

III.3. IMPACTO DE LA INTENSIDAD DE LABOREO EN LOS RENDIMIENTOS DE ARROZ DE LA UPAG, 2007-2008

Guillermina Cantou^{1/}, José Terra^{2/}, Enrique Deambrosi^{3/}, Federico Molina^{1/}, Álvaro Roel^{4/}

Introducción

Desde la zafra 2002-2003, el Programa Arroz de INIA ha comenzado un trabajo tendiente a caracterizar y cuantificar objetivamente la variabilidad espacial del rendimiento de arroz en las diferentes chacras que componen la Unidad de Producción Arroz Ganadería (UPAG). Esto ha sido posible gracias a la incorporación de tecnologías vinculadas a la agricultura de precisión, como los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) y los Sistemas de Información Geográficos (SIG).

Estas tecnologías abrieron nuevas posibilidades para la investigación, ya que ahora además de expresar el comportamiento productivo de una chacra a través de su rendimiento promedio, se puede identificar la variabilidad espacial de suelos y cultivos y entender por qué algunas zonas de la chacra tienen un comportamiento productivo superior o inferior a otras. Asimismo, la aplicación de estas tecnologías en la investigación agrícola permitió atenuar las indudables diferencias de escala entre las parcelas experimentales donde se genera la información y las chacras comerciales, a través de la conducción de ensayos en fajas a escala de chacra. Mediante estos ensayos en fajas se puede evaluar el efecto de las prácticas de manejo a través de todo el terreno y por lo tanto, la información generada tendrá mejor alcance y adaptabilidad a las condiciones productivas.

Desde los inicios de la UPAG, se planteó como estrategia la siembra del cultivo de arroz sobre laboreo de verano, utilizando siembra directa o mínimo laboreo. Sin embargo, la degradación estructural y física sufrida por los suelos de la UPAG debido a una intensa historia de uso arrocero (Deambrosi *et al.*, 2005), plantea incertidumbres respecto a la adaptabilidad de la siembra directa sobre laboreo de verano en estos suelos, principalmente a la luz de los bajos rendimientos obtenidos en la UPAG durante algunas zafas.

Es así que en la zafra 2006 - 2007 se instaló un ensayo en fajas con el objetivo de evaluar el efecto de la intensidad de laboreo (directa y convencional), previo a la instalación del cultivo de arroz, sobre la productividad del mismo en dos momentos de la secuencia de rotación de la UPAG.

En esa oportunidad, el rendimiento fue afectado por la intensidad de laboreo y por la secuencia de la rotación. El cultivo de arroz con laboreo convencional rindió 11,5% más que el cultivo con siembra directa (8.629 kg/ha). Por otro lado, el cultivo de arroz sobre pradera produjo un 6,6% más de grano que el arroz sobre raigrás (Molina *et al.*, 2007).

El presente trabajo expone los principales resultados obtenidos en el segundo año de evaluación de esta línea de investigación, correspondiente a la zafra 2007 – 2008.

^{1/} Ing. Agr. INIA Treinta y Tres

^{2/} Ing. Agr., Ph.D. INIA Treinta y Tres

^{3/} Ing. Agr., M.Sc. INIA Treinta y Tres

^{4/} Ing. Agr., M.Sc., Ph.D. INIA Treinta y Tres

Materiales y Métodos

El presente ensayo está incluido dentro de la plataforma de producción que brinda la Unidad de Producción Arroz-Ganadería (UPAG), desarrollado en la Unidad Experimental Paso de la Laguna. Esta es la segunda zafra de evaluación de esta línea de investigación en la que se evalúa, mediante ensayos en fajas, el comportamiento productivo del cultivo de arroz con siembra directa y con laboreo convencional, en dos fases de la secuencia de rotación arroz-pasturas de la UPAG.

El ensayo se instaló sobre dos potreros que se encontraban en dos momentos de la rotación de 5 años que funciona en la UPAG: el potrero 2, cuyo uso anterior del suelo fue con raigrás LE 284, siguiendo a un cultivo de arroz y el potrero 5, el cual provenía de una pradera de 2 años compuesta por lotus San Gabriel, trébol blanco Zapicán y raigrás LE 284, sobre rastrojo de arroz.

Dentro de cada uno de estos potreros a ser sembrado con arroz, se instaló un ensayo en fajas a escala de chacra, que evaluó 2 intensidades de laboreo presiembra: laboreo convencional (LC) y siembra directa (SD). Ambos tratamientos tuvieron un manejo presiembra común: laboreo de verano realizado en la primera quincena de febrero (1 excéntrica, 2 rastras y 2 *landplane*), dos aplicaciones de glifosato (3 y 4 l/ha de Rango, en abril y septiembre, respectivamente) y siembra de raigrás por avión (20 kg/ha, en abril).

La preparación de suelo con laboreo convencional consistió en dos pasadas de rastra de discos pesada, 2 pasadas de rastra de discos liviana y una pasada de rolo.

Se sembró la variedad El Paso 144, con una sembradora de cero laboreo Baldan SPD-3000 de doble disco y 17 cuerpos. Se sembró sobre las tapias, a razón de 155 kg/ha de semilla y 182 kg/ha de 10-30-15 (NPK) + 2,5 (Zn) para el potrero 2 y 170 kg/ha de semilla y 187 kg/ha de 10-30-15 (NPK) + 2,5 (Zn) para el potrero 5.

Cada faja –que contenía un tratamiento (LC o SD)- tuvo 3 repeticiones por potrero (3 bloques). En términos generales, dependiendo del área y de la forma del potrero, las fajas tuvieron entre 150 a 270 m de largo y 25 m de ancho.

Cabe destacar que, a los efectos prácticos para la conducción del ensayo, el manejo del cultivo fue el mismo para ambos sistemas de laboreo evaluados, lo que no significa que fuese el más adecuado para cada situación.

Determinaciones y Registros

Se hicieron muestreos en distintas etapas fenológicas del cultivo en puntos ubicados cada 50 metros a lo largo de las fajas:

- análisis de suelo y de nutrientes en planta y grano (están siendo procesados a la fecha de publicación de este informe),
- materia seca,
- conteo de tallos,
- altura de planta.

Asimismo, se estimó el contenido relativo de clorofila en hoja (SPAD) y se evaluó incidencia de enfermedades del tallo (*Sclerotium oryzae* y *Rhizoctonia oryzae sativae*), rendimiento y sus componentes (panojas por m², granos por panoja, porcentaje de esterilidad y peso de mil granos).

Para la cosecha de las fajas se utilizó una cosechadora equipada con monitor de rendimiento (AgLeader 3000) y DGPS (Trimble, AgGPS 132) lo que permitió elaborar un mapa de rendimiento a través del terreno y conocer, de este modo, el efecto del tratamiento sobre el cultivo de arroz a escala de chacra.

Los resultados fueron evaluados usando modelos mixtos (*PROC MIXED*, SAS) (Littell *et al.*, 1996). En el modelo estadístico, los tratamientos y sus interacciones fueron considerados como efectos fijos y los bloques anidados en la secuencia de la rotación, como efectos aleatorios. Fue establecido, a priori, un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

Resultados y discusión

Se observó una buena implantación del cultivo bajo ambos métodos de laboreo. Si bien no se encontraron diferencias en el número de plantas entre los tratamientos, hubo una leve tendencia hacia un mayor stand inicial de plantas para el cultivo instalado con laboreo (322 y 309 plantas/m² en LC y SD, respectivamente). Por otro lado, se observó un mayor número de hojas por planta a los 14 días post-emergencia en LC comparado con SD.

A través de observaciones realizadas a campo, se apreció que el cultivo en SD presentó un menor desarrollo inicial que en LC, que no permitió cerrar el entresurco hasta próximo a la floración. Estas diferencias en desarrollo entre intensidades de laboreo se mantuvieron durante la zafra, donde el cultivo en SD tuvo un ciclo entre dos y cuatro días más largo. Esto coincide con estudios que muestran que cultivos que se desarrollan en suelos indisturbados son sujetos, con frecuencia, a un deficiente contacto entre semillas y suelo, a una elevada resistencia mecánica para el crecimiento de raíces y a deficiencia de nutrientes, factores que determinan problemas en la implantación y un crecimiento lento y desperejo del cultivo (Ernst, O. *et al.*, 2003).

El número de tallos por unidad de superficie a macollaje fue 17% menor en la chacra sembrada sobre raigrás que sobre pradera. Como se detalla en la figura 1, el tratamiento con SD y raigrás fue el que presentó menor número de tallos (488 vs. 637 tallos/m², promedio del resto de los tratamientos). Estas diferencias fueron compensadas en las etapas fenológicas posteriores, no existiendo diferencias significativas entre los tratamientos en floración (promedio de 577 tallos/m²). Cabe destacar que para ésta variable, no se registraron diferencias entre intensidades de laboreo durante el ciclo del cultivo.

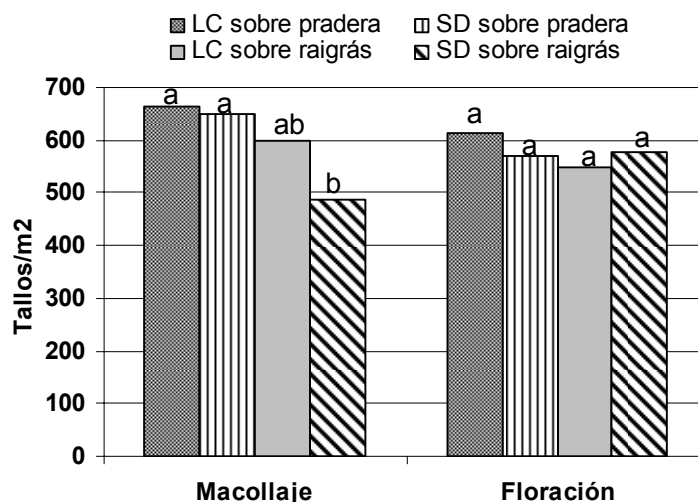
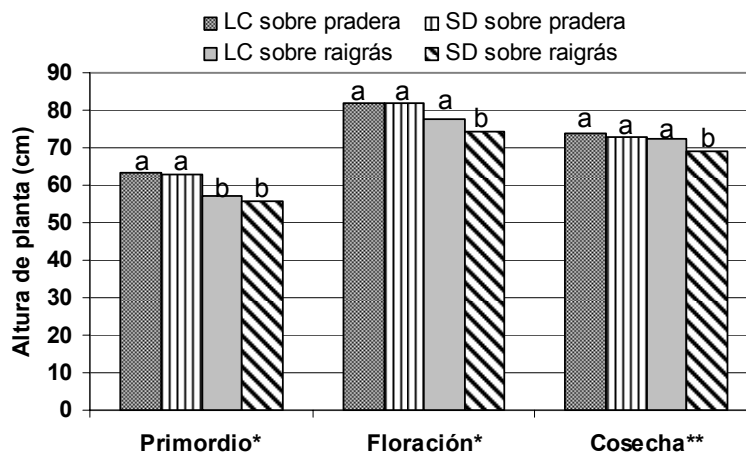


Figura 1. Efecto de la intensidad de laboreo (Siembra Directa y Laboreo Convencional) en dos momentos de la secuencias de la rotación de la UPAG, sobre el número de tallos del cultivo de arroz en dos momentos fenológicos. Letras diferentes entre columnas agrupadas por momento de muestreo, difieren significativamente para $P < 0.05$.

La secuencia de la rotación tuvo efectos significativos sobre la altura de la planta durante el ciclo del cultivo (Figura 2). El cultivo instalado sobre raigrás alcanzó una altura 7 cm inferior que el sembrado sobre pradera, tanto en primordio ($P = 0,02$), como en floración ($P = 0,04$). Esta misma tendencia se mantuvo a cosecha ($P = 0,08$). Si bien el método de laboreo no afectó significativamente la altura del cultivo, a campo se observó que el cultivo instalado con LC presentaba un mayor porte comparado con el de SD.



* 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 2. Efecto de la intensidad de laboreo (Siembra Directa y Laboreo Convencional) en dos momentos de la secuencias de la rotación de la UPAG, sobre la altura del cultivo de arroz en distintos momentos fenológicos. Letras diferentes entre columnas agrupadas por momento de muestreo, difieren significativamente para $P < 0.05$.

La acumulación de materia seca entre secuencias de la rotación, presentó el mismo comportamiento que el encontrado para las variables número de tallos y altura de planta, con excepción en la etapa de macollaje, donde el tratamiento de LC sobre raigrás fue el tratamiento que obtuvo la mayor cantidad de materia seca, superando en un 38% al resto de los tratamientos (Figura 3). Sin embargo, en esta oportunidad se detectaron diferencias significativas entre sistemas de laboreo ($P=0,01$). El tratamiento de LC respecto al de SD, produjo un 16, 17 y 12% más de materia seca en las etapas de macollaje, primordio y floración, respectivamente. No se observaron diferencias significativas de biomasa acumulada a cosecha entre tratamientos.

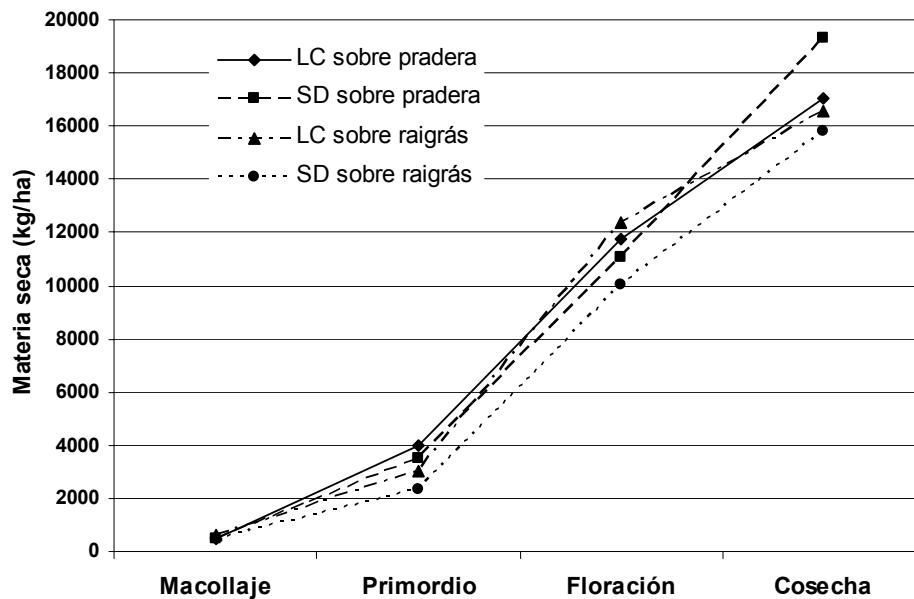


Figura 3. Efecto de la intensidad de laboreo (Siembra Directa y Laboreo Convencional) en dos momentos de la secuencias de la rotación de la UPAG, sobre la producción de materia seca del cultivo de arroz a lo largo del ciclo.

Las lecturas de SPAD realizadas en primordio, 64 días post-emergencia previo a la cobertura de urea, no mostraron diferencias significativas entre intensidades de laboreo o secuencias (Figura 4). Estos valores, son inferiores a los observados en la zafra anterior y están por debajo de los valores críticos a primordio de 37 y 40 reportados para el cultivo de arroz por Singh *et al.* (2002) y Turner, F. T. y Jund, M. F. (1994), respectivamente. Por otro lado, a inicio de floración, el cultivo sembrado con SD sobre raigrás fue el que obtuvo menores valores de SPAD, lo que sugiere un menor contenido de N en planta.

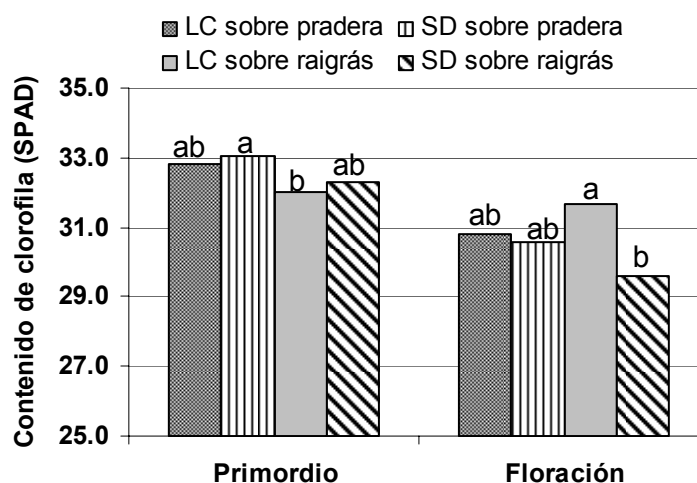


Figura 4. Efecto de la intensidad de laboreo (Siembra Directa y Laboreo Convencional) en dos momentos de la secuencias de la rotación de la UPAG, sobre el contenido de clorofila (SPAD) del cultivo de arroz durante dos estados fisiológicos. Letras diferentes entre columnas agrupadas por momento de muestreo, difieren significativamente para $P < 0.05$.

A floración y previo a la cosecha, se realizó una lectura de enfermedades del 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, el cual combina los conceptos de incidencia (porcentaje de tallos afectados) y severidad (altura a la que llega el ataque en los tallos afectados).

De floración a cosecha, el promedio de IGS para *Sclerotium* evolucionó de 3 a 22% y de 4 a 13%, cuando el uso anterior fue pradera y raigrás, respectivamente (Figura 5). Previo a cosecha, se encontraron diferencias significativas entre las secuencias de la rotación en los niveles de infección de *Sclerotium* ($P=0,01$), siendo el cultivo sembrado luego de la pradera el más afectado. Sin embargo no se encontraron diferencias entre tratamientos en el IGS de *Rhizoctonia*. La mayor incidencia de *Sclerotium* en la chacra de pradera respecto a la de raigrás, puede estar relacionada a la mayor fertilidad del suelo (2,4% de materia orgánica vs. 1,5% cuando la secuencia fue raigrás) y producción de biomasa comentada anteriormente. De todos modos, más allá de las diferencias encontradas entre ambas secuencias, se debe resaltar que los niveles de infección alcanzados son bajos (Stella Ávila, *com. pers.*), por lo que se esperaría que esta variable no esté afectando el rendimiento.

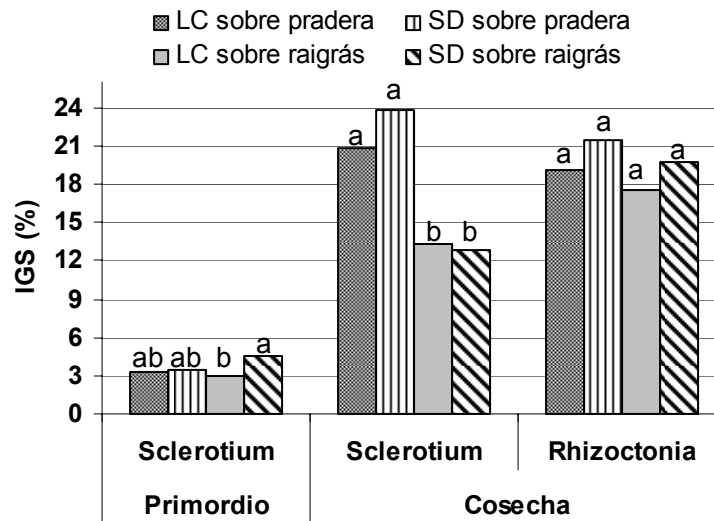


Figura 5. Efecto de la intensidad de laboreo (Siembra Directa y Laboreo Convencional) en dos momentos de la secuencias de la rotación de la UPAG, sobre el Índice de Grado de Severidad (IGS) de *Sclerotium* y de *Rhizoctonia*, en el cultivo de arroz. Letras diferentes entre columnas agrupadas por momento de muestreo, difieren significativamente para $P < 0.05$.

Los rendimientos de grano en los ensayos fueron superiores a los obtenidos en la zafra pasada y promediaron 10.296 kg/ha. La alta productividad alcanzada refleja las buenas condiciones climáticas registradas para el desarrollo del cultivo, el buen control de malezas y la relativa baja incidencia de enfermedades del tallo en las chacras utilizadas.

A diferencia de lo obtenido en la zafra 2006-2007, el rendimiento no fue afectado ni por la intensidad de laboreo, ni por la secuencia de la rotación. Aunque se constató que el cultivo con LC presentó un mejor vigor inicial, mayor desarrollo y densidad, con plantas distribuidas mas uniformemente, estas diferencias se fueron “diluyendo” durante el ciclo del cultivo. Estos resultados concuerdan con estudios parcelarios anteriores que han demostrado la viabilidad de reducir los labores sin afectar significativamente los rendimientos del cultivo (Méndez et. al, 2001) y con el análisis de los rendimientos de la UPAG realizado por Deambrosi *et al.* (2005), que sugería que la siembra directa del cultivo en la unidad no parecía ser la causa de la baja productividad constatada en algunas zafras.

Cuadro 2. Efecto de la intensidad de laboreo (Siembra Directa y Laboreo Convencional) en dos momentos de la secuencias de la rotación de la UPAG, sobre el rendimiento de grano y sus componentes.

Intensidad de laboreo	Rend. (kg/ha)	Panojas/m ²	Gr totales /panoja	Esterilidad (%)	Peso de 1000 gr (g)
LC	10.291	482 b	132 a	15,4	25,4
SD	10.300	521 a	124 b	16,0	25,4
P(laboreo)	n.s.	0.032	0.022	n.s.	n.s.
Secuencia de la rotación					
Pradera	9.858	446 b	128	17,7	25,8 a
Raigrás	10.733	557 a	128	13,7	25,0 b
P(secuencia)	n.s.	0.023	n.s.	n.s.	0.005
P(lab.*sec.)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Media	10.295	501	128	15,7	25,4

Letras diferentes en una misma columna difieren significativamente para $P < 0.05$.

P. = Probabilidad

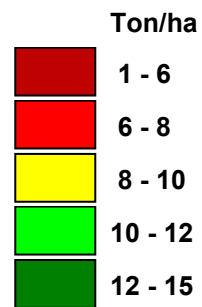
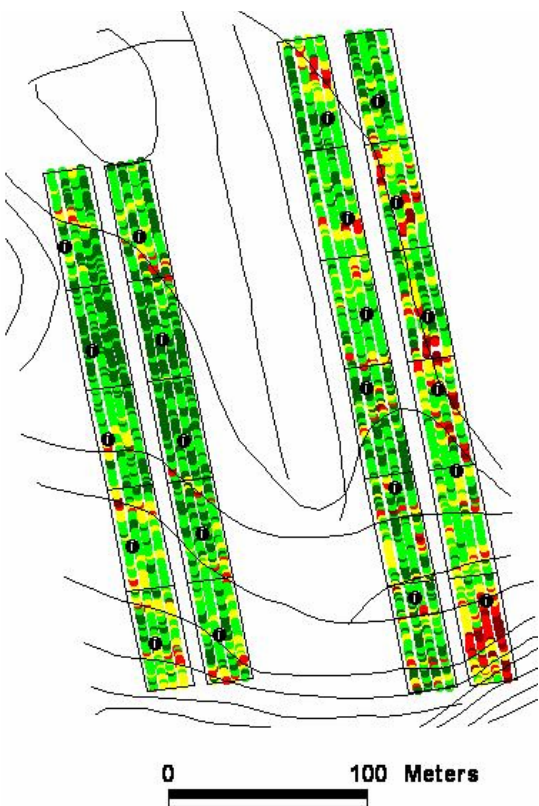
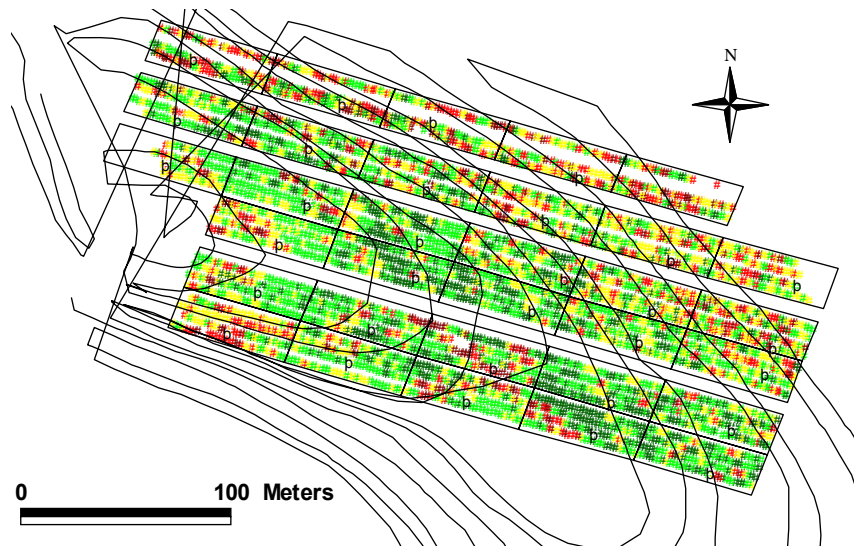
n.s. = no significativo

Por otro lado, aunque no se registraron diferencias en productividad entre las secuencias de la rotación, en las primeras etapas del cultivo se observó un mayor desarrollo y vigor cuando el antecesor fue la pradera. Si bien esto es lógico de esperar, es de hacer notar que este efecto positivo no se lo debe atribuir exclusivamente al manejo previo, dado que el potrero que se sembró sobre raigrás tiene una mayor intensidad de uso arrocero previo al inicio de la UPAG en 1999, con los consiguientes efectos sobre las propiedades del suelo constatadas en el mismo.

En la figura 6 se muestra el mapa de rendimiento que presenta las características espaciales que determinaron el rendimiento final. En el mismo se detalla la disposición de las fajas conteniendo los tratamientos de laboreo en cada una de las secuencias estudiadas y la variabilidad del rendimiento dentro de las mismas (zonas más productivas que otras). Es importante notar que a pesar de los altos rendimientos promedios obtenidos, existe una alta variación a lo largo de cada una de las fajas. Existió un rango de variabilidad de 1.920 kg/ha en las celdas dentro de las fajas ubicadas en el potrero 2 (uso anterior pradera) y de 2.350 kg/ha para las situadas en el potrero 5 (uso anterior raigrás). De esta forma, la conformación del mapa de rendimiento demuestra la fuerte incidencia del componente espacial en la expresión de los rendimientos debidas a los tratamientos.

Potrero 5

Uso anterior: Pradera
Media: 9.858 kg/ha
Desv. st.: 2.350 kg/ha



Potrero 2

Uso anterior: Raigrás
Media: 10.733 kg/ha
Desv. st.: 1.920 kg/ha

Figura 6. Mapa de rendimiento del potrero 2 y 5 de la UPAG

Bibliografía

Deambrosi E. y Bonilla, O. 2003. Resultados de producción de arroz. Unidad de Producción Arroz-Ganadería (UPAG). Resultados 2002 - 2003. INIA Treinta y Tres. Actividades de Difusión 329.

Deambrosi E. y Bonilla, O. 2005. Unidad de Producción Arroz-Ganadería (UPAG). Resultados 2004 - 2005. INIA Treinta y Tres. Serie de Actividades de Difusión 411.

II.

Ernst, O.; García-Préchac, F. y Martino, D. 2003. Siembra sin laboreo de cultivos y pasturas. (en línea). Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~eemac>

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

Mendez, R.; Deambrosi, E.; Blanco, P.; Saldain, N.; Perez de Vida, F.; Gaggero, M.; Lavecchia, A.; Mendez, J. y Marchesi, C. 2001. Reducción de laboreo y siembra directa en el cultivo de arroz. INIA Treinta y Tres. Serie Técnica 122.

Molina, F.; Terra, J.; Pravia, V.; Deambrosi, E. y Roel, A. 2007. Impacto de la intensidad de laboreo en los rendimientos de arroz de la UPAG 2006-2007. Unidad de Producción Arroz-Ganadería (UPAG). Resultados 2006 - 2007. INIA Treinta y Tres. Serie de Actividades de Difusión 491.

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

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

Agradecimientos

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