

RIEGO

MANEJO DEL RIEGO: PRODUCTIVIDAD DEL AGUA

Alvaro Roel^{1/}, Guillermina Cantou^{1/}, Sebastián Martínez^{1/}, Luis Casales^{1/}
Federico Campos^{2/}, Ignacio Falero^{2/}

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 (H₂O) = 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 ₁₆ P ₆₆ K ₁₈
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).

^{1/} INIA Treinta y Tres

^{2/} Estudiante de Grado, Facultad de Agronomía

Cuadro 2. Tratamientos de riego.

Inundación continua	
IC15	Inundación 15 DDE
IC30	Inundación 30 DDE
IC45	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 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 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 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 (m³/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
Riego continuo			
IC ₁₅	25 oct, 8 nov		26 nov
IC ₃₀	25 oct, 8 y 26 nov		13 dic
IC ₄₅	25 oct, 8 y 26 nov, 27 dic		30 dic
Riego con déficit controlado			
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

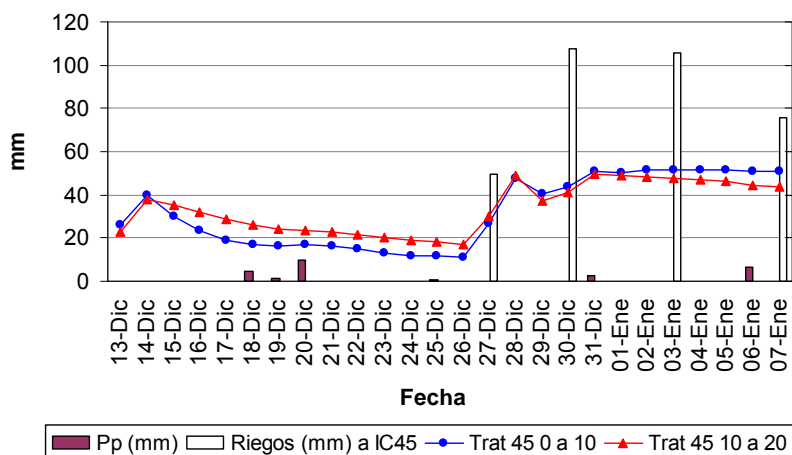


Figura 1. Evolución del agua en el suelo en el tratamiento IC 45.

Riego, precipitaciones y sensores en trat LV

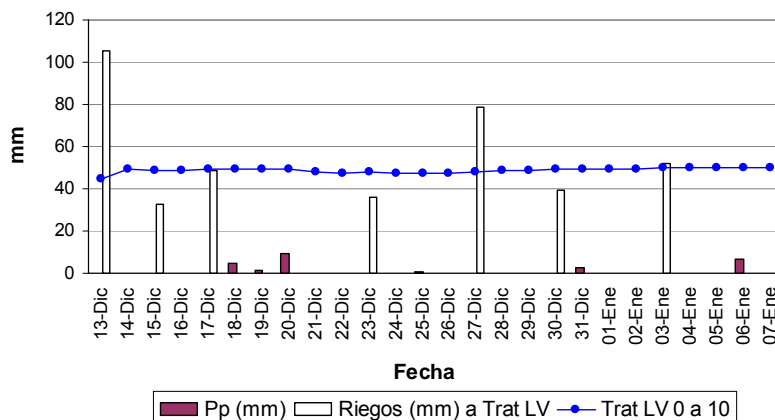


Figura 2. Evolución del agua en el Suelo Tratamiento LV.

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.

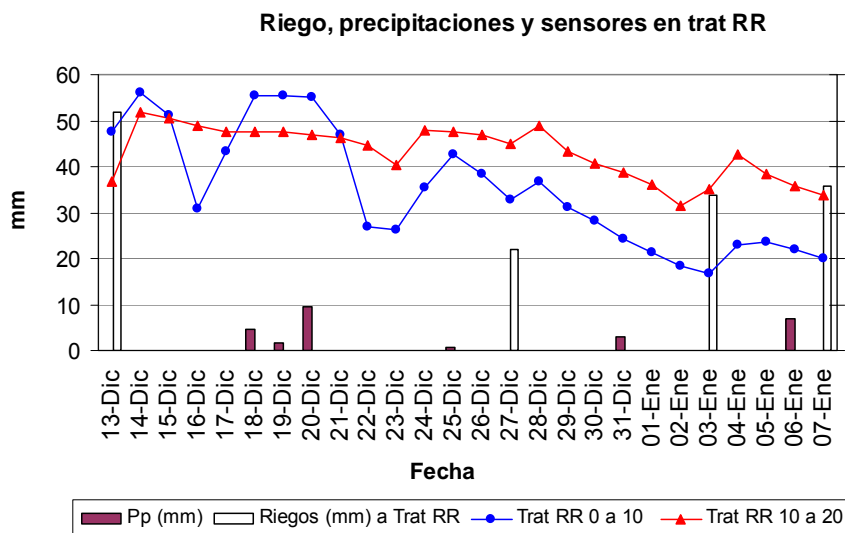


Figura 3. Evolución del agua en el suelo Tratamiento RR.

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
Riego continuo				
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
Riego con déficit controlado				
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 ₁₅	131d	85c	85a
IC ₃₀	140c	93b	77b
IC ₄₅	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 mencionadas para emerger y emparejar, obtuvo una buena emergencia y población de plantas (promedio de 275 plantas/m²), 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 m² según tratamiento de riego.

Tratamiento	Plantas/m ² (29 DDE)	Panojas/m ² (cosecha)
IC ₁₅	307	459bc
IC ₃₀	268	524ab
IC ₄₅	242	443bc
LV	275	584a
RR	281	368c
Media	275	476
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 ₁₅	27	48a	55a	65a	77a	82a	86a	84a	91a
IC ₃₀	15	39b	42b	52b	63b	72bc	79abc	80b	88a
IC ₄₅	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
Media	18	35	40	49	62	69	79	81	87
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	49DDE	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
Media	286	1735	3481	5585	13688	21524
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
Media	96	294

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 ²	Esterilidad de granos (%)	Peso mil granos (gr)
IC ₁₅	0,51	126ab	57627ab	15,5abc	27,9a
IC ₃₀	0,48	132ab	68788a	18,1ab	27,3ab
IC ₄₅	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
Media	0,51	122	58218	14,48	27,14
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 ₁₅	70,4	63,6	2,4	0,15	23,5	6,3b
IC ₃₀	71,4	66,3	3,4	0,20	22,9	6,0b
IC ₄₅	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
Media	71	64,6	3,3	0,16	22,3	6,5
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 *Rhizoctonia* (IRS)

Trat.	ISR	ISS
IC ₁₅	0,43	41,1
IC ₃₀	0,80	40,1
IC ₄₅	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 ³ /ha)	Prod. del agua (kg/m ³)
Riego continuo			
IC15	11091	11854a	0,95b
IC30	11171	11056ab	1,02b
IC45	10642	8980bc	1,18 ab
Riego con déficit controlado			
LV	10840	10279b	1,06b
RR	10170	7411c	1,41a
Media	10783	9916	1,12
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

	Consumo de agua* (m³/ha)	Productividad del agua (kg/m³)
Riego continuo (en DDE)		
IC15	14713	0,76
IC30	14686	0,77
IC45	12610	0,84
Riego con déficit controlado		
LV	13908	0,78
RR	11041	0,93
Media	13392	0,82
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/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).

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.