

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RESPUESTA EN RENDIMIENTO DE LA VARIEDAD DE ARROZ L5502
(PARAO) A DIFERENTES DOSIS DE NITRÓGENO Y DENSIDAD DE
SIEMBRA Y COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO ASOCIADO A ESTAS
VARIABLES

por

Felipe LAGO EGUREN
Wilson Aparicio LAUZ RODRÍGUEZ
Andrés Vicente MAGALLANES ZULUAGA

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2016

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. Ramón Méndez

Ing. Agr. Jesús Castillo

Ing. Agr. Esteban Hoffman

Ing. Agr. Guillermo Siri

Fecha: 10 de abril de 2016

Autores: -----
Felipe Lago Eguren

Wilson Aparicio Lauz Rodríguez

Andrés Vicente Magallanes Zuluaga

AGRADECIMIENTOS

Al director de la tesis Ing. Agr., MSc., Dr. Ramón Méndez.

Al codirector de la tesis Ing. Agr. Jesús Castillo.

A todos los funcionarios de la parte de Manejo de Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Sede Treinta y Tres.

A los productores Waldir Alfredo Lago, Jorge Servetto y Silvio Camposnogara que nos cedieron las chacras para la realización de los ensayos.

A la Sra. Belky Mesones, encargada de biblioteca en Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Sede Treinta y Tres.

A la Lic. Sully Toledo, Jefa de Sección Referencia Dirección General de Bibliotecas y Centro de Documentación de la Facultad de Agronomía.

A nuestras familias, amigos, compañeros de generación y docentes.

A Facultad de Agronomía por esta posibilidad.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. VARIEDADES	2
2.1.1. <u>Idiotipos de la planta de arroz</u>	2
2.1.1.1. Tipo índicas	2
2.1.1.2. Tipo japónicas	2
2.1.1.3. Tipo jabánica o bulú	2
2.1.2. <u>Variedades utilizadas</u>	3
2.1.2.1. El Paso 144	3
2.1.2.2. Parao.....	3
2.2. NITRÓGENO.....	4
2.2.1. <u>Nitrógeno en suelos arroceros</u>	4
2.2.2. <u>Importancia y requerimiento del nitrógeno en arroz</u>	5
2.2.3. <u>Momento y fraccionamiento del nitrógeno en arroz</u>	6
2.2.4. <u>Absorción de nitrógeno</u>	6
2.2.5. <u>Materia seca e índice de cosecha</u>	7
2.2.6. <u>Rendimiento y sus componentes</u>	7

2.3. DENSIDAD DE SIEMBRA.....	9
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	12
3.1. UBICACIÓN Y TIPO DE SUELO	12
3.2. INSTALACIÓN DEL ENSAYO	12
3.3. TRATAMIENTOS EVALUADOS.....	12
3.3.1. <u>Variedad</u>	12
3.3.2. <u>Densidad</u>	13
3.3.3. <u>Nitrógeno</u>	14
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	14
3.5. CONDICIONES AMBIENTALES	14
3.6. DETERMINACIONES EFECTUADAS	15
3.6.1. <u>Emergencia</u>	15
3.6.2. <u>Elongación de entrenudos</u>	15
3.6.3. <u>50% floración</u>	15
3.6.4. <u>Cosecha</u>	15
3.7. CÁLCULOS REALIZADOS.....	16
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	16
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	18
4.1. POBLACIÓN LOGRADA EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD.....	18
4.2. ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA.....	19
4.3. NÚMERO DE TALLOS.....	20
4.4. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR A 50% FLORACIÓN.....	21
4.5. NITRÓGENO ABSORBIDO A 50% FLORACIÓN.....	23

4.6. RENDIMIENTO	24
4.7. ÍNDICE DE COSECHA.....	26
4.8. COMPONENTES DE RENDIMIENTO.....	29
4.8.1 <u>Panojas por metro cuadrado</u>	29
4.8.2. <u>Granos totales por panoja</u>	30
4.8.3. <u>Peso de mil granos</u>	32
4.8.4. <u>Porcentaje de esterilidad</u>	33
5. <u>CONCLUSIONES</u>	34
6. <u>RESUMEN</u>	35
7. <u>SUMMARY</u>	36
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	37
9. <u>ANEXOS</u>	43

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Análisis de suelo del sitio experimental para los tres bloques.....	12
2. Tratamientos de densidad de siembra.....	14
3. Acumulación de MS (kg/ha) a elongación de entrenudos y 50% de floración para el promedio de las variedades según las dosis de N	19
4. Número de tallos (m ²) logrados a elongación de entrenudos y 50% floración para el promedio de las variedades según la dosis de N.....	21
5. Panojas de arroz (m ²) a cosecha para el promedio de las variedades Parao y EP 144 según las densidades de siembra.....	30
6. Panojas de arroz (m ²) a cosecha para el promedio de las variedades Parao y EP 144 según las dosis de N.....	30
7. Peso de mil granos de la interacción variedad por densidad de siembra.	32
Figura No.	
1. Población de arroz lograda y % de recuperación para el promedio de las variedades según densidad de siembra	18
2. Número de tallos logrados (m ²) por las variedades Parao y EP 144 en elongación de entrenudos según las dosis de N.....	21
3. IAF logrado para el promedio de las variedades según las dosis de N..	23

4. Absorción de N (kg/ha) a 50% de floración del promedio de las variedades Parao y EP 144 según las dosis de N	24
5. Rendimiento de arroz obtenido (kg/ha) para el promedio de las variedades Parao y EP 144 según las dosis de N (a) y densidad de siembra (b).....	25
6. Índice de cosecha obtenido por la interacción variedad por densidad de siembra	27
7. Índice de cosecha obtenido por la interacción variedad por dosis de N... ..	28
8. MS (kg/ha) de paja de arroz a cosecha y rendimiento en grano de arroz (kg/ha) de las variedades Parao y EP 144 según las dosis de N	29
9. Número de granos totales para las variedades Parao y EP 144 según densidad de siembra	31
10. Variación en el PMG para las variedades Parao y EP 144 según dosis de N.....	33

1. INTRODUCCIÓN

El sector arrocero uruguayo es definido a nivel internacional como un sistema fuertemente integrado, estando ubicado entre los de mayor productividad a nivel internacional.

Esta alta producción por unidad de superficie está explicada en términos generales por el uso de materiales genéticos de alto potencial de rendimiento, seleccionados por el programa de mejoramiento de INIA, así como por un ajuste en todas las prácticas de manejo.

Dentro de éstas, el ajuste de la densidad de siembra y de la dosis de nitrógeno (N) son factores de suma importancia que permiten no solo generar un alto potencial de rendimiento sino también un mejor aprovechamiento de los insumos. En este sentido, todos los materiales liberados por el programa han pasado por una fase de estudio y ajuste en los parámetros mencionados anteriormente, aspecto que en parte se está realizando con este trabajo para el último material liberado por el programa (Parao).

Debido a que esta variedad, según observaciones realizadas en trabajos preliminares, posee características agronómicas diferentes a las variedades utilizadas hasta la fecha (crecimiento vegetativo, largo de llenado de grano, etc.), podría presentar diferencias en el manejo agronómico frente a las variedades de mayor utilización a la fecha (EP 144).

En función de esto, surge la necesidad por parte del programa de arroz de INIA, de realizar un trabajo para evaluar el comportamiento productivo y agronómico de este nuevo cultivar de cara a una próxima adopción de esta variedad por el sector productivo, los que necesitan conocer aspectos básicos como son estas dos variables de manejo.

El objetivo del trabajo es estudiar el comportamiento a nivel productivo como agronómico de la nueva variedad Parao, asociado a variaciones en la densidad de siembra, tomando como base las semillas viables por m^2 (sv/m^2) y a diferentes niveles de fertilización N, tomando como testigo tecnológico a la variedad EP 144.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. VARIEDADES

2.1.1. Idiotipos de la planta de arroz

En la especie *Oryza sativa* L. se consideran tres grupos o idiotipos de arroz: indica, japónica, y javánica o bulú, su origen estaría en la selección hecha bajo diferentes ambientes del arroz silvestre en los procesos de domesticación. El tipo indica y el tipo japónica fueron considerados subespecies de *Oryza sativa*, pero actualmente son razas ecogeográficas (Chandler, 1979).

2.1.1.1. Idiotipo indica

Las variedades tradicionales de tipo indica que se cultivan en los trópicos tiene características diferenciales respecto a los otros idiotipos como mayor altura, macollaje denso, hojas largas e inclinadas de color pálido y grano de mediano a largo. En términos generales los programas de mejoramiento han producido variedades de arroz de tipo indica que tienen bajo porte, macollaje abundante, alta respuesta al agregado de N, y obteniendo rendimientos tan altos como las de tipo japónica (Degiovanni, 2010).

2.1.1.2. Idiotipo japónica

Las variedades de tipo japónica tienen hojas erectas de color verde intenso y una capacidad de macollaje menor que las variedades de tipo indicas. Presentan mayor respuesta en rendimiento al agregado de N que las de tipo indica, son insensibles al fotoperiodo y toleran bajas temperaturas en el período reproductivo (Degiovanni, 2010).

2.1.1.3. Idiotipo javánica o bulú

Las variedades de tipo javánica o bulú son morfológicamente similares a las de tipo japónica, contando con hojas más anchas y pubescentes. Presentan menor capacidad de macollaje y la planta es fuerte y rígida. Las variedades de este idiotipo son insensibles al fotoperiodo y presentando granos aristados similares a los tipos silvestres (Degiovanni, 2010).

2.1.2. Variedades utilizadas

2.1.2.1. El Paso 144

Seleccionado en 1978 en la Estación Experimental del Este de una población segregante del CIAT, EP 144 fue una variedad que contribuyó en forma importante al aumento de los rendimientos medios nacionales (Chebataroff, 1980).

Según Chebataroff (1980), EP 144 posee un tipo de planta semi-enano, con alta capacidad de macollaje contando con hojas erectas y pilosas de color verde claro. Si bien su altura media es de 0.91 m, esta puede variar entre 0.75 m hasta 1.10 m dependiendo de las condiciones de siembra. La altura lograda en algunas situaciones lo haría escapar de la característica de variedad semi-enanas.

Desde su liberación a nivel comercial en 1986, logra altos rendimientos, una gran adaptación a distintos tipos de siembra, y buena competencia con las malezas. Dentro de otros aspectos destacables se mencionaba la resistencia a las razas de *Pyricularia spp.* presentes en ese momento (Ávila et al., 1987), aspecto que no sucede en la actualidad siendo uno de los puntos débiles de esta variedad.

Estas características la hicieron la variedad mas sembrada a nivel nacional, ocupando a partir de 1998 alrededor de 60% del área, con un máximo del 75% en el año 2007 (Chebataroff, 2012).

2.1.2.2. Parao

Parao (L5502) es un tipo de planta japónica de calidad americana, con alto potencial de rendimiento. Presenta porte semi-enano, con hojas erectas de color verde oscuro y senescencia lenta. En promedio, la altura de planta es de 80 cm y debido a su arquitectura presenta panojas escondidas en la parte superficial de la canopia, característica que las expone en menor medida al daño de pájaros. El ciclo a floración es 3 días más corto que el de EP 144, siendo el período de llenado de grano más largo en comparación con las restantes variedades. Esta característica está asociada a un tamaño de panoja mayor, aspecto por el cual en ensayos exploratorios preliminares con esta variedad, se encontró respuesta en rendimiento a una 3^{er} cobertura N en embarrigado (Blanco et al., 2010).

Parao se muestra como un cultivar moderadamente tolerante al frío en etapa vegetativa (2 a 3 hojas) y resistente en etapa reproductiva (Pérez et al., 2009).

En etapa vegetativa la resistencia a frío fue cuantificada por Pérez et al. (2009) mediante la evaluación de dos variables. La primera consistía en ver cuánto se veía afectado el sistema fotosintético de los cultivares, luego de un tratamiento de frío (36 horas a 5° C). La segunda evaluación consistió en una apreciación visual 7 días post tratamiento. En ambas evaluaciones Parao presentó un buen comportamiento, siendo así menos afectada por frío que EP 144.

En el comportamiento frente a enfermedades, y en particular a *Pyricularia grisea* causante del bruzzone, Parao ha mostrado baja susceptibilidad al patógeno. En viveros de campo con inoculación artificial con una mezcla de aislamientos del patógeno, Parao promedió una lectura de 2, mientras que los promedios para EP 144 fueron de 8. Utilizando la escala de enfermedades del 1 al 9, siendo este último el valor con mayor enfermedad (Blanco et al., 2010).

Tomando un promedio de 3 años, Parao logró un igual rendimiento en grano que EP 144 (Molina et al., 2009), resultando en un ranking variable según localidades y año de evaluación.

2.2. NITRÓGENO

2.2.1. N en suelos arroceros

En el sistema convencional de siembra en Uruguay, el ciclo del cultivo de arroz ocurre en dos condiciones con relación a la humedad del suelo: una con el suelo drenado hasta aproximadamente 30 días después de la emergencia y una donde la planta se desarrolla en condiciones de suelo inundado. En la primera etapa el N experimenta una alternancia de condiciones aeróbicas y anaeróbicas mientras que las condiciones cambian en la segunda etapa asociadas a la inundación del cultivo (Deambrosi y Méndez, 2009).

Después de inundar el suelo, los niveles de oxígeno disminuyen rápidamente en las seis a ocho horas siguientes, siendo expulsado por el agua y consumido por los microorganismos. Una vez establecida la inundación, el oxígeno difunde a una tasa muy lenta dentro del agua. Como consecuencia de una mayor necesidad de oxígeno por el suelo y de la lenta difusión del mismo se crean dos zonas en el sistema suelo-agua: una oxidada correspondiente al agua de inundación y una capa fina de suelo, de unos pocos mm a uno o dos cm de espesor y otra reducida sin oxígeno (Mikkelsen, 1987). Esta exclusión de oxígeno origina procesos biológicos de oxidación - reducción que alternan la disponibilidad de N. Como resultado de la inundación del suelo hay una acumulación de N en forma amoniacal, inestabilidad del nitrato y menores

necesidades de N para la descomposición de la materia orgánica (Moraes y Freire, 1974).

Según Chebataroff (2012), el N en el suelo está en gran parte en forma orgánica y solo una mínima parte en forma inorgánica (2%), o sea como amonio (NH_4) y nitratos (NO_3). En suelos de buen drenaje el producto final de la mineralización son los NO_3 , pero en condiciones anaeróbicas el ión NH_4 es estable tendiendo a acumularse y ser retenido por las arcillas y coloides. Por otro lado el, NO_3 es móvil en profundidad y en la zona reducida es potencialmente perdido por desnitrificación como N_2 gaseoso. Los beneficios de esta situación para el arroz, según Ponnampertuma, citado por Chebataroff (2012), es que usa mejor el NH_4 que otras plantas, y los productos en su descomposición como los nitritos no lo afectan.

2.2.2 Importancia y requerimientos de N en arroz

El N es un nutriente clave y cumple un rol protagónico en las variedades de arroz semi-enanas (Diekmann et al., 1993).

Se sostiene que el agregado de N promueve un aumento en la cantidad de clorofila aspecto que incrementa la fijación de CO_2 por una mayor actividad fotosintética (Chebataroff, 2012).

A nivel vegetativo se ven favorecidos el número de macollos, el área foliar y la altura de planta mientras que a nivel reproductivo se incrementa el número de granos por panoja, la acumulación de carbohidratos en estos así como la proteína en grano (Latheef y Govind, 2007).

Fageria et al. (2003), señalan que es necesaria una concentración de N en las plantas de 35 gramos/kg de materia seca para obtener una cantidad adecuada de macollos, siendo que con 20 gramos/kg el macollaje cesa y por debajo de 15 gramos/kg los macollos mueren.

El cultivo de arroz cubre sus requerimientos de N desde diferentes fuentes, siendo las más importantes el suelo y en segundo lugar el fertilizante. Trabajando con técnicas isotópicas ^{15}N en una diversidad de ambientes, tipos de suelos y antecesores, Castillo et al. (2012) encontraron que la señal isotópica del arroz a fin de ciclo era muy similar a la del suelo, sugiriendo que esta fue la principal fuente de N para el cultivo. Entre otros, Bacon et al. (1989), Deambrosi y Méndez (2007), sostienen que el aporte de N proveniente del suelo en situaciones bajo fertilización es del orden de 60% y 90%.

Según Fageria et al. (2003), la extracción de N en grano de un cultivo de arroz de 8000 kg/ha es de unos 90 kg/ha, mientras que el restante N absorbido por el cultivo es devuelto por el rastrojo a la cosecha. El mismo autor

junto a Baligar (2001), mencionan que en total (grano y paja) son necesarios alrededor de entre 20 y 23 g N kg MS/kg arroz producido.

2.2.3 Momento y fraccionamiento del N en arroz

Resultados obtenidos por Marzari et al. (2005), indican que existe mayor producción de grano en los tratamientos que recibieron mayor cantidad de N en las etapas vegetativas iniciales. En los tratamientos que recibieron dosis equivalentes de N en las tres épocas de aplicación (siembra, macollaje y EE) se observó una menor producción. También señalan para las condiciones de ese ensayo en particular que los tratamientos no fertilizados no presentaron mayores diferencias en comparación con los fertilizados.

Deambrosi y Méndez (1998), estudiando la respuesta a la aplicación de N y su fraccionamiento en la variedad EP 144 encontraron que el mejor fraccionamiento fue 20%-30%-50% en siembra, macollaje y EE respectivamente, obteniéndose los mayores rendimientos con una dosis de 90 kg N/ha.

Tarán y Silveira (2009), demostraron que para una variedad indica al igual que EP 144 los dos fraccionamientos de N fueron 20%-30%-50% coincidiendo con Deambrosi y Méndez (1998), y el otro fue 20%-50%-30% para siembra, macollaje y EE respectivamente.

Según Gamarra (1996), estudios de Lousiana (E.E.U.U.), recomiendan la aplicación del 70% del total de N en suelo seco justo antes de inundar, o sea a inicios del macollaje. El 30% restante aplicarlo a EE. Se han obtenido incrementos de hasta el 70% del rendimiento al aplicarlo de esta manera, en comparación con hacerlo luego de inundar.

Deambrosi et al. (1994), concluyeron que en suelos pesados la mejor distribución para obtener el mayor rendimiento de arroz con N aplicado en siembra, macollaje y EE fue de 20%, 40% y 40% respectivamente. Contrariamente en suelos livianos, los mayores rendimientos se obtuvieron con una mayor distribución al macollaje (20% siembra, 50% macollaje y 30% EE).

2.2.4 Absorción de N

La concentración de N en los tejidos de la planta de arroz no siempre se ve incrementada con el aumento en la dosis de N aplicada. Esto se debe a que se promueve un aumento en el crecimiento vegetativo, operando un proceso de dilución de este nutriente en la MS total (Fageria et al., 2003).

El contenido de N de las hojas está estrechamente relacionado a la tasa fotosintética y a la producción de biomasa. La concentración de N en base seca en la última hoja ha sido usada como índice para determinar la necesidad de este nutriente (Wallihan y Moomaw, citados por Tarán y Silveira, 2009).

La mayoría del N movilizado por el arroz se da en las etapas vegetativas, previo al momento de floración (Hayashi et al., 2014). El mismo es almacenado en las estructuras vegetativas siendo la principal fuente de N al grano de arroz (Norman et al., 2003).

Según Bueno y Onofre (2004), De Battista (2006), la etapa reproductiva es cuando la planta presenta mayor eficiencia en absorción de N para producción de grano.

Deambrosi et al. (2006), al estudiar la respuesta de INIA Olimar a dosis de N y su fraccionamiento encontraron diferencias significativas en el porcentaje de N y en el N absorbido por las plantas a floración. Estos aumentaron hasta dosis promedio (70 kg N/ha), donde las diferencias se debieron al efecto simple de la dosis.

Según Marzari et al. (2005), la absorción de N de los tratamientos con y sin N fue de 57 y 110 kg N/ha respectivamente. Estos autores asumieron que la totalidad de la diferencia en absorción provenía del fertilizante.

2.2.5 Materia seca e índice de cosecha

La fertilización nitrogenada en arroz provoca diferencias en la producción de materia seca (MS), tanto en paja como en grano haciendo variar el índice de cosecha (IC). Latheef y Govind (2007), mencionan que la producción de paja aumentó con niveles superiores a los 100 kg N/ha agregados.

Deambrosi et al. (2005), estudiando la respuesta de INIA Olimar al N y su fraccionamiento encontraron diferencias significativas en el IC, el cual comenzó a descender con los incrementos en los niveles de N, explicándose según este autor debido a una mayor cantidad de paja acumulada.

2.2.6 Rendimiento y sus componentes

Al igual que en otros cultivos, el rendimiento en el cultivo de arroz está definido por tres componentes: número de panojas/m², número de granos llenos por panoja, y peso de granos (Morel y Miura, 2007).

Según Matsushima, citado por Gago y Tarán (1993), el número de panojas/m², es determinado 10 días después del máximo macollaje, momento

en el cual el arroz es muy influenciado por el nivel de radiación solar y suministro de N. Estos autores afirman que la cantidad de espiguillas/panoja se determina en un período que puede variar desde los 32 a 5 días antes de la floración o panojamiento. Este valor surge de la diferencia entre el número de primordios florales diferenciados y el número de primordios florales que degeneran. El número de primordios florales diferenciados está relacionado y se ve muy afectado por el suministro de N.

De Datta (1981), considera que el incremento en rendimiento causado por la aplicación de N es generalmente debido a un aumento en el número de panojas más que a un aumento en el tamaño de las mismas.

Lena y Magallanes (1984), encontraron un efecto significativo y positivo del agregado de N sobre la densidad de panojas trabajando con la variedad Bluebelle. Según Perdomo y Revello (1989), en Bluebelle, el agregado de N incrementa el número de granos vanos por panoja, determinando un aumento en el % de esterilidad (% E), sin variar el número de granos llenos y aumento el número de granos totales por panoja. Batista et al. (1985), encontraron que al aumentar la dosis de N, se observó una disminución significativa en el número de panojas/m², un aumento significativo en el número de granos totales/panoja y, una disminución altamente significativa en el peso de mil granos (PMG) sin diferencias entre las variedades estudiadas (Texas 23, Bluebelle y Linea 75).

Gago y Tarán (1993), encontraron diferencias significativas frente al incremento de las dosis de N, aumentando significativamente el número de panojas/m². Estos autores observaron un aumento lineal promedio de 62 panojas/m² por cada 100 kg de N aplicado para las variedades Bluebelle, EP 144 y EP 48.

En general el número de tallos m²⁻¹ se incrementa al aumentar la densidad de siembra y también por el suministro de N al comienzo del macollaje. Esto no siempre se traduce en la obtención de un número mayor de panojas/m² ya que muchos tallos no llegan a ser fértiles debido a competencia (Deambrosi y Méndez, 2007).

Deambrosi y Méndez (2007), analizando los componentes del rendimiento en ensayos de respuesta nitrogenada y densidad destacan que la cantidad de panojas/m² aumentó debido a la densidad de siembra y la dosis de N; no existiendo interacción entre los dos factores. Las panojas resultaron más pequeñas y a su vez el número de granos llenos en éstas fue menor.

Según Ferreira da Silva et al. (2003), con las variedades IRGA 410 e IRGA 417, al aumentar los niveles de N se aumenta el número de panojas/m² y el número de granos/panoja aumenta significativamente.

El segundo componente del rendimiento (granos llenos/panoja) está determinado a iniciación panicular y se encuentra influenciado por el status nutricional que tuvo la planta durante el periodo de crecimiento vegetativo (Fageria et al., 2003).

Existe una correlación alta y positiva entre el N en planta durante las semanas anteriores a floración y el número de granos/panoja. El contenido de N junto con otros nutrientes influye en fotosíntesis y respiración determinando mayor o menor número de granos (Morel y Miura, 2007).

Lena y Magallanes (1984), Batista et al. (1985), Gago y Tarán (1994), encontraron una disminución en el PMG al aumentar el agregado de N sin diferencias entre las variedades estudiadas por cada autor (Bluebelle, Texas 23, Línea 75, EP 144 y EP 48).

Deambrosi et al. (2005), en un ensayo para INIA Olimar observaron las respuestas en cuanto al rendimiento por agregado de N, donde destacan que al incrementar el N el peso de granos disminuyó y que los granos vacíos aumentaron significativamente.

Deambrosi et al. (2005), con la variedad INIA Olimar y dosis de N de 0 a 140 kg N/ha fraccionando, encontraron diferencias significativas en el peso de los granos. Este disminuyó con el incremento de la dosis de N. Los mismos autores reportan para la zafra siguiente diferencias significativas similares en el peso de los granos debidos a la dosis de N.

Según Deambrosi y Méndez (2007), la esterilidad se correlaciona en forma negativa con el rendimiento, debido a un incremento en el número de granos semillenos y vacíos.

2.3. DENSIDAD DE SIEMBRA

La cantidad y distribución de plantas en el área, afecta la eficiencia del uso de los recursos de producción como el suelo, fertilizantes, competencia con malezas e intercepción de luz solar (Sachet et al., 2009).

La capacidad de adaptación de las plantas a diferentes densidades de siembra y espaciamentos entre líneas es influenciada por la especie y el genotipo. Entre los factores que le confieren mayor adaptación al arroz, el macollaje es el más significativo por posibilitar a las plantas ocupar rápidamente los espacios disponibles (Pereira et al., 1982).

En la misma línea Souza et al. (1993), señalan que las variaciones en los componentes del rendimiento asociados a la densidad de siembra están asociada a un mayor número de panojas por unidad de área cuando se cultiva a

mayores densidades y a mayor producción de granos por panícula cuando se siembra a densidades menores

El incremento de la densidad de siembra reduce el número de tallos por planta y de granos formados por panoja. Esta compensación es la causa de no encontrar diferencias significativas de rendimiento en grano con el aumento de la densidad de siembra dentro de un determinado rango de valores, cuando las demás prácticas culturales no son limitantes (Ghobrial 1983, Jones y Snyder 1987, Gravois y Helms 1992).

En trabajos realizados por Sousa et al. (1995), el análisis de regresión entre rendimiento de grano y densidad de siembra indicó que no hubo diferencias significativas entre los distintos niveles del factor en el rendimiento de grano. En el mismo se utilizaron densidades de 90, 130, 170 y 210 kg/ha. El número de plantas y panículas por m² presentó una acentuada tasa de crecimiento hasta la densidad de 170 kg/ha, mostrando a partir de ésta una tendencia a la estabilización. Por otro lado el número de macollos/planta, de granos/panícula y de peso de panículas decrecieron hasta la densidad de 210 kg/ha. Por último, la esterilidad de las espiguillas y el PMG no presentaron relación con la densidad de siembra.

Lena y Magallanes (1984), en su trabajo realizado con la variedad Bluebelle con cuatro densidades de siembra (75, 150, 225 y 300 kg ha⁻¹) no encontraron efecto de la densidad en el rendimiento. Los resultados mostraron un incremento en el número de panojas/m² mientras que el número de espiguillas/panoja disminuyó permaneciendo incambiado el PMG. También se observó una disminución del macollaje efectivo con el aumento de la densidad de siembra.

Resultados similares fueron reportados por Batista et al. (1985), utilizando las variedades Linea 75, Texas 23 y Bluebelle. Estos autores señalan que la densidad de siembra no afectó el rendimiento en grano si bien incrementó el número de panojas/m². Esto derivó en una disminución en el número de granos llenos/panoja (no alterando el número de granos llenos por unidad de área) y al igual que en el caso anterior no se encontraron variaciones en el PMG.

Trabajos más recientes (Sachet et al., 2009), muestran una relación inversa entre el número de semillas/m² con el número de tallos/planta medido a los 19 y 39 días. Según estos autores, este fenómeno ocurre debido a un mayor espacio entre plantas, lo que posibilita mayor penetración de luz, resultando en mayor macollaje. Por otro lado el menor número de tallos/planta puede estar relacionado a una limitación de nutrientes por competencia intraespecífica.

Dentro de las pocas ocasiones donde se constató un aumento de rendimiento del cultivo de arroz asociado al aumento en la densidad de siembra es en aquellas situaciones donde ocurra una presión de enmalezamiento severa. En tal sentido (Menezes y Silva, 1998) sostienen que frente a situaciones de alta infestación de arroz rojo establecer mayores poblaciones de arroz cultivado vía el aumento de la densidad de siembra posibilita de forma indirecta este objetivo, ya que esta práctica es utilizada como forma de competencia frente a la maleza.

En función de los objetivos de este trabajo se plantea como hipótesis biológica, que el manejo de la dosis de nitrógeno y la variación poblacional determinada por la densidad de siembra para la nueva variedad Parao difiere de lo hasta ahora realizado para la variedad comercial EP 144.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN Y TIPO DE SUELO

El estudio se llevo a cabo en el departamento de Rocha, próximo al pueblo de San Luis en el paraje Los Arroyitos. Las coordenadas geográficas son 33 35'31.10" S y 53 39'31.10" O. El tipo de suelo presente en el sitio experimental fue un Gleysol Lúvico Melánico de la unidad San Luis, siendo el antecesor inmediato una pradera de 4 años. Las características químicas del suelo se presentan en el cuadro No. 1.

Cuadro No. 1. Análisis de suelo del sitio experimental para los tres bloques

BLOQUE	pH (H ₂ O)	C.Org. (%)	Bray I (ppm)	Ac. Cítrico (ppm)	K (meq/100g)
1	5.3	2.25	1.3	1.3	0.37
2	5.5	2.42	1.6	2.0	0.28
3	5.5	2.76	2.5	2.8	0.32

Textura: 22% arena, 45% limo, 33%arcilla.

3.2. INSTALACIÓN DEL ENSAYO

La siembra se realizó el 28 de octubre de 2011 sobre un retorno de pradera, el que contó con un pasaje de land plane como única forma de laboreo. Se utilizó una sembradora experimental de siembra directa de 9 hileras separadas a 0.17m. La fertilización basal fue realizada en la línea, agregándose 56 kg/ha de P₂O₅ en forma de súper fosfato triple (0-46/46-0). En este momento no se fertilizó con K ya que los niveles en suelo superaban los niveles de suficiencia manejados por el grupo de arroz para el cultivo. Salvo el manejo de las variedades, la densidad de siembra y las coberturas N, las restantes prácticas de manejo fueron realizadas por el productor.

3.3. TRATAMIENTOS EVALUADOS

Los tratamientos surgen de la combinación de 2 variedades, 4 densidades de siembra (ajustadas según el nsv/m²) y 4 tratamientos de N.

3.3.1. Variedades

Las variedades evaluadas fueron EP 144 y Parao. De cada variedad fueron tomadas 15 muestras de semilla de 10 gramos para realizar el cálculo de PMG utilizados a posteriori en el ajuste de la densidad de siembra. Los PMG fueron 26.61 gramos y 28.52 gramos y la germinación fue de 97% y 89% para

EP 144 y Parao respectivamente. El hecho de que el PMG entre variedades sea diferente hizo necesario un ajuste según el nsv/m^2 (nivel de semillas viables). En tal sentido, luego de la emergencia se corroboraría la población lograda la que debería mantener una correspondencia con las sv/m^2 sembradas, por ende con las densidades evaluadas.

Dentro de las características de EP 144 se menciona su origen índico, siendo seleccionada en el año 1978 en la Estación Experimental del Este, a partir de una población proveniente del C.I.A.T., P-790-B4-4-1T de la cual es originaria la variedad brasileña "BR (IRGA) 409", incluyéndose en el Registro Definitivo de Certificación en agosto de 1986.

En el caso de la nueva variedad Parao (L5502) es un tipo de planta japónica de calidad americana, de alto potencial de rendimiento y menor susceptibilidad a *Pyricularia grisea*. Presenta porte semienano, con hojas erectas de color verde oscuro y senescencia lenta, presenta una altura de planta promedio de 80 cm. Por su arquitectura de planta, sus panojas están menos expuestas al daño de pájaros. El ciclo a floración de parao es 3 días más corto que el de EP 144, aunque su maduración es más lenta.

3.3.2. Densidad

Las densidades de siembra fueron ajustadas en base a los parámetros mencionados anteriormente asumiendo una recuperación de 50% según datos previos obtenidos para estas variedades. En tal sentido se tomaron las 475 semillas viables por metro cuadrado (sv/m^2) como el estándar tecnológico, denominado en esta evaluación como densidad 3 (D3). Esta cantidad de sv/m^2 es equivalente a la densidad promedio utilizada por los productores arroceros uruguayos (150 kg/ha), con la cual se obtiene una población en el eje de 250 plantas/ m^2 . Sobre esta base, la sustracción de las semillas equivalentes a 100 y 50 kg/ha de semillas viables, así como el agregado de 50 kg/ha dan origen a la $D1=143 sv/m^2$, $D2=309 sv/m^2$ y $D4= 641 sv/m^2$. El equivalente en kg/ha de semilla para ambas variedades es presentado en el cuadro No. 2.

Cuadro No. 2. Tratamientos de densidad de siembra

Densidad	EP 144		Parao	
	Sv/m ²	Semilla kg/ha	Sv/m ²	Semilla kg/ha
D1	143	42	143	45
D2	309	92	309	99
D3	475	141	475	152
D4	641	190	641	205

3.3.3. Nitrógeno

Fueron evaluadas 4 dosis; 0, 50, 100 y 150 kg N/ha. El N se aplicó fraccionado, 50% al macollaje y 50% en elongación de entrenudos, utilizándose como fuente de este nutriente urea granulada (46-0-0).

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño utilizado fue factorial en parcelas divididas en bloques completos al azar y tres repeticiones.

La parcela principal corresponde a la variedad, (EP 144 o Parao) mientras que la sub parcela resulta de la combinación de las densidades y dosis de N en un arreglo factorial de los tratamientos.

3.5. CONDICIONES AMBIENTALES

En este año agrícola la precipitación total anual registrada fue de 1182 mm, siendo un 87% de la registrada en la serie histórica julio de 1973 a junio de 2012.

La temperatura media anual fue de 17.1 ° C. La temperatura máxima media fue de 23 ° C y la temperatura mínima media fue de 11.2 °C. La heliofanía media diaria fue de 6.3 horas. Estos datos fueron similares en el promedio anual a la serie histórica. El año en el periodo estival la temperatura fue muy similar con respecto a la serie histórica.

Estos datos fueron obtenidos en la estación climática de INIA ubicada en la unidad experimental de Paso de La Laguna por no disponer de datos del lugar donde fue realizado el trabajo.

3.6. DETERMINACIONES EFECTUADAS

Con el fin de conocer la respuesta en rendimiento y el comportamiento agronómico de ambas variedades a los tratamientos de N y densidades de siembra se realizaron distintas mediciones en las etapas del cultivo. Estas fueron a emergencia, EE, 50% de floración (50% F), y cosecha.

3.6.1. Emergencia

Treinta y cinco días después de la siembra (DDS), cuando el stand de plantas se estabilizó, fueron realizados conteos en cada parcela experimental para estimar la población lograda. El número resultante es el promedio de 4 puntos sistemáticos de conteo de 1 m de largo cada uno. Esta determinación servirá para chequear si existe la relación deseada entre densidad de siembra, construida en base al número de sv/m y la población lograda.

3.6.2. Elongación de entrenudos

El 10 de enero se tomó una muestra de plantas de 0.5 m sobre la línea de siembra para cada parcela. Esta determinación fue utilizada para determinar el número de tallos y producción de MS/ha acumulada hasta ese momento.

3.6.3. 50% floración

En esta etapa se realizó el mismo procedimiento y determinaciones que en la etapa anterior, y en forma complementaria se evaluó índice de área foliar (IAF) con el aparato electrónico Leaf Área Meter LI 3000 v 1.0.0. retirándose las hojas de los tallos como se hace la medición en el programa de mejoramiento de selección de variedades de INIA. Se realizó el secado de las plantas enteras (hojas+tallos) (a 40⁰ C) para la determinación de MS, siendo luego enviadas al laboratorio de suelos y aguas de INIA La Estanzuela para analizar el contenido de N y obtener el N absorbido en kg ha⁻¹.

3.6.4. Cosecha

Previo a la cosecha fueron tomadas al azar dos muestras de plantas de 0.3 m sobre la línea de siembra para la evaluación de los componentes de rendimiento.

A cosecha se cortaron 7 hileras centrales de cada sub-parcela de 8 metros de largo (9.52 m²). El material obtenido se trilló con una maquina trilladora estacional. Se peso en campo, y se seco a 13% de humedad.

Las determinaciones efectuadas para componentes de rendimiento fueron:

- número de panojas por unidad de superficie
- número de granos llenos por panoja
- porcentaje de esterilidad
- número de granos totales por panoja
- peso de 1000 granos

3.7. CÁLCULOS REALIZADOS

El cálculo para obtener la cantidad N a usar para obtener el rendimiento máximo físico se obtuvo mediante la igualación a cero de la primer derivada de la ecuación cuadrática ajustada.

Por otro lado para obtener la cantidad de N a usar para obtener el rendimiento máximo económico se uso una relación de precios de 3.83 (USD kg N/USD kg arroz), y la siguiente formula es $Y=N \text{ máx. físico} - (1/(2*b^2))^*r$.

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las respuestas agronómicas fueron evaluadas mediante el programa estadístico Infostat siendo los factores definidos la variedad, la densidad y la dosis de N y la interacción entre estos factores. Cuando se encontraron diferencias significativas, se compararon las medias según el test de Tukey ($P=0.05$) para todas las variables, y análisis de regresión para las variables continuas.

Las hipótesis planteadas para el ensayo fueron las siguientes,

Ho: todos los tratamientos son iguales.

Ha: existe al menos un tratamiento diferente.

Para ANAVA el modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + V_j + \gamma_{ij} + D_k + N_l + (VD)_{jk} + (VN)_{jl} + (DN)_{kl} + (VDN)_{jkl} + \xi_{ijkl}$$

$i = 1, 2, 3$

$j = 1, 2$

$k = 1, 2, 3, 4$

$l = 1, 2, 3, 4$

μ = media poblacional.

β_i = efecto del i -ésimo bloque.

V_j = efecto del j -ésimo variedad.

D_k = efecto del k -ésimo densidad de siembra.

N_l = efecto del l -ésimo dosis de N.

γ_{ij} = error de parcela grande.

$(VD)_{jk}$ = efecto de la interacción entre el j -ésimo variedad y el k -ésimo densidad de siembra.

$(VN)_{jl}$ = efecto de la interacción entre el j -ésimo variedad y el l -ésimo dosis de N.

$(DN)_{kl}$ = efecto de la interacción entre el k -ésimo densidad de siembra y el l -ésimo dosis de N.

$(VDN)_{jkl}$ = efecto de la interacción del j -ésimo variedad por el k -ésimo densidad de siembra por l -ésimo dosis de N.

ξ_{ijkl} = error experimental.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

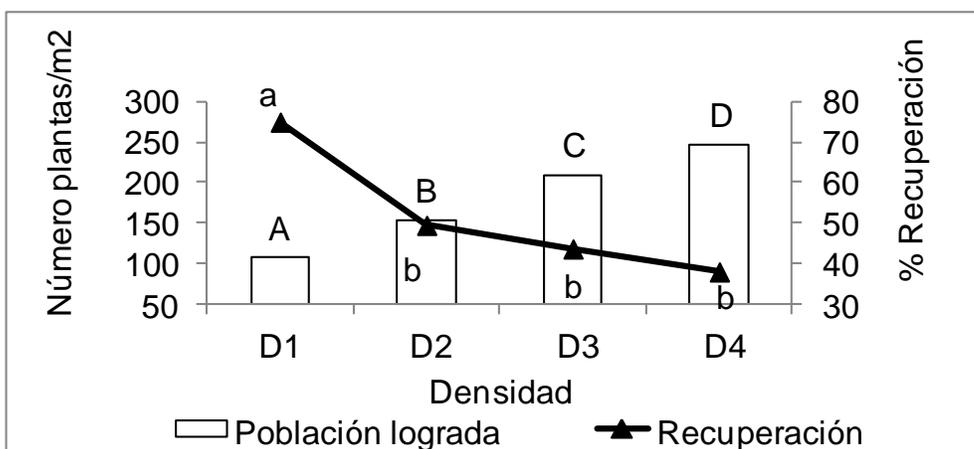
4.1. POBLACIÓN LOGRADA EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD

Como forma de corroborar la obtención de diferentes poblaciones a partir de diferentes densidades de siembra, utilizando como base un número de sv/m^2 , se realizó un análisis estadístico de la población lograda a los 35 DDS.

No se detectaron diferencias significativas en la población lograda asociadas a las variedades, ni a la interacción variedad * densidad. Por otro lado, sí fueron detectadas diferencias en la población lograda ($P < 0.0001$) según las densidades evaluadas. En términos promedio la población lograda con la densidad más baja fue un 43% respecto a la obtenida con la población más alta siendo de 62% y 84% para los tratamientos intermedios (D2 y D3 respectivamente).

Para corroborar lo estudiado en el análisis estadístico se hicieron correlaciones entre las densidades y la población lograda, también entre las densidades y la recuperación de plantas. Esto mostró que existió una relación lineal y positiva ($P < 0.0001$; $r = 0.84$) para la variable densidad y la población lograda, y una relación lineal y negativa ($P < 0.001$; $r = - 0.72$) para la variable densidad y recuperación de plantas.

Figura No. 1. Población de arroz lograda y % de Recuperación para el promedio de las variedades según densidad de siembra



4.2. ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA

No se detectaron diferencias significativas en la acumulación de MS en etapas tempranas (EE) asociadas a las variedades evaluadas. Estas diferencias si se constataron a 50% F ($P < 0.005$) donde EP 144 acumuló 2451 kg/ha más respecto a Parao. Según Castera et al. (2000), basado en un estudio que comparó la evolución de MS en las variedades EP 144 y un material japónica similar a Parao, estas diferencias son esperables debido a que la MS de EP 144 aumenta hasta EE a menor tasa que el material japónica revirtiéndose este efecto en el período reproductivo. Según estos autores, este comportamiento está asociado a genotipos de alto potencial de rendimiento.

Lo contrario ocurrió con las distintas densidades evaluadas donde las diferencias ($P = 0.003$) fueron observadas a EE. En tal sentido las D2 y D3 fueron diferentes estadísticamente de la D1, comportándose la D4 intermedia entre las dosis mencionadas. Estas diferencias desaparecieron a 50% F logrando todas las densidades igual acumulación de MS. Lo observado podría estar explicado por efectos compensatorios como lo son la capacidad de macollaje y el peso de los macollos como se verá en el siguiente punto. Este tipo de resultados fueron encontrados en trabajos anteriores (Gago y Tarán 1993, Tarán y Silveira 2009).

Para el caso de las dosis de N evaluadas, se detectaron diferencias significativas en EE y 50% F ($P = 0.003$ y $P < 0.0001$, respectivamente). A EE, la acumulación de MS para el promedio de las dosis de N fue un 35% superior al testigo sin N, no existiendo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos que adicionaron N. A 50% F, la acumulación de MS fue mayor conforme aumentaron las dosis de N, encontrándose diferencias estadísticas entre la dosis de 50 N y 150 N, comportándose 100 N en forma intermedia. Todas las dosis de N fueron superiores estadísticamente al testigo sin N (cuadro No. 3).

Cuadro No. 3. Acumulación de MS (kg/ha) a elongación de entrenudos y 50% de floración para el promedio de las variedades según las dosis de N

N	MS (kg/ha)	
	EE	50% F
150	1836 A(*)	13529 A(*)
100	1686 A	11919 AB
50	1428 AB	10732 B
0	1215 B	8339 C

(*) Lo/s valor/es seguido/s por la/s misma/s letra/s no difieren estadísticamente según Test de Tukey al 5% para los 4 registros para cada etapa fenológica.

4.3. NÚMERO DE TALLOS

Se obtuvieron diferencias significativas entre las dos variedades en estudio, siendo EP 144 la variedad de mayor número de tallos tanto a EE ($P=0.04$) como en 50% F ($P=0.002$). En el primer momento EP 144 obtuvo 792 tallos/m² mientras que Parao logró 547 tallos/m². En 50% F si bien las dos variedades disminuyeron el número de tallos (25% en EP 144 y 18% en Parao) el orden se mantuvo, y los resultados obtenidos fueron de 529 tallos/m² en EP 144 y 446 tallos/m² en Parao. Esto concuerda con Chebataroff (2012), quien menciona este comportamiento de descenso en el número de tallos en EP 144, diferencia que tiende a magnificarse conforme aumenta la población.

Analizando las diferentes densidades sembradas, se obtuvieron diferencias significativas en el número de tallos asociado al factor densidad tanto en EE como en 50% F ($P<0.001$ y $P<0.0001$, respectivamente). En ambos estadios, existieron diferencias estadísticas entre la D1 y en las restantes el comportamiento observado fue igual, alcanzando los tratamientos de D2, D3 y D4 la mayor cantidad de tallos (722 tallos/m² en promedio) frente a la D1 (513 tallos/m²). Batista et al. (1985), observaron diferencias importantes en el número de tallos/m² con las distintas densidades utilizadas (80, 150 y 220 kg/ha).

Con respecto a los resultados en 50% F las cantidades de tallos logradas disminuyeron independientemente de la densidad utilizada. Para D2, D3 y D4 el promedio fue de 517 tallos/m² y para la D1 el resultado fue 401 tallos/m².

El número de tallos/m² según las distintas dosis de N mostró diferencias significativas en EE ($P<0.0001$) y 50% F ($P<0.0001$). El comportamiento frente a las distintas dosis de N fue igual para los dos estadios del cultivo. En ambos momentos las dosis de N más altas (100 y 150 kg N/ha) son distintas estadísticamente al testigo sin N en un 40% para EE y 27% para 50% F (ver Cuadro No. 4). Estos resultados difieren de los de Batista et al. (1985), quienes no encontraron diferencia en el número de tallos con diferentes dosis de N (0, 45, 90 y 135 kg N/ha).

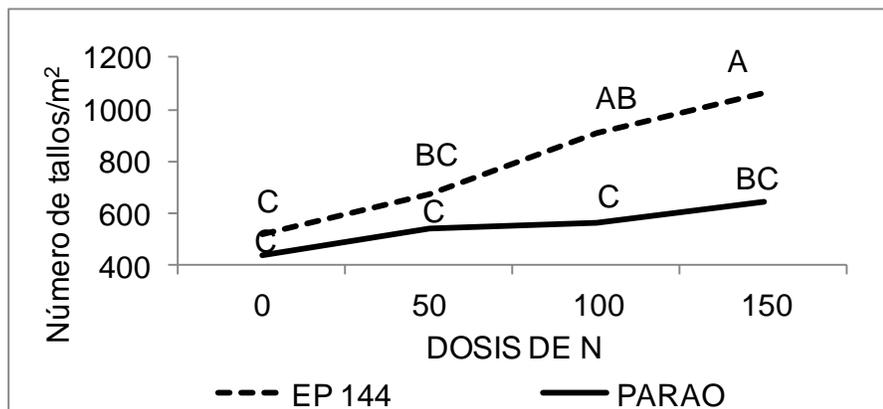
Cuadro No. 4. Número de tallos (m^2) logrados a elongación de entrenudos y 50% floración para el promedio de las variedades según la dosis de N

N	Número de tallos	
	EE	50% F
150	856 A(*)	569 A(*)
100	736 AB	516 AB
50	607 BC	446 BC
0	479 C	398 C

(*) Lo/s valor/es seguido/s por la/s misma/s letra/s no difieren estadísticamente según Test de Tukey al 5% para los 4 registros para cada etapa fenológica.

Por otro lado, a EE se detectó una interacción ($P=0.017$) entre las variedades en estudio y las dosis de N, lo que no ocurrió en la etapa más avanzada (50% F). La variedad EP 144 aumentó el número de tallos al aumentar la dosis de N con diferencias significativas respecto al testigo sin N. Parao se comportó distinto a EP 144 con respecto al número de tallos y dosis de N, no existiendo diferencias significativas al aumentar la dosis de N (ver figura No. 2).

Figura No. 2. Número de tallos logrados (m^2) por las variedades Parao y EP 144 en elongación de entrenudos según las dosis de N



4.4. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR A 50% FLORACIÓN

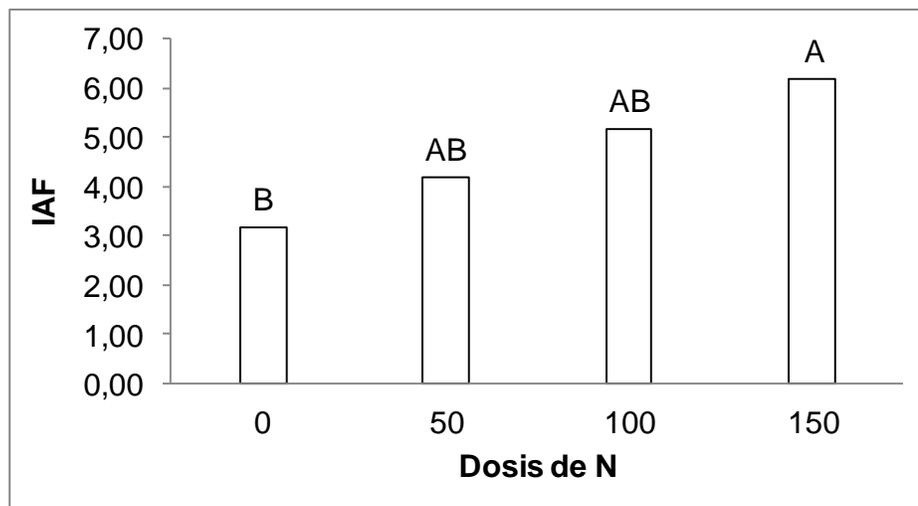
El análisis de varianza mostró diferencias significativas en el IAF según la variedad ($P=0.012$). EP 144 presentó mayor IAF que Parao (5.54 vs.4.02).

Esto se debe a que EP 144 concretó mayor número de tallos en esta etapa con el consiguiente aumento en el número de hojas. Estos resultados coinciden con Hernández et al. (2012), quienes encontraron el mismo comportamiento, esto es, mayor IAF de EP 144 en relación a Parao, si bien en términos absolutos los valores fueron 4.5 para EP 144 y 3.6 para Parao.

También se encontraron diferencias en IAF según las densidades ($P=0.029$). En tal sentido, la D2 (5.12) fue la que presentó mayor IAF con respecto a la D1 (4.15). Por otra parte, las D3 y D4 (4.89 y 4.95, respectivamente) no difieren estadísticamente de las anteriores. El mismo comportamiento fue encontrado en el trabajo mencionado anteriormente (Hernández et al., 2012), si bien aquellos autores trabajaron con densidades de siembra más elevadas que las de este trabajo, lo que acertó las diferencias.

En cuanto a las distintas dosis de N utilizadas, se observaron diferencias significativas ($P<0.0001$), en el IAF logrado. Se encontró una relación lineal y positiva entre el IAF alcanzado y la dosis de N utilizada ($R=0.65$; $P<0.0001$). Para la dosis de 150 kg/ha el valor de IAF obtenido fue de 6.17 y para el tratamiento testigo (sin N) el valor de IAF fue de 3.17, las dosis intermedias de N mostraron valores de IAF intermedios entre los dos extremos anteriormente mencionados (ver figura No. 3). Resultados similares fueron encontrados por Batista et al. (1985), que observaron un incremento altamente significativo al IAF a mayores dosis de N. De acuerdo con Tanaka (1964), el aumento del IAF se debe a dos factores: el incremento del número de macollos y luego en el tamaño de las hojas de cada macollo. Según Murata y Matsushima (1975), la fertilización con N provoca el efecto más marcado sobre el IAF, actuando sobre los dos componentes citados por Tanaka (1964).

Figura No 3. IAF logrado para el promedio de las variedades y densidades según la dosis de N

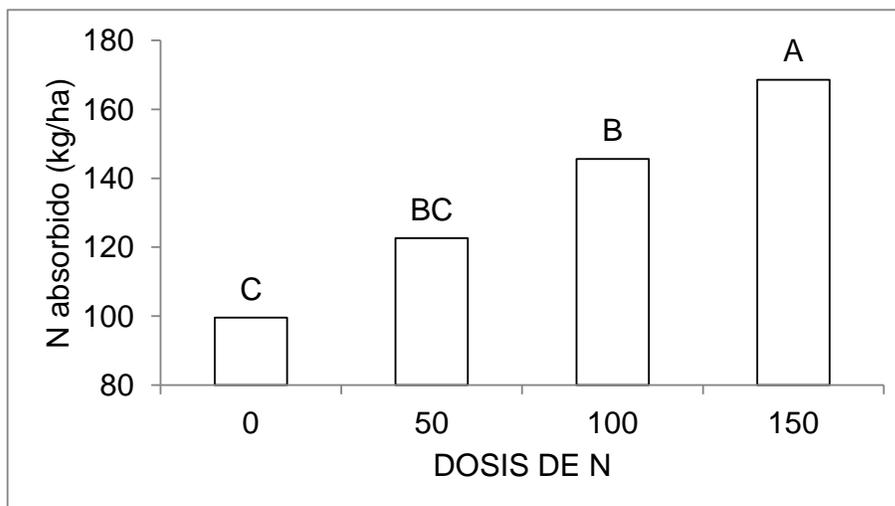


4.5. NITRÓGENO ABSORBIDO A 50% FLORACIÓN

Las dos variedades en estudio difirieron significativamente ($P=0.025$) en la cantidad de N absorbido, siendo EP 144 el cultivar con mayor absorción de N mostrando una absorción de 145.5 kg/ha vs 122.9 kg/ha para Parao. Estas diferencias están directamente relacionadas a una mayor acumulación de MS por parte de EP 144 respecto a la variedad Parao ya que la concentración de N en planta no tuvo diferencias significativas. Chebataroff (2012), cita un estudio que compara EP 144 con una variedad similar a Parao, sugiriendo que la primera variedad mencionada logro una mayor acumulación de este nutriente, de acuerdo a la mayor acumulación de MS lograda. También se refiere al efecto de dilución que genera esta mayor acumulación de MS logrando así menores tenores en % de N, caso que en este trabajo el análisis no fue significativo.

Se observaron diferencias significativas para el factor N ($P=0.0001$). La mayor dosis de N aplicado (150 kg/ha) es la que obtuvo mayor N absorbido con respecto a las menores dosis aplicadas (50 y 100 kg/ha), la dosis de 100 kg/ha difiere significativamente del testigo sin N, pero la dosis más baja aplicada (50 kg/ha) no difiere en forma significativa del testigo (ver figura No. 4). Si bien no se utilizaron técnicas que utilicen al N como trazador en el análisis de N absorbido, el análisis de la figura muestra que la mayor contribución relativa del N al cultivo proviene del suelo, esta observación surge al adjudicar los 100 kg de N absorbido por el testigo, al aporte del suelo.

Figura No. 4. Absorción de N (kg/ha) a 50% de floración del promedio de las variedades y densidades según la dosis de N



4.6. RENDIMIENTO

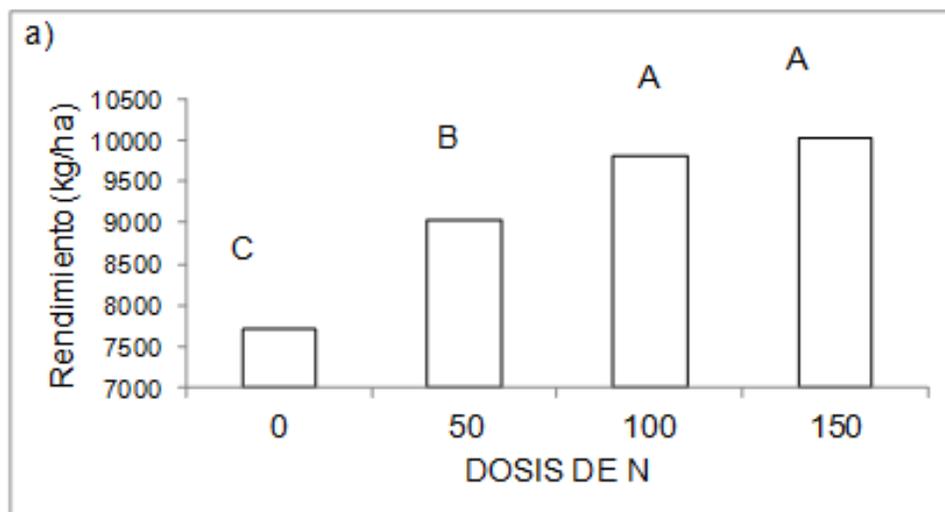
Para la variable rendimiento el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre variedades y sí para el efectos simples del factor densidad y N.

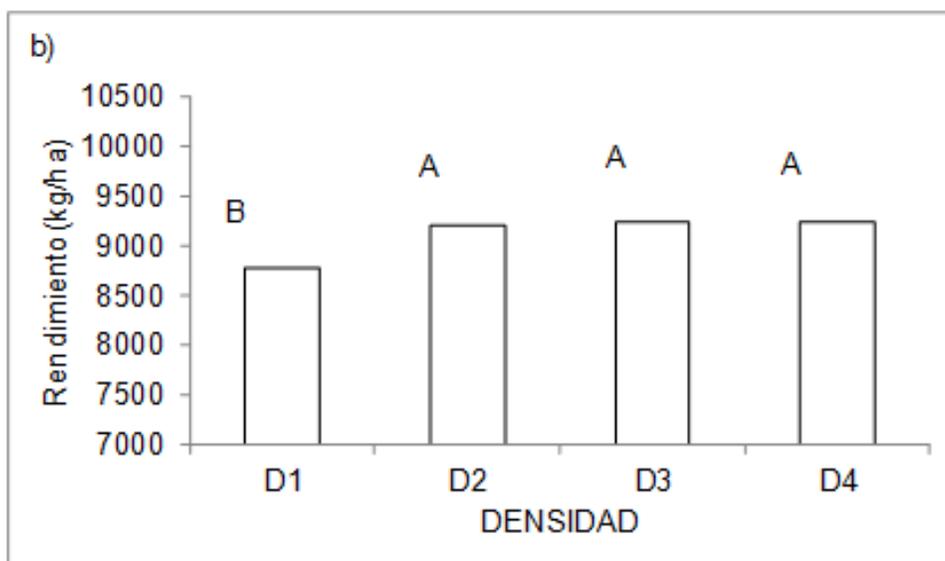
De esto se puede decir, que a partir de la D2 es que se obtienen los mayores rendimientos no difiriendo las densidades más altas con respecto a esta. La D1 obtiene un rendimiento significativamente menor a las anteriores. Los valores obtenidos fueron de 9228 kg/ha promedio entre las tres mayores densidades y 8783 kg/ha la D1. Este comportamiento observado, que reúne a las tres densidades mayores en un solo grupo y por otro lado la densidad menor, es el mismo que se viene observando en EE y 50 % F con respecto a número de tallos. De esto se podría decir que el factor densidad está siendo compensado para el grupo de las tres mayores densidades ya que estas no difieren en número de tallos, lo que estaría reflejando que más adelante no hallan diferencias de rendimiento entre las D2, D3 y D4 y sí de estas con la de D1.

El análisis de varianza no mostro respuestas diferenciales con respecto a la dosis de nitrógeno ni interacción de esta con la densidad, solo presento diferencias significativas para el efecto simple del factor N ($P < 0,0001$). Las dosis de 100 y 150 kg N/ha lograron un rendimiento de 9799 y 10020 kg/ha respectivamente, siendo mayor al logrado por la dosis de 50 kg/ha de 9027

kg/ha, y a su vez estos mayores que el tratamiento testigo sin N con 7705,5 kg/ha. Dado el tipo de suelo en que se realizó el ensayo y el buen nivel de carbono orgánico resultante del análisis de suelo era poco esperable el nivel de respuesta obtenida a la fertilización nitrogenada. Para esta situación la respuesta en rendimiento de la fertilización con 50 kg de N/ha con respecto al testigo sin N fue 27,8 kg de arroz seco por kilogramo de nitrógeno agregado, disminuyendo esta respuesta a 21,1 y 15,6 con las aplicaciones de 100 y 150 kg de N/ha respectivamente. El rendimiento máximo biológico obtenido fue con 145 kg N/ha y el máximo económico fue con 128 kg N/ha utilizando una relación de precios de 3.83. El estudio de la correlación entre IAF y rendimiento encontró que existe una correlación positiva entre las dos variables ($R^2=0.62$ y $P<0.0001$). Gago y Tarán (1993), obtuvieron una respuesta similar a los resultados obtenidos en este trabajo para rendimiento en grano con aumentos en la fertilización nitrogenada.

Figura No. 5. Rendimiento de arroz obtenido (kg/ha) para el promedio de las variedades Parao y EP 144 según las dosis de N (a) y densidad de siembra (b)





4.7. ÍNDICE DE COSECHA

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para los efectos simples de variedades ($P=0.026$) y N ($P<0.0001$), no existiendo diferencias para el efecto densidad.

El aumento en la dosis de N determinó una disminución en el IC, pero solo la dosis de 150 kg N/ha se diferenció estadísticamente del resto. Cuando se analiza la evolución en el IC para las variedades con respecto al N, se encontró el mismo comportamiento visto por el efecto de la densidad, individualmente cada variedad no presentó diferencia significativa en IC al variar la dosis de N, pero si para las variedades por si solas (0.53 para Parao y 0.50 para EP 144).

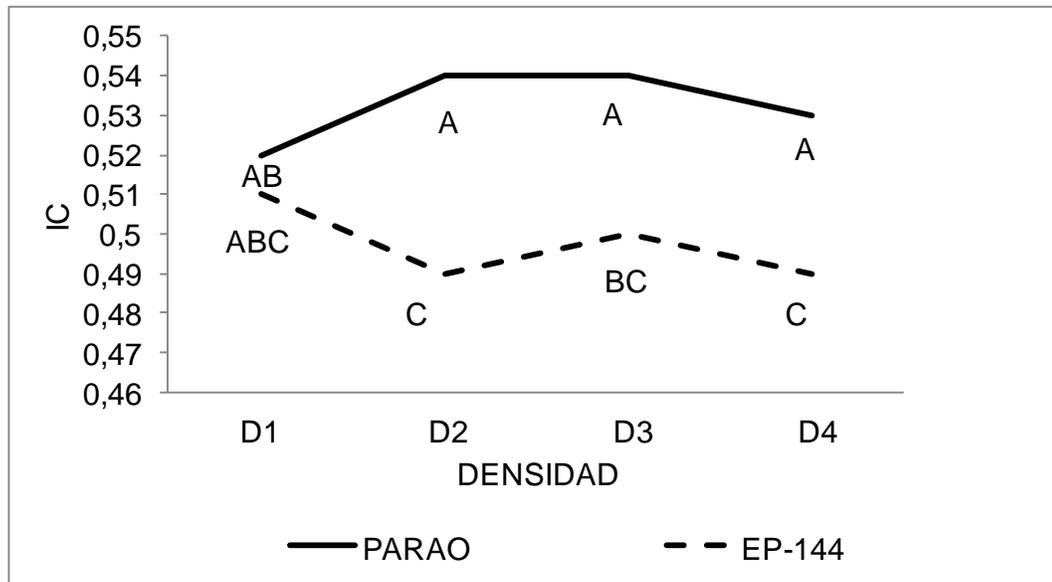
Por otro lado se detectaron interacciones significativas de la variedad con la densidad y con el N.

En tal sentido, la interacción V*D ($P=0.022$) mostró para la variedad Parao mayores IC en densidades de siembra intermedias, disminuyendo este índice con la densidad mayor y menor. Con la variedad EP 144 el comportamiento observado fue el de disminuir el IC a medida que aumentó la densidad (ver figura No. 6).

No fue posible ajustar ningún modelo que explique el comportamiento de las variedades asociadas a la densidad. Cabe aclarar que las diferencias

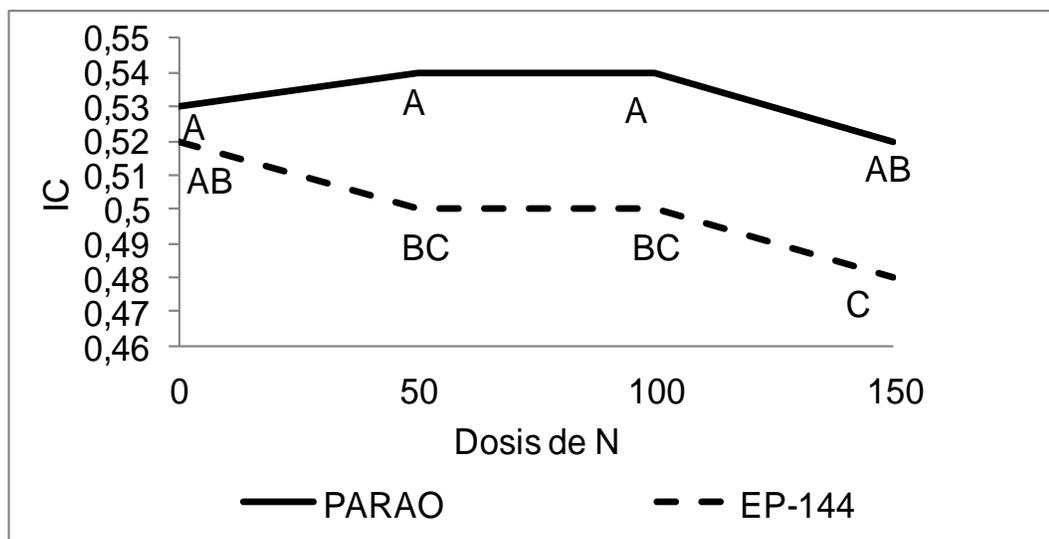
observadas dentro de cada variedad no son significativas y las observaciones son basadas en las tendencias encontradas.

Figura No. 6. Índice de cosecha obtenido para la interacción variedad por densidad de siembra



Como se mencionó, existió una interacción significativa ($P=0.013$) del factor variedad con el N. El análisis mostró que para la variedad Parao, no existieron diferencias en el IC con aumentos en la cantidad de N mientras que para EP 144 aumentos en la cantidad del nutriente significaron disminuciones en el IC.

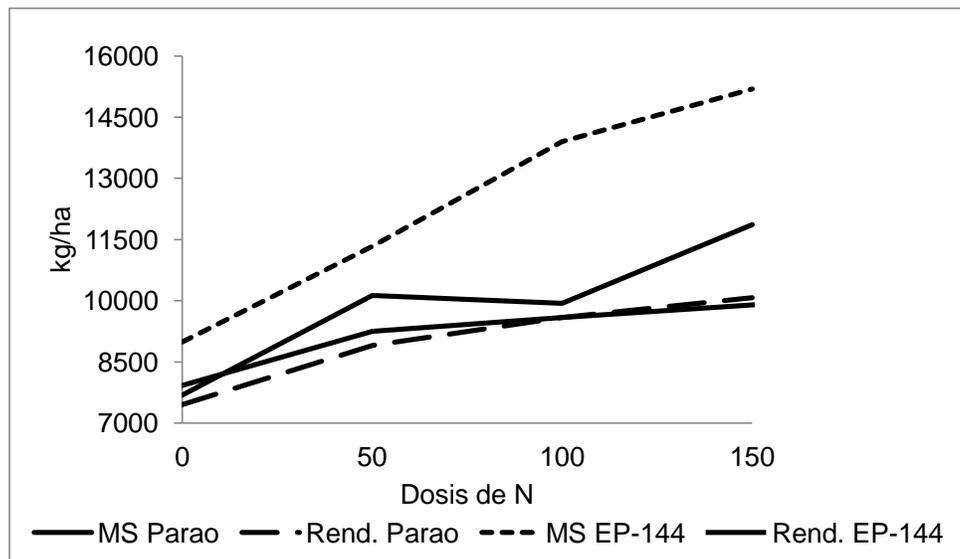
Figura No. 7. Índice de cosecha obtenido por la interacción variedad por dosis de N



Este comportamiento se debe a que en EP 144 las mayores dosis de N promovieron mayor acumulación de MS en paja pero este aumento no fue en la misma magnitud para el grano.

Lo contrario ocurrió para Parao que con dosis de N más altas genera una respuesta menos positiva en el aumento en MS en paja que EP 144. Este hecho asociado a rendimientos similares explica las diferencias en IC observadas para ambas variedades como se puede observar en la figura No. 8.

Figura No. 8. MS (kg/ha) de paja de arroz a cosecha y rendimiento en grano de arroz (kg/ha) de las variedades Parao y EP 144 según las dosis de N



4.8. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

4.8.1. Panojas por metro cuadrado

Al realizar el análisis de varianza, se obtuvieron diferencias significativas ($P=0.044$) para el factor variedad. Los resultados mostraron que EP 144 obtuvo un 13% más de panojas/m² frente a Parao (567 vs 494 respectivamente).

El factor densidad presentó diferencias significativas ($P=0.007$) para las distintas densidades estudiadas. Las diferencias estuvieron marcadas entre la densidad más alta (D4) y la más baja densidad (D1), donde la primera logró 562 panojas/m² y la segunda 510 panojas/m² (ver cuadro No. 5).

Cuadro No. 5. Panojas de arroz (m^2) a cosecha para el promedio de las variedades Parao y EP 144 según las densidades de siembra

DENSIDAD	Panojas/ m^2
D4	562 A(*)
D3	538 AB
D2	516 AB
D1	510 B

(*) Lo/s valor/es seguido/s por la/s misma/s letra/s no difieren estadísticamente según Test de Tukey al 5% para los 4 registros.

Al igual que en etapas anteriores, en las cuales las distintas dosis de N presentaron significancia para la variable número de tallos, al estudiar el número de panojas/ m^2 también se observó como este factor presenta diferencias significativas en dicho componente. De esta manera los resultados obtenidos indicaron que con dosis de N de 50, 100 y 150 kg/ha se lograron mayor número de panojas que el tratamiento sin N (ver cuadro No. 6). Gago y Tarán (1993), encontraron diferencias significativas frente al incremento de las dosis de N, aumentando significativamente el número de panojas/ m^2 . Estos autores observaron un aumento lineal promedio de 62 panojas/ m^2 por cada 100 kg de N aplicado para la variedad Bluebelle (japónica tropical como Parao) y EP 144.

Cuadro No. 6. Panojas de arroz (m^2) a cosecha para el promedio de las variedades Parao y EP 144 según las dosis de N

N (kg/ha)	Panojas/ m^2
100	565 A(*)
150	560 A
50	522 A
0	473 B

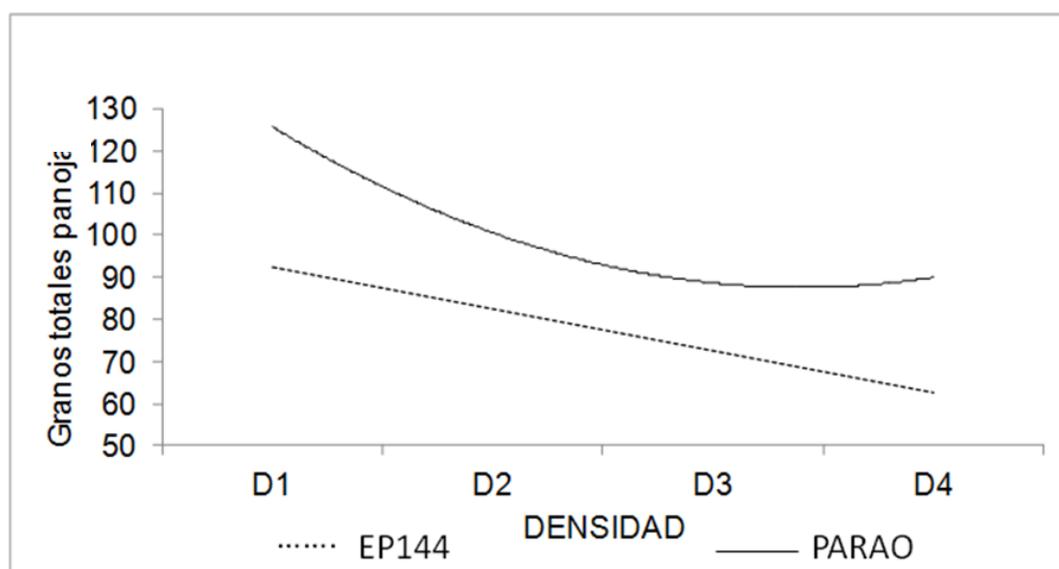
(*) Lo/s valor/es seguido/s por la/s misma/s letra/s no difieren estadísticamente según Test de Tukey al 5% para los 4 registros.

4.8.2. Granos totales por panoja

Al estudiar los granos totales/panoja los resultados del análisis de varianza marcaron una fuerte diferencia significativa ($P < 0,0001$) para el factor densidad, y también se apreció una interacción significativa ($P = 0,013$) entre las variedades y densidad. La variedad Parao con D1 es la que presentó mayor número de granos totales por panoja mostrando diferencias estadísticas con respecto al resto de las densidades. Lo observado se corresponde con un

mecanismo de compensación, aumentando el número de granos por unidad de superficie cuando se utilizan bajas densidades con las que se obtiene un bajo número de panojas/m². Según Deambrosi et al. (1994), este fenómeno es propio de las variedades tipo japónica tropical. Batista et al. (1985), obtuvieron con variedades similares a Parao, una respuesta de disminución constante en el número de granos totales/panoja al aumento de la densidad. Por el contrario, EP 144 no presentó este mecanismo de compensación ya que no se vió afectado el número de granos totales/panoja al variar la densidad (ver Figura No. 9).

Figura No. 9. Número de granos totales/panoja de las variedades Parao y EP 144 según las densidades de siembra



$$\text{Parao: } y=158-0.26x+0.00024x^2$$

$$R^2=0.39$$

$$n=48$$

$$P=0.0201$$

$$\text{EP 144: } y=101,16-0.06x$$

$$R^2=0.25$$

$$n=48$$

$$P=0.0004$$

4.8.3. Peso de mil granos

Las variedades por si solas no presentaron diferencias estadísticas en cuanto al PMG, pero si se encontró para el mismo una respuesta diferente de las variedades interaccionando con las densidades ($P < 0.0001$) y con la fertilización nitrogenada ($P < 0.0001$).

En Parao la variación en las densidades no tuvo efecto estadísticamente significativo en el PMG a diferencia de lo observado para EP 144. Esta última variedad, frente a menores densidades, logró el mayor PMG lo que podría deberse a que el número de panojas/m² fue creciente al aumentar la densidad, manteniendo por otro lado el número de granos/panoja.

El aumento en el PMG en la D1 de la variedad EP 144 se podría relacionar con el menor número de panojas/m² que presentó la misma, teniendo en cuenta también que el número de granos totales/panoja se mantiene indiferente.

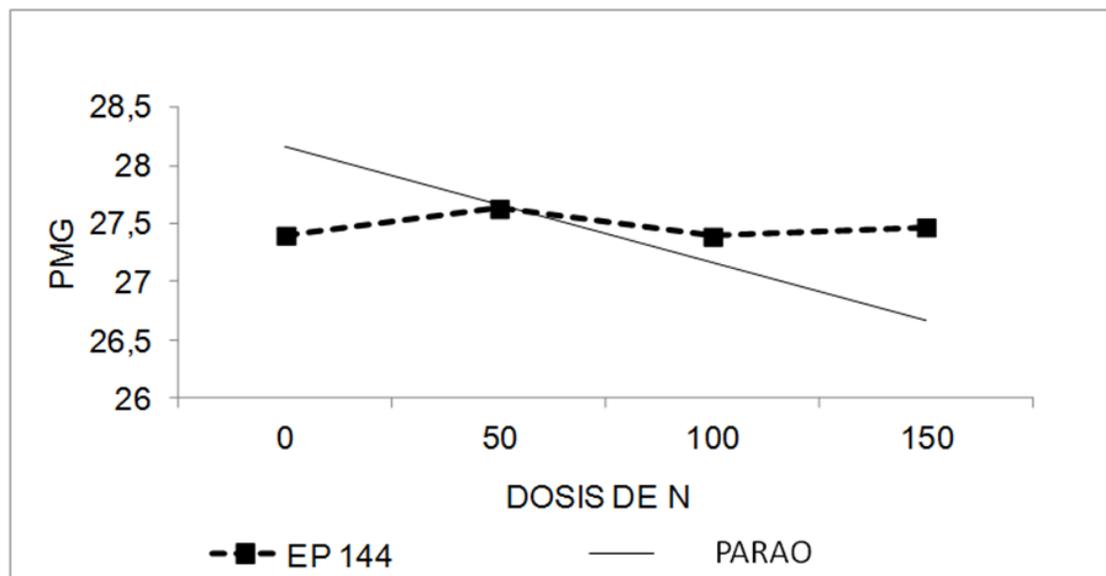
Cuadro No. 7. Peso de mil granos de la interacción variedad por densidad de siembra

DENSIDAD	EP 144	PARAO
D1	28,06 A(*)	27,30 BC
D2	27,38 BC	27,37 BC
D3	27,35 BC	27,49 BC
D4	27,10 C	27,68 AB

(*) Lo/s valor/es seguido/s por la/s misma/s letra/s no difieren estadísticamente según Test de Tukey al 5% para los 8 registros.

La dosis de N generó un efecto diferente del factor variedad en su respuesta en PMG. En tal sentido, Parao mostró un descenso en el PMG frente a aumentos en la dosis de N mientras que en EP 144 no se observaron diferencias asociadas a este factor.

Figura No. 10. Variación en el PMG para las variedades Parao y EP 144 según dosis de N utilizadas



Parao: $y=28,16-0.01x$

$R^2=0.61$

$n=48$

$P<0.0001$

4.8.4. Porcentaje de esterilidad

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas solo para el factor variedad ($P<0.0001$). Los resultados demuestran que EP 144 mostró mayor % E con respecto a Parao. La diferencia entre estas dos variedades fue de 5.18%, siendo 13.56% para EP 144 y 8.38% para Parao.

En este trabajo no concuerda con lo estudiado por Batista et al. (1985), ya que no obtuvieron diferencias significativas entre las variedades por ellos evaluadas. Por otro lado, estos autores sí obtuvieron diferencias significativas con las distintas dosis de N. Sus resultados muestran que a mayores niveles de N, mayor % E.

5. CONCLUSIONES

Desde el punto de vista agronómico se acepta la hipótesis nula. El manejo de la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada de la variedad Parao a nivel de rendimiento no difiere del manejo realizado para EP 144.

El manejo de la dosis de N solo manifestó un efecto simple en el rendimiento, presentando las variedades el mismo tipo de respuesta, en tal sentido, el aumento en la dosis de N tuvo un efecto positivo en el rendimiento en grano hasta el nivel de fertilización de 100 kg N/ha, no presentando diferencias estadísticas con la dosis de 150 kg N/ha. Por otro lado el máximo físico y económico se encuentra con 145 y 128 kg N/ha respectivamente.

La variación poblacional determinada por las diferentes densidades de siembra no hizo deferente la respuesta en rendimiento de las variedades, no presentándose ningún tipo de interacción entre estas con la densidad ni con el N, este efecto simple determinó que, un aumento en la población lograda tuvo un resultado positivo en el aumento de rendimiento en grano hasta la población de 153 plantas/m² resultante de la D2, a partir de esta población los rendimientos se mantuvieron estables en las 2 variedades.

La capacidad de acumular materia seca en etapas avanzadas del cultivo fue diferente entre las variedades, determinándose Parao con mayor índice de cosecha diferente a EP144. Para este índice se obtuvo una respuesta diferencial de las variedades en función de la densidad y del N, en tal sentido, aumentos poblacionales a partir de la densidad en Parao produjo mayores índices de cosecha que en EP 144. En función del aumento de N EP 144 presentó un descenso en el índice de cosecha mientras que a Parao le fue indiferente.

A nivel de componentes del rendimiento las variedades presentan diferencia ante el manejo de la densidad de siembra y del nivel de fertilización nitrogenada. A baja población inicial lograda EP 144 se diferencio logrando mayor número de panojas por metro cuadrado mientras que Parao lo hizo además por un aumento en el número de granos totales por panoja.

6. RESUMEN

El ajuste de la densidad de siembra y la dosis de nitrógeno es una práctica habitual previa a la liberación de un nuevo material a nivel comercial. En la zafra 2011/2012 se instaló un ensayo en el paraje Los Arroyitos, departamento de Rocha cuyo objetivo fue evaluar la respuesta en rendimiento y comportamiento agronómico del nuevo cultivar de arroz Parao bajo distintas dosis de fertilizante nitrogenado y densidades de siembra. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar de parcela dividida con tres repeticiones, en un arreglo factorial de cuatro dosis de nitrógeno (0, 50, 100, 150 kg N/ha) y cuatro densidades (D1, D2, D3, D4) corregidas por número de semillas viables (143, 309, 475, 641 sv/m²) para 2 variedades, Parao, y El Paso 144 tomado como testigo tecnológico. Se realizaron muestreos a emergencia, elongación de entrenudos, 50% de floración, y cosecha. Se determinó el número y % de recuperación de plantas logradas, los tallos m²⁻¹, la acumulación de materia seca (kg/ha), el área foliar, el % de nitrógeno y la absorción de N (kg/ha). A cosecha se midió el rendimiento (kg/ha) y los componentes de este, así como el índice de cosecha. No se encontraron diferencias en el rendimiento en grano entre las variedades evaluadas. Se encontró un aumento de los rendimientos hasta los 100 kg N/ha, y a partir de la densidad de siembra 2 el rendimiento se mantuvo estable. Las variaciones en densidad de siembra y N no provocaron en la etapa vegetativa cambios importantes en Parao pero sí en EP 144, aspecto esperable en variedades modernas vs. antiguas. El IC de Parao fue estable y más alto que el de EP 144. Las diferencias en componentes de rendimiento observadas fueron equilibradas por efectos compensatorios de cada variedad las que rindieron de igual manera.

Palabras clave: *Oryza sativa* L; Arroz; Nitrógeno; Densidad; Dosis; Rendimiento; Índice de Área Foliar; Componentes del rendimiento.

7. SUMMARY

The adjust of the planting density and nitrogen rate is a common practice previous to the release of a new variety commercially. In the 2011/2012 harvest year in Los Arroyitos locality whose objective was to evaluate the response to yield and agronomic performance of new rice cultivar Parao under different doses of nitrogen fertilizer and planting density was installed. A randomized complete block design of split plot with three replicates was used, with a factorial arrangement of four doses of nitrogen (0, 50, 100, 150 units of N/ha) and four densities (D1, D2, D3, D4) corrected for number of viable seeds (142, 309, 475, 641 viable seeds/m²) for two varieties; Parao and El Paso 144 taken as technological sample. Different types of samples were taken to emergency, internode elongation, 50% flowering and harvest. I was determined the number and % recovery achieved, the stalks/m², the dry matter accumulation(kg/ha), the foliar area, nitrogen percentage and N uptake (kg/ha) Determinations of yield and yield components were measures, as well as harvest index. No differences in yield performance were found between varieties evaluated. An increase in yields was found to the 100 kg N/ha , from second density. Changes in planting density and N were significant changes in vegetative stage in EP 144 but not in Parao, expected aspect of modern varieties vs. old . The yield performance was stable and Parao harvest index remained stable and higher than EP 144.

Keywords: *Oryza sativa* L; Rice; Nitrogen; Density; Dose; Yield; Leaf Area Index; Yield Components.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ÁVILA, S.; BLANCO, P.; CHEBATAROFF, N. 1980. Nuevos cultivares de arroz en certificación. Miscelánea CIAAB. no. 65. 10 p.
2. BACON, P. E.; LEWIN, L.G.; Mc GARTY, J. W.; HOULT, E. H. ALTER, D. 1989. The effect of stubble management and N fertilization practices on the nitrogen economy under intensive rice cropping. Australian Journal of Soil Research. 27: 685-698.
3. BATISTA, M. L.; NIETO, C. H.; SALDAIN, N. E. 1985. Evaluación de la respuesta de cultivares de arroz de diferente tipo de plantas a niveles crecientes de nitrógeno en distintas de siembra. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 2 v., 306 p.
4. BLANCO, P.; MOLINA, F.; ÁVILA, S.; PÉREZ, F.; LAVECHIA, A.; BONNECARRÉRE, V. 2010. Comportamiento de L5502. In: Arroz; resultados experimentales 2009-2010. Montevideo, INIA. cap. 7, pp. 1-8 (Actividades de Difusión no. 611).
5. BONNECARRÉRE, V.; CAPDEVILLE, F.; BLANCO, P. 2009. Marcadores moleculares para la identificación de líneas y cultivares portadores de genes de resistencia a *Pyricularia grisea*. In: Arroz; resultados experimentales 2008-2009. Montevideo, INIA. cap. 7, pp. 54-56 (Actividades de Difusión no. 571).
6. BUENO, W.; ONOFRE, M. 2004. Adubação e colagem para a cultura do arroz irrigado. In: Da Silva Gomes, A.; Martins de Magalhães Junior, A. eds. Arroz irrigado no sul do Brasil. Brasília, D. F., EMBRAPA. pp. 259-302.
7. _____; GOMES, A.; FERREIRA, L.; DUTRA, R.; RIBEIRO, D.; WINKLER, A.; CHIARELO, C. 2007. Respostas de duas novas cultivares de arroz irrigado; BRS Querência e BRS Fronteira, a doses de nitrogenio. In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado (27ª., 2007, Pelotas, RS). Anais. Pelotas, EPAGRI/CNPQ. pp. 536-539.
8. CASTERA, F.; DEAMBROSI, E.; MÉNDEZ, R.; ROEL, A. 2000. Momento de inundación y respuesta a nitrógeno. In: Arroz; resultados experimentales 1999-2000. Montevideo, INIA. cap.4, pp.1-25 (Actividades de Difusión no. 224).

9. CASTILLO, J.; MÉNDEZ, R.; TERRA, J. 2012. Indicadores para la recomendación de fertilización del cultivo de arroz. Resultados preliminares. In: Arroz; resultados experimentales 2011-2012. Montevideo, INIA. cap.3, pp.4-10 (Actividades de Difusión no. 686).
10. CHANDLER, R. F. Jr. 1979. Rice in the tropics: a guide to the development of national programs. Westview, CO, USA, Interagriculture Development Service. 256 p.
11. CHEBATAROFF, N. 1980. Variedades de arroz en certificación en el país. Miscelánea CIAAB. no. 26. 29 p.
12. _____. 2012. Arroz uruguayo. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 61-133.
13. DE BATTISTA, J. J. 2006. Fertilización del arroz con NPK en Entre Ríos. In: Benavides, R. A. ed. El arroz; su cultivo y sustentabilidad en Entre Ríos. Concepción del Uruguay, Universidad Nacional de Entre Ríos. pp. 379-385.
14. DE DATTA, S. K. 1981. Principles and practices of rice production. New York, Wiley. 618 p.
15. DEAMBROSI, E.; MÉNDEZ, R.; ÁVILA, S. 1994. Respuesta de cultivares de arroz a densidades de siembra en diferentes niveles de fertilización nitrogenada. In: Arroz; resultados experimentales 1993 -1994. Tomo I. Montevideo, INIA. cap.2, pp.2-14. (Actividades de Difusión no. 25).
16. _____.; _____. 1998. Fertilización. In: Arroz; resultados experimentales 1997 -1998. Montevideo, INIA. cap.6, pp.1-18 (Actividades de Difusión no. 166).
17. _____.; _____.; ÁVILA, S. 2004. Fertilización. In: Arroz; resultados experimentales 2003-2004. Montevideo, INIA. cap.3, pp.16-19 (Actividades de Difusión no. 373).
18. _____.; _____.; _____. 2005. Fertilización. In: Arroz; resultados experimentales 2004-2005. Montevideo, INIA. cap.3, pp.1-5 (Actividades de Difusión no. 418).

19. _____.; _____.; _____. 2006. Fertilización. Manejo de suelos y nutrición vegetal. In: Arroz; resultados experimentales 2005-2006. Montevideo, INIA. cap. 5, pp.1-8 (edición de emergencia).
20. _____.; _____. 2007. Respuesta de cultivares de arroz de tipo indica a densidades de siembra y aplicaciones de nitrógeno en la zona este de Uruguay. Montevideo, INIA. 36 p. (Serie Técnica no. 167).
21. _____.; _____. 2009. Coberturas nitrogenadas para la producción de arroz. Parte I. Eficiencia de aplicación. Montevideo, INIA. 38 p. (Serie Técnica no. 179).
22. DEGIOVANNI, V. 2010. Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.). Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. t.1, cap. 4, pp. 38-40.
23. DIEKMANN, K. H.; DE DATTA, S. K.; OTTOW, J. C. G. 1993. Nitrogen uptake and recovery from urea and green manure in lowland rice measured by ¹⁵N and non-isotope techniques. *Plant and Soil*. 148: 91-99.
24. FAGERIA, N.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. 1997. Growth and mineral nutrition of field crop. New York, Marcel Dekker. 624 p.
25. _____.; _____. 2001. Lowland rice response to nitrogen fertilization. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 32:1405-1429.
26. _____.; SLATON, N. A.; BALIGAR, V. C. 2003. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. *Advances in Agronomy*. 80:63-90.
27. FERRÉS, J. C.; PIRIZ, M. D. 1989. Respuesta del arroz (variedad Bluebelle), a fechas de aplicación y fraccionamiento de la fertilización nitrogenada en Planosol Ocre de la Unidad Rio Branco. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 185 p.
28. GAGO, J. F.; TARÁN, R. L. 1993. Respuesta de tres cultivares de arroz a densidades de siembra en diferentes niveles de fertilización nitrogenada. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 146 p.

29. GAMARRA, G. 1996. Arroz; manual de producción. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 439 p.
30. GHOBRIAL, G. I. 1983. Response of irrigated dry seeded rice to nitrogen level, interrow spacing, and seeding rate in a semiarid environment. *International Rice Research Newsletter*. 8 (4): 27-28.
31. GRAVOIS, K. A.; HELMS, R. S. 1992. Path analysis of rice yield and yield components as affected by seeding rate. *Agronomy Journal*. 84 (1): 1-4.
32. HAYASHI, K.; TOKIDA, T.; YASHIMA, M.; ONO, K.; NAKAMURA, H.; HASEGAWA, T. 2014. Free-air CO₂ enrichment (FACE) net nitrogen fixation experiment at a paddy soil surface under submerged conditions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 98: 57-69.
33. HERNÁNDEZ, G.; LUCAS, T.; MOREIRA, G. 2012. Efecto del desarrollo de la canopia en el rendimiento de cultivares de arroz de alto potencial según densidad de siembra y fertilización nitrogenada. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 104 p.
34. JONES, D. B.; SNYDER, G. H. 1987. Seeding rate and row spacing effects on yield and yield components of drill-seeded rice. *Agronomy Journal*. 79 (4): 623-626.
35. LATHEEF, M.; GOVIND, M. 2007. Performance of dry seeded irrigated rice under different seed densities and nitrogen levels. *Crop Research*. 33 (1-3): 25-29.
36. LENA, R. E.; MAGALLANES, A. J. 1984. Efectos de los métodos de siembra, nitrógeno y densidades sobre el rendimiento y calidad industrial de la variedad Bluebelle en dos épocas de siembra. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 252 p.
37. LEMAIRE, G.; MILLARD, P.; 1999. An ecophysiological approach to fluxes in competing plants. *Journal of Experimental Botany*. 50 (330): 15-28.

38. MARZARI, V.; MARCHEZAN, E.; SOUZA DA SILVA, L.; KUSTER, S.; MACHADO, F.; RABAILOLO, E. 2005. Épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado no sistema convencional de semeadura de arroz irrigado. *Ciência Rural (Santa María)*. 35 (5): 1199-1193.
39. MENEZES, V.; SILVA, P. 1998. Manejo de arroz vermelho através do tipo de arranjo de plantas em arroz irrigado. *Planta Daninha*. 16 (1): 45-58.
40. MIKKELSEN, D. S. 1987. Nitrogen budget in flooded soils used for rice production. *Plant and Soil*. 100(1-3): 71-97.
41. MOLINA, F.; BLANCO, P.; PÉREZ, F.; SILVERA, W. 2009. Evaluación de cultivares en fajas. *In: Arroz resultados experimentales 2008-2009*. Montevideo, INIA. cap. 7, pp. 56-59 (Actividades de Difusión no. 571).
42. MORAES, J. F. V.; FREIRE, C. J. S. 1974. Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em quatro solos submetidos a inundação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 9:35-43.
43. MOREL, D.; MIURA, L. 2007. Adubação nitrogenada em pos semeadura do arroz irrigado pregerminado no sul de Santa Catarina- resultados de três anos. *In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado (27ª., 2007, Pelotas, RS)*. Anais. Pelotas, EPAGRI/CNPQ. pp. 495-497.
44. MURATA, Y.; MATSUSHIMA, S. 1975. Rice. *In: Evans, L. T. ed. Crop physiology*. Cambridge, Cambridge University Press. pp. 73-99.
45. NORMAN, R. J.; WILSON, C. E.; SLATON, N. A. 2003. Soil fertilization and mineral nutrition in U.S. mechanized rice culture. *In: Smith, C. W.; Dilday, R. H. eds. Rice; origin, history, technology, and production*. Hoboken New Jersey, Wiley. pp. 331-411.
46. PAIM, C. H.; FERREIRA DA SILVA, P. R.; GAEDKE, V.; TEICHMANN, L. L. 2003. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado a densidade de semeadura e a adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 38 (2): 233-241.

47. PEREIRA, O.; RIVAS, S. 1982. Efecto de densidades de siembra y niveles de nitrógeno en el rendimiento y calidad industrial del arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 153 p.
48. PERDOMO, J.; REVELLO, N. 1989. Respuesta del arroz a la fertilización en dos tipos de suelos en la zona arrocerá de Isidoro Noblia (Cerro Largo). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 3 v., 465 p.
49. PÉREZ, F.; BONNECARRÉRE, V.; ROSAS, J.; LÓPEZ, A.; RAMÍREZ, D.; BARRIOS, A. 2009. Respuesta a bajas temperaturas en estadios vegetativos de cultivares elite y avanzados del programa de mejoramiento genético de INIA. In: Arroz; resultados experimentales 2008-2009. Montevideo, INIA. cap. 8, pp.8-12 (Actividades de Difusión no. 571).
50. SACHET, P. F.; MARCHESAN, E.; DAL'COL LUCIO, A.; GROHS, M.; ROSSATO, T.; PEREIRA, F. 2009. Efeito do espaçamento entre linhas e densidade de sementeira na produtividade do arroz irrigado. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado (6o., 2009, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil). Resumos. Porto Alegre, EPAGRI/CNPQ. p. 4.
51. SOUSA, R.; GOMES, A.; MARTINS, J.; PEÑA, Y. 1993. Densidade de sementeira e espaçamento entre linhas para arroz irrigado no sistema plantio direto. Revista Brasileira de Agrociencia. 1 (2): 69-74.
52. STEINMETZ, S.; ROEL, A.; ASSIS, F. N. 1997. Risco de ocorrência de frio durante o período reprodutivo do arroz irrigado em regiões produtoras do Rio Grande do Sul e do Uruguai. In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado (22^a., 1997, Pelotas, RS). Anais. Pelotas, EPAGRI CNPQ. pp. 114-117.
53. TARÁN, J.; SILVEIRA, M. 2009. Respuesta de INIA Olimar, nuevo cultivar de arroz de tipo indica, a la aplicación de nitrógeno y a su fraccionamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 123 p.

9. ANEXOS**Plantas/m²**

Variable N R² R² Aj CV
pl/m² 24 0,93 0,89 12,11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	87040,00	9	9671,11	20,71	<0,0001
Variedad	1410,67	1	1410,67	3,02	0,1041
Densidad	67020,33	3	22340,11	47,84	<0,0001
Bloque	16668,00	2	8334,00	17,85	0,0001
Variedad*densidad	1941,00	3	647,00	1,39	0,2882
Error	6538,00	14	467,00		
Total	93578,00	23			

Número de tallos elongación de entrenudos

Variable N R² R² Aj CV
tallos EE 96 0,70 0,52 31,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6061000,42	35	173171,44	3,96	<0,0001
Variedad	1440600,00	1	1440600,00	22,99	0,0408
Bloque	4490,69	2	2245,34	0,05	0,9499
Variedad*bloque	125307,44	2	62653,72	1,43	0,2464
Densidad	803415,13	3	267805,04	6,13	0,0010
N	1891958,71	3	630652,90	14,44	<0,0001
Variedad*densidad	151824,83	3	50608,28	1,16	0,3332
Densidad*N	550035,13	9	61115,01	1,40	0,2091
Variedad*N	475043,25	3	158347,75	3,62	0,0179
Variedad*densidad*N	618325,25	9	68702,81	1,57	0,1443
Error	2621347,21	60	43689,12		
Total	8682347,63	95			

Materia seca en elongación de entrenudos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS EE	96	0,55	0,28	38,44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	25261391,66	35	721754,05	2,06	0,0069
Variedad	396165,51	1	396165,51	0,26	0,6619
Bloque	732860,65	2	366430,32	1,04	0,3583
Variedad*bloque	3069965,27	2	1534982,64	4,37	0,0169
Densidad	5394903,86	3	1798301,29	5,12	0,0032
N	5440947,95	3	1813649,32	5,17	0,0030
Variedad*densidad	2053961,45	3	684653,82	1,95	0,1310
Densidad*N	2286680,09	9	254075,57	0,72	0,6850
Variedad*N	2272523,53	3	757507,84	2,16	0,1023
Variedad*densidad*N	3613383,34	9	401487,04	1,14	0,3471
Error	21055194,08	60	350919,90		
Total	46316585,74	95			

Número de tallos a 50% floración

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
tallos 50%F	96	0,68	0,49	18,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1033413,82	35	29526,11	3,60	<0,0001
Variedad	167083,59	1	167083,59	45,76	0,0212
Bloque	6490,15	2	3245,07	0,40	0,6748
Variedad*bloque	7303,19	2	3651,59	0,45	0,6426
Densidad	265814,28	3	88604,76	10,81	<0,0001
N	383482,03	3	127827,34	15,60	<0,0001
Variedad*densidad	9411,86	3	3137,29	0,38	0,7658
Densidad*N	76767,68	9	8529,74	1,04	0,4192
Variedad*N	2097,11	3	699,04	0,09	0,9678
Variedad*densidad*N	114963,93	9	12773,77	1,56	0,1488
Error	491750,67	60	8195,84		
Total	1525164,49	95			

Materia seca a 50% floración

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS50%F	96	0,69	0,52	19,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	634624980,11	35	18132142,29	3,90	<0,0001
Variedad	144108979,66	1	144108979,66	220,26	0,0045
Bloque	2436302,20	2	1218151,10	0,26	0,7705
Variedad*bloque	1308518,01	2	654259,01	0,14	0,8691
Densidad	6581588,55	3	2193862,85	0,47	0,7033
N	343804868,51	3	114601622,84	24,63	<0,0001
Variedad*densidad	456766,06	3	152255,35	0,03	0,9920
Densidad*N	31524629,43	9	3502736,60	0,75	0,6595
Variedad*N	35741026,40	3	11913675,47	2,56	0,0633
Variedad*densidad*N	68662301,30	9	7629144,59	1,64	0,1245
Error	279164062,84	60	4652734,38		
Total	913789042,95	95			

IAF

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IAF	96	0,75	0,60	24,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	246,23	35	7,04	5,14	<0,0001
Variedad	55,21	1	55,21	79,38	0,0124
Bloque	0,78	2	0,39	0,28	0,7533
Variedad*bloque	1,39	2	0,70	0,51	0,6041
Densidad	13,17	3	4,39	3,21	0,0293
N	139,10	3	46,37	33,89	<0,0001
Variedad*densidad	1,56	3	0,52	0,38	0,7675
Densidad*N	12,48	9	1,39	1,01	0,4397
Variedad*N	6,27	3	2,09	1,53	0,2164
Variedad*densidad*N	16,27	9	1,81	1,32	0,2455
Error	82,10	60	1,37		
Total	328,33	95			

Nitrógeno absorbido

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N abs	96	0,65	0,44	23,88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	112890,55	35	3225,44	3,14	<0,0001
Variedad	12244,68	1	12244,68	39,01	0,0247
Bloque	2522,04	2	1261,02	1,23	0,3002
Variedad*bloque	627,71	2	313,85	0,31	0,7378
Densidad	4430,51	3	1476,84	1,44	0,2406
N	64119,53	3	21373,18	20,81	<0,0001
Variedad*densidad	1196,59	3	398,86	0,39	0,7618
Densidad*N	8714,25	9	968,25	0,94	0,4956
Variedad*N	6057,80	3	2019,27	1,97	0,1287
Variedad*densidad*N	12977,44	9	1441,94	1,40	0,2069
Error	61619,33	60	1026,99		
Total	174509,88	95			

Rendimiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rend	96	0,87	0,79	5,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	94536923,45	35	2701054,96	11,24	<0,0001
Variedad	1240103,34	1	1240103,34	1,16	0,3941
Bloque	5456067,27	2	2728033,64	11,35	0,0001
Variedad*bloque	2137884,44	2	1068942,22	4,45	0,0158
Densidad	3551159,86	3	1183719,95	4,92	0,0040
N	75973775,20	3	25324591,73	105,36	<0,0001
Variedad*densidad	1764543,11	3	588181,04	2,45	0,0725
Densidad*N	2076583,18	9	230731,46	0,96	0,4817
Variedad*N	1446805,28	3	482268,43	2,01	0,1226
Variedad*densidad*N	890001,76	9	98889,08	0,41	0,9242
Error	14421852,29	60	240364,20		
Total	108958775,74	95			

Índice de cosecha

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ind cos	96	0,70	0,52	4,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,06	35	1,8E-03	3,93	<0,0001
Variedad	0,03	1	0,03	36,84	0,0261
Bloque	1,5E-03	2	7,7E-04	1,66	0,1979
Variedad*bloque	1,6E-03	2	7,9E-04	1,70	0,1905
Densidad	1,1E-03	3	3,5E-04	0,77	0,5181
N	0,01	3	4,2E-03	8,98	0,0001
Variedad*densidad	4,8E-03	3	1,6E-03	3,44	0,0222
Densidad*N	0,01	9	5,7E-04	1,24	0,2912
Variedad*N	0,01	3	1,8E-03	3,86	0,0136
Variedad*densidad*N	2,6E-03	9	2,9E-04	0,63	0,7662
Error	0,03	60	4,6E-04		
Total	0,09	95			

Granos totales/panoja

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Gtotales	96	0,74	0,59	14,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	29916,13	35	854,75	4,85	<0,0001
Variedad	7455,37	1	7455,37	11,38	0,0777
Bloque	3095,08	2	1547,54	8,77	0,0005
Variedad*bloque	1309,75	2	654,87	3,71	0,0302
Densidad	9998,71	3	3332,90	18,90	<0,0001
N	163,54	3	54,51	0,31	0,8187
Variedad*densidad	2065,38	3	688,46	3,90	0,0129
Densidad*N	2652,37	9	294,71	1,67	0,1162
Variedad*N	754,21	3	251,40	1,43	0,2442
Variedad*densidad*N	2421,71	9	269,08	1,53	0,1598
Error	10581,83	60	176,36		
Total	40497,96	95			

Panojas/m²

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pan/m ²	96	0,65	0,44	11,26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	395071,79	35	11287,77	3,17	<0,0001
Variedad	129507,04	1	129507,04	21,18	0,0441
Bloque	8800,58	2	4400,29	1,23	0,2984
Variedad*bloque	12227,58	2	6113,79	1,71	0,1888
Densidad	47388,38	3	15796,13	4,43	0,0070
N	127893,79	3	42631,26	11,95	<0,0001
Variedad*densidad	16053,04	3	5351,01	1,50	0,2236
Densidad*N	20412,79	9	2268,09	0,64	0,7618
Variedad*N	10132,13	3	3377,38	0,95	0,4237
Variedad*densidad*N	22656,46	9	2517,38	0,71	0,7011
Error	213975,17	60	3566,25		
Total	609046,96	95			

_PMG

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pmg	96	0,72	0,55	1,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	25,50	35	0,73	4,33	<0,0001
Variedad	4,1E-03	1	4,1E-03	0,01	0,9153
Bloque	0,07	2	0,03	0,20	0,8229
Variedad*bloque	0,57	2	0,29	1,70	0,1911
Densidad	1,50	3	0,50	2,98	0,0385
N	6,64	3	2,21	13,15	<0,0001
Variedad*densidad	5,66	3	1,89	11,22	<0,0001
Densidad*N	2,69	9	0,30	1,78	0,0915
Variedad*N	6,97	3	2,32	13,82	<0,0001
Variedad*densidad*N	1,39	9	0,15	0,92	0,5130
Error	10,09	60	0,17		
Total	35,59	95			