

**MANEJO DEL CULTIVO**

Andrés Lavecchia, Claudia Marchesi y Julio Méndez

**MANEJO DEL MOMENTO DE INUNDACIÓN y FERTILIZACION NITROGENADA**

Continuando con los estudios de momento de inundación y manejo del nitrógeno, se instalaron ensayos en Artigas, Paso Fariás y en Tacuarembó, Ruta 5. El objetivo es determinar el momento óptimo de entrada del agua que nos permita obtener el máximo rendimiento en granos, evaluando además la mayor eficiencia de utilización de nitrógeno. Por otro lado se estudió la relación entre las concentraciones de hierro en parte aérea y raíz con rendimiento según los distintos métodos de riego. Se continuó evaluando el comportamiento del cultivar INIA Olimar recientemente liberado, de modo de obtener información adicional respecto a su manejo, además se comparó con el cultivar El Paso 144 como referencia de estudio.

**Materiales y métodos**

Los ensayos se instalaron en la zona de Paso Fariás, Artigas, en campos de la firma "El Porvenir", estancia La Magdalena y en Ruta 5, en la chacra del productor Pascual Corá, Tacuarembó. Se utilizaron los cultivares INIA Olimar y El Paso 144 en Artigas y en Tacuarembó, solamente se trabajó con INIA Olimar

Para el análisis estadístico individual, se utilizó un diseño de bloques al azar, dispuestos en parcelas subdivididas con tres repeticiones.

Parcela mayor: Tratamientos de Momento de inundación (ver cuadros 1 y 2)

Parcela menor: Tratamientos de Nitrógeno (ver cuadros 1 y 2)

Tamaño de subparcela: (3 x 6) m<sup>2</sup>

**Cuadro 1.** – Tres Momento de Inundación combinados con 7 tratamientos de Nitrógeno .

<i>Momento de inundación</i>	<i>Nitrógeno* S - M - P</i>	<i>Nitrógeno Total</i>
Temprano	0 - 0 - 0	0
Intermitente	18 - 18 - 12	48
Tardío	18 - 30 - 0	48
	18 - 36 - 24	78
	18 - 60 - 0	78
	18 - 54 - 36	108
	18 - 90 - 0	108

\* : Unidades de Nitrógeno por hectárea a la Siembra, Macollaje y Primordio

Los ensayos de Artigas se sembraron en siembra directa sobre un rastrojo de arroz de un año. Se realizó una aplicación de glifosato aproximadamente 1 mes antes de la siembra. Se utilizó una sembradora Semeato TD 320 para siembra directa, con sistema de incorporación de semilla de doble disco desencontrado. En Tacuarembó también se sembró sobre un rastrojo de arroz de un año, laboreado con disqueras. La siembra y fertilización se realizaron al voleo incorporándose con disquera.

Si bien se introducía el agua como inundación permanente en los momentos mencionados en el cuadro, en los tratamientos de riego Intermedio y Tardío se realizaron baños coincidentes con la/las inundaciones de los momentos Temprano e Intermedio respectivamente.

En las dos localizaciones se fertilizó con fósforo a razón de 46 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a la siembra, todos por igual.

En Tacuarembó no fue necesario aplicar herbicida para el control de capín, pero en Artigas el nivel de infección era muy alto, tanto de *Echinochloa sp.* como de *Digitaria sp.*.

#### Aplicación de herbicidas en Artigas

Fecha	Nombre comercial	Dosis (lts / ha)
15 / diciembre	Colt	0.8
	Exocet	1.4
	Propanil	3.0
7 / enero	Byspiribac	0.10

Se relevó información correspondiente a concentración de hierro en raíces y parte aérea, según momento de inundación y dosis de nitrógeno con el fin de determinar el efecto de los distintos manejos de agua con respecto a la posible disminución de absorción de nutrientes por toxicidad de hierro. En Tacuarembó se extrajeron dos muestras para el análisis de hierro.

A la cosecha, además del estudio de rendimiento en grano seco y limpio se extrajeron muestras para determinar componentes de rendimiento (panojas/m<sup>2</sup>, peso de mil granos, granos llenos/panoja, porcentaje de granos vanos) e índice de cosecha. Además se estudió la calidad industrial (blanco, entero, yesado) y verde, obteniendo por consiguiente el rendimiento sano, seco y limpio (kg/ha), según los niveles de bonificación o castigo utilizados por la industria.

A continuación se resumen los datos de análisis de suelo:

Artigas: Unidad Itapebí Tres Arboles, - Tipo de suelo: Vertisol

Tacuarembó: Unidad Curtina, - Tipo de suelo: Vertisol

Muestras extraídas previo a la siembra.

	pH	M. Org. %	P (Bray 1) ppm	K meq/100g	Na meq/100g	Fe mg/kg
Artigas	6.3	6.47	0.7	0.29	0.34	225.0
Tacuarembó	5.4	5.4	2.4	0.29	0.34	257.0

Realizado en el Laboratorio de Suelos de INIA La Estanzuela.

#### Fechas de siembra y emergencia

	Siembra	Emergencia
Tacuarembó -INIA Olimar	4 / 10	1 / 11
Artigas - INIA Olimar -El Paso 144	17 / 11	13 / 12

Fechas de comienzo de Inundación y baños:

Tacuarembó:

Inundación Temprana - 25 / 11..... Inundación permanente 24 DDE  
(DDE = Días Después de Emergencia)

Inundación – Drenaje Inundación - 25 / 11.....Inundación 24 DDE hasta los 32 DDE,  
3 / 12.....drenaje por 8 días  
11 / 12..... inun. permanente los 40 DDE,

Inundación Tardía - 25 / 11 .....primer baño a los 24 DDE  
3 / 12 .....segundo baño a los 32 DDE.  
11 / 12 .....Inundación permanente a los 40 DDE.

Artigas:

Inundación Temprana - 22 / 12 ....Inundación permanente 9 DDE

Inundación – Drenaje - Inundación - 22 / 12.....Inundación por 8 días, desde los 9  
DDE hasta los 17 DDE, luego  
30 / 12.....drenaje por 8 días e  
8 / 01.....inun. permanente a los 26 DDE,

Inundación Tardía - 22 / 12 ... baño a los 9 DDE  
30 / 12.....baño a los 17 DDE,  
8 / 01.....Inun. permanente a los 26 DDE.

Con el fin de determinar el tenor de hierro absorbido por las plantas, se extrajeron muestras de raíces y parte aérea, luego de un período de inundación de 27 días (DDI) para la inundación Temprana y 11 DDI para las inundaciones Intermitente y Tardía en Tacuarembó, en una primera extracción y una segunda extracción 10 días después de la primera. En Artigas la extracción de muestras se realizó a los 38 DDI para la inundación Temprana y 20 DDI para las inundaciones Intermitente y Tardía. Se determinó concentración de hierro en ambas partes tomándose la precaución de eliminar todo el hierro precipitado en las raíces con el fin de determinar con precisión, por un lado el hierro realmente absorbido por las raíces y por otro el hierro transportado a los órganos vegetativos.

## Resultados y discusión

Se realizaron análisis estadísticos utilizando el paquete estadístico SAS obteniéndose los siguientes resultados:

### TACUAREMBO

De los ensayos instalados en Tacuarembó, Ruta 5 productor Pascual Corá, fueron sembrados luego de preparar el suelo con dos pasadas de disquera, siembra al voleo y tapados con disquera. Destacamos por lo tanto la buena preparación de suelo y el buen contenido de humedad que permitió una excelente instalación del cultivo lo que se ve reflejado en la obtención de un alto rendimiento promedio de los ensayos.

*INIA OLIMAR en Siembra Convencional*

En el cuadro 3 se presentan los resultados del análisis estadístico para el estudio del rendimiento de grano seco y limpio.

**Cuadro 3.** Resultado del análisis individual para el cultivar INIA Olimar en Tacuarembó. Coeficiente de Variación (C.V.) y grado de significación para los tratamientos (Pr > F). Datos promedios de rendimiento en grano. Comparación entre Momentos de Inundación y tratamientos de Nitrógeno y prueba de Mínima Diferencia Significativa (MDS).

Fuente de variación	Probabilidad
Pr > F Riego	N.S.
Pr > F Nitrogeno	N.S.
Pr > F Inund * Nit	N.S.
Media (kg/ha)	10.394
C. V. (%)	7.2

Momento inundación	Rendimiento (kg/ha)	Nitrógeno Unidades/ha	Rendimiento (kg/ha) (#)
Tardía	10.476 a	78	10.716 a
Temprana	10.361 a	108	10.497 ab
Intermitente	10.343 a	48	10.371 ab
MDS	522	0	9990 b
		MDS	618

Ns: No significativo      \*\*\* : Significativo al 1%      \*\* : Sign. al 5%      \* : Sign. Al 10%  
a,b: Letras iguales dentro de columnas significan que no son diferentes estadísticamente.  
(#) Estudio de separación de medias por el Test t (LSD al 0.05)

En siembra convencional, con un rendimiento promedio de 10.394 kg secos y limpios /ha (208 bolsas / ha) y un coeficiente de variación de 5.9 %, observamos que, en un primer análisis conjunto de todos los datos recabados, **no** existe respuesta del cultivo ni al momento de inundación y ni a los tratamientos de Nitrógeno. La interacción Inundación por Nitrógeno no fue significativa.

El año pasado con iguales tratamientos de momentos de inundación (16 días de diferencia entre los momentos de inundación permanente para los tratamientos Temprano y Tardío o Intermitente), encontramos que la inundación Temprana con un rendimiento de 12.032 kg/ha, fue 600 kg superior a la inundación Tardía e Intermitente.

La figura 1 muestra los rendimientos alcanzados en cada uno de los momentos de inundación.

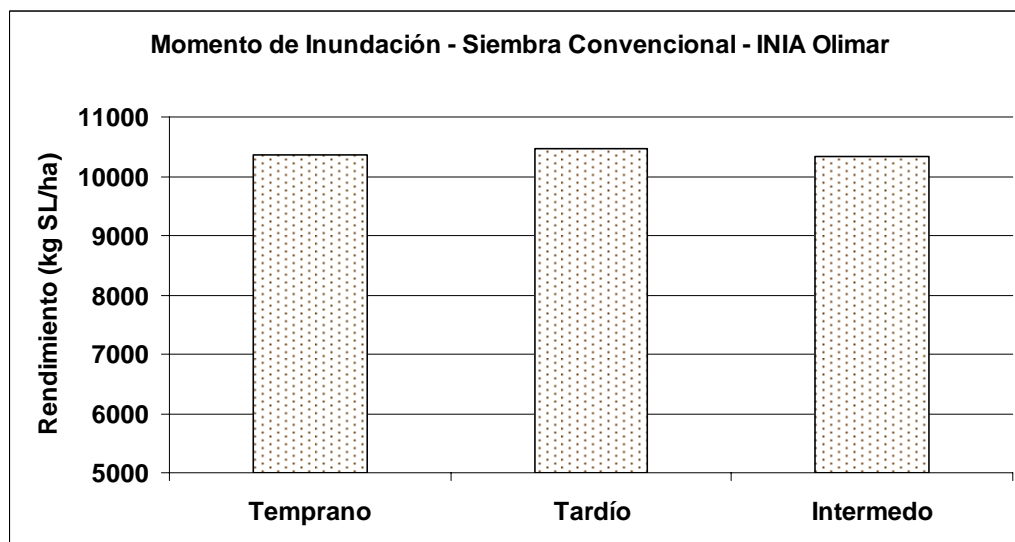


Figura 1. Rendimientos en grano del cultivar INIA Olimar, TBO, datos promedios de los tratamientos de Nitrógeno.

Al no haberse encontrado diferencias entre los momentos de inundación, o expresado de otra forma, el cultivo no sufrió estrés por el retraso en el momento de inundación, no fue necesario de un aporte extra de nitrógeno para expresar su máximo potencial, fue suficiente con el aporte del nitrógeno del suelo, por lo tanto **no se encontraron diferencias significativas ni a la dosis ni al fraccionamiento de nitrógeno realizado.**

La figura 2 muestra el comportamiento de las distintas dosis aplicadas.

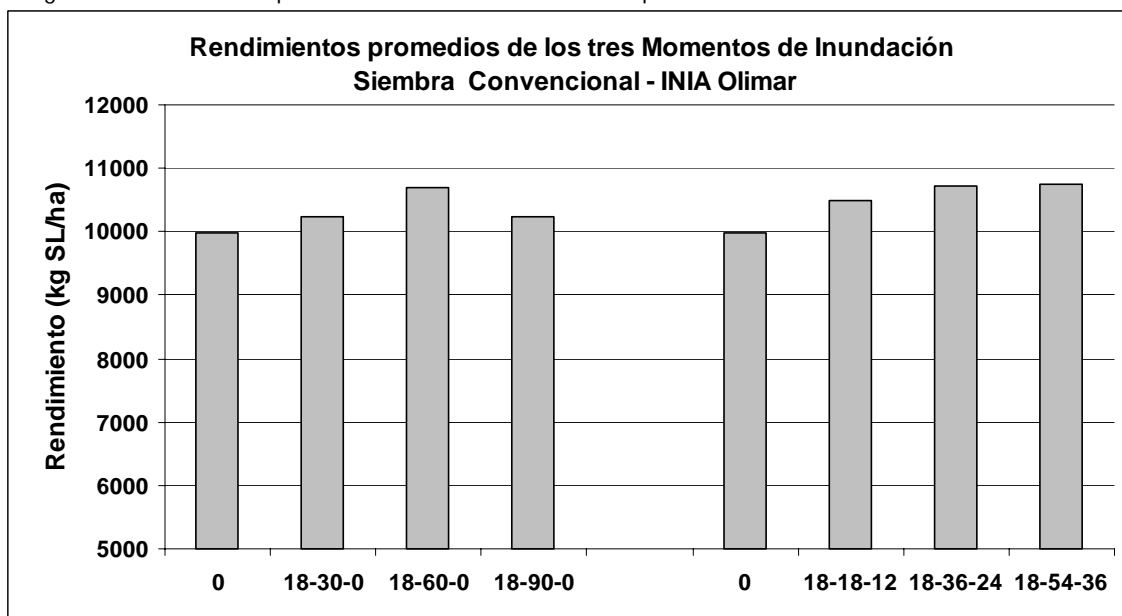


Figura 2. Rendimientos en grano, promedio de los tres momentos de inundación, para el cultivar INIA Olimar, en TBO, según tratamientos de nitrógeno.

El cuadro 4 nos muestra los restantes parámetros estudiados como Índice de cosecha (IC) , granos por panoja (granos/pan), panojas por metro cuadrado (pan/m<sup>2</sup>) y granos por metro cuadrado (granos/m<sup>2</sup>).

**Cuadro 4.** Parámetros estudiados, valor promedio, coeficiente de variación, factor que introduce la fuente de variación y probabilidad de no encontrar diferentes significativas entre las medias de los tratamientos (Pr > F).

Parámetro	Valor medio	Coef. Variación (%)
I.C.	0.49	15.8
PMG	27.0	3.5
Granos/pan	77.3	19.2
pan/m <sup>2</sup>	451	18.48
granos/m <sup>2</sup>	34.183	16.4

### Estudio de niveles de hierro en planta y su influencia en el rendimiento

Se planificó este ensayo con la idea de observar el comportamiento del cultivar INIA Olimar frente a los manejos del riego (momentos de inundación Temprano, Intermitente y Tardío). Con la inundación Temprana, se pretende realizar un uso eficiente del nitrógeno, pero que a su vez dicho manejo estaría aumentando la concentración de hierro en el estado reducido (ferroso) en etapas tempranas del cultivo.

Es conocido que altas concentraciones de hierro en la solución del suelo, cuando se dan conjuntamente con altas concentraciones de M.O. pueden causar problemas en la absorción de nutrientes. Por lo tanto se estudiaron las alternativas de riego Intermitente, inundando y drenando y volviendo a inundar o riego a baños hasta 10 o 15 días antes del primordio, de forma de mantener el suelo oxigenado, disminuyendo así la concentración de ferroso en la solución del suelo. Estos manejos van en contra del uso eficiente del nitrógeno, por lo tanto se debería fertilizar con este nutriente como forma de compensar las pérdidas.

En este caso no se encontraron diferencias significativas entre los momentos de inundación, lo que indica que para los tratamientos de inundación Intermitente y Tardía la pérdida de nitrógeno no afectó el rendimiento final. Consecuencia de este resultado es la falta de respuesta a la fertilización nitrogenada.

En tanto que por segundo año consecutivo, encontramos que la inundación Temprana es la que concentra mayor cantidad de mg/kg de hierro en sus raíces y parte aérea, pero esto no impide la obtención de altos rendimientos.

Como se comentó anteriormente se extrajeron dos muestras para el análisis de hierro con un intervalo de 10 días.

Con las muestras de análisis de contenido de hierro en plantas se realizó un análisis estadístico para determinar el grado de significación de las medias de los distintos tratamientos. El cuadro 6 nos brinda los datos.

**Cuadro 6.** Resultado del análisis individual para el cultivar INIA Olimar con respecto al contenido de hierro en planta en las dos extracciones, en Tacuarembó. Coeficiente de Variación (C.V.) y grado de significación para los tratamientos (Pr > F). Datos promedios de rendimiento en grano. Comparación entre Momentos de Inundación y tratamientos de Nitrógeno y prueba de Mínima Diferencia Significativa (MDS).

Fuente de variación	Probabilidad Parte Aérea (1)	Probabilidad Parte Aérea (2)	Probabilidad Raíz (1)	Probabilidad Raíz (2)
Pr > F Mom. Inun.	N.S.	N.S.	0.0001***	0.0001***
Pr > F Nitrógeno	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Pr > F Inund * Nit	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Media (mg / kg)	2.021	1.316	10.030	13.542
C. V. (%)	36.5	35.0	35.5	19.8

(1) Primera extracción, (2) Segunda extracción

Primera extracción			Segunda extracción		
Momento inundación	Fe en P. Aérea (mg / kg) (#)	Fe en Raíz (mg / kg) (#)	Momento inundación	Fe en P. Aérea (mg / kg) (#)	Fe en Raíz (mg / kg) (#)
Temprano	2.488 a	17.244 a	Temprano	1.474 a	19.021 a
Intermitente	2.123 a	6.978 b	Intermitente	1.445 a	12.936 b
Tardío	1.662 a	5.868 b	Tardío	1.031 a	8.670 c
M.D.S	1.390	3.560	M.D.S	826	2.688

Fe: Hierro en planta.

Ns: No significativo      \*\*\* : Significativo al 1%      \*\* : Sign. al 5%      \* : Sign. Al 10%

a,b: Letras iguales dentro de columnas significan que no son diferentes estadísticamente.

(#) Estudio de separación de medias por el Test t (LSD al 0.05)

El cuadro 6 muestra que las concentraciones de hierro en la Parte Aérea no mostraron diferencias significativas para los tratamientos de momento de inundación ni en la primera ni en la segunda extracción. Tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de nitrógeno.

Podemos observar que al igual que la zafra anterior la cantidad de hierro en la parte aérea es inferior al de la raíz, evidenciando el mecanismo de defensa que tiene la planta para impedir un excesivo pasaje de hierro que perjudique su desarrollo; por otro lado las cantidades de hierro en raíz de una extracción a otra aumentó en 2.000 - 6.000 y 3.000 mg/kg de hierro en los momentos de inundación Temprano, Intermedio y Tardío respectivamente.

Al igual que en la zafra anterior podemos observar que el momento de inundación determina el nivel de hierro en raíz, significativamente mayor concentración de hierro en el momento de inundación temprana, que el de la inundación intermitente y tardío (Cuadro 6).

En la figura 7 se observan los tenores de hierro en raíz y parte aérea para la primera y segunda extracción.

La figura 8 muestra los tenores de hierro en parte aérea en la primera y segunda extracción y los rendimientos obtenidos por momento de inundación.

La figura 9 muestra los tenores de hierro en raíz en la primera y segunda extracción y los rendimientos obtenidos por momento de inundación.

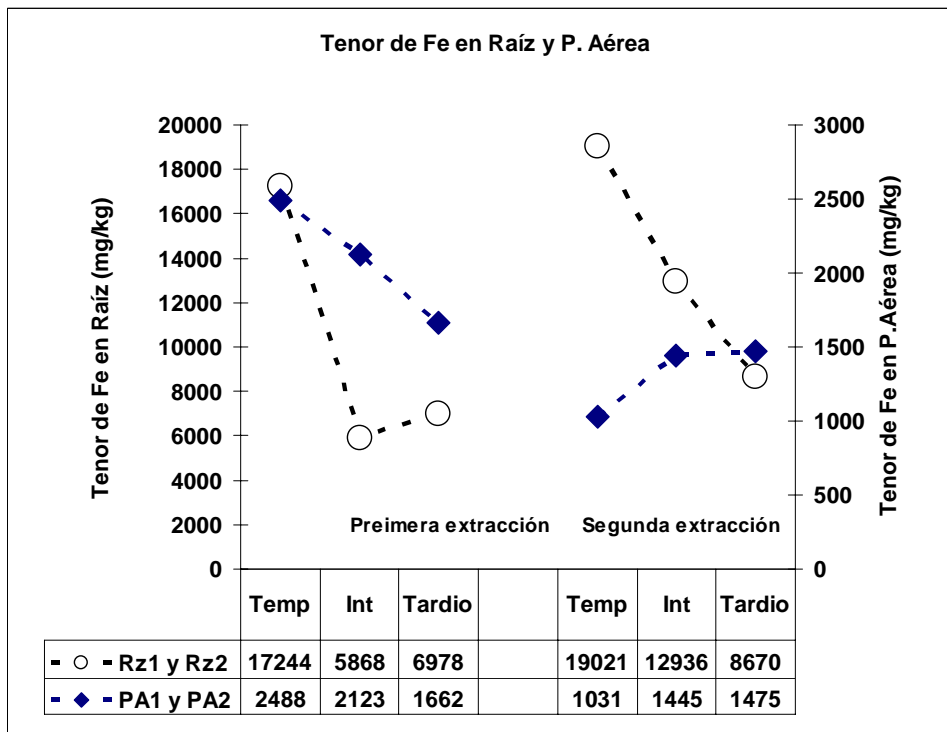


Figura 7. Tenor de hierro en Parte Aérea y Raíz en I. Olimar, en el ensayo de Tacuarembó.

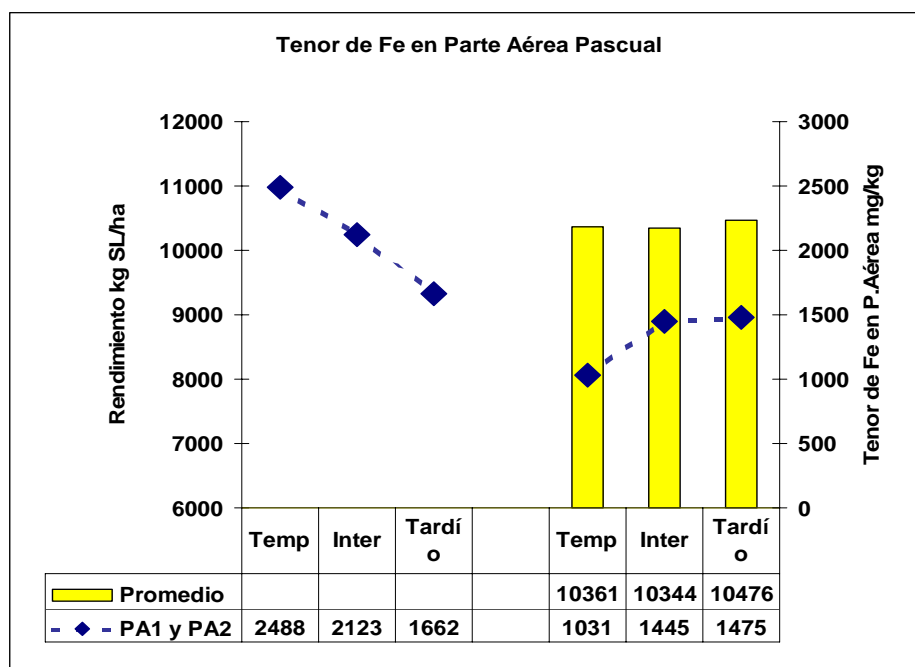


Figura 8. Tenor de hierro en Parte Aérea y rendimiento según momento de inundación en INIA Olimar-Tacuarembó.



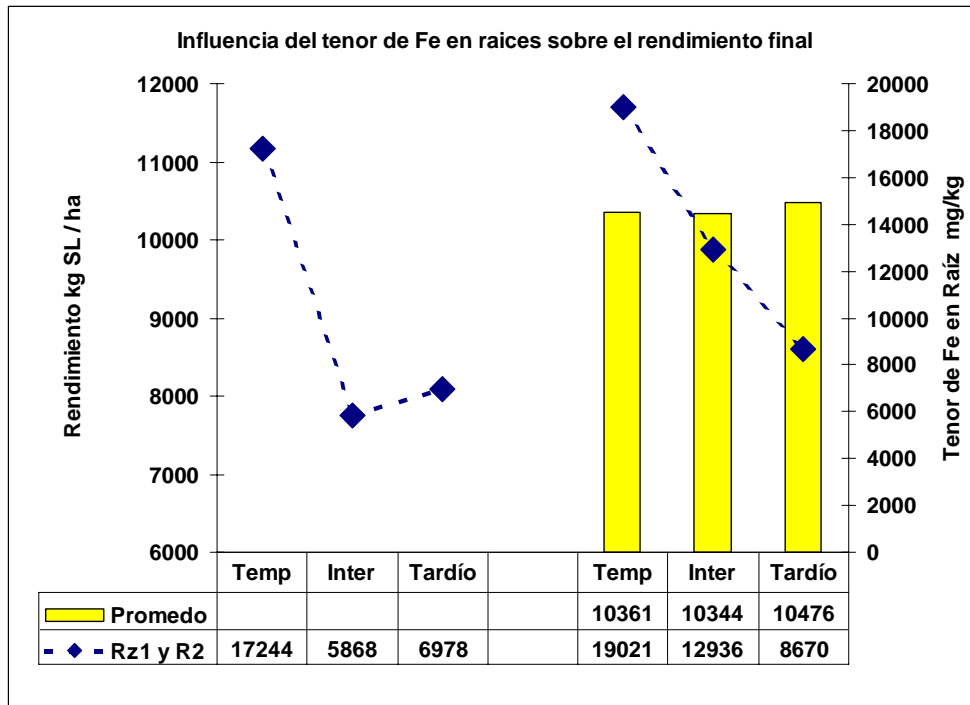


Figura 9. Rendimiento en kg / ha y Tenor de hierro en Raíz (mg / kg) según momento de inundación.

Los resultados obtenidos este año se ajustan a lo visto el año pasado, los manejos de inundación determinaron una diferente absorción de hierro por parte de la raíz, diferenciándose significativamente el momento Temprano del Intermitente y Tardío. A su vez los momentos de inundación no afectaron la concentración de hierro en la parte aérea. A pesar de que el nivel de hierro en raíz en el tratamiento Temprano fue de 19.020 mg/kg, el rendimiento no se vio afectado por esta condición.

**INIA OLIMAR Artigas (Siembra directa sobre rastrojo de 1 año de arroz)**

Recordemos como se realizaron los tratamientos de momento de inundación en este ensayo. El tratamiento de Inundación Temprana se comenzó a los 9 DDE, el tratamiento de inundación Intermitente se comenzó con la inundación también a los 9 días y se mantuvo la misma durante 8 días para lograr una mayor eficiencia en el control de malezas, luego se realizó un drenaje y se mantuvo seco el cultivo por 8 días y los 26 DDE se inundó de forma permanente.

El tratamiento de riego tardío, se le dio un baño a los 9 DDE y a los 17 DDE, luego se inundó de forma definitiva a los 26 DDE.

En el cuadro 7 se presentan los resultados de los análisis estadísticos para el estudio del rendimiento de grano seco y limpio para el cultivar INIA Olimar en Artigas.

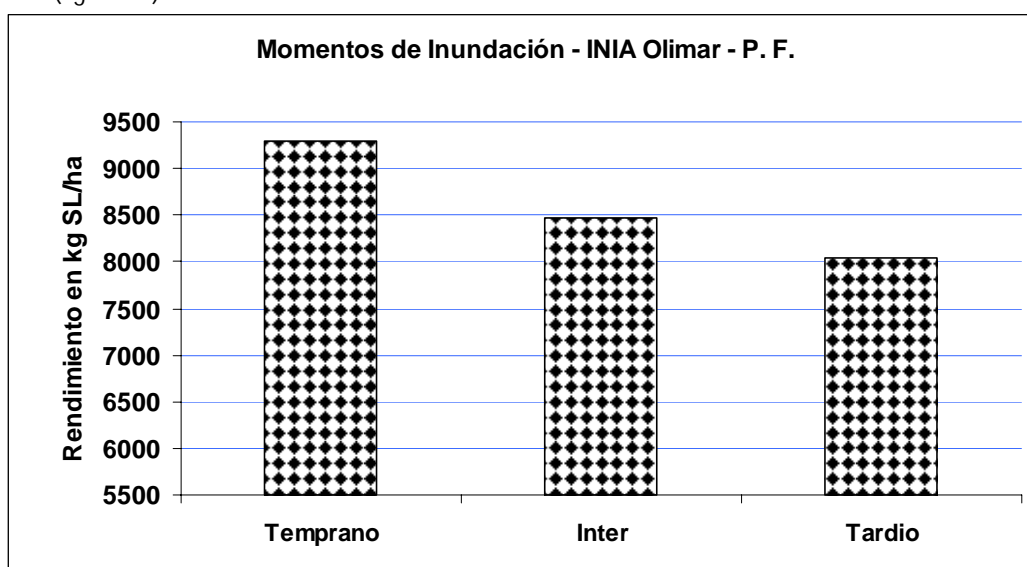
**Cuadro 7.** Resultado del análisis individual para el cultivar INIA Olimar en Artigas. Coeficiente de Variación (C.V.) y grado de significación para los tratamientos (Pr > F). Datos promedios de rendimiento en grano. Comparación entre Momentos de Inundación, tratamientos de Nitrógeno y Fungicida y prueba de Mínima Diferencia Significativa (MDS).

Fuente de variación	Probabilidad
Pr > F Mom. Inun.	0.0001 ***
Pr > F Nitrógeno	0.008 **
Pr > F Inund * Nitr	N.S.
Media (kg/ha)	8.560
C. V. (%)	5.8

Momento inundación	Rendimiento (kg/ha)	Nitrógeno	Rendimiento (kg/ha) (#)
Temprana	9.230 a	18-60-0	8.789 a
Intermedia	8.470 b	18-30-0	8.758 a
Tardía	7.981 c	18-54-36	8.720 a
MDS	311	18-18-12	8.631 a
		18-90-0	8.599 a
		18-36-24	8.530 a
		0-0-0	7.898 b
		MDS	4757

Ns: No significativo      \*\*\* : Significativo al 1%      \*\* : Sign. al 5%      \* : Sign. al 10%  
 (#) Estudio de separación de medias por el Test t (LSD al 0.05)

Con un rendimiento promedio de 8.560 kg/ha y un coeficiente de variación de 5.8 %, observamos que, en un primer análisis conjunto de todos los datos, existe una respuesta muy significativa del cultivo al momento de inundación (figura 10)



**Figura 10.** Rendimientos en grano del cultivar INIA Olimar según momentos de inundación.

Se observaron diferencias marcadas en desarrollo vegetativo, altura del cultivo y ciclo (la inundación Tardía se atrasó en promedio entre 7 y 10 días con respecto a la inundación Temprana). La diferencia en rendimiento entre la inundación Temprana y la Tardía fue de 1.250 kg/ha (25 bolsas) y entre la inundación Intermitente 860 kg/ha (17 bolsas)

En este caso donde los tratamiento de riego se diferenciaron significativamente, en el cuadro 8 podemos ver como se comportaron los componentes del rendimiento y el índice de cosecha.

**Cuadro 8.** Parámetros estudiados, valor promedio, coeficiente de variación, factor que introduce la fuente de variación y probabilidad de no encontrar diferentes significativas entre las medias de los tratamientos (Pr > F).

Fuente de variación	panojas/m <sup>2</sup>	Granos/panojas	Granos/m <sup>2</sup>	Índice cosecha
Pr > F Mom. Inun.	0.0027 **	0.0001 ***	0.07	0.0038 **
Pr > F Nitrógeno	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Pr > F Inund * Nitr	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Media	344	87	29.657	0.51
C. V. (%)	14.6	9.6	15.5	4.18

Momento inundación	Panojas/m <sup>2</sup>	Granos/panojas	Granos/m <sup>2</sup>	Índice Cosecha
Temprano	320	96	30.716	0.52
Intermitente	376	81	30.517	0.50
Tardío	338	82	27.719	0.50
M.D.S	31	5.1	2.861	0.01

Según el estudio de los componentes del rendimiento, vemos que el momento de inundación afectó de forma significativa y a favor del momento de inundación Temprano, los granos por panoja y los granos por metro cuadrado.

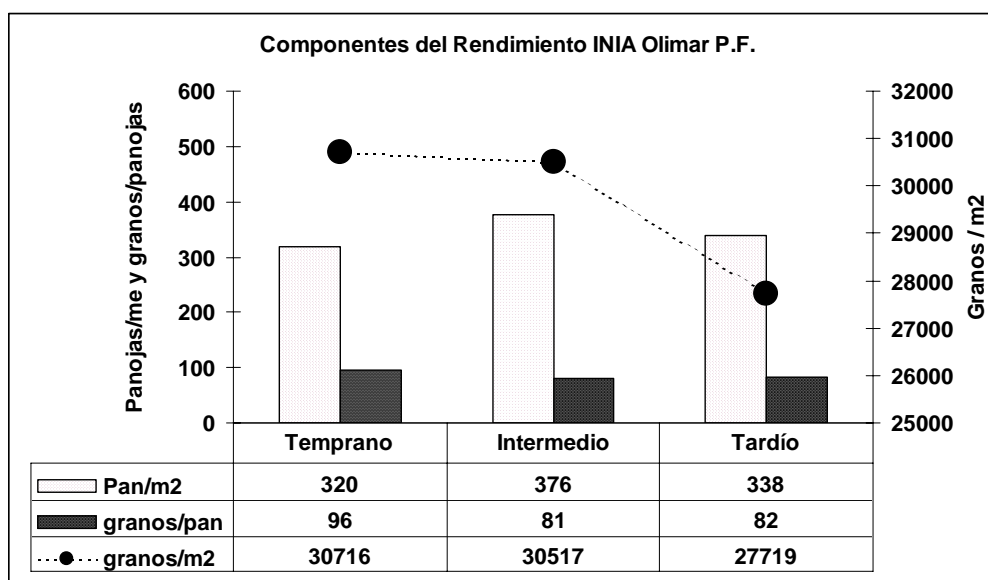
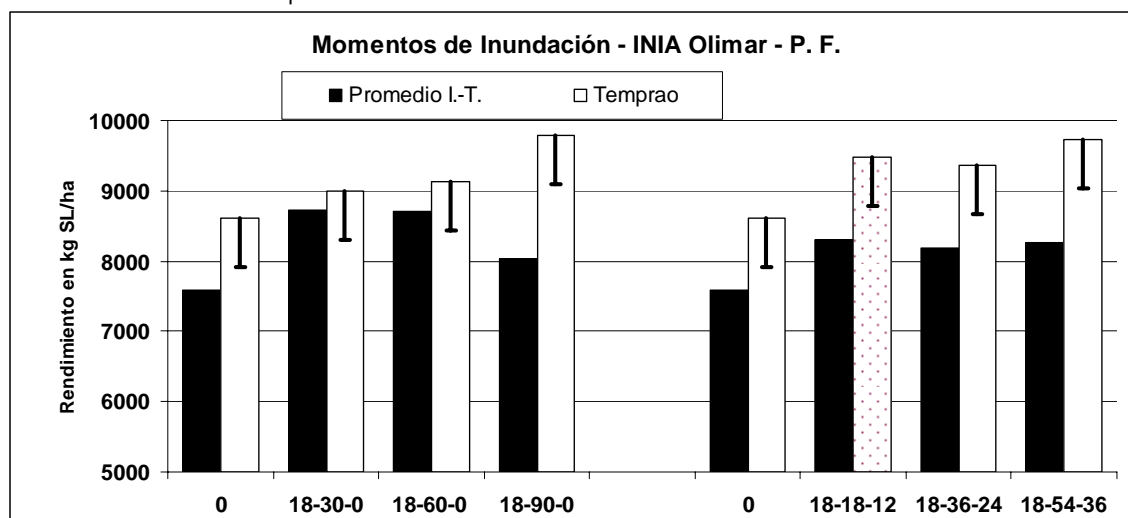


Figura 11. Componentes del rendimiento y momentos de inundación en INIA Olimar, Paso Farías Artigas.

También la inundación Temprana tuvo una mejor conversión de materia seca a grano (I.C. 0.52) que lo benefició en la hora de a llenar ese mayor número de granos / m<sup>2</sup> formados.

Cuando analizamos las dosis de nitrógeno dentro de los distintos momentos de inundación vemos que ninguno de los tratamientos de nitrógeno considerados dentro de los momentos tardío o Intermitente superan a los del tratamiento de nitrógeno en el momento de inundación Temprano. En la figura 12 se muestran los promedios de los tratamientos de nitrógeno para los momentos Tardío e Intermitente contra los tratamientos de nitrógeno en el momento de inundación Temprano.



**Figura 12.** Tratamientos de nitrógeno en siembra macollaje y primordio (S-M-P), para el promedio de los tratamientos de nitrógeno entre los momentos de inundación Intermedio y Tardío (Promedio I-T) contra los tratamientos de nitrógeno en el momento de inundación Temprano.

Lo primero que debemos ver en la figura 12, es que la respuesta a nitrógeno es distintas según el momento de inundación, existe una mejor utilización del nitrógeno en el momento de inundación Temprana que en los momentos de inundación Tardío e Intermitente. (el momento de inundación Temprano sin nitrógeno supera en 20 bolsas al mismo tratamiento promedio de los momentos Tardío – Intermedio).

En segundo lugar, el aumento del rendimiento en el caso de inundación temprana, llega hasta 108 unidades (18 en S + 90 en M), lo que evidencia una respuesta del cultivar INIA Olimar a la aplicación de nitrógeno en las condiciones de suelo, historia de chacra y clima donde se desarrolló el ensayo.

Analizando las diferencias significativas entre los tratamientos de nitrógeno, vemos que el mas eficiente es el de (18 + 18 + 12 unidades de nitrógeno/ha, en siembra-macollaje y primordio respectivamente), que no difiere significativamente de las dosis superiores e iguala o supera a todas las demás.

El análisis económico de este tratamiento indica que a U\$ 7 por bolsa de arroz y a un precio de la urea de U\$ 380 / tt , se obtiene un margen de 10 bolsas / has. (se invierten 5.7 bolsas entre las 30 unidades de nitrógeno mas los dos vuelos)

### Estudio de los niveles de hierro en planta y su influencia en el rendimiento

Con las muestras de análisis de contenido de hierro en plantas se realizó un análisis estadístico para determinar si existían diferencias significativas entre las medias de los distintos tratamientos. El cuadro 9 nos brinda los datos obtenidos del análisis.

**Cuadro 9.** Resultado del análisis individual para el cultivar INIA Olimar con respecto al contenido de hierro en planta en Artigas. Coeficiente de Variación (C.V.) y grado de significación para los tratamientos (Pr > F). Datos promedios de niveles de hierro en Parte Aérea y Raíz. Comparación entre Momentos de Inundación y dosis de Nitrógeno a la siembra y prueba de Mínima Diferencia Significativa (MDS).

Fuente de variación	Probabilidad Parte Aérea	Probabilidad Raíz
Pr > F Mom. Inun.	0.02	0.0001 ***
Pr > F Nitrógeno	N.S.	N.S.
Pr > F Inund * Nit	N.S.	N.S.
Media (mg / kg)	1.260	10.150
C. V. (%)	46.0	31.4

Momento inundación	Fe en P. Aérea (mg / kg)	Fe en Raíz (mg / kg)	Nitrógeno Unidades/ha	Fe en P. Aérea (mg / kg)	Fe en Raíz (mg / kg)
Temprana	1.840 a	16.053 a	18-90-0	1.358 a	11.290 a
Intermitente	1.082 b	7.510 b	0	1.276 a	9.654 a
Tardía	885 b	6.889 b	18-36-24	1.142 a	9.508 a
M.D.S	704	3.185	M.D.S.	704	3.185

Fe = mg/kg de hierro en tejido vegetal

Ns: No significativo      \*\*\* : Significativo al 1%      \*\* : Sign. al 5%      \* : Sign. Al 10%

a,b: Letras iguales dentro de columnas significan que no son diferentes estadísticamente.

Al igual que en el ensayo realizado en Tacuarembó, los tratamientos de riego fueron pensados con el fin de observar la influencia del manejo del momento de inundación y el nivel de hierro en raíz y parte aérea.

Los tenores de hierro en Raíz son ampliamente superiores a los de la parte aérea (figura 16). El momento de inundación Temprano, absorbió significativamente mayor cantidad de hierro que los momentos de inundación Intermedio y Tardío.

Los tratamientos de nitrógeno no se diferenciaron significativamente.

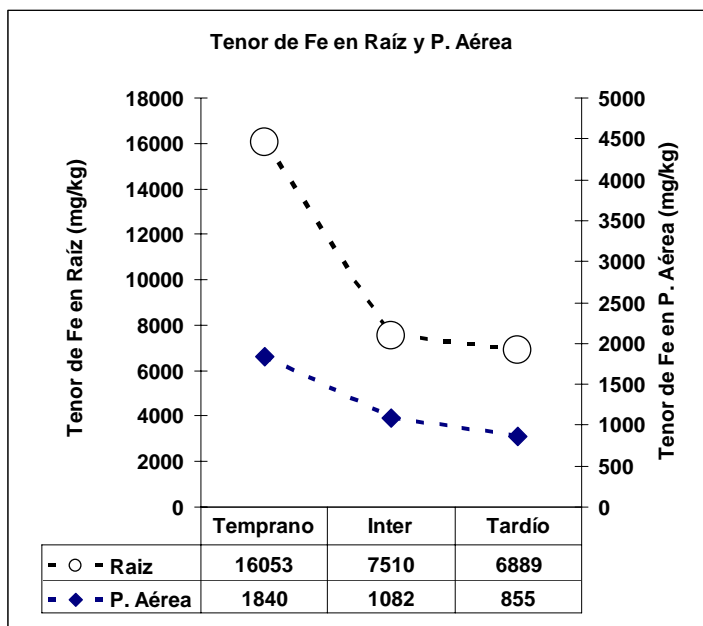


Figura 16. Tenor de hierro en raíz y parte aérea en INIA Olimar. P.Farias. Artigas

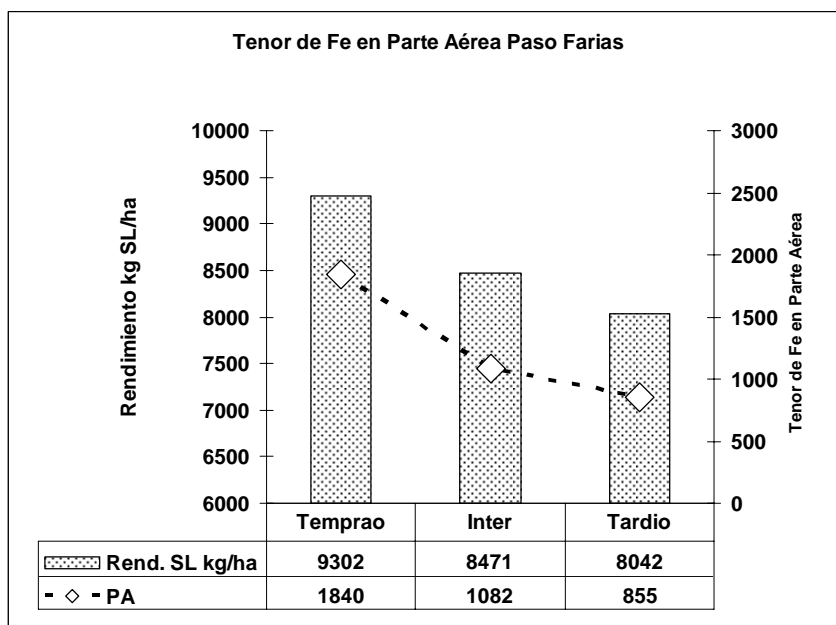


Figura 17. Tenor de hierro en parte aérea y Rendimiento en INIA Olimar. P.Farias. Artigas

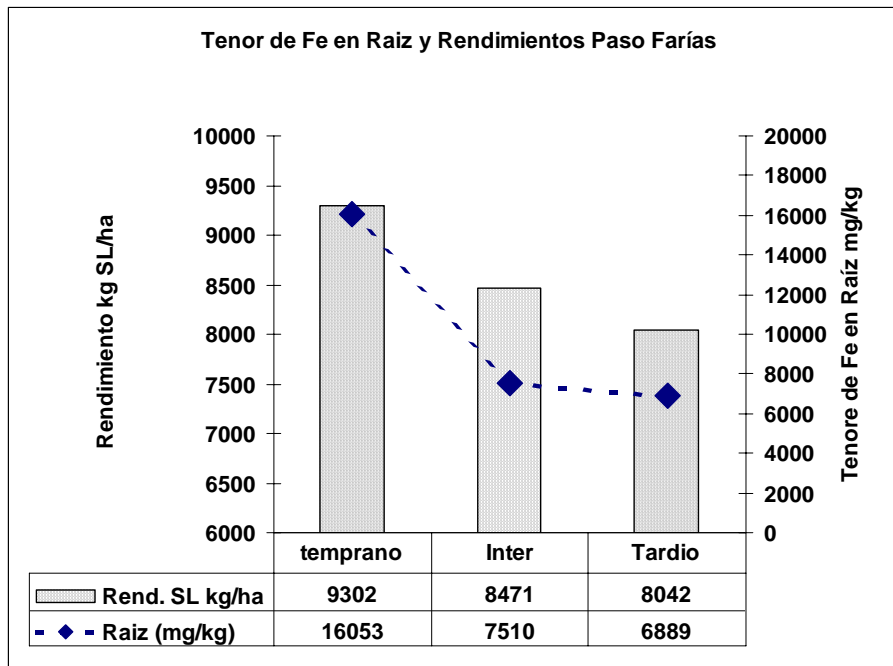


Figura 18. Tenor de hierro en raíz y Rendimiento en INIA Olimar. P.Farias. Artigas

Las figuras 17 y 18 muestran los niveles de hierro en parte aérea y raíz respectivamente, según momento de inundación y su relación con el rendimiento en granos.

La fertilización con nitrógeno no modifica las concentraciones de hierro ni a nivel de raíz, ni a nivel de parte aérea.

#### El Paso 144 Artigas

En el cuadro 10 presenta los resultados de los análisis estadístico para el estudio del rendimiento de grano seco y limpio para el cultivar El Paso 144 en Artigas.

Con un rendimiento promedio de 7.563 kg/ha y un coeficiente de variación de 8.2%, observamos que, en un primer análisis conjunto de todos los datos, existe una respuesta muy significativa del cultivo al momento de inundación (figura 19)

En el estudio de separación de medias por el "Test t " (Mínima Diferencia Significativa al 5%) entre los tratamientos de nitrógeno, solo el testigo con cero de nitrógeno se diferencia significativamente del tratamiento con 18-36-24 unidades de nitrógeno en siembra, macollaje y primordio.

**Cuadro 10.** Resultado del análisis individual para el cultivar El Paso 144 en Artigas. Coeficiente de Variación (C.V.) y grado de significación para los tratamientos (Pr > F). Datos promedios de rendimiento en grano. Comparación entre Momentos de Inundación, tratamientos de Nitrógeno y Fungicida y prueba de Mínima Diferencia Significativa (MDS).

Fuente de variación	Probabilidad
Pr > F Mom. Inun.	0.0001 ***
Pr > F Nitrógeno	N.S.
Pr > F Inund * Nitr	N.S.
Media (kg/ha)	7.563
C. V. (%)	8.2

Momento inundación	Rendimiento (kg/ha)	Nitrógeno	Rendimiento (kg/ha) (#)
Temprana	8.392 a	18-36-24	7.950 a
Tardía	7.319 b	18-30-0	7.682 ab
Intermedio	6.980 b	18-90-0	7.632 ab
MDS	386	18-18-12	7.570 ab
		18-60-0	7.510 ab
		18-54-36	7.361 ab
		0-0-0	7.341 b
		MDS	590

Ns: No significativo      \*\*\* : Significativo al 1%    \*\* : Sign. al 5%    \* : Sign. al 10%  
 (#) Estudio de separación de medias por el Test t (LSD al 0.05)

La figura 19 muestra los rendimientos promedio por momento de inundación, el momento de inundación Temprano supera al tratamiento Tardío en 1073 kg / ha (21,5 bolsa / ha) y en 1.412 kg / ha (28 bolsas) al momento de inundación Intermedio.

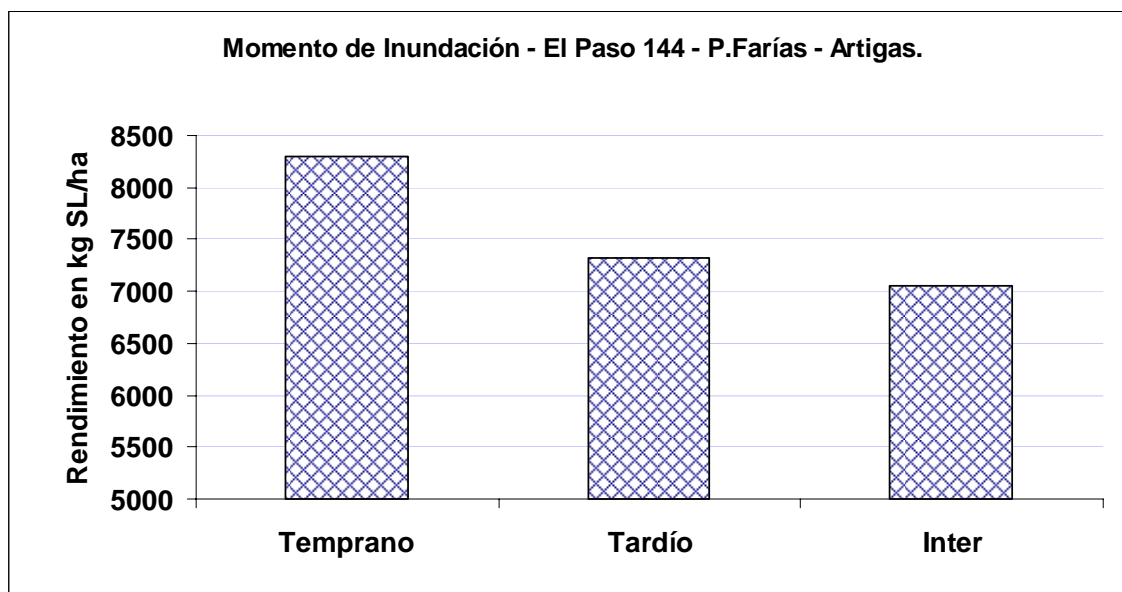


Figura 19. Rendimientos en grano del cultivar El Paso 144 según momentos de inundación



Si tenemos en cuenta los componentes del rendimiento para poder explicar estas diferencias en el comportamiento del cultivo según los momentos de inundación, vemos en la primer parte del cuadro 8, que todos los factores estudiados (panoja/m<sup>2</sup>, granos/panojas, granos/m<sup>2</sup> e índice cosecha) son modificados significativamente por el momento de inundación. En la parte de abajo del cuadro 8, vemos que el mayor índice de cosecha logrado por el momento de inundación Temprano fue el que tuvo la capacidad de completar la mayor cantidad de granos/m<sup>2</sup> formados.

**Cuadro 8.** Parámetros estudiados, valor promedio, coeficiente de variación, factor que introduce la fuente de variación y probabilidad de no encontrar diferentes significativas entre las medias de los tratamientos (Pr > F).

Fuente de variación	Panojas/m <sup>2</sup>	Granos/panojas	Granos/m <sup>2</sup>	Índice cosecha
Pr > F Mom. Inun.	0.0027 **	0.057 *	0.0006 ***	0.03 *
Pr > F Nitrógeno	N.S.	0.0122	N.S.	0.0025 *
Pr > F Inund * Nitr	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Media	382	78	29.285	0.45
C. V. (%)	14.6	14.6	12.5	7.24

Momento inundación	Panojas/m <sup>2</sup>	Granos/panojas	Granos/m <sup>2</sup>	Índice Cosecha
Temprano	385 a	82 a	31.411 a	0.46 a
Intermitente	413 a	74 b	29.793 a	0.45 b
Tardío	349 b	77 ab	26.653 b	0.45 b
M.D.S	35	7.1	2.294	0.02

La figura 20 ilustra la relación de los componentes de rendimiento estudiados, donde se observa que el momento de inundación Temprano, produjo mayor cantidad de granos/m<sup>2</sup> comparados con los momentos de inundación Tardío e Intermedio.

El estudio trata de evaluar si es posible revertir el estrés producido por el atraso del momento de inundación con la fertilización nitrogenada. Para evaluar esto se estudió por separado la respuesta a la fertilización nitrogenada dentro de cada uno de los momentos de inundación.

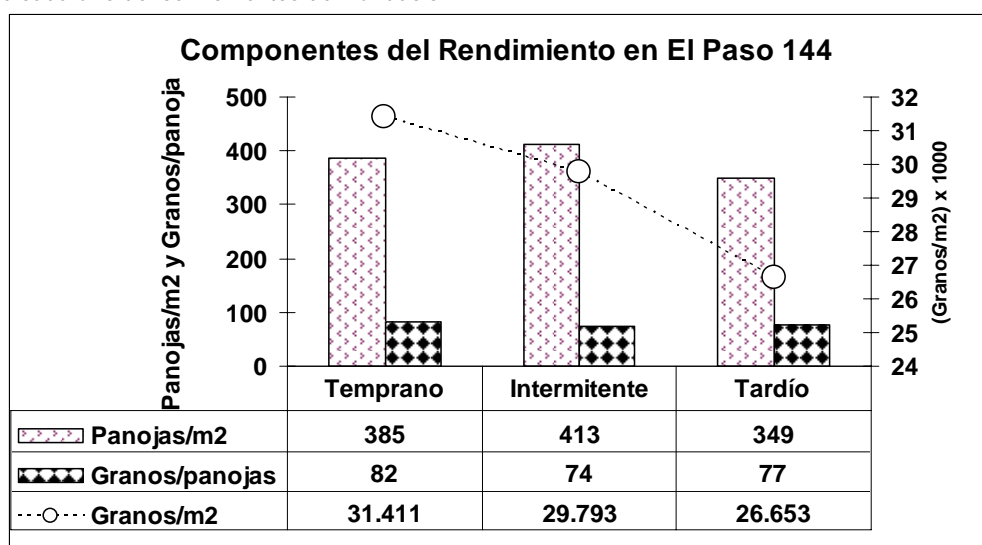


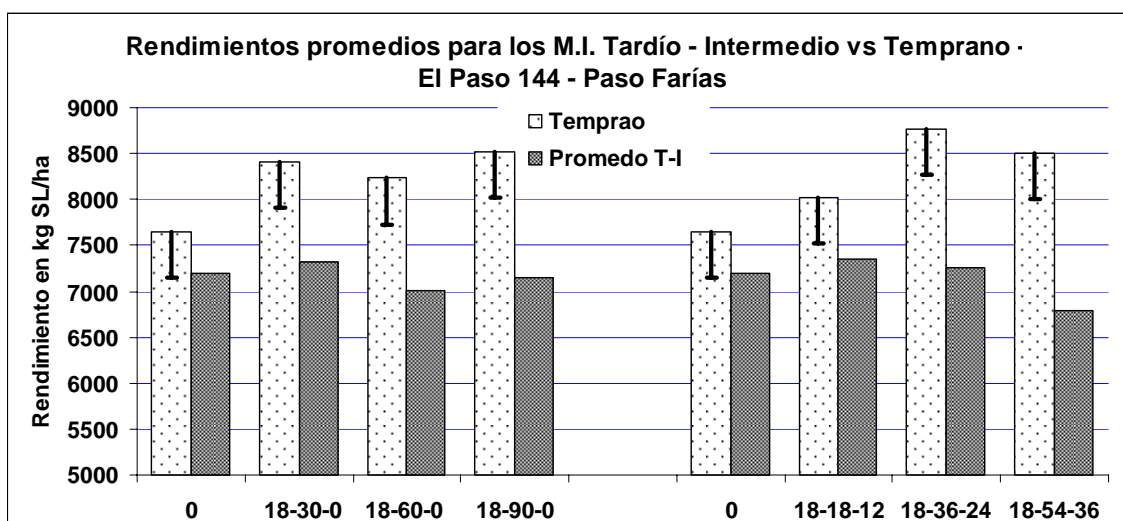
Figura 20. Componentes del rendimiento y momentos de inundación en El Paso 144, Paso Farías Artigas.

El cuadro 9 nos muestra dicho estudio donde observamos que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos nitrogenados evaluados.

**Cuadro 9.** Análisis para rendimiento en granos secos y limpios para los distintos tratamientos nitrogenados, dentro de cada uno de los momentos de inundación., valor promedio, coeficiente de variación,

Fuente de variación	Temprano	Intermedio	Tardío
Pr > F Nitrógeno	N.S.	N.S.	N.S.
Media	8.392	6.980	7.318
C. V. (%)	8.5	5.5	8.2

Para poder comprender la respuesta a nitrógeno se presenta la figura 21 donde se muestran los rendimientos obtenidos con las distintas dosis de nitrógeno para el momento de inundación Temprano y el promedio de los momentos de inundación Tardío e Intermitente. Se observa que la respuesta a nitrógeno para el promedio de los momentos de inundación Tardío e Intermitente, tiende a disminuir con la fertilización nitrogenada, y que para el momento de inundación Temprana, si bien hay un aumento del rendimiento con el aumento de la dosis de nitrógeno, el tratamiento con 18 unidades a la siembra y 30 unidades al macollaje es el que nos permite lograr mayor ganancia, logrando 2,12 bolsas por cada bolsa invertida



**Figura 21.** Respuesta a la fertilización nitrogenada para el momento de inundación Temprano y promedio de los momentos Tardío e Intermedio.

Si observamos el comportamiento de los componentes de rendimiento estudiados, para entender por que se dio este resultado vemos que para los tres momentos de inundación existe una tendencia a aumentar el macollaje (número de panojas / m<sup>2</sup>) con el aumento de la dosis de nitrógeno (figura 22), pero a su vez se reduce el número de granos por panoja y el índice de cosecha, siendo mayor la reducción para los tratamientos de inundación Tardío e Intermitente. (figuras 23 y 24)

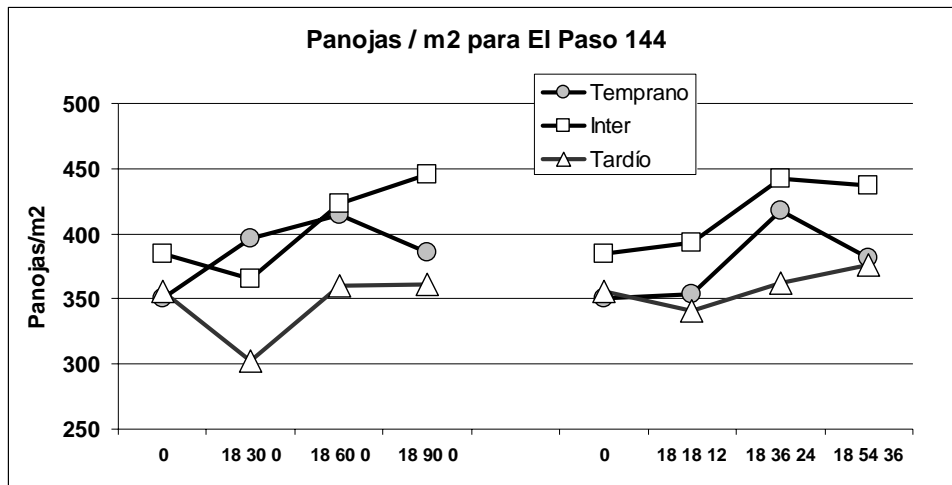


Figura 22. Panojas por metro cuadrado para cada momento de inundación, según dosis de nitrógeno

Esto nos indica que la fertilización nitrogenada estimuló el macollaje, pero el índice de cosecha nos muestra que el cultivo no fue capaz de traducirlo en aumento de rendimiento, por el contrario se produjo un desbalance que condujo a rendimiento depresivos.

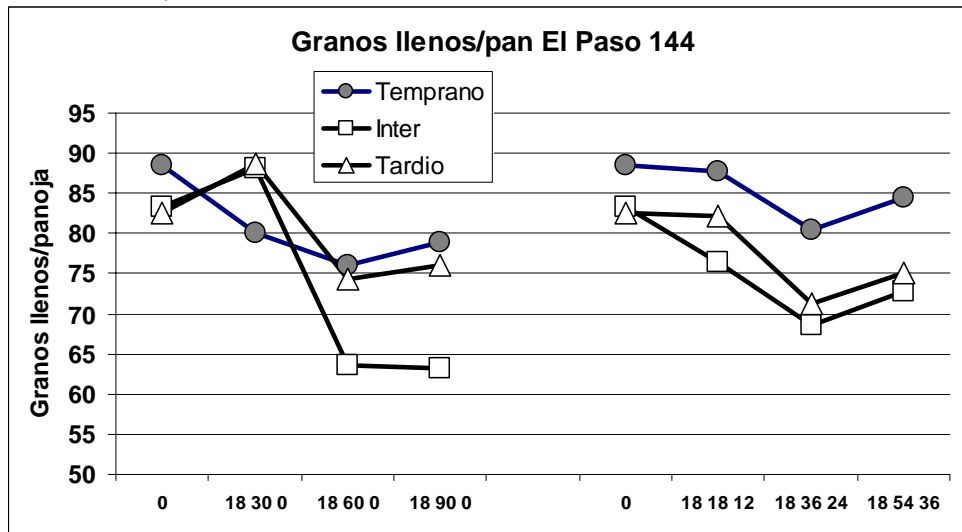


Figura 23. Granos llenos por panoja para cada momento de inundación, según dosis de nitrógeno

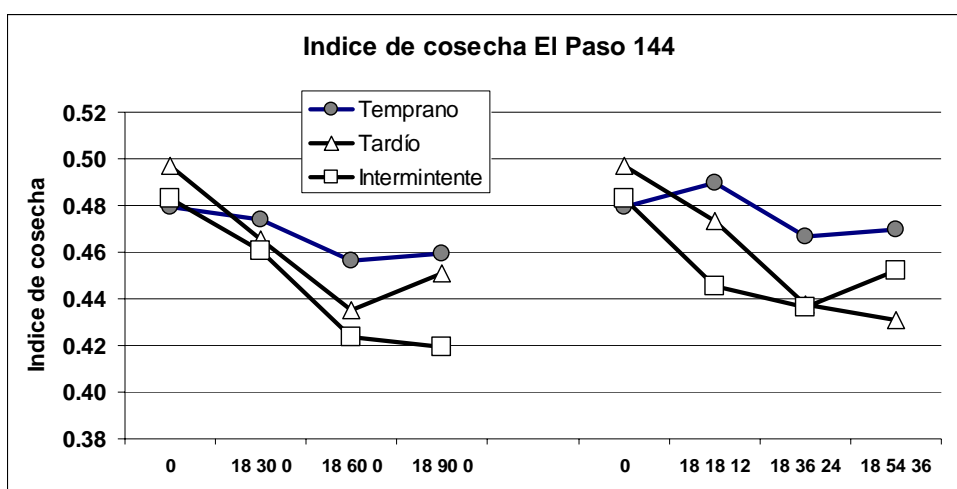


Figura 24. Índice de cosecha para cada momento de inundación, según dosis de nitrógeno

## CONSIDERACIONES

Los ensayos de manejo del riego fueron pensados para determinar en primer lugar el momento de inundación que nos permitiera obtener el máximo rendimiento con la mayor eficiencia de utilización de nitrógeno.

Teniendo en cuenta que muchas veces los productores no realizan un riego permanente, sino que dan baños hasta 15 días antes del primordio y de ahí en adelante inundan permanentemente, era interesante evaluar, si existe una recuperación parcial o total y cuanto nitrógeno es necesario aplicar para recuperar el cultivo del estrés sufrido por el atraso en el momento de inundación. En otras palabras, estamos sustituyendo un recurso natural escaso por un recurso artificial que su beneficio económico depende de la ecuación cuyos factores son: recuperación del cultivo, precio de la bolsa de arroz y el precio de la urea, que nos inclinará la balanza para uno u otro lado. La idea es sustituir agua por nitrógeno.

Por otro lado, en el transcurso de estos años observamos que la inundación temprana podría causar problemas de absorción de nutrientes por la acción del aumento de solubilidad de hierro luego de la inundación del cultivo, en condiciones de altos volúmenes de materia orgánica incorporada.

También la inundación temprana esta asociada con mayor ataque del gorgojo de la raíz (bichera).

Teniendo en cuenta las condiciones en las cuales se instalaron los tres ensayos que se evaluaron este año, analizaremos los resultados obtenidos.

El ensayo instalado en Tacuarembó, (productor Pascual Corá) sobre suelo de basalto, fue sembrado sobre un rastrojo de un año de arroz, sobre suelo trabajado con disquera, siembra al voleo incorporada con disquera. Como se presentó al principio con un rendimiento promedio de 10.394 kg SL/ha (con un máximo de 10.700 kg/ha), no se encontraron diferencias significativas para los momentos de inundación ni para los tratamientos de nitrógeno. Si lo comparamos con los resultados del año anterior con un rendimiento promedio de 11.620 kg SL/ha (con un máximo de 13.000 kg/ha), donde si se encontraron diferencias entre los momentos de inundación y también a la fertilización nitrogenada, vemos que en iguales condiciones de suelo, tipo de laboreo y siembra, se encontraron dos diferencias importantes, primero en rendimiento promedio y máximo potencial, y en la respuesta

al momento de inundación, y a la fertilización nitrogenada.

Encontramos en primer lugar diferencias en rendimiento promedio y potencial, diferencias en respuesta al manejo de momento de inundación y respuesta a nitrógeno.

La explicación a estas diferencias son básicamente las variables climáticas producidas por un efecto año, cuando comparamos dos zafras diferentes, y por un efecto de variación climática dentro de la zafra, en donde el manejo del momento de inundación incidió básicamente alargando o acortando el ciclo del cultivo para ubicar el período crítico en condiciones de temperaturas mínimas que beneficiaron o perjudicaron al cultivo.

Si vemos el comportamiento de INIA Olimar en Artigas - Paso Farias, con un rendimiento promedio fue 8.560 kg S.L. / ha (con un máximo de 9.800 kg/ha), se encontró respuesta significativa al momento de inundación, y respuesta a nitrógeno dentro del momento de inundación Temprano. Las diferencias entre el ensayo de Tacuarembó y Artigas son varias e importantes: fecha de emergencia, fecha de momento de inundación (casi un mes de diferencia), tipo de siembra (convencional en Tbo., directa en Artigas) que benefician al ensayo sembrado en Tbo.

Los tratamientos de momento de inundación Intermitente y Tardío en Artigas fueron castigados por la fecha de siembra tardía, disminuyendo 15.2 y 25 bolsas S.L / ha respectivamente con respecto al momento de inundación Temprano. El estrés producido por el retraso en el momento de inundación no se revierte por la aplicación de nitrógeno.

Si se observa una respuesta a la aplicación de hasta 108 unidades (18 en siembra + 90 al macollaje o 18 en S + 54 al M + 36 al P.), obteniéndose un margen de 10 bolsas con la fertilización 18 + 18 + 12 unidades de nitrógeno / ha en Siembra, macollaje y primordio respectivamente.

Cuando comparamos INIA Olimar con El Paso 144 en la misma localidad (Artigas - Paso Farias), sobre el mismo tipo de suelo, en la misma fecha de siembra, nos encontramos que, El Paso 144 con una media de 7.563 kg S.L./ha, encontramos que también, al igual que INIA Olimar, la inundación Temprana, superó a los momentos de inundación Intermitente en 28 bolsas y al Tardío en 21.5 bolsas.

Al igual que en INIA Olimar el cultivar El Paso 144, no logró recuperar el estrés ocasionado por el retraso del momento de inundación con la aplicación de nitrógeno en los momentos de inundación Intermedio y Tardío.

En el caso del cultivar El Paso 144, el aumento de la dosis de nitrógeno en los momentos de inundación Tardío e Intermitente, si bien estimula el macollaje, disminuye en número de granos llenos por metro cuadrado y el Índice de cosecha lo que conduce a una disminución del rendimiento.

Si nos atrasamos con el Cultivar El Paso 144, la fertilización debería ser al macollaje temprano, para ayudar el desarrollo e implantación del cultivo, la fertilización al primordio en una siembra tardía, podría estimular el desarrollo de panojas que sufrirán mayor estrés por frío que las panojas tempranas, mas vale tener pocas tempranas pero llenas completamente, que muchas panojas que generan mayor porcentaje de granos chuzos.

En la figura 25 podemos observar el comportamiento de los cultivares El Paso 144 e INIA Olimar según las dosis de nitrógeno (zafra 03/04).

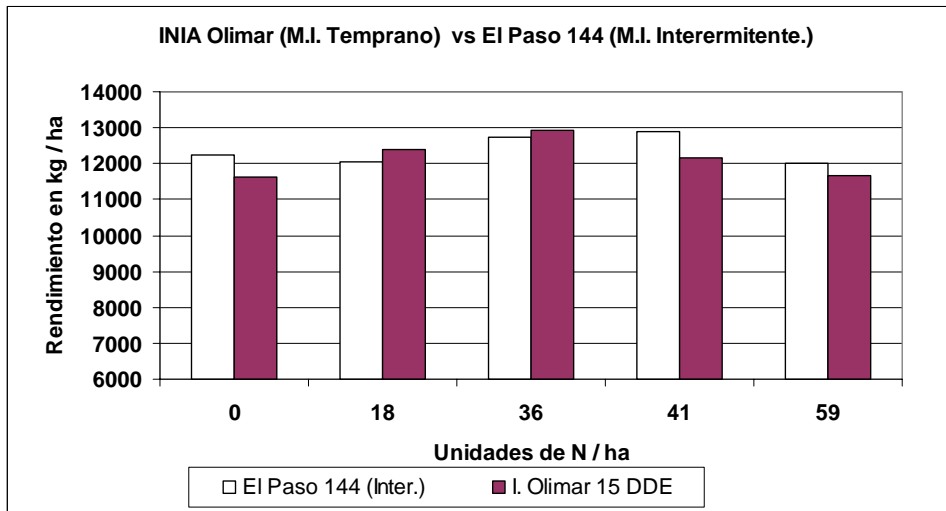


Figura 25. Rendimiento y dosis de nitrógeno para los cultivares El Paso 144 e INIA Olimar, en el momento de inundación Intermedio

En la figura 25 se observa que en esta situación (momento de inundación intermedio) el cultivar El Paso 144 supera a INIA Olimar en las dosis bajas de nitrógeno, llegando a niveles de rendimiento similares en las dosis de 41 y 59 unidades.

Al contrario de lo que sucede con El Paso 144, podemos tomar el concepto de que el cultivar INIA Olimar responde a la fertilización nitrogenada incluso en ambientes de alto rendimiento

Cuando comparamos los cultivares en siembras tardías (siembra del 1ro. de noviembre, emergencia el 13 de diciembre) como las de esta zafra pasada en Paso Farías, INIA Olimar supera en los tres momentos de inundación a el cultivar El Paso 144, figura 26.

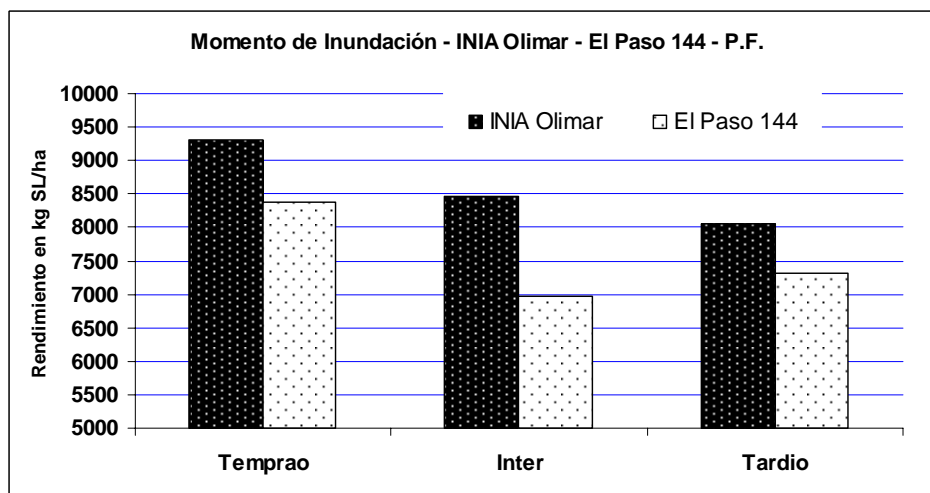


Figura 26. Rendimiento y momentos de inundación para los cultivares El Paso 144 e INIA Olimar, en una siembra del 1 de noviembre y emergencia del 13 de diciembre.

En esta serie de ensayos donde se monitoreó el nivel de hierro en parte aérea y raíz, observamos que si bien el tenor de hierro absorbido por la parte aérea y raíz fue alto en los tratamientos de riego temprano, en las condiciones en que se desarrollaron los ensayos ( baja volumen de incorporación de materia orgánica por efecto de una siembra directa o por laboreo y oxidación previa del tapiz a incorporar) este factor no incidió en la obtención de buenos rendimientos.