltar que en este año en particular, el clima favoreció a los tratamientos tardíos dado que el aporte por agua de lluvia en los momentos de mayor requerimiento del cultivo fue mayor en estos tratamientos respecto a los tempranos (Cuadro 19)

Cuadro 19. Registro de precipitaciones (del 01/11/08 al 15/03/09).

Fecha	mm
25/11/2008	15
01/12/2008	43
10/12/2008	4
22/12/2008	12
24/12/2008	13
26/12/2008	9
13/01/2009	23
14/01/2009	5
18/01/2009	6
25/01/2009	4
28/01/2009	63
29/01/2009	2
11/02/2009	20
20/02/2009	35
22/02/2009	9
27/02/2009	5
05/03/2009	123
12/03/2009	90

Si analizamos los resultados en términos de eficiencia del uso del agua, definida como la cantidad de granos producidos en relación al volumen de agua utilizada, vemos que este valor estuvo en el entorno de 2 kg/m<sup>3</sup> (Cuadro 20).

Dado que el desempeño productivo entre variedades y momentos de inundación fue similar en este ensayo, la eficiencia del uso agua estuvo asociada, fundamentalmente, al volumen de agua suministrada. De esta forma, la variedad INIA Olimar presentó una eficiencia 7% superior respecto a El Paso 144 y el tratamiento de inundación de 15 DDE produjo 19% y 16% menos de arroz por metro cúbico de agua respecto al resto de los tratamientos, para Olimar y EP 144, respectivamente.

Cuadro 20. Efecto del momento de inundación sobre la eficiencia del uso de agua para INIA Olimar y El Paso 144.

Trat. de inund. (DDE)	Ciclo (días)	Rendimiento (kg/ha)	Agua utilizada (m3/ha)	Período de riego (días)	Eficiencia de uso de agua (kg/m3)
<b>INIA Olimar</b>					
15	130	12087	6813	87	1.77
30	133	11767	5680	77	2.07
45	143	12193	5557	72	2.19
60	151	12398	5975	60	2.08
<b>Media</b>	139	12111	6006	74	2.03
<b>El Paso 144</b>					
15	139	12606	7294	95	1.73
30	141	12069	6522	83	1.85
45	147	12213	6116	76	2.00
60	147	12664	6301	62	2.01
<b>Media</b>	144	12388	6558	79	1.90

DDE: Días después de emergencia

## CONCLUSIONES

Se observó un acortamiento del ciclo con el adelantamiento de la inundación. Las parcelas inundadas a los 15 DDE llegaron a cosecha 21 y 14 días antes que las inundadas a los 60 DDE, para la variedad INIA Olimar y El Paso 144, respectivamente.

Con el adelantamiento de la inundación pudo observarse un establecimiento más rápido del cultivo y cierre más temprano de la entrefila. En las áreas bajo el manejo de la inundación temprana se detectó una mayor acumulación de materia seca inicial, comparado con las áreas manejadas con la inundación de 60 DDE.

El rendimiento promedio para INIA Olimar fue de 12080 y para El Paso 144 fue de 12390 kg/ha, no existiendo un efecto claro del manejo de la inundación en el rendimiento final. La plasticidad observada en ambas variedades fue posible, en parte, por las condiciones climáticas favorables que se dieron para el desarrollo del cultivo de arroz en la zafra 2008/09.

## AGRADECIMIENTOS

A los funcionarios de la Sección: José Correa, Julio Gorosito, Irma Furtado y Adán Rodríguez. A Luis A. Casales de la Sección Manejo de Arroz.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cantou, G.; Roel, A.; Molina, F.; Avila, S.; Casales, L. 2008. Arroz, resultados experimentales 2007-2008; Riego. Efecto del momento de la inundación en INIA Olimar y El Paso 144, con y sin aplicación de fungicida. INIA Treinta y Tres. Actividades de Difusión N° 545. Cap. 2. pp. 1-11.

Doberman, A.; Cassman, K.G.; Mamaril, C.P.; Sheehy, J.E. 1998. Management of phosphorus, potassium and sulfur in intensive, irrigated lowland rice. Field Crops Res. 56. pp. 1-10.

Fageria, N.K.; Slaton, N.A.; Baligar, V.C.; 2003. Nutrient Management for Improving Lowland Rice Productivity and Sustainability. Advances in Agronomy, v. 80.

Littell, R.C.; Milliken, G.A., Stroup, W.W.; Wolfinger, R.D. 1996. SAS system for mixed models. SAS Institute, Cary, NC, 633 p.

Molina, F.; Roel, A.; Avila, S.; Casales, L. 2007. Arroz, resultados experimentales 2006-2007; Riego. Efecto del momento de la inundación en INIA Olimar. INIA Treinta y Tres. Actividades de Difusión N° 502. Cap. 2. pp. 1-10.

Nelson, L. E. 1980. Phosphorus nutrition of cotton, peanuts, rice, sugarcane, and tobacco. En "The Role of Phosphorus in Agriculture". Madison. WI. pp 693-736.

Roel, A.; Blanco, F. 1997. Arroz, resultados experimentales 1996-1997; Riego; INIA Treinta y Tres. Actividades de Difusión N° 135. Cap. 4. pp. 1-16.

Roel, A. 1999. Arroz, Resultados experimentales 1998-99. Riego; manejo eficiente de la inundación, INIA Treinta y Tres. Actividades de Difusión N° 194. Cap. 4. pp. 1-11.

Roel, A.; Avila, S.; Casales, L. 2005. Arroz, Resultados experimentales 2004-2005. Riego. Efecto del momento de la inundación en INIA Olimar. INIA Treinta y Tres. Actividades de Difusión N° 118. Cap. 4. pp. 1-6.

Roel, A., Avila, S.; Casales, L.; Molina, F. 2006. Riego en INIA Olimar. Arroz, Resultados experimentales 2005-2006. Efecto del momento de inundación con y sin fungicida en INIA Olimar. INIA Treinta y Tres. Edición de emergencia N° 418. Cap. 4. pp. 1-13.

Singh, B.; Singh, Y.; Ladha, J.K.; Bronson, K.F.; Balasubramanian, V. Singh J.; Khind, C.S. 2002. Chlorophyll Meter and Leaf color chart-based nitrogen management for rice and wheat in NW India. *Agronomy Journal* 94. pp. 821-829.

Turner, F.T.; Jund M.F. 1994. Assessing the nitrogen requirements of rice crops with a chlorophyll meter. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 34, 1001-5.