

RIEGO

MANEJO DEL RIEGO: PRODUCTIVIDAD DEL AGUA

Guillermina Cantou^{1/}, Alvaro Roel^{1/}

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, que debe incluirse dentro de los planes de investigación.

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, 5) control de la lámina de agua, 6) utilización de variedades de arroz de ciclo más corto, y 7) uso de sistemas de riego intermitente. 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.

El Programa Arroz en INIA Tacuarembó, en conjunto con el equipo técnico del establecimiento "El Junco" y la UFSM, vienen trabajando desde el 2006 en la temática del uso eficiente del agua en el

cultivo de arroz (Böcking et al., 2008 y Lavecchia, 2009). De dichos trabajos se determinó que la implementación del riego intermitente permitió disminuir el consumo de agua en un 25% (promedio de tres años de ensayo). Si bien el efecto sobre el rendimiento no ha sido consistente, sí lo fue en aumentar la eficiencia del uso del agua. El riego intermitente obtuvo en promedio un 13% más de arroz por m³ de agua utilizada respecto al riego continuo (Böcking et al., 2008). En la literatura se señala que esta tecnología puede resultar en una reducción del rendimiento con las actuales variedades de arroz (Bouman y Tuong, 2001; Tabbal et al., 2002), principalmente cuando se deja secar el suelo.

En este marco y considerando la información ya generada por el Programa respecto a la eficiencia productiva (trabajos enfocados en la determinación del manejo eficiente de la inundación y del efecto del momento de retiro de agua y de cosecha sobre el rendimiento y la calidad industrial del grano), surgió esta línea de trabajo que tiene como objetivo evaluar manejos de agua alternativos para la variedad INIA Olimar, que permitan hacer un uso más eficiente del agua, manteniendo o maximizando la productividad. La hipótesis del presente trabajo es que el sistema de riego con déficit controlado implementado en la fase vegetativa permite ahorrar agua y por lo tanto aumentar la productividad de este recurso (expresada en kg de arroz/volumen de agua utilizada) respecto a un sistema de inundación continua, obteniendo similares rendimientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra agrícola 2009/2010, se instaló un ensayo en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL/INIA), sobre un Brunosol Subéutrico Lúvico, con las

^{1/} INIA Treinta y Tres

siguientes características: pH (H₂O) = 5,71, MO = 2 %, P (Bray) = 2 ppm, P (Cítrico) = 3 ppm, K = 0,27 meq/100g, Textura = franca (27% arena, 47% limo y 26% arcilla). El manejo del cultivo se detalla 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
17/10/09	Siembra y fertilización basal	Variedad INIA Olimar - 160 kg/ha 250 kg/ha de 10-30-15/2 N ₂₅ P ₇₅ K ₃₇ Zn ₅
03/11/09	Emergencia	
16/11/09	Aplicación de herbicida	Facet 1.4 l/ha + Propanil 3 l/ha + Command 0.8 l/ha + Cyperec 200 g/ha
Variable según trat.	Fertilización	Macollaje: 50 kg/ha de urea** Primordio: 60 kg/ha de urea***

* 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).

*** para tratamientos de riego con déficit controlado, previo a la inundación (en seco).

Cuadro 2. Tratamientos de riego.

Inundación continua	
IC ₁₅	Inundación 15 DDE
IC ₃₀	Inundación 30 DDE
IC ₄₅	Inundación 45 DDE
Riego con déficit controlado*	
LV	Con lámina variable (de 0 a 5 cm)
RR	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 del 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: al inicio del riego se establece una lámina de 5 cm de profundidad y el riego se suspende hasta que el suelo se encuentre en estado saturado (encharcado). En este momento se reinicia el riego hasta

establecer nuevamente la lámina 5 cm y así sucesivamente.

- RR: este tratamiento se inicia en condiciones de suelo saturado. Cuando se consume (evapotranspira) el 50% del agua disponible en el suelo (25 mm para este suelo), se suministra agua de manera de que este quede 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).

Para todos los tratamientos se dejó de suministrar agua a los 15 días después del haber alcanzado el 50% de floración. Este criterio fue determinado en base a los resultados obtenidos en ensayos experimentales anteriores, realizados con el objetivo de evaluar el efecto del momento de retiro de agua sobre el rendimiento y la calidad industrial del grano de la variedad INIA Olimar. Este manejo permite reducir el período de riego y por lo tanto, racionalizar el uso de agua (Segovia, 2007; Molina et al., 2007; Cantou et al., 2008).

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) y a cosecha, se evaluó incidencia de enfermedades del tallo (*Sclerotium oryzae* y *Rhizoctonia oryzae sativae*).

A cosecha se determinó rendimiento y sus componentes (panojas por m², 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 calculó utilizando el método FAO Penman-Monteith y a partir de los datos del tanque evaporímetro (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 cuantificó el contenido de agua en el suelo de forma directa (humedad volumétrica) e indirecta (tensiómetros y sonda de neutrones). 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. Los tensiómetros se colocaron a 15 cm de profundidad. También se evaluó las condiciones de humedad del suelo utilizando criterios subjetivos (percibidos a través del sentido del tacto y apreciación visual).

Se cuantificó la cantidad de agua utilizada por cada tratamiento (m³/ha) mediante el uso de aforadores (contadores de agua), regando a cada parcela (repetición del tratamiento) en forma independiente.

Se utilizaron sensores HOBO para medir el comportamiento de la temperatura del aire y de la humedad relativa durante el ciclo del cultivo para cada tratamiento de riego.

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 se estableció la inundación para cada uno de los tratamientos. El 9 de diciembre (36 DDE) se realizó un baño al tratamiento IC₄₅ para promover y uniformizar el desarrollo de las plantas. En esta misma fecha se efectuó el primer riego al tratamiento RR para llevar el suelo nuevamente al nivel de saturación. Este fue el único momento en el que el suelo registró niveles de humedad del 50% del agua disponible (o agua útil para las plantas), debido a la alta ocurrencia de precipitaciones durante el período

vegetativo. El tratamiento LV recibió cuatro riegos previos a la inundación permanente.

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

Tratamiento	Riego*	Inundación
Riego continuo		
IC ₁₅		17 Nov
IC ₃₀		1° Dic
IC ₄₅	9 Dic	16 Dic
Riego con déficit controlado		
LV	3, 7, 18 y 24 Dic	26 Dic
RR	9 Dic	30 Dic

* Riego/s efectuado/s previo al establecimiento de la inundación continua.

El las figuras 1 y 2 se caracteriza la variación de la lamina de agua del tratamiento LV y el contenido de agua en el suelo para RR, respectivamente, desde el inicio de cada tratamiento y la altura de la lámina de agua luego de establecida la

inundación permanente. Se identifican, además, los aportes por agua de lluvia y riego. Como se puede apreciar en dichas figuras, una vez establecida la lámina permanente, esta varió entre 7,5 y 10 cm.

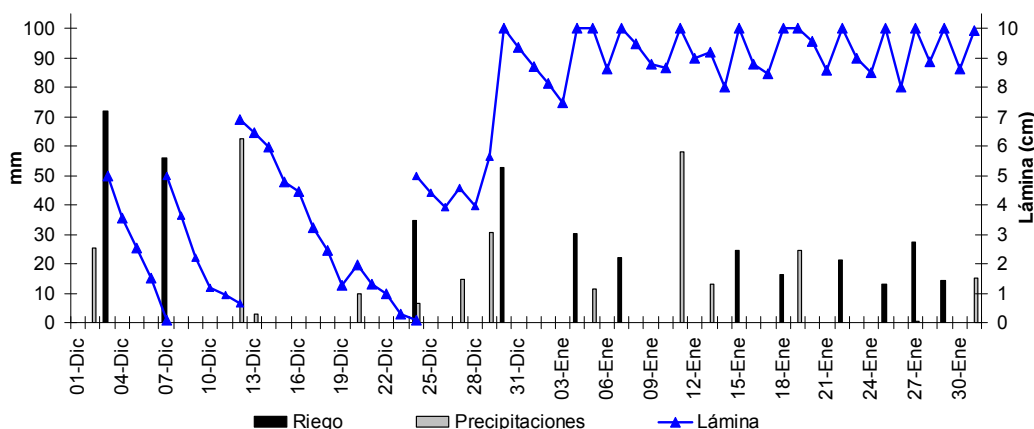


Figura 1. Esquema del riego con lámina de agua variable hasta primordio (Tratamiento LV). UEPL-INIA, Treinta y Tres, zafra 2009/2010.

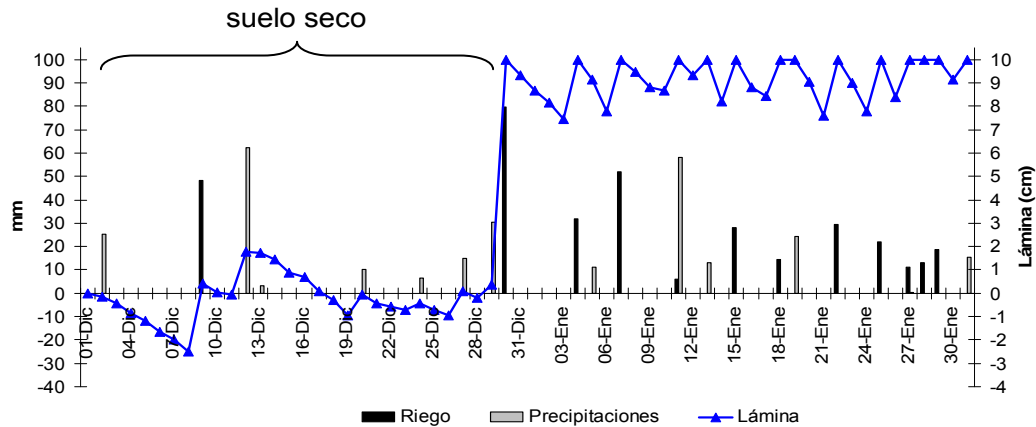


Figura 2. Esquema del riego restrictivo hasta primordio (Tratamiento RR). UEPL-INIA, Treinta y Tres, zafra 2009/2010.

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, 10 y 7 días más que IC_{45} y IC_{30} , respectivamente (Cuadro 5). Los tratamientos de riego con déficit controlado, por su parte, tuvieron un comportamiento

similar al presentado por IC_{30} en cuanto al momento de finalización del riego y de cosecha (usado como referencia ya que estos tratamientos se iniciaron en la misma fecha que IC_{30}). El primordio para LV y RR fue registrado 3 y 7 días posteriores a IC_{30} , respectivamente y estas diferencias se fueron atenuando a medida que transcurrió el ciclo, llegando a cosecha prácticamente en la misma fecha.

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

Tratamiento	Primordio	Floración*	Cosecha
Riego continuo			
IC_{15}	18 Dic	23 Ene	9 Mar
IC_{30}	23 Dic	25 Ene	12 Mar
IC_{45}	28 Dic	30 Ene	19 Mar
Riego con déficit controlado			
LV	26 Dic	26 Ene	13 Mar
RR	30 Dic	28 Ene	13 Mar

* Cultivo con 50 % de floración.

Si bien es lógico esperar que el tratamiento IC_{15} 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, por

el efecto que tiene esta variable en acortar el ciclo del cultivo (se inundó 30 días antes que IC_{45} pero tuvo solo 22 días más de riego).

Caracterización microclimática

Se analizó los datos de temperatura del aire a nivel del canopio -recabados por los sensores HOBO- con el propósito de cuantificar el efecto de la lámina de agua sobre el ambiente de los diferentes tratamientos. El tratamiento IC_{45} y RR tuvieron el mismo manejo del agua hasta el 16 de diciembre, momento en que se estableció la inundación de IC_{45} , y RR continuo sin lámina de agua hasta el 30 de diciembre. Durante ese período, las

condiciones climáticas fueron favorables para el cultivo, no encontrándose diferencias importantes entre estos

tratamientos en las variables analizadas (Cuadro 6).

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 ₁₅	126 c	81 c	82
IC ₃₀	129 b	83 bc	70
IC ₄₅	136 a	88 a	60
LV	130 b	84 b	71
RR	130 b	86 a	73
Media	130	84	71
P > F	<0,01	<0,01	---

* Días 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.

Cuadro 6. Efecto del tratamiento de riego sobre la temperatura media, la amplitud térmica y el número de días (horas) con temperatura por debajo de 15 °C, del 16 al 30 de diciembre (sensores HOBO).

Trat.	Temp. media	Amplitud	N° días < 15°C	N° hr < 15°C
IC ₁₅	23.5	10.1	2	7
IC ₃₀	23.3	9.0	2	7
IC ₄₅	23.6	10.3	2	8
LV	23.4	9.7	2	8
RR	23.3	9.9	2	8

Por otro lado, se detectaron mejores condiciones de temperatura en el momento en que IC₄₅ floreció (Cuadro 7), por el efecto

del tratamiento sobre la fenología del cultivo que determinó un atraso de la floración respecto a los demás tratamientos.

Cuadro 7. Efecto del tratamiento de riego sobre la temperatura media, la amplitud térmica y el número de días (horas) con temperatura por debajo de 15 °C, para el periodo 8 días pre y post floración (sensores HOBO).

Trat.	Temp. media	Amplitud	N° días < 15 °C	N° hr < 15 °C
IC ₁₅	23.8	15.9	4	15
IC ₃₀	23.7	13.9	4	14
IC ₄₅	24.5	12.8	1	3
LV	23.7	13.4	4	14
RR	24.0	13.8	3	13

Efecto sobre el crecimiento

El ensayo obtuvo una buena emergencia y población de plantas (promedio de 263 plantas/m²), no existiendo diferencias significativas entre tratamientos. Como se aprecia en el Cuadro 8, el manejo del riego

no afectó el número de macollos producidos y la cantidad de panojas a cosecha. 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 manejo una lamina de 5 cm de profundidad, justamente para favorecer el macollaje y evitar el desarrollo de un planta fina y alargada.

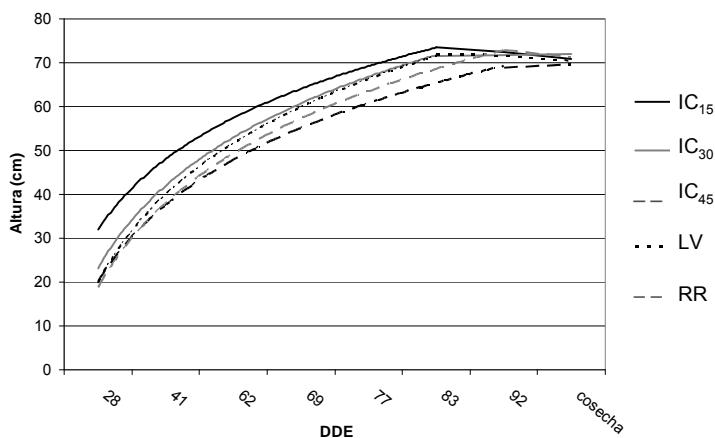
Cuadro 8. Número de plantas, tallos y panojas por m² según tratamiento de riego.

Tratamiento	Plantas/m ² (8 DDE)	Tallos/m ²			Panojas/m ² (cosecha)
		Macollaje (41 DDE)	Primordio (62 DDE)	A 50% floración	
IC ₁₅	258	545	516	471	499
IC ₃₀	272	614	455	454	504
IC ₄₅	241	475	424	460	659
LV	268	393	556	459	512
RR	275	464	422	441	554
Media	263	498	474	457	546
P > F	ns	ns	ns	ns	ns

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

El tratamiento de riego afectó la altura del cultivo en las primeras etapas del ciclo (Figura 3). 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 siendo no significativas a partir de floración.



	IC ₁₅	IC ₃₀	IC ₄₅	LV	RR
Macollaje*	48 a	44 b	31 d	38 c	37 c
Primordio*	65 a	63 a	57 b	57 b	53 b
Floración*	72	72	74	73	71
Cosecha**	69	72	70	70	70

* tomando como referencia la lámina de la hoja más joven, completamente desarrollada.

** tomando como referencia el arco que se forma cuando la panoja dobla.

Figura 3. Evolución de la altura de planta por tratamiento de riego (cm). Letras diferentes entre tratamientos por momento de muestreo, difieren significativamente para p<0,05.

Se encontró diferencias significativas entre los tratamientos en la acumulación de materia seca del cultivo (Cuadro 9). El tratamiento IC₁₅ produjo en promedio 27% más de biomasa respecto al resto de los tratamientos desde primordio a floración. A partir de esta etapa, los tratamientos de inundación continua produjeron similares cantidades de materia seca (no diferente

estadísticamente), mientras que los tratamientos de riego con déficit controlado no lograron compensar la menor producción obtenida en las etapas iniciales, llegando a cosecha con un 9% menos de biomasa comparado con el promedio alcanzado por los tratamientos de inundación continua (Cuadro 10).

Cuadro 9. Producción de materia seca (kg/ha) por tratamiento de riego, en diferentes etapas fenológicas del cultivo.

Trat.	28 DDE	Primordio	69 DDE	77 DDE	Floración*	Cosecha
IC ₁₅	575	2410 a	5799 a	7959 a	8750 a	19487 a
IC ₃₀	476	2269 a	4272 b	6438 b	7685 a	19784 a
IC ₄₅	391	1791 b	3573 b	5868 b	7341 ab	19180 ab
LV	465	2137 ab	3861 b	6296 b	7789 a	17664 bc
RR	521	1790 b	3238 b	5316 b	5582 b	16294 c
Media	486	2079	4149	6375	7430	18482
P > F	ns	0,02	0,03	0,02	0,04	<0,01

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

Cuadro 10. Tasa diaria de crecimiento (kg/ha) por tratamiento de riego.

Trat.	28 DDE - Primordio	Primordio – 50% de floración
IC ₁₅	119 a	188
IC ₃₀	80 b	165
IC ₄₅	56 c	183
LV	80 b	187
RR	48 c	168
Media	77	178
P > F	<0,01	ns

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

Mediante observaciones realizadas a campo (utilizando indicadores subjetivos), se determinó que, a primordio, el cultivo de arroz de los tratamientos IC₄₅ y RR presentó un menor desarrollo inicial, con plantas menos vigorosas respecto al resto de los tratamientos. A partir de este momento la recuperación del IC₄₅ fue rápida y notoria mientras que el cultivo con RR mantuvo las diferencias en desarrollo, con una desuniforme distribución de plantas.

Efecto sobre los componentes del rendimiento y la calidad industrial

Los tratamientos de riego continuo tuvieron significativamente un mayor número de granos por panoja y un menor peso de granos respecto a los obtenidos por los tratamientos de riego con déficit controlado, a excepción del tratamiento IC₄₅ que para la variable peso de mil granos presentó valores similares a los registrados por LV y RR (Cuadro 11).

Cuadro 11. Efecto del tratamiento de riego sobre los componentes del rendimiento.

Trat.	I.C.	N° granos/ panoja	N° granos/ m ²	Esterilidad (%)	Peso mil granos (gr)
IC ₁₅	0,54	101 a	50342 ab	11,5	27,0 b
IC ₃₀	0,52	96 a	48466 b	10,6	26,6 b
IC ₄₅	0,55	96 a	63686 a	12,0	27,8 a
LV	0,55	85 b	42818 b	10,6	27,9 a
RR	0,55	82 b	45766 b	10,3	28,1 a
Media	0,54	92	50216	11,0	27,5
P > F	ns	0,01	0,05	ns	<0,01

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

Como se puede observar en el Cuadro 12, hubo diferencias significativas entre los tratamientos de riego en los porcentajes de granos enteros y yesados, aunque para

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

Cuadro 12. Efecto del tratamiento de riego sobre la calidad molinera.

Trat.	Blanco Total (%)	Entero (%)	Yesado (%)	Manchado (%)
IC ₁₅	68,5	63,6 a	5,6 a	0,14
IC ₃₀	69,1	65,1 ab	4,5 ab	0,16
IC ₄₅	69,2	61,7 b	4,4 ab	0,33
LV	68,6	63,3 ab	3,5 bc	0,11
RR	68,6	64,0 a	2,8 c	0,24
Media	68,8	63,5	4,2	0,20
P > F	ns	0,03	0,03	ns

Efecto sobre el rendimiento y la productividad del agua

El rendimiento de grano del ensayo promedió 10.000 kg/ha y fue afectado por el manejo del riego (Cuadro 13). El tratamiento RR obtuvo una productividad 13% menor respecto al resto de los tratamientos (P<0,01). Si bien el tratamiento LV no fue diferente significativamente a los tratamientos de inundación continua -a un nivel de significancia del 5%-, si lo fue al 8%, por lo que se puede afirmar que bajo las condiciones en las cuales se realizó el presente estudio, el sistema de riego con déficit controlado afectó el comportamiento productivo del cultivo de arroz.

La aplicación del riego con déficit controlado en la etapa vegetativa en sustitución al riego continuo permitió

ahorrar 21% de agua, si bien las diferencias entre tratamientos no fueron significativas estadísticamente. Este resultado coincide 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 bajos consumos de agua registrados en este estudio son resultado de las abundantes precipitaciones ocurridas en la presente zafra y, además, se resalta el hecho de que se midió el agua que efectivamente entró 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.

Si analizamos los resultados en términos de productividad del agua (relación entre el rendimiento de granos y volumen de agua utilizada), vemos que todos los tratamientos usaron el agua en forma eficiente ya que este valor estuvo en el entorno de 2,34 kg/m³. La reducción en el consumo de agua por parte del tratamiento RR fue mayor (en términos porcentuales) que la pérdida en

rendimiento y por lo tanto, la productividad del agua respecto al total de agua suministrada no fue estadísticamente diferente al resto de los tratamientos. En términos generales se puede afirmar que el sistema de riego con déficit controlado produjo 14% más arroz por m³ de agua respecto a los tratamientos de riego continuo.

Cuadro 13. Efecto del sistema de riego sobre el rendimiento, el consumo y la productividad del agua para la variedad INIA Olimar.

	Rendimiento (kg)	Consumo de agua* (m ³ /ha)	Prod. del agua (kg/m ³)
Riego continuo			
IC ₁₅	10495 a	4878	2,23
IC ₃₀	10279 a	4925	2,10
IC ₄₅	10491 a	4987	2,34
Riego con déficit controlado			
LV	9773 a	3954	2,53
RR	8965 b	3814	2,52
Media	10001	4512	2,34
CV (%)	8	25	25
P > F	<0,01	ns	ns

* Agua suministrada por riego.

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

Las altas productividades de agua obtenidas se deben a que solo se consideró el suministro de agua por riego. En el Cuadro 14 se presentan los resultados incluyendo en el consumo total

de agua, el aporte de las precipitaciones (que en esta zafra fueron muy abundantes: 823 mm para el período 5 de nov. - 9 de marzo).

Cuadro 14. Efecto del sistema de riego sobre el consumo y la productividad del agua, considerando el agua de lluvia.

	Consumo de agua* (m ³ /ha)	Productividad del agua (kg/m ³)
Riego continuo (en DDE)		
IC ₁₅	13454 a	0,78
IC ₃₀	12379 ab	0,83
IC ₄₅	11740 b	0,91
Riego con déficit controlado		
LV	11399 b	0,86
RR	11258 b	0,81
Media	12044	0,84
CV (%)	11	13
P > F	0,01	ns

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

Estos valores de productividad del agua nos posicionan bien en el ámbito internacional si los comparamos con los que aparecen en la bibliografía; por ejemplo, valores típicos de productividad del agua en ensayos experimentales son de 0,2-0,4 kg/m³ en el centro y norte de India, 0,3-1,1 kg/m³ en Filipinas (Boumang and Tuong, 2001) y 0,82-2,32 kg/m³ en Wuhan, China, donde se registran altas precipitaciones, en el orden de los 950 mm durante la zafra de arroz (Hong et al., 2000).

CONCLUSIONES

Si bien son datos preliminares, el presente estudio permite ir generando 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 primer año de evaluación confirman que esta técnica corre el riesgo de reducir la productividad del cultivo respecto al sistema de inundación permanente, por lo que resulta necesario seguir profundizando en la relación suministro de agua-eficiencia de uso, para determinar hasta cuanto volumen de agua suministrada se puede reducir sin comprometer el rendimiento del cultivo.

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

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.

Böcking, B; Bandeira, S.; Carnelli, J.P.; García, G; Marella, M.; Marco, M.; Moor, J.C.; Henderson, J.P.; Gusonni, A.; Lavecchia, A. 2008 Manejo del cultivo. Riego intermitente una alternativa que debemos ir incorporando en nuestros sistemas de riego Resumen de tres años de trabajos sobre el tema. Presentación resultados experimentales de arroz, zafra 2007-2008. INIA Tacuarembó. Actividades de Difusión N° 543. Cap. 3. pp. 77-96.

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.; Roel, A.; Molina, F.; Fariña, S.; Platero, S. 2008. Riego. Efecto del momento de retiro del agua y cosecha en INIA Olimar. Arroz, Resultados experimentales 2007-2008. INIA Treinta y Tres. Actividades de Difusión N° 545. Cap. 2. pp. 12-23.

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.

Lavecchia, A. 2009 Manejo del cultivo. Riego. Ensayo de riego continuo vs riego intermitente. Presentación resultados experimentales de arroz, zafra 2008-2009. INIA Tacuarembó. Actividades de Difusión N° 585. Cap. 3. pp. 1-14.

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.; Mutters, R. 2007. Riego. Efecto del momento de retiro del agua y cosecha en INIA Olimar. Arroz, Resultados experimentales 2006-2007.

INIA Treinta y Tres. Actividades de Difusión
N° 502. Cap. 2. pp. 11-21.

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 Agropecuaria Brasileira,
Brailia, DF, v. 34, n. 4, p. 565-573.

Segovia, M. 2007. Efecto del momento de
retiro del agua y de cosecha en la variedad
INIA Olimar. Tesis de Grado. Facultad de
Agronomía. 99 p.

Stone, L.F. 2005. Eficiencia do uso da agua
na cultura do arroz irrigado. Santo Antonio
de Goias, Embrapa Arroz e Feijao. 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.