

## EFFECTO DE DOS ALTERNATIVAS DE DENSIDAD DE SIEMBRA Y DOSIS DE NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO DE EP144 A ESCALA DE CHACRA

José Terra<sup>1/</sup>, Guillermina Cantou<sup>1/</sup>, Enrique Deambrosi<sup>1/</sup>, Federico Molina<sup>1/</sup>, Alvaro Roel<sup>1/</sup>, Luis Casales<sup>1/</sup>, Diego Ferreira<sup>2/</sup>, Raúl Ferreira<sup>2/</sup>

### INTRODUCCIÓN

El ajuste de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada en el cultivo de arroz han sido prácticas de manejo ampliamente evaluadas experimentalmente y actualizadas ante la aparición de nuevos cultivares (Deambrosi y Méndez, 2007).

En términos generales, para cultivares tipo Indica (ej.: EP144) se ha constatado que es posible reducir la densidad de siembra utilizada a nivel comercial sin afectar el rendimiento (Deambrosi y Méndez, 2007). Sin embargo, debido a la baja recuperación de plantas del cultivo en relación a las semillas viables sembradas, a nivel productivo se prefieren utilizar densidades relativamente altas de siembra para garantizar una buena población inicial de plantas.

Por otro lado, se ha constatado que la respuesta productiva del cultivo al agregado de N está frecuentemente relacionada a las condiciones ambientales, especialmente temperatura y radiación, prevalentes durante la floración (Deambrosi y Méndez, 2007). De esta forma, en años climáticamente favorables se pueden observar respuestas significativas al agregado del nutriente, mientras que en años donde se dan condiciones de frío o baja radiación en floración, las respuestas son bajas o incluso negativas a dosis altas de N. Debido a este factor de riesgo e incertidumbre sobre las condiciones ambientales que se presentarán en etapas críticas, la tendencia a nivel productivo en el cultivo es al uso de dosis moderadas de N. Así es que de los  $\approx 160$  kg/ha de N que el arroz absorbe en nuestras condiciones, aproximadamente la mitad, en el mejor de los casos, es aplicada como fertilizante.

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

<sup>1/</sup> Agropecuaria del Este

A pesar de la información experimental y de su adopción masiva a nivel productivo, en los últimos años, a influencia de información generada en otras condiciones ambientales y productivas, se ha recibido la inquietud sobre la viabilidad de reducir drásticamente la densidad de siembra al tiempo de incrementar significativamente las dosis de N al cultivo como forma de mejorar la productividad.

Las diferencias de escala entre las parcelas experimentales donde habitualmente se genera la información agronómica comparada con las chacras comerciales donde se aplica la información, y el alcance y adaptación de esta información, ha sido desde siempre motivo de controversias. A diferencia de los ensayos parcelarios, los ensayos en fajas a escala de chacra permiten la evaluación del efecto de las prácticas de manejo a través del terreno y por tanto una evaluación alternativa de la adaptación de las mismas a las condiciones productivas (Mallarino et al. 2000).

De esta forma, se instalaron 2 ensayos en fajas, uno en la zafra 2006-07 y otro en la zafra 2007-08, sobre un predio comercial con el objetivo de evaluar el impacto de dos alternativas de manejo de la densidad de siembra y del nitrógeno sobre el rendimiento del cultivar EP144 a escala de chacra.

Los resultados de la zafra 2006-07 fueron presentados en la jornada pasada (Terra et al., 2007). En esa oportunidad se observó que el rendimiento del tratamiento de alta densidad y bajo N fue un 4.7% superior al obtenido con el tratamiento de baja densidad y alto N (9185 kg/ha); a pesar de la mayor acumulación de biomasa de este último al final del ciclo. En este artículo se pondrá énfasis en los resultados de la zafra 2007-08.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue instalado sobre una chacra comercial de la empresa Agropecuaria del Este en la 7<sup>ma</sup> Sección del Dpto. de Treinta y Tres sobre suelos de la unidad La Charqueada. Los datos generales de análisis de suelo de la chacra son mostrados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis de suelo (0-15 cm) de la chacra donde se instaló el ensayo.

C Org. (%)	P Bray I (ppm)	K (meq/100g)	pH (agua)
1.55	7.7	0.17	5.7

La chacra había sido sembrada con arroz en la zafra 2004-05 sobre una pradera de larga duración degradada y permaneció por un año en barbecho hasta la zafra 2006-07 donde fue sembrada con sorgo previo al cultivo de arroz de la zafra 2007-08. La preparación de suelo se realizó durante el invierno y la primavera luego de la cosecha del sorgo en el otoño y consistió en una

serie de pasadas de rastra de discos luego de una aplicación de 4 l/ha de glifosato, landplane y rolo pre y postsiembrado.

Se evaluaron 2 tratamientos contrastantes que consistieron en: 1) 160 kg/ha de semilla y 120 kg/ha de urea fraccionada en 2 aplicaciones (50% macollaje y 50% primordio) y 2) 96 kg de semilla/ha y 210 kg/ha de urea en 1 aplicación de macollaje.

Para el experimento se seleccionó un área de aprox. 2 ha relativamente plana y los tratamientos fueron dispuestos en 3 fajas repetidas de 12-m de ancho y de 200-m de largo dispuestas a favor de la pendiente interceptando la máxima variación del terreno posible. La siembra se realizó el 17/11 (un mes más tarde que la zafra anterior) con el cultivar EP-144 y con una fertilización basal de 120 kg/ha de fosfato de amonio (18-46-0) utilizando una sembradora Semeato (Personale Drill) de doble disco. El manejo del cultivo en el ensayo fue el mismo al que el productor realizó en el resto de la chacra (Cuadro 2).

Cuadro 2. Manejo agronómico del cultivo de arroz en el experimento.

Fecha	Labor	Producto	N. comercial	Dosis /ha
30/10/2007	Pulverización	Glifosato		4 l
17/11/2007	Siembra	EP-144		160 y 96 kg
	Fertilización Basal	18-46-0		120 kg
29/11/2007	Herbicida	Propanil	Pilon®	0.5 l
		Clomazone	Cibelcol®	0.7 l
14/12/2007	Herbicida	Propanil	Herbanil®	0.8 l
		Quinclorac	Exocet®	1.2 l
26/12/2007	Fertilización	Urea macollaje		60 y 210 kg
27/12/2007	Inundación			
22/01/2008	Fertilización	Urea primordio		60 kg
3/3/2008	Fungicida	Trifloxistrobín + Tebuconazol	Nativo® Optimizer®	0.6 l 0.5%
23/04/2007	Cosecha			

A lo largo de cada faja se geo-referenciaron puntos cada 50-m para el seguimiento del cultivo y la toma de muestras de suelo y plantas a lo largo del ciclo.

### Determinaciones:

- Análisis de suelo a la siembra y de plantas (N-P-K) a floración y cosecha.
- Materia seca, número de tallos y altura de planta en diferentes etapas del cultivo.
- Escala visual de grado de enmalezamiento (1-5), desarrollo (1-3), densidad (1-5) y aceptación (1-5) del cultivo a lo largo del ciclo.
- Estimación del contenido de clorofila en hoja (SPAD) en primordio y floración.
- Índice de severidad de enfermedades a floración y cosecha.
- Componentes de rendimiento (panojas/m<sup>2</sup>, granos llenos y chuzos, y peso de grano).

- Para la cosecha de las fajas se utilizó una cosechadora SLC de 4-m de cabezal equipada con monitor de rendimiento (AGLeader 3000) y DGPS (Trimble). En cada faja se realizaron 2 pasadas lo que permitió conocer la variación de rendimiento a lo largo de las fajas.

Las respuestas agronómicas en el ensayo fueron analizadas utilizando modelos mixtos (PROC MIXED, SAS) (Littell et al., 1996). A los efectos del análisis estadístico los tramos de 50-m de cada faja fueron tomados como subparcelas. Los efectos de los tratamientos fueron considerados como efectos fijos y los bloques como aleatorios. Para determinar la significancia estadística de los efectos fijos en todos los análisis se utilizó un test F con un  $P \leq 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La emergencia del cultivo fue lenta y desaparece a lo largo de las fajas en ambos tratamientos debido a un evento de lluvia intensa inmediatamente posterior a la siembra que “planchó” la superficie del suelo y dificultó la emergencia. Así fue que, a pesar de ser sembrado tarde, el stand de plantas obtenidas en la zafra 2007-08 fue un 27% menor a las 153 plantas/m<sup>2</sup> obtenidas en la zafra 2006-07. El tratamiento de alta densidad y bajo N tuvo un promedio de 131 plantas/m<sup>2</sup> que fue un 39% mayor que el tratamiento de baja densidad y alto N (91 plantas/m<sup>2</sup>) (Cuadro 3).

Aunque desde la fecha de conteo el 3/12 hasta la inundación el 26/12 se observó la emergencia de algunas plantas de arroz adicionales, es importante mencionar la alta presión de malezas que sufrió el cultivo en el área del ensayo durante ese periodo, principalmente de *Digitaria sanguinalis*. En este sentido, de acuerdo a la escala visual de 1 a 5 utilizada, se observó un mayor grado de enmalezamiento a primordio en el manejo de baja densidad y alto N (2) comparado con el manejo tradicional (1.2). Estas diferencias fueron más notorias en etapas tempranas en las zonas de mayor concentración de tapias o con problemas de riego. El cultivo con el manejo de alta

densidad y bajo N fue apreciado en general como mejor desarrollado, más denso y menos enmalezado en las observaciones de primordio y floración, por lo que consecuentemente tuvo una mejor aceptación visual a lo largo del ciclo.

El cuadro 3 muestra el número de tallos para los dos tratamientos en dos etapas fenológicas relevantes del cultivo, inicio elongación y floración. Se puede apreciar que a pesar de las diferencias en la densidad de siembra y stand de plantas inicial entre tratamientos, no se observaron efectos significativos en el número de tallos en ninguno de los dos momentos del ciclo evaluados. Este resultado sugiere que el tratamiento de menor densidad compensó su menor stand de plantas a través de una mayor tasa de macollaje. Estos resultados coinciden con aquellos observados en la zafra anterior donde tampoco se observaron diferencias entre los tratamientos en el número de tallos a pesar de las diferencias en el stand inicial de plantas entre los mismos.

Cuadro 3. Efecto de dos alternativas de densidad de siembra y dosis de N sobre la implantación y el número de tallos del cultivo de arroz en dos momentos del ciclo. AD-BN (160 kg/ha de semilla y 120 kg/ha N) y BD-AN (96 kg/ha de semilla y 210 kg/ha N).

	AD-BN	BD-AN
	Tallos/m <sup>2</sup>	
Implantación	131a	94b
Elongación	548a	532a
Floración	545a	574a

Valores seguidos por una misma letra dentro de la fila no difieren significativamente  $P=0.05$ .

El tratamiento de alta densidad y bajo N presentó plantas 9% más altas a primordio comparadas con las del cultivo de baja densidad y alto N (Cuadro 4). La mayor altura de plantas en el tratamiento de alta densidad es probable que haya estado relacionada a la mayor competencia entre plantas del cultivo en busca de luz. Sin embargo, en contraste con lo observado en la zafra anterior, las diferencias de altura entre los tratamientos no se mantuvieron a floración y a cosecha. Por otro lado, fue constatado que la altura del cultivo a

floración fue 7-cm inferior que la altura del cultivo en la zafra anterior. Al momento de las evaluaciones de floración, el tratamiento de alta densidad y bajo N se encontraba en 60% floración mientras que en el otro se encontraba en 30% floración lo que muestra un pequeño adelantamiento del ciclo.

Cuadro 4. Efecto de dos alternativas de densidad de siembra y dosis de N sobre la altura de plantas del cultivo de arroz en dos momentos del ciclo. AD-BN (160 kg semilla/ha y 120 kg/ha N) y BD-AN (96 kg/ha de semilla y 210 kg/ha N).

	AD-BN	BD-AN
	_____ cm _____	
<b>Primordio</b>	56a	52b
<b>Floración</b>	92a	91a

Valores seguidos por una misma letra dentro de la fila no difieren significativamente P=0.05.

Las lecturas del SPAD a primordio mostraron que la estimación del contenido de clorofila fue 6% mayor en el tratamiento de baja densidad y alto N comparado con el tratamiento de alta densidad y bajo N (Cuadro 5). Dado que en la mayoría de los cultivos la concentración de clorofila usualmente está relacionada al contenido de N, no es sorprendente el hecho de que se observaran lecturas más elevadas en el tratamiento que había recibido 210 kg/ha de urea tan sólo 4 semanas antes de la determinación comparado con el que sólo había recibido 60 kg/ha de urea. Los valores de lectura de SPAD medidos en elongación fueron 19% inferiores a los valores observados en la zafra pasada y fueron muy por debajo de los valores críticos de SPAD de 40 reportados por Turner y Jund (1994) para el cultivo en Texas-USA y también de los 37 reportados por Singh et al (2002) para las condiciones de India.

Por otro lado, al igual que lo observado en la zafra pasada, no se encontraron diferencias entre tratamientos en las determinaciones de SPAD realizadas a floración a pesar de la diferencia de dosis de N manejadas en ambos. Resulta curioso el hecho de que por un lado las lecturas de SPAD a floración hayan sido mayores a las de la zafra anterior y que por el otro los

valores sean mayores a los cuantificados a primordio. Probablemente, la alta capacidad de suministro de N del suelo, a juzgar por el tipo de rotación mantenido en el establecimiento, sea la explicación de las escasas diferencias de SPAD a primordio y a la ausencia de diferencias en floración.

Cuadro 5. Efecto de dos alternativas de densidad de siembra y dosis de N sobre el índice de clorofila (SPAD) del cultivo de arroz en dos momentos del ciclo. AD-BN (160 kg/ha de semilla y 120 kg/ha N) y BD-AN (96 kg/ha de semilla y 210 kg/ha N).

	AD-BN	BD-AN
	_____ SPAD _____	
<b>Primordio</b>	31.2b	32.8a
<b>Floración</b>	35.5a	35.5a

Valores seguidos por una misma letra dentro de la fila no difieren significativamente P=0.05.

No se observaron diferencias en acumulación de materia seca entre tratamientos en las determinaciones de macollaje y floración (Cuadro 6) lo que es consistente con lo observado en la zafra 2006-07. Sin embargo, a diferencia de lo encontrado en la zafra pasada, tampoco se encontraron diferencias en la acumulación total de biomasa al fin del ciclo del cultivo. Aunque la acumulación de biomasa a floración en la zafra 2007-08 fue 10% inferior a la reportada en la zafra pasada, no se observaron diferencias entre zafras en la biomasa acumulada a cosecha.

Cuadro 6. Efecto de dos alternativas de densidad de siembra y dosis de N sobre la acumulación de biomasa aérea del cultivo de arroz en tres momentos del ciclo. AD-BN (160 kg semilla/ha y 120 kg/ha N) y BD-AN (96 kg/ha de semilla y 210 kg/ha N).

	AD-BN	BD-AN
	_____ (kg/ha MS) _____	
<b>Primordio</b>	3518a	3791a
<b>Floración</b>	14607a	13977a
<b>Cosecha</b>	23581a	22097a

Valores seguidos por una misma letra dentro de la fila no difieren significativamente con un P=0.05.

No se encontraron diferencias en el índice de severidad de daños de *Sclerotium oryzae* y *Rhizoctonia oryzae* tanto en la lectura de floración como en la de cosecha (Cuadro 7). Los valores del índice de

severidad a inicios de floración fueron menores que los encontrados en la zafra pasada. De todas formas, es importante mencionar que ambos tratamientos fueron tratados con fungicida a inicios de floración.

Cuadro 7. Efecto de dos alternativas de densidad de siembra y dosis de N sobre el grado de severidad de podredumbre del tallo (*Sclerotium oryzae*) y *Rhizoctonia* a la floración y a la cosecha del cultivo. AD-BN (160 kg/ha de semilla y 120 kg/ha N) y BD-AN (96 kg/ha de semilla y 210 kg/ha N).

	AD-BN	BD-AN
	Índice Severidad	
<i>Sclerotium</i> Floración	8.6a	9.6a
<i>Sclerotium</i> Cosecha	33.3a	30.7a
<i>Rhizoctonia</i> Cosecha	12.6a	9.8a

Valores seguidos por una misma letra dentro de la fila no difieren significativamente con un P=0.05.

El rendimiento medio de grano del ensayo en esta zafra fue de 9320 kg/ha, muy similar al de la zafra pasada (9400 kg/ha), lo que refleja las buenas condiciones ambientales para el desarrollo del cultivo a pesar de la época de siembra tardía para la variedad EP144 (Cuadro 8). El rendimiento del tratamiento de alta densidad y bajo N fue un 6% superior al obtenido con el tratamiento de baja densidad y alto N lo que confirma los resultados de la zafra anterior donde la diferencia entre los manejos fue de casi 5%. No se encontraron diferencias en el índice de cosecha entre los tratamientos que fue del orden de 42%, algo mayor al de la zafra anterior.

El análisis de datos de los componentes de rendimiento no logra explicar claramente los resultados productivos observados ya que no se observan diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los componentes. Como es habitual en muestreos de pequeñas áreas, la reconstrucción del rendimiento a través de los componentes de rendimiento, sobreestima la productividad y no siempre los ordena en el mismo ranking obtenido de la cosecha de un área mayor.

Cuadro 8. Efecto de dos alternativas de densidad de siembra y dosis de N sobre el rendimiento de grano y componentes de rendimiento del cultivo de arroz. AD-BN (160 kg/ha semilla y 120 kg/ha N) y BD-AN (96 kg/ha semilla y 210 kg/ha N).

	AD-BN	BD-AN
Panojas/m <sup>2</sup>	481a	425a
Granos/panoja	124a	123a
Peso 1000 granos (g)	26.2a	26.4a
Esterilidad (%)	16a	15a
Biomasa (kg MS/ha)	23581a	22097a
Índice Cosecha	0.42a	0.42a
<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	<b>9597a</b>	<b>9046b</b>

Valores seguidos por una misma letra dentro de la fila no difieren significativamente con un P=0.05

En la Figura 1 se puede apreciar la disposición de las fajas conteniendo los tratamientos y el mapa con la variación de rendimiento a lo largo de las mismas. Es importante notar que a pesar de los altos rendimientos obtenidos, existe una alta variación de rendimiento a lo largo de cada una de las fajas lo que demuestra la fuerte incidencia del componente espacial en la expresión de los rendimientos debidas a los tratamientos. El manejo de baja densidad y alto N tuvo un mayor coeficiente de variación en el rendimiento que el manejo de alta densidad y bajo N (13,5% vs. 8.7%, respectivamente). El rendimiento de grano del tratamiento de alta densidad y bajo N fue entre un 1.5% y un 11.6% mayor comparado con el de baja densidad y alto N dependiendo de la zona de la faja donde se realizó la comparación. La mayor diferencia entre manejos fue observada en la zona de mayor concentración de tapias que fue también la de mayor incidencia de malezas al igual que lo observado en la zafra pasada.

### CONSIDERACIONES FINALES

El análisis conjunto de ambos ensayos muestra algunos resultados consistentes de los efectos de las dos alternativas de manejo evaluadas.

En ambas zafras, como es común a escala comercial, se recuperaron pocas plantas en relación al número de semillas sembradas (aprox. 28%). A pesar de obtenerse un promedio de 73% mas plantas en el



tratamiento de alta densidad comparado con el de baja densidad, estas diferencias fueron compensadas más tarde por un mayor macollaje del tratamiento de menor densidad. De esta forma, no se observaron luego diferencias entre los manejos en el número de tallos a primordio y floración.

Por otro lado, el cultivo manejado con densidad alta y bajo N tuvo un ciclo algo más corto y presentó plantas más altas en primordio y en floración como resultado de la mayor competencia entre las mismas. Sin embargo, no se observaron diferencias en la acumulación de biomasa entre los tratamientos desde la elongación del cultivo hasta la cosecha del mismo.

De todas formas, el cultivo con el manejo de alta densidad y bajo N fue apreciado en general como mejor desarrollado, más denso y menos enmalezado durante el ciclo, por lo que consecuentemente tuvo una mejor aceptación visual.

A pesar de los contrastantes niveles de N aplicados en ambos manejos, no se observaron diferencias en la estimación del contenido de clorofila en planta más allá de la etapa de primordio.

En promedio, el cultivo manejado con alta densidad y bajo N tuvo 10% más panojas/m<sup>2</sup> y 5.4% más rendimiento de

grano comparado con el cultivo manejado con baja densidad y alto N. No se observaron diferencias entre ambos manejos tanto en el tamaño de la panoja como en el peso de los granos.

No obstante las diferencias productivas observadas entre tratamientos, pudo constatarse que las mismas no fueron consistentes a lo largo de las fajas. En general, las mayores diferencias de rendimiento entre manejos fueron observadas en las zonas de mayor concentración de tapias que presentaban mayores problemas en el control de malezas o mayor susceptibilidad al ataque de cascarudos. El manejo de baja densidad y alto N tuvo mayor variabilidad de rendimiento en ambas zafras.

Los datos sugieren que para las condiciones climáticas prevalentes en el este del país, el manejo habitual del cultivo del arroz con alta densidad de semilla y dosis moderadas de N, minimiza los riesgos asociados a la baja recuperación de plantas a la siembra y a las condiciones de frío o baja radiación en etapas reproductivas, al tiempo que posibilita rendimientos más altos y más estables especialmente comparado con la alternativa de bajar la densidad y aumentar la dosis de N, aun en años climáticamente favorables.

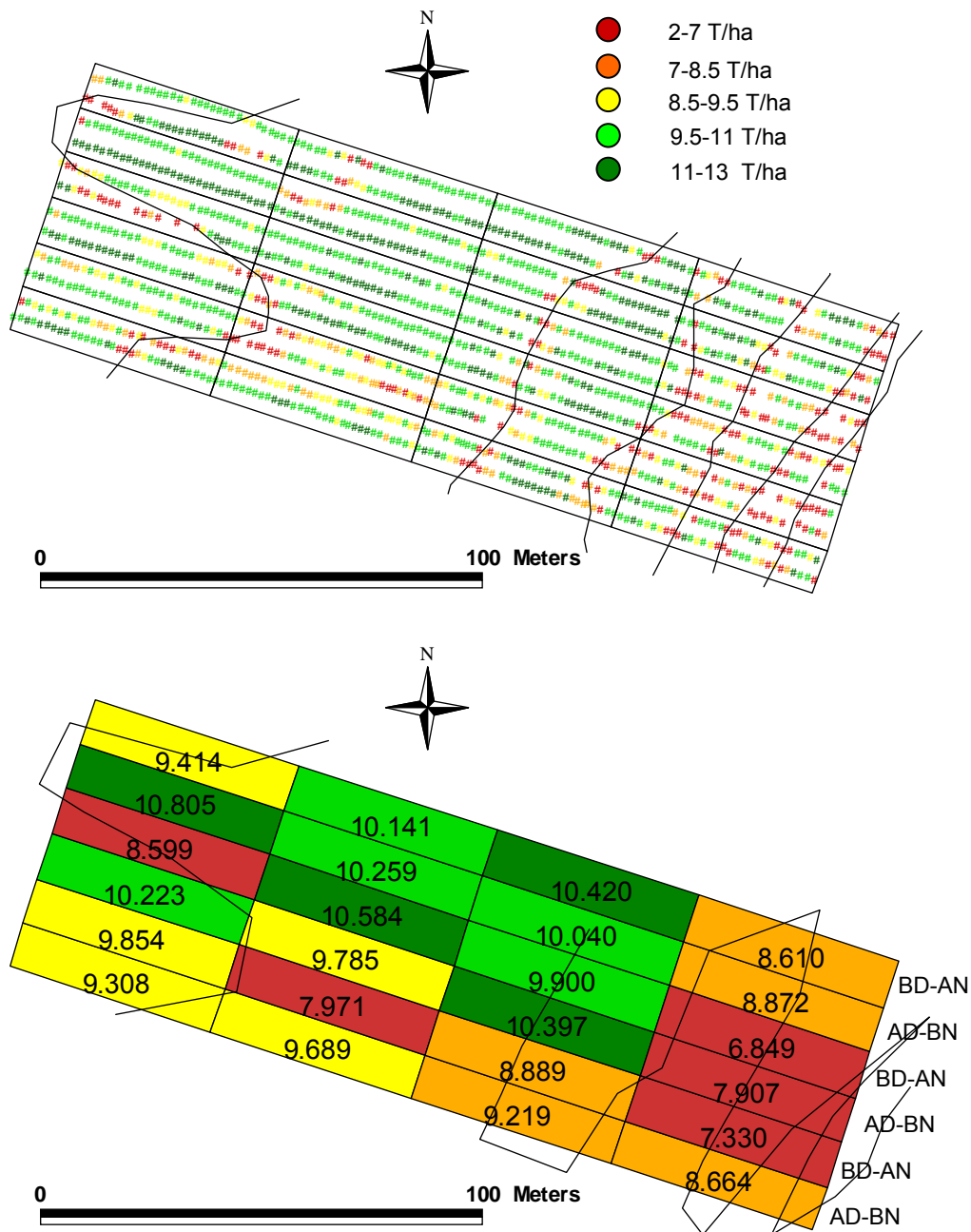


Fig. 4. Efecto de la densidad de siembra y de la dosis de N sobre la variación espacial de rendimiento de arroz. AD-BN (160 kg/ha de semilla y 120 kg/ha N) y BD-AN (96 kg/ha de semilla y 210 kg/ha N).

**BIBLIOGRAFÍA**

Deambrosi E., y R. Mendez. 2007. Respuesta de cultivares de arroz de tipo Indica a densidades de siembra y

aplicaciones de N en la zona Este del Uruguay. Serie Técnica 167.

Deambrosi E., R. Méndez, y A. Roel. 1997. Estrategia en la producción de arroz para un

mejor aprovechamiento de las principales variables climáticas. INIA Serie Técnica 89.

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

Mallarino, A., M. Bermudez, D.J. Wittry, y P.H. Hinz. 2000. Alternative data managements and interpretations for strip trials harvested with yield monitors. In P.C. Robert et al. (ed.) Precision Agriculture [CD-ROM] Proc. Int. Conf., 5th, Bloomington, MN. 16-19 July 2000. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

Singh B., Y. Singh, J.K. Ladha, K.F. Bronson, V. Balasubramanian, J. Singh, and

C.S. Khind. 2002. Chlorophyll Meter and Leaf color chart-based nitrogen management for rice and wheat in NW India. *Agronomy Journal* 94:821-829.

Terra J., F. Molina, E. Deambrosi, V. Pravia, A. Roel, L. Casales, D. Ferreira y R. Ferreira. 2007. Densidad de siembra y nitrogeno em EP144 a escala de chacra. In: INIA Serie Actividades de Difusión 502.

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