

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de título**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE UNA NUEVA VARIEDAD DE ARROZ (*Oryza sativa L.*), SANDORA.**

**IGNACIO EGUILUZ BERMÚDEZ**

**Santiago, Chile**

**2017**

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de título**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE UNA NUEVA VARIEDAD DE ARROZ (*Oryza sativa L.*), SANDORA.**

**AGRONOMIC EVALUATION OF A NEW RICE VARIETY (*Oryza sativa L.*),  
SANDORA.**

**IGNACIO EGUILUZ BERMÚDEZ**

**Santiago, Chile**

**2017**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de título**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE UNA NUEVA VARIEDAD DE ARROZ (*Oryza sativa L.*), SANDORA.**

Memoria para optar al título profesional de:  
Ingeniero Agrónomo

**IGNACIO EGUILUZ BERMÚDEZ**

<b>Profesores Guías</b>	<b>Calificaciones</b>
Sr. Edmundo Acevedo Hinojosa Ingeniero Agrónomo, M.S. Ph.D.	5,0
Sra. Paola Silva Candia Ingeniero Agrónomo, M.S. Dra.	5,5
<b>Profesores Evaluadores</b>	
Sra. Cecilia Baginsky Guerrero Ingeniero Agrónomo, M.S. Dra.	5,3
Sr. Jaime Rodríguez Muñoz Ingeniero Agrónomo, M.S.	6,8

**Santiago, Chile**

**2017**

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	5
MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
Lugar de estudio.....	6
Diseño experimental.....	6
Métodos.....	7
Mediciones.....	8
Análisis estadístico.....	8
RESULTADOS.....	9
DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIONES.....	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27
ANEXOS.....	31

## RESUMEN

Chile necesita variedades de arroz (*Oryza sativa L.*) que se adapten mejor a las condiciones de clima, suelo y manejo del país, como por ejemplo variedades de ciclo más corto y de alto rendimiento que las existentes. En este sentido, la empresa Maqsarroz introdujo en Chile una nueva variedad de arroz, Sandora, proveniente de Hungría.

En esta memoria se estudió el efecto de la fecha de siembra, la dosis de nitrógeno y de semilla en las variables biomasa, rendimiento, peso 1.000 granos, granos por metro cuadrado, panículas por metro cuadrado, granos por panícula y porcentaje de granos llenos. Se utilizó un diseño estadístico de parcelas divididas en bloques completamente aleatorizados, la parcela principal fue la fecha de siembra, la sub-parcela la dosis de nitrógeno y la dosis de semilla ocupó la sub-sub-parcela.

Los resultados obtenidos muestran que una combinación correcta de fecha de siembra y dosis de nitrógeno permite alcanzar los mayores rendimientos. Una siembra temprana fertilizada con  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$  obtuvo el mayor rendimiento,  $9.3 \text{ Mg ha}^{-1}$ , lo que contrasta con una siembra tardía que también fue fertilizada con  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$ , pero en la que se obtuvo un rendimiento de  $6,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ . En lo que respecta a la dosis de semilla, independiente de las dosis utilizadas, cuando se complementó con  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$  en todos los casos se obtuvieron rendimientos entre  $7,3$  y  $7,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

## Palabras claves

Rendimiento, manejo, fecha de siembra, dosis de nitrógeno, dosis de semilla.

## ABSTRACT

Chile needs rice varieties (*Oryza sativa L.*) that better adapt to the climate, soil and management conditions of the country, for example, with shorter cycles and higher performance than what we have now. Maqzarroz Enterprises introduced in Chile a new rice variety, Sandora, provenant from Hungary.

In this research, different factors were studied, including sowing dates, nitrogen levels and seed amounts and their consequent effects in biomass, grain yield, 1000 grains weight, number of grains per square meter, panicles per square meter, grains per panicle, and percentage of whole grains. A split split plot design was used, subdivided in aleatory parcels, with the main plot for sowing dates, the next sub plot for nitrogen levels, and the last subdivided plot for seed amount.

The results show that a correct combination of the date of sowing and levels of nitrogen achieve the highest yield. A sowing early fertilized with 100 kg of N ha<sup>-1</sup> obtained the highest yield, 9.3 Mg N ha<sup>-1</sup>, in contrast with a late sowing also fertilized with 100 kg of N ha<sup>-1</sup>, but in wich a yield of 6.2 Mg of N ha<sup>-1</sup> was obtained. Regarding the seed dose, independent of the doses used, when supplemented with 100 kg N ha<sup>-1</sup> in all cases yields were obtained between 7,3 and 7,8 Mg ha<sup>-1</sup>.

## Key words

Yield, management, sowing date, nitrogen rate, seed rate.

## INTRODUCCIÓN

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial y el segundo cereal más cultivado después del maíz, alcanzando una producción total de 739,6 millones de toneladas durante el año 2015, siendo los mayores productores China, India e Indonesia (FAOSTAT, 2015). Las condiciones ambientales necesarias para su cultivo son extraordinariamente dispares y diferentes, pudiéndose cultivar globalmente desde el paralelo 36° al paralelo 47°, en condiciones de inundación permanente, de secano, a nivel del mar, a 2000 m.s.n.m. y en suelos de texturas arcillosas a arenosas, lo que lo hace un cultivo extremadamente versátil y adaptable a las condiciones locales de cada agricultor (Tinarelli, 1989).

En Chile, durante la temporada 2015-16 la superficie sembrada con arroz alcanzó las 26.540 ha, concentrándose principalmente en la región del Maule y en menor medida en la región del Bío Bío, con un 85,3% y un 14,7%, respectivamente, de la superficie total cultivada (COTRISA, 2014). La zona arroceras tiene clima mediterráneo marino y mediterráneo templado con noches frías. Los suelos en que se cultiva el arroz poseen mal drenaje debido a un subsuelo impermeable compuesto por tosca o fierrillo en el perfil, y/o por su alto contenido de arcilla (Alvarado, 2007). Las variedades más utilizadas en la producción nacional son de tipo japonico de grano largo ancho, como Diamante-INIA, Brillante-INIA y Zafiro-INIA, aunque también existen otras variedades de grano corto, como Oro y Quella, ambas desarrolladas por INIA (Barrios, 2009).

Durante el año 2009, producto de un convenio entre el Ministerio de Agricultura, las federaciones arroceras nacionales y el FLAR (Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego), se introdujo en Chile una nueva variedad de arroz procedente de Hungría, llamada Sandora. Esta variedad fue evaluada mediante ensayos experimentales por 5 años, período en el cual se pudo constatar características agronómicas prometedoras, tales como precocidad, alto rendimiento, bajo consumo de agua, entre otros atributos, que la convierten en una real alternativa a las variedades existentes en el mercado nacional (1).

Tras una revisión bibliográfica se puede señalar que, el manejo recomendado para las actuales variedades comerciales de arroz usadas en el país es, sembrar en el mes de octubre, dosis de nitrógeno entre 100 y 140 kg ha<sup>-1</sup> y dosis de semilla que fluctúan entre 120 y 150 kg ha<sup>-1</sup>, dependiendo del método de siembra utilizado por los agricultores (Alvarado, 2007; Hirzel, 2007; Hirzel, 2015; Paredes et al, 2015).

(1) Datos proporcionados por la empresa ejecutante, Maqsarroz LTDA, de acuerdo a ensayos realizados durante las temporadas 2009-10, 2010-11, 2011-2012, 2012-13, 2013-14.

En Chile, la fecha de siembra es un factor que tiene alta relevancia puesto que a medida que avanza el verano la disponibilidad de agua comienza a decaer fuertemente e interfiere con el objetivo de mantener una lámina de agua en el cultivo hasta la madurez del grano (Alvarado, 2007). Además, una siembra temprana de arroz, durante las tres primeras semanas de octubre, generalmente tiene mejor rendimiento que una siembra tardía, ya que permite que la planta llegue a la etapa de floración con valores de temperatura y radiación adecuados, al contrario de lo que sucede con las siembras tardías, en que la planta de arroz llega a floración cuando la temperatura y la radiación han comenzado a disminuir, lo que ocurre generalmente a inicios de febrero (Donoso y Paredes, 2015). En la medida que se siembra más tardíamente las temperaturas mínimas que debe enfrentar el arroz, especialmente en el período reproductivo, tienen efectos críticos sobre el rendimiento. Donoso y Paredes (2015) señalan que los principales efectos del frío en la etapa vegetativa y reproductiva son el retraso en el desarrollo del cultivo, la pérdida de plantas en el campo y la esterilidad floral, lo que finalmente se traduce en un menor número de granos por metro cuadrado y por lo tanto menor rendimiento.

Un aspecto clave a considerar para lograr el mayor rendimiento posible es hacer un buen manejo de la fertilización nitrogenada en los distintos estados de desarrollo de la planta de arroz (Samonte et al., 2006). Experimentos realizados por Quezada et al. (2013), demostraron que el nitrógeno tiene efectos significativos sobre el número de panículas por m<sup>2</sup>, altura de la planta, porcentaje de granos llenos y peso de 1000 granos.

En Chile la dosis de semilla de arroz recomendada por INIA fluctúa entre 120 a 140 kg ha<sup>-1</sup> y depende de factores tales como el uso de semilla corriente o certificada, la preparación de suelo, el método de siembra y el nivel de infestación de malezas (Alvarado, 2007). Experimentos realizados en Filipinas e India demostraron que el máximo rendimiento de granos en presencia de malezas se logró con dosis que fluctuaban entre los 95 y 125 kg semilla ha<sup>-1</sup> (Chauhan et al., 2011). Además, una óptima dosis de semilla permite tener una adecuada población de plantas, lo que provocará un cubrimiento uniforme del suelo, una alta intercepción de radiación y por lo tanto un buen rendimiento (Alvarado, 2007) y una mejor competencia frente a las malezas (Olsen et al., 2005; Zhao et al., 2007).



## **Objetivos**

### **Objetivo general.**

Estudiar los principales factores de manejo agronómico de la variedad de arroz Sandora.

### **Objetivos específicos.**

Evaluar el rendimiento de la variedad Sandora sembrada en 3 fechas de siembra, 4 dosis de nitrógeno y 3 dosis de siembra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este ensayo fue montado y ejecutado por la empresa Maqsarroz (2). Las mediciones de biomasa y rendimiento fueron aportadas por la empresa ejecutante, mientras que los datos de peso de 1.000 granos, granos  $m^{-2}$ , panículas  $m^{-2}$ , granos por panícula y porcentaje de granos llenos fueron recabados por el autor de esta memoria.

### Lugar de estudio

El ensayo se llevó a cabo durante la temporada 2014-15 en la Estación Experimental Santa Rosa ( $36^{\circ}18'34.94''S$ ;  $71^{\circ}58'22.38''O$ ; 162 m.s.n.m.), comuna de San Carlos, en la Región del Biobío. El predio tiene un clima templado mesotermal estenotérmico mediterráneo semiárido, caracterizado por temperaturas que varían entre una máxima en enero de  $30,3^{\circ}C$  y una mínima en julio de  $4,3^{\circ}C$ . El régimen hídrico tiene una precipitación invernal media de 917 mm y un período seco de 6 meses. Tiene una acumulación anual de 1.720 GD, con un período libre de heladas de 230 días y en promedio 30 heladas por año (Santibáñez, 1993). El suelo es un Inceptisol perteneciente a la serie Tiuquilemu (TQL – 1) fase textural franca (CIREN, 1999). Presenta topografía plana, con 0 a 2 % de pendiente, profundidad moderada (75 a 100 cm) y un drenaje imperfecto (Santis, 2005). Tiene una alta capacidad de retención de agua y un pH que varía entre 5,8 y 6,0 (Peña y Fernández, 1979).

### Tratamientos y diseño experimental

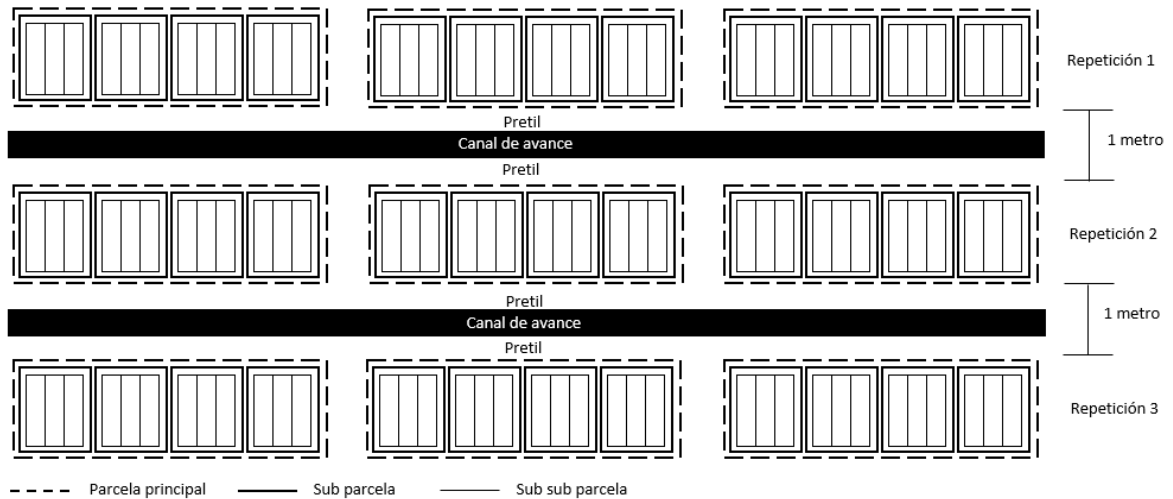
El ensayo contempló 36 tratamientos compuestos por 3 fechas de siembra (28 de octubre; 10 noviembre y 20 noviembre de 2014), 4 dosis de nitrógeno (0; 50; 100 y 200  $kg\ ha^{-1}$ ) y 3 dosis de semillas (80; 100 y 150  $kg\ ha^{-1}$ ) (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Factores del experimento con sus respectivos niveles.

Factores	Niveles
Fecha de siembra	28 octubre
	10 noviembre
	20 noviembre
Dosis de nitrógeno	0 $kg\ ha^{-1}$
	50 $kg\ ha^{-1}$
	100 $kg\ ha^{-1}$
	200 $kg\ ha^{-1}$
Dosis de semilla	80 $kg\ ha^{-1}$
	100 $kg\ ha^{-1}$
	150 $kg\ ha^{-1}$

(2) Dirección: Ruta 5 Sur km. 378, San Carlos, Región del Biobío. Fono: 422411190

El diseño experimental fue de parcelas divididas en bloques completamente aleatorizado y 3 repeticiones. El tamaño de las parcelas fue de 16m x 4m (parcela principal; fecha de siembra), 5m x 4m (Sub-parcela; dosis de nitrógeno) y 1m x 1m (Sub-sub parcela; dosis de semilla). La asignación de los factores a las parcelas se hizo considerando el factor que interesa estudiar con más precisión, en este caso, la dosis de semilla se asignó a la sub-sub parcela. La unidad experimental fue la sub-sub-parcela de 1m x 1m (Figura 1).



**Figura 1.** Distribución espacial del ensayo. Las figuras rodeadas por una línea punteada representan las parcelas principales y dentro de ellas, las de línea continua gruesa simbolizan las sub-parcelas de dosis de nitrógeno y, por último, dentro de éstas, las figuras rodeadas por una línea negra indican las sub-sub-parcelas correspondientes a la dosis de semilla. Los bloques se encontraban separados por un pretil de 50 cm de ancho por 40 cm de alto y un canal de regadío de 1 metro de ancho. Las parcelas principales se encontraban separadas entre ellas por un pretil.

### Métodos

La siembra se realizó en seco de forma manual, en un suelo previamente labrado con cincel a 15 cm de profundidad, rastra y nivelación láser a cota 0 en el mes de marzo y una pasada de cobra (Maschio 300) para mullir el suelo y preparar la cama de semilla a mediados de octubre. Para el control de malezas se aplicó una mezcla de glifosato ( $4 \text{ L ha}^{-1}$ ) y éter de alquilfenol, polietilenglicol y butil glicol ( $250 \text{ ml ha}^{-1}$ ) con una máquina de espalda. Posteriormente se aplicó Basagran ( $2 \text{ L ha}^{-1}$ ), Ricer ( $200 \text{ cc ha}^{-1}$ ) y Zoom ( $200 \text{ cc ha}^{-1}$ ). Para la fertilización se aplicó N-P-K, el nitrógeno en forma de urea parcializado a la siembra (5%), macolla (75%) e inicio de panícula (20%). Respecto al fósforo, se aplicaron 70 unidades en forma de superfosfato triple a la siembra y en el caso del potasio, 90 unidades en forma de cloruro de potasio parcializado, 60 unidades al momento de sembrar y 30 en inicio de panícula. Las parcelas se inundaron de forma permanente con una lámina de agua de 5 cm cuando las plantas alcanzaron el estado de quinto nudo (V5) (Counce et al., 2000).

### Mediciones

- Peso 1.000 granos. De la parte aérea trillada de cada manejo se seleccionaron y pesaron 250 granos previamente secados en estufa hasta peso constante. Con esta información se calculó posteriormente el peso de 1.000 granos (Anexo II).
- Granos  $m^{-2}$ . Se calculó a través de la relación entre el rendimiento y el peso seco de los granos.
- Panículas  $m^{-2}$ . Se contó el número de panículas utilizando un aro de  $0,10 m^2$ , 3 veces por unidad experimental, durante llenado de grano, que ocurre entre R5 y R6 (Counce et al., 2000) (Anexo II).
- Granos panícula<sup>-1</sup>. Terminada la etapa de madurez fisiológica, se sacaron al azar 3 panículas por unidad experimental y se contó el número de granos que hay en cada una de ellas.
- Porcentaje de granos llenos. Terminada la etapa de madurez comercial, se sacaron 3 panículas al azar de cada unidad experimental, se contó el número de granos vanos y el número de granos llenos. Con esta información se obtuvo el porcentaje de granos llenos (Anexo II).

### Análisis estadístico

El análisis de datos de todas las variables se llevó a cabo utilizando análisis de varianza (ANDEVA) y cuando se encontraron diferencias entre los tratamientos las medias se separaron a través de la prueba de DGC a un nivel de significancia del 5%, utilizando el programa estadístico Infostat. El modelo fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \tau_j + \tau_k + \tau_{ij} + \tau_{ik} + \tau_{jk} + \tau_{ijk} + \beta_l + PP_{i(l)} + SP_{ij(l)} + \epsilon_{ijk(l)}$$

Donde  $\mu$  corresponde a la media general,  $\tau_i$  el efecto del i-ésimo tratamiento,  $\tau_j$  el efecto del j-ésimo tratamiento,  $\tau_k$  el efecto del k-ésimo tratamiento,  $\tau_{ij}$  el efecto de la interacción fecha de siembra por dosis de nitrógeno,  $\tau_{ik}$  el efecto de la interacción fecha de siembra por dosis de semilla,  $\tau_{jk}$  el efecto de la interacción dosis de nitrógeno por dosis de semilla,  $\tau_{ijk}$  el efecto de la interacción fecha de siembra por dosis de nitrógeno por dosis de semilla,  $\beta_l$  el efecto del l-ésimo bloque,  $PP_{i(l)}$  el error de la i-ésima parcela principal en el l-ésimo bloque,  $SP_{j(l)}$  el error de la j-ésima sub-parcela en el l-ésimo bloque y  $\epsilon_{ijk(l)}$  al error de la sub-sub-parcela en el l-ésimo bloque.

## RESULTADOS

### Condiciones climáticas durante el ciclo de desarrollo

#### Radiación solar

Moquete (2010) indica que los mayores rendimientos en arroz se alcanzan con una radiación sobre los  $16 \text{ Mj m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  durante el desarrollo y formación de la panícula. El mismo autor sostiene que una baja radiación solar durante el período vegetativo afecta muy poco al rendimiento y sus componentes, sin embargo, en la fase reproductiva reduce notablemente el número de espiguillas. En este ensayo, el período de desarrollo y formación de la panícula se inició a finales de diciembre y se extendió por todo el mes de enero, período en el cual se registró una radiación promedio de  $27,5 \text{ Mj m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ .

La radiación solar a lo largo del ciclo de desarrollo se presenta de forma resumida en la figura 2.

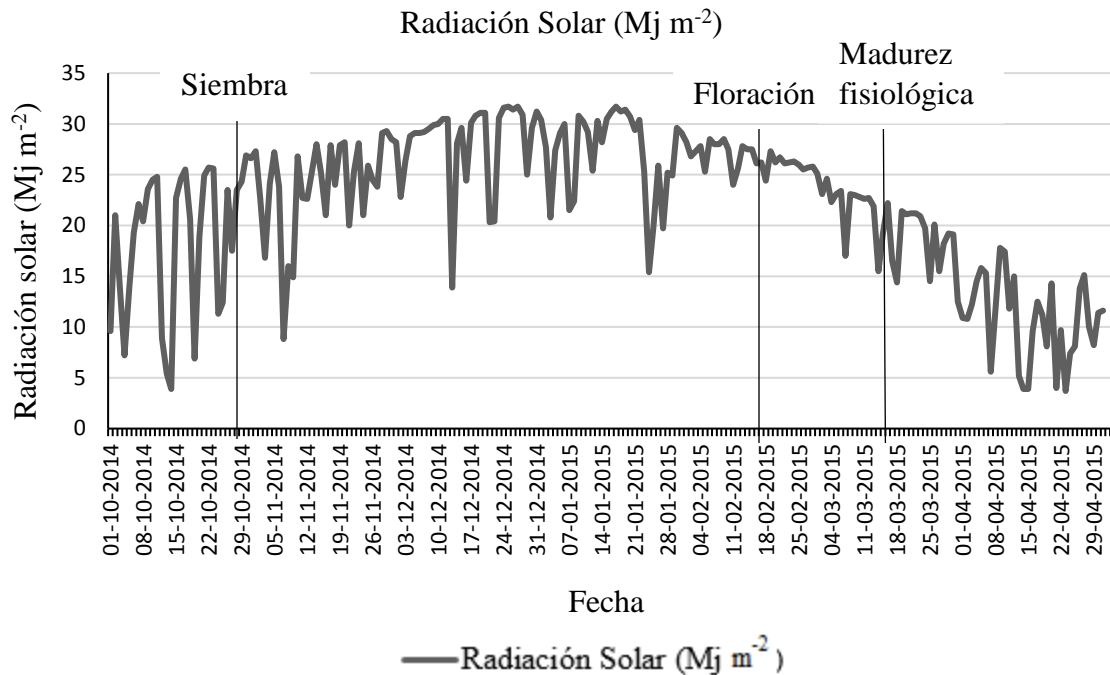


Figura 2. Radiación solar a lo largo del ciclo de desarrollo del cultivo de arroz. Los valores se obtuvieron de la estación meteorológica CE Arroz del INIA, ubicada en la comuna de San Carlos, VIII región. Los estados de floración y madurez fisiológica se determinaron de acuerdo a la escala de Counce *et al.*, (2000) y cuando al menos el 50% del cultivo observado se encontraba en dicho estado.

### Temperatura máxima y mínima

La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo de arroz oscila entre los 20 y 30°C, siendo la mínima crítica de 17°C durante la noche a partir del estado de macolla (Donoso y Paredes, 2015). En Chile, la temperatura a lo largo de todo el ciclo de desarrollo del cultivo de arroz es menor a la considerada óptima, siendo los períodos más críticos la germinación y el período reproductivo. En el caso de la germinación, es deseable que la temperatura promedio durante los primeros cinco días después de la siembra no sea menor a 15°C, ya que la población de plantas puede verse afectada, así como también el rendimiento (Alvarado, 2007). Para el período reproductivo, temperaturas medias menores a 20°C afectan el desarrollo y la viabilidad del grano de polen generando esterilidad floral (Donoso y Paredes, 2015). En este ensayo, desde el estado de macolla en adelante, la temperatura mínima siempre estuvo bajo la mínima crítica de 17°C, y solamente en 3 ocasiones se registró una temperatura mínima sobre los 15°C.

La temperatura máxima y mínima a lo largo del ciclo de desarrollo se presenta de forma resumida en la figura 3.

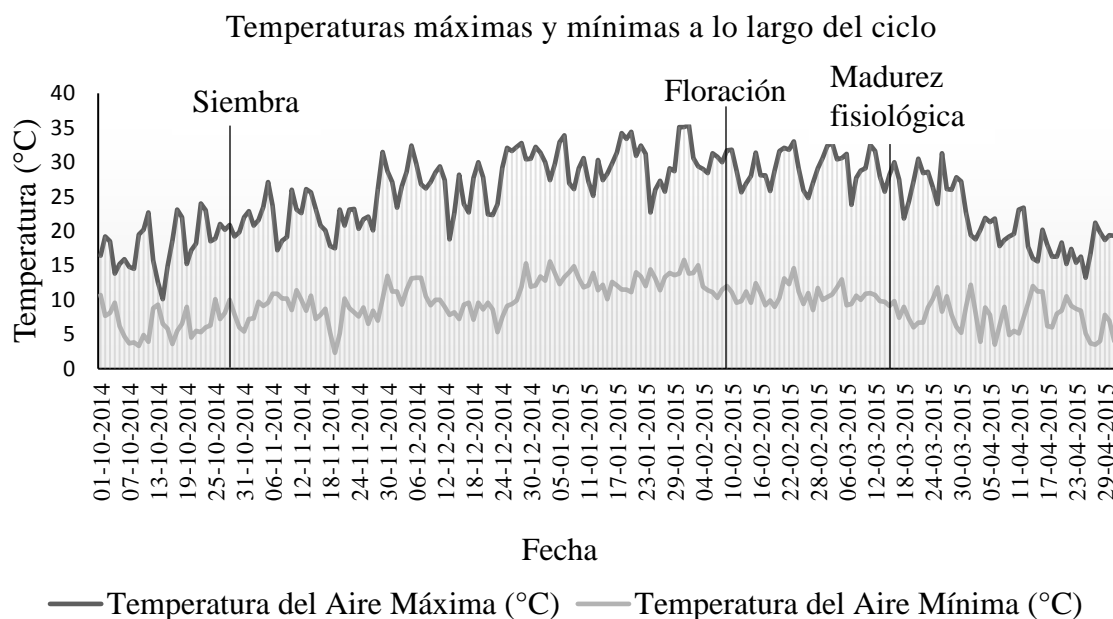


Figura 3. Temperaturas máximas y mínimas a lo largo del ciclo de desarrollo del arroz. Los valores se obtuvieron de la estación meteorológica CE Arroz del INIA, ubicada en la comuna de San Carlos, VIII región. Los estados de floración y madurez fisiológica se determinaron de acuerdo a la escala de Counce *et al.*, (2000) y cuando al menos el 50% del cultivo observado se encontraba en dicho estado.

## Rendimiento y Biomasa

### Rendimiento

Hubo interacción fecha de siembra\*dosis de nitrógeno y dosis de semilla\*dosis de nitrógeno estadísticamente significativa a un valor- $p < 0,05$  para la variable rendimiento (Anexo I). La interacción fecha de siembra\*dosis de nitrógeno explicó un 23,62% de la suma de cuadrados. En el caso de la interacción dosis de semilla\*dosis de nitrógeno, ésta explicó un 3,69% de la suma de cuadrados (Cuadro 2). Las figuras 4 y 5 muestran los efectos sobre el rendimiento de la interacción fecha de siembra\*dosis de nitrógeno y dosis de semilla\*dosis de nitrógeno, respectivamente.

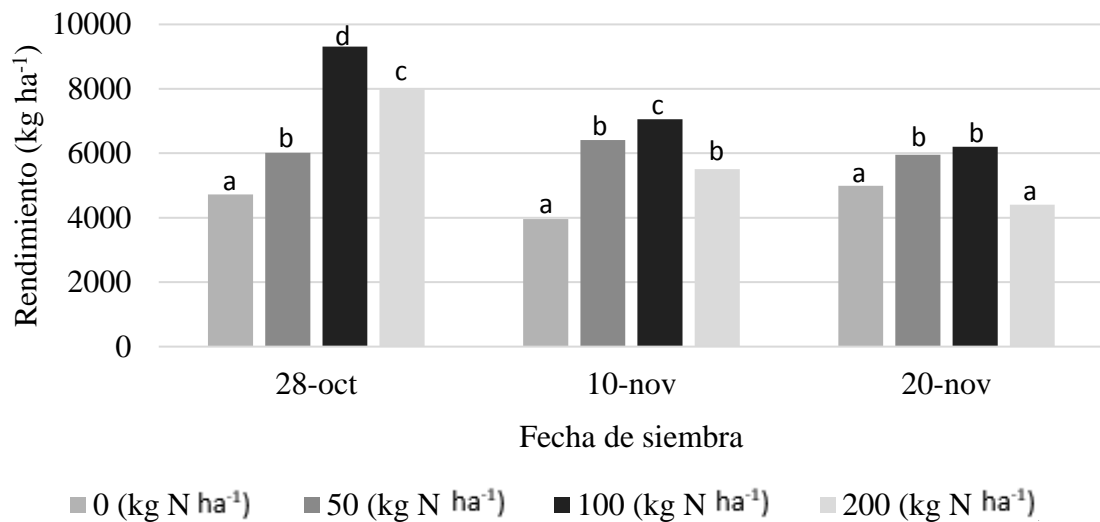


Figura 4. Efecto de la fecha de siembra y la dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de la variedad de arroz Sandora. Letras distintas en sentido horizontal indican diferencias estadísticamente significativas.

En la fecha de siembra temprana, 28 de octubre, se observó un aumento de rendimiento a medida que se aumentó la dosis de nitrógeno hasta alcanzar el rendimiento máximo con la dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup>, con una aplicación mayor de nitrógeno el rendimiento disminuyó, ocurriendo lo mismo cuando se sembró el 10 o 20 de noviembre. En la siembra realizada el 20 de noviembre, el rendimiento máximo se alcanzó con dosis de 50 y 100 kg N ha<sup>-1</sup>, no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre ellas.

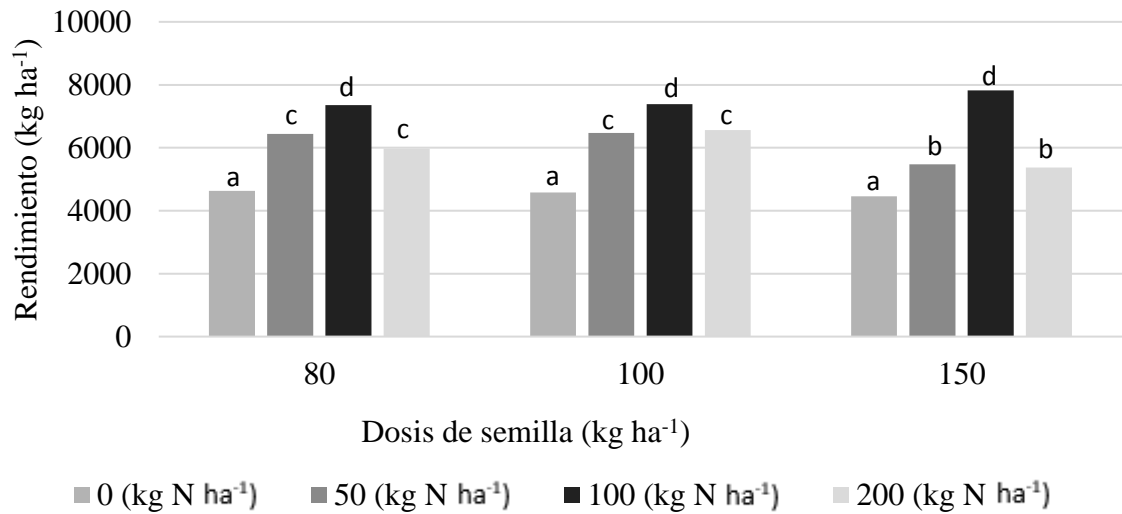


Figura 5. Efecto de dosis de semilla y dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de la variedad de arroz Sandora. Letras distintas en sentido horizontal indican diferencias estadísticamente significativas.

Se observó que independiente de la dosis de semilla utilizada, el mayor rendimiento se logró con dosis de 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Por otra parte, independiente de la dosis de semilla, dosis de 200 kg N ha<sup>-1</sup> provocó una reducción estadísticamente significativa.

Cuadro 2. Distribución de la suma de cuadrados (% SC) para rendimiento.

F.V.	%SC	
	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	
Fecha	20,37	**
DN	46,44	***
DS	1,60	*
DN*Fecha	23,62	***
DN*DS	3,69	*
Fecha*DS	1,20	ns
DN*Fecha*DS	3,08	ns

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001; ns: no significativo.

### Biomasa

En el caso de la biomasa, hubo interacción fecha de siembra\*dosis de nitrógeno\*dosis de semilla estadísticamente significativa a un valor-p<0,05 (Anexo I). Esta interacción explicó un 1,94% de la suma de cuadrados (Cuadro 4). El cuadro 3 muestra el efecto sobre la biomasa de la interacción fecha de siembra\*dosis de nitrógeno\*dosis de semilla.



Cuadro 3. Efecto de la fecha de siembra, dosis de nitrógeno y dosis de semilla sobre la biomasa.

Fecha de siembra	Dosis nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> )	Dosis semilla (kg ha <sup>-1</sup> )	Biomasa (kg ha <sup>-1</sup> )
28 octubre	0	100	9.000 a
28 octubre	0	80	9.900 b
28 octubre	0	150	10.533 b
28 octubre	50	150	13.133 c
28 octubre	50	80	14.833 c
28 octubre	50	100	15.100 c
28 octubre	200	80	18.233 e
28 octubre	200	100	19.367 e
28 octubre	100	100	21.133 f
28 octubre	200	150	21.633 f
28 octubre	100	80	23.533 g
28 octubre	100	150	24.800 g
10 noviembre	0	80	7.767 a
10 noviembre	0	150	8.633 a
10 noviembre	0	100	9.013 a
10 noviembre	100	100	12.867 c
10 noviembre	200	80	13.100 c
10 noviembre	200	150	14.233 c
10 noviembre	100	150	14.667 c
10 noviembre	50	150	15.300 c
10 noviembre	200	100	15.800 d
10 noviembre	100	80	16.667 d
10 noviembre	50	100	17.167 d
10 noviembre	50	80	17.367 d
20 noviembre	0	100	8.033 a
20 noviembre	0	150	8.033 a
20 noviembre	0	80	9.067 a
20 noviembre	200	100	13.933 c
20 noviembre	200	150	14.133 c
20 noviembre	200	80	14.300 c
20 noviembre	50	80	14.800 c
20 noviembre	50	150	15.133 c
20 noviembre	50	100	15.667 d
20 noviembre	100	150	16.333 d
20 noviembre	100	100	16.933 d
20 noviembre	100	80	17.233 d

Medias con letras distintas representan diferencias significativas según test DGC ( $p \leq 0,05$ ).

Con una fecha de siembra el día 28 de octubre la mayor cantidad de biomasa se obtuvo principalmente con dosis de 100 kg N ha<sup>-1</sup> y con una dosis de semilla que fluctuó entre 80 y

150 kg ha<sup>-1</sup>, seguido por dosis de 200 kg N ha<sup>-1</sup> con una dosis de siembra entre 80 y 100 kg ha<sup>-1</sup>. Finalmente, los peores valores se obtuvieron con dosis de 50 kg N ha<sup>-1</sup> y en aquellos tratamientos que no tuvieron nitrógeno. Para la fecha de siembra del día 20 de noviembre, en general, la mayor cantidad de biomasa se obtuvo con dosis de nitrógeno entre 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup>, con dosis de semilla entre 80 y 150 kg ha<sup>-1</sup>. En esta fecha, la dosis de nitrógeno de 200 kg ha<sup>-1</sup> tuvo un efecto negativo sobre la biomasa producida, independiente de la dosis de semilla utilizada. Los tratamientos que no tuvieron nitrógeno fueron los que registraron la menor cantidad de biomasa producida. En la fecha de siembra más tardía, los mayores registros de biomasa fueron alcanzados, en orden descendente, con dosis de 100, 50, 200 y 0 kg N ha<sup>-1</sup>, con dosis de semilla entre 80 y 150 kg ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 3. Distribución de la suma de cuadrados (% SC) para biomasa.

		%SC	
F.V.		Biomasa (kg ha <sup>-1</sup> )	
Fecha		12,27	***
DN		66,61	***
DS		0,06	ns
DN*Fecha		16,22	***
DN*DS		2,21	***
Fecha*DS		0,70	**
DN*Fecha*DS		1,94	***

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001; ns: no significativo.

### Componentes de rendimiento

#### Peso 1.000 granos

Hubo interacción fecha de siembra\*dosis de nitrógeno y fecha de siembra\*dosis de semilla estadísticamente significativa a un valor-p<0,05 para la variable peso 1.000 granos (Anexo I). La interacción fecha de siembra\*dosis de nitrógeno explicó un 24,75% de la suma de cuadrados. En el caso de la interacción fecha de siembra\*dosis de semilla, ésta explicó un 13,92% de la suma de cuadrados (Cuadro 4). Las figuras 6 y 7 muestran los efectos sobre el peso de 1.000 granos de la interacción fecha de siembra\*dosis de nitrógeno y fecha de siembra\*dosis de semilla, respectivamente.

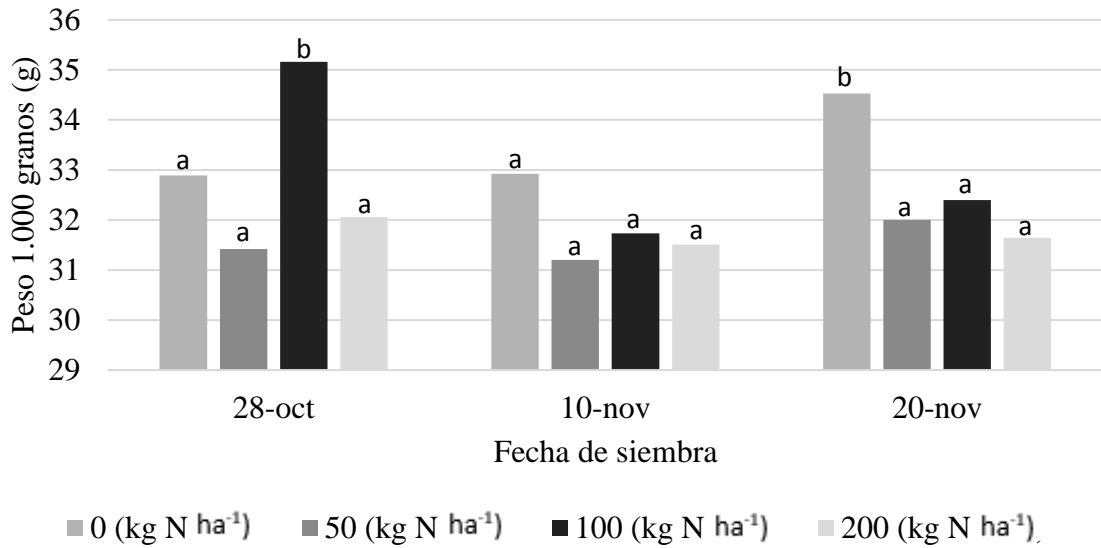


Figura 6. Efecto de la fecha de siembra y la dosis de nitrógeno sobre el peso de 1.000 granos de la variedad de arroz Sandora. Letras distintas en sentido horizontal indican diferencias estadísticamente significativas.

Cuando se sembró tempranamente, 28 de octubre, solamente la dosis de 100 kg N ha<sup>-1</sup> tuvo diferencias estadísticamente significativas con las otras dosis. Para siembras realizadas el 10 de noviembre la dosis de nitrógeno no provocó cambios en el peso de los 1.000 granos, mientras que en siembras realizadas el 20 de noviembre, la aplicación de nitrógeno independiente de la dosis usada provoca una reducción del peso de los 1.000 granos

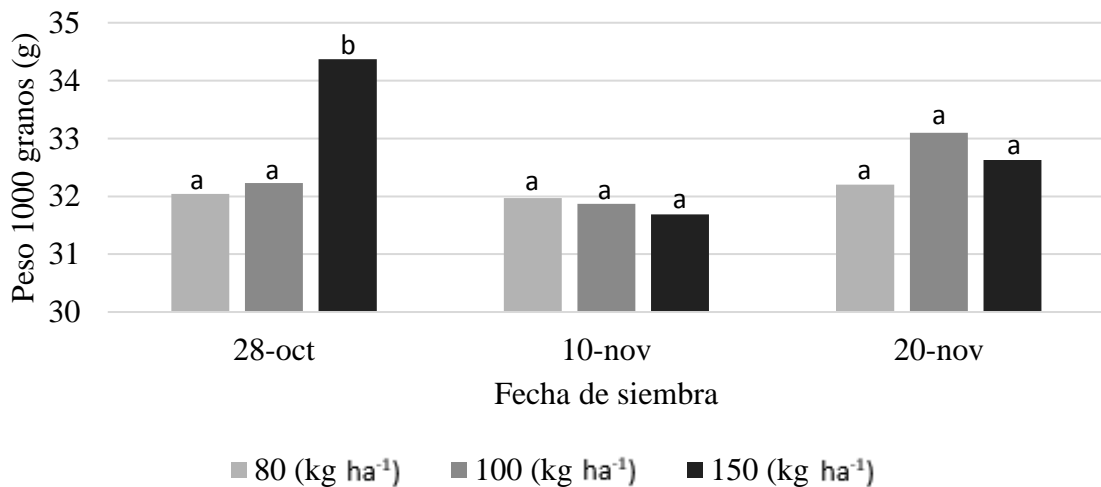


Figura 7. Efecto de la interacción entre fecha de siembra por dosis de semilla sobre el peso de 1.000 granos. Letras distintas en sentido horizontal indican diferencias estadísticamente significativas.

La dosis de semilla solo tuvo efecto en el peso de los 1.000 granos cuando se realizó la siembra el 28 de octubre. En las fechas de siembra posteriores la dosis de semilla no provocó ningún cambio en esta variable.

Cuadro 4. Distribución de la suma de cuadrados (% SC) para peso 1.000 granos.

%SC	
F.V.	Peso 1.000 granos (g)
Fecha	9,06 ns
DN	31,50 ***
DS	5,30 ns
DN*Fecha	24,75 *
DN*DS	7,44 ns
Fecha*DS	13,92 **
DN*Fecha*DS	8,02 ns

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$ ; ns: no significativo.

#### Granos $m^{-2}$

Hubo interacción fecha de siembra\*dosis de nitrógeno y dosis de semilla\*dosis de nitrógeno estadísticamente significativa a un valor- $p < 0,05$  para la variable granos  $m^{-2}$  (Anexo I). La interacción fecha de siembra\*dosis de nitrógeno explicó un 19,97% de la suma de cuadrados. En el caso de la interacción dosis de semilla\*dosis de nitrógeno, ésta explicó un 3,89% de la suma de cuadrados (Cuadro 5). Las figuras 8 y 9 muestran los efectos sobre los granos  $m^{-2}$  de la interacción fecha de siembra\*dosis de nitrógeno y dosis de semilla\*dosis de nitrógeno, respectivamente.

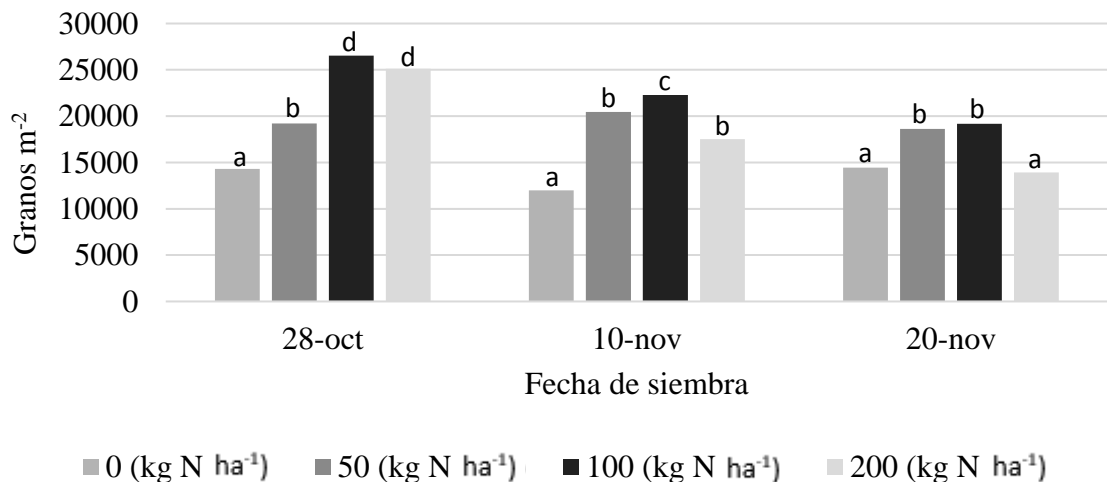


Figura 8. Efecto de la fecha de siembra y la dosis de nitrógeno sobre la producción de los granos  $m^{-2}$  en la variedad de arroz Sandora. Letras distintas en sentido horizontal indican diferencias estadísticamente significativas.

El comportamiento de los granos por metro cuadrado fue similar al rendimiento, con la única diferencia que en la siembra realizada el 28 de octubre los máximos valores de granos por metro cuadrado se obtienen tanto con dosis de 100 como de 200 kg N ha<sup>-1</sup>.

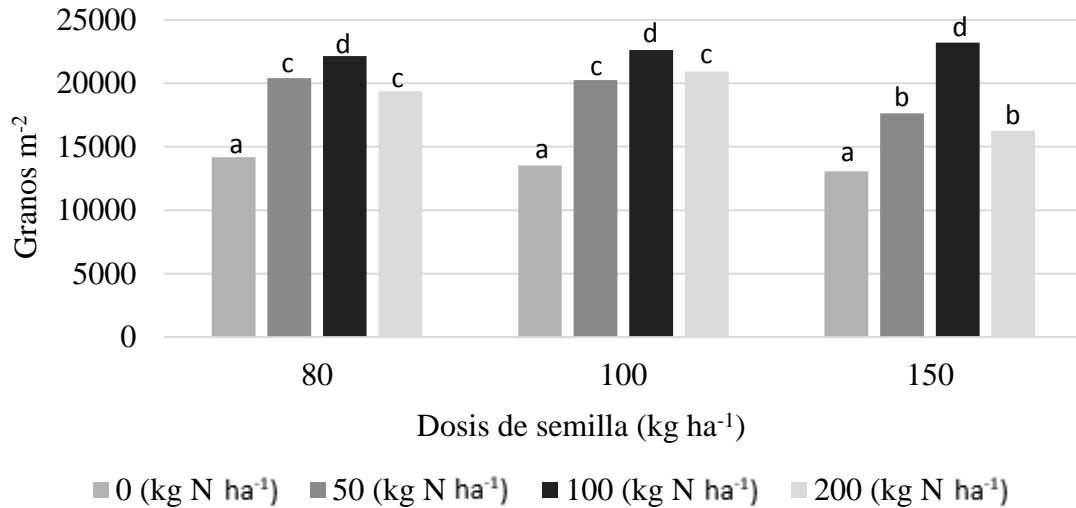


Figura 9. Efecto de la dosis de semilla y la dosis de nitrógeno sobre los granos m<sup>-2</sup> de la variedad de arroz Sandora. Letras distintas en sentido horizontal indican diferencias estadísticamente significativas.

En este caso se observó que independiente de la dosis de semilla el mayor número de granos m<sup>-2</sup> se logró con dosis de 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Por otra parte, independiente de la dosis de semilla, dosis de 200 kg N ha<sup>-1</sup> provocaron una reducción estadísticamente significativa en estas variables.

Cuadro 5. Distribución de la suma de cuadrados (% SC) para granos m<sup>-2</sup>.

F.V.	%SC	
	Granos m <sup>-2</sup>	
Fecha	18,42	**
DN	49,85	***
DS	2,88	**
DN*Fecha	19,97	***
DN*DS	3,89	*
Fecha*DS	1,08	ns
DN*Fecha*DS	3,91	ns

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001; ns: no significativo.

### Panículas m<sup>-2</sup>

Hubo interacción dosis de semilla\*dosis de nitrógeno estadísticamente significativa a un valor- $p < 0,05$  para la variable panículas m<sup>-2</sup> (Anexo I). La interacción dosis de semilla\*dosis de nitrógeno explicó un 12,10% de la suma de cuadrados (Cuadro 6). La figura 10 muestra los efectos sobre las panículas m<sup>-2</sup> de la interacción dosis de semilla\*dosis de nitrógeno.

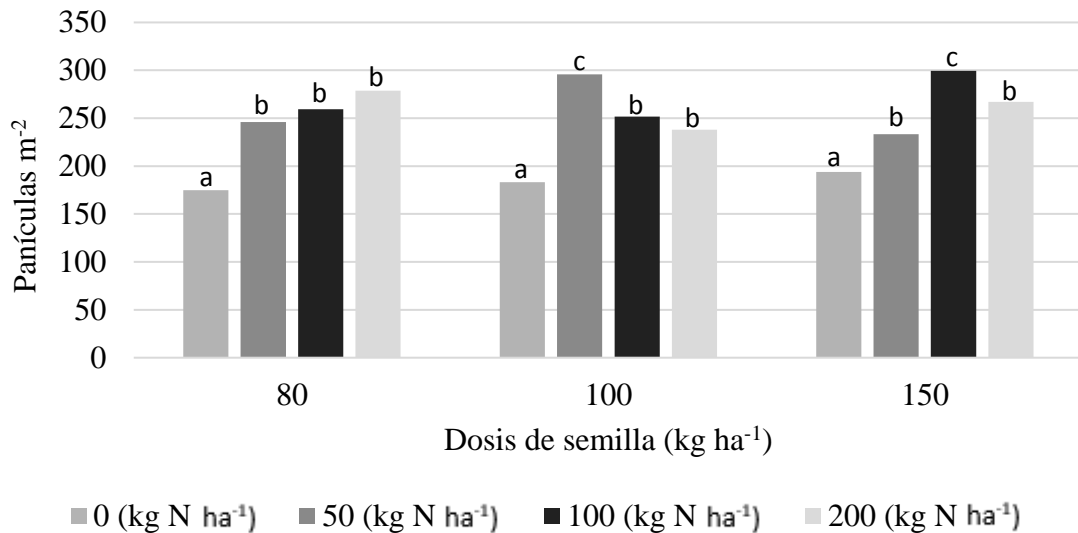


Figura 10. Efecto de la dosis de nitrógeno y dosis de semilla sobre las panículas m<sup>-2</sup> de la variedad de arroz Sandora. Letras distintas en sentido horizontal indican diferencias estadísticamente significativas.

Con dosis de semilla de 80 kg ha<sup>-1</sup> el mayor número de panículas se obtuvo aplicando nitrógeno, no encontrándose diferencia entre aplicar 50, 100 o 200 kg N ha<sup>-1</sup>. Cuando se utilizó una dosis de semilla de 100 kg ha<sup>-1</sup> el mayor número de panículas m<sup>-2</sup> se obtuvo con dosis de 50 kg N ha<sup>-1</sup>, seguido por dosis de 100 y 200 kg N ha<sup>-1</sup>. Con dosis de 150 kg semilla ha<sup>-1</sup> se observó que a medida que aumentaba la dosis de nitrógeno también aumentaba el número de panículas por metro cuadrado, sin embargo, esto ocurrió solo hasta los 100 kg N ha<sup>-1</sup>, dosis mayores redujeron el número de panículas por metro cuadrado.

Cuadro 6. Distribución de la suma de cuadrados (% SC) para panículas m<sup>-2</sup>.

F.V.	%SC	
	Panículas m <sup>-2</sup>	
Fecha	23,10	ns
DN	39,50	***
DS	0,40	ns
DN*Fecha	12,10	ns
DN*DS	12,10	**

Cuadro 6. Continuación.

		%SC	
F.V.		Panículas m <sup>-2</sup>	
Fecha*DS		2,10	ns
DN*Fecha*DS		10,70	ns

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001; ns: no significativo.

### Granos por panícula

Hubo efecto de la dosis de nitrógeno sobre los granos por panícula (Anexo I). La dosis de nitrógeno explicó un 81,70% de la suma de cuadrados para los granos por panícula (Cuadro 8). El cuadro 7 muestra los efectos de la dosis de nitrógeno sobre los granos por panícula.

Cuadro 7. Granos por panícula para distintas dosis de nitrógeno en arroz variedad Sandora.

Dosis nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> )	Granos por panícula
0	56,21 a
50	109,57 b
100	111,27 b
200	107,60 b
Coefficiente de variación	14,37%

Medias con letras distintas en sentido vertical representan diferencias significativas según test DGC ( $p \leq 0,05$ ).

Para los granos por panícula el mayor número se obtuvo aplicando nitrógeno, no encontrándose diferencias significativas entre las distintas dosis de nitrógeno aplicado.

Cuadro 8. Distribución de la suma de cuadrados (% SC) para granos por panícula.

		%SC	
F.V.		Granos por panícula	
Fecha		7,90	ns
DN		81,70	***
DS		0,20	ns
DN*Fecha		5,90	ns
DN*DS		1,00	ns
Fecha*DS		0,60	ns
DN*Fecha*DS		2,80	ns

\*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001; ns: no significativo.

Porcentaje de granos llenos

Hubo efecto de la dosis de nitrógeno sobre los granos llenos (Anexo I). La dosis de nitrógeno explicó un 59,20% de la suma de cuadrados para el porcentaje de granos llenos (Cuadro 10). El cuadro 9 muestra los efectos de la dosis de nitrógeno sobre los granos llenos.

Cuadro 9. Granos llenos para distintas dosis de nitrógeno en arroz variedad Sandora.

Dosis nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> )	Granos llenos (%)
0	95,47 b
50	90,89 a
100	91,33 a
200	90,83 a
Coeficiente de variación	3,20%

Medias con letras distintas en sentido vertical representan diferencias significativas según test DGC ( $p \leq 0,05$ ).

El porcentaje de granos llenos disminuyó cuando se aplicó nitrógeno, independiente de la cantidad aplicada.

Cuadro 10. Distribución de la suma de cuadrados (% SC) para porcentaje de granos llenos.

F.V.	%SC	
	Granos llenos (%)	
Fecha	3,50	ns
DN	59,20	***
DS	11,60	ns
DN*Fecha	2,6	ns
DN*DS	5,40	ns
Fecha*DS	5,10	ns
DN*Fecha*DS	12,70	ns

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$ ; ns: no significativo.



## DISCUSIÓN

En este experimento ha quedado de manifiesto que las variables medidas han sido afectadas principalmente por la fecha de siembra, la dosis de nitrógeno y la interacción entre estos dos factores.

Como se mencionó, la producción de arroz en Chile no tiene la temperatura óptima para el desarrollo del cultivo a lo largo de su ciclo, la que no debiese ser menor a 15°C en la noche ni menor a 20°C durante el día a partir de la etapa de macollamiento (Donoso y Paredes, 2015). En la práctica, esto no ocurre y el cultivo de arroz se desarrolla con temperaturas que no son las óptimas, y en ocasiones, inferiores a las que puede tolerar, lo que finalmente se traduce en una disminución en el rendimiento. Sin embargo, con una correcta elección de fecha de siembra se puede disminuir el riesgo y aumentar el rendimiento sin incurrir en un costo económico adicional. Ensayos realizados por Alvarado (2007) muestran que en siembras tempranas en que la temperatura es menor a 15°C por más de 5 días, la población de plantas puede sufrir un daño y por lo tanto disminuir el número de plantas por superficie. En tanto, en el período de floración, temperaturas menores a 19°C durante 5 días o más producen una alta esterilidad, la que aumenta mientras más bajas sea la temperatura.

### **Biomasa**

Los resultados de este estudio muestran que los tratamientos que fueron sembrados tempranamente, el día 28 de octubre, fueron los que acumularon la mayor cantidad de biomasa. En las fechas de siembra 10 y 20 de noviembre hubo una disminución en la cantidad de biomasa producida y entre ellas prácticamente no existió diferencia en la máxima biomasa alcanzada, lo que podría explicarse por la poca diferencia de días entre ambas fechas de siembra. Rawson y Gómez (2001) señalan que los procesos fisiológicos de la planta ocurren más rápidamente a medida que la temperatura aumenta entre una temperatura base y una temperatura óptima, de tal manera que mientras más temprano se siembre el cultivo más tiempo tendrá para acumular una mayor cantidad de materia seca.

El efecto del nitrógeno sobre la biomasa varió según la fecha de siembra y la dosis de semilla. Para la siembra realizada el 28 de octubre, las dosis de 100 y 200 kg N ha<sup>-1</sup> logró la mayor acumulación de biomasa, seguido de la dosis de 50 kg ha<sup>-1</sup> y en último lugar aquellos tratamientos en que no se aplicó nitrógeno. Sin embargo, en la fecha de siembra día 10 de noviembre, con la dosis de 50 kg N ha<sup>-1</sup> se alcanzó la mayor acumulación de materia seca por hectárea, por sobre los tratamientos con 100 y 200 kg N ha<sup>-1</sup>. Por último, en la fecha de siembra más tardía, la mayor biomasa se obtuvo con dosis de 100 kg N ha<sup>-1</sup>, seguido de las dosis de 50 y 200 kg N ha<sup>-1</sup> y en último lugar los tratamientos sin nitrógeno. Estos resultados no coinciden con los encontrados por Qiao et al. (2012), quienes durante tres temporadas en China con dosis de nitrógeno desde 0 a 405 kg ha<sup>-1</sup> encontraron diferencias significativas en la biomasa producida, la cual aumentaba siempre que se incrementaba la dosis utilizada. Tayefe et al. (2012) y Chen et al. (2012) encontraron los mismos resultados, pero con distintas dosis. Makino (2003) señala que esto se debe a que un aporte de nitrógeno

incrementa la síntesis de biomasa gracias a una mayor capacidad fotosintética, debido a que en plantas C3 aproximadamente el 80% del total del nitrógeno en la hoja se encuentra en los cloroplastos y a su vez, entre el 12 y 35% forma parte de Rubisco, la enzima más abundante en la planta y que además captura el CO<sub>2</sub> en el proceso fotosintético (Feller et al., 2007). Cabe mencionar que este incremento continuo no se registró en el caso del rendimiento, el cual no aumentó a partir de dosis entre 120 y 140 kg N ha.

La dosis de semilla y su efecto sobre la biomasa es influenciada fuertemente por la capacidad de macollaje del arroz. En siembras con bajas dosis de semilla la planta de arroz produce más macollos por m<sup>2</sup> compensando la baja dosis de siembra y aumentando el área foliar, aunque esto no necesariamente se traducirá en un aumento de rendimiento (Deambrosi y Méndez, (2007)). En este experimento se pudo comprobar que gracias a la capacidad de macollamiento del arroz, con alta o baja dosis de semilla por hectárea es posible lograr una alta producción de biomasa. Más aún, en las fechas de siembra 10 y 20 de noviembre, la mayor cantidad de biomasa se obtuvo con una dosis de siembra de 80 kg ha<sup>-1</sup>.

### **Rendimiento**

En cada fecha de siembra, cuando se aplica una dosis de 100 kg N ha<sup>-1</sup> se obtiene el rendimiento más alto, sin embargo, el máximo rendimiento entre las tres fechas se obtuvo en la fecha de siembra más temprana, el día 28 de octubre. Alvarado (1999) señala que la época de siembra es determinante en el rendimiento del cultivo de arroz, siendo la fecha óptima en San Carlos entre fines de septiembre y todo el mes de octubre. Siembras en la segunda quincena de noviembre son muy riesgosas y se puede llegar a perder más de 100 kg ha<sup>-1</sup> por día de atraso en la siembra, aunque la magnitud dependerá de las condiciones climáticas imperantes durante el desarrollo del cultivo. El mismo autor indica que la etapa más sensible es el período reproductivo, donde temperaturas medias menores a 20°C afectan el desarrollo y la viabilidad del grano de polen generando esterilidad floral, lo que puede llegar a causar pérdidas por sobre un 60% del rendimiento. Sthapit et al. (1996) también llegó a la conclusión de que temperaturas menores a 20°C provocan la aparición de distintas alteraciones en el cultivo del arroz, dependiendo del estado de desarrollo del cultivo y de la intensidad y duración del frío.

El rendimiento en la fecha de siembra del 28 de octubre alcanzó su máximo con una dosis de 100 kg N ha<sup>-1</sup>, seguido de dosis de 200 y 50 kg N ha<sup>-1</sup> y en último lugar los tratamientos sin nitrógeno. En las otras dos fechas de siembra, 10 y 20 de noviembre, con la dosis de 100 kg N ha<sup>-1</sup> también se alcanzó el máximo rendimiento, pero en ambas fechas con la dosis de 50 kg N ha<sup>-1</sup> se obtuvo un rendimiento más alto que aplicando una dosis de nitrógeno de 200 kg ha<sup>-1</sup>. Experimentos realizados por Hirzel et al. (2011) y Qiao et al. (2012) demuestran que a medida que se va aumentando la dosis de nitrógeno también aumenta el rendimiento, sin embargo, esto ocurre solamente hasta dosis de 100 – 140 kg N ha<sup>-1</sup> aproximadamente, dosis mayores no se traducen en un aumento de rendimiento e incluso en muchos casos se obtienen menores rendimientos, lo que es coincidente con los resultados de este ensayo. El aumento de rendimiento por la aplicación de nitrógeno se explica por el rol que juega dentro de la planta, ya que al haber una mayor disponibilidad se genera un aumento en clorofila y

actividad de Rubisco, incrementando la actividad fotosintética de las hojas e induciendo una mayor producción de biomasa, favoreciendo un aumento en los rendimientos (Cabrera-Bosquet et al., 2009; Fois et al., 2009). Según Doberman y Fairhurst (2005) el nitrógeno también influye en el rendimiento ya que promueve el incremento en el tamaño de la planta, el número de macollos, el aumento en tamaño de las hojas, el número de espiguillas por panoja, el porcentaje de espiguillas llenas y el contenido de proteína en grano.

Los resultados de un experimento realizado por Chauhan (2011) en el International Rice Research Institute (IRRI) con dosis de semilla de 50 y 100 kg por ha<sup>-1</sup>, arrojaron que con 100 kg de semilla ha<sup>-1</sup> se obtiene entre un 17 a un 19% más de rendimiento versus una dosis de 50 kg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, en el presente estudio de memoria no se detectó un incremento en el rendimiento al aumentar la dosis de semilla. Esta diferencia en respuesta al aumento de la dosis de semilla puede estar dada por las distintas dosis que se utilizaron en este ensayo, la capacidad de macollaje de la variedad utilizada, factores climáticos u otros. Wu et al. (1998) estudió la contribución del macollaje a la producción de materia seca y rendimiento del arroz trabajando con 3 cultivares de distinta habilidad de macollaje y demostró la capacidad del arroz de compensar menores dosis de semilla produciendo un mayor número de macollos por planta y panojas más grandes.

### **Peso de 1.000 granos**

En la siembra realizada el 28 de octubre el mayor peso de 1.000 granos se alcanzó con una dosis de nitrógeno de 100 kg ha<sup>-1</sup>. Las dosis restantes registraron un menor peso de 1.000 granos, pero no hubo diferencias significativas entre ellas. En la fecha de siembra del día 10 de noviembre, no hubo diferencias significativas sobre el peso de 1.000 granos entre aplicar 50, 100 o 200 kg N ha<sup>-1</sup> o no aplicar nitrógeno. Por último, en la siembra realizada el 20 de noviembre, el mayor peso de 1.000 granos se obtuvo en los tratamientos en que no se aplicó nitrógeno. Sharief et al. (2000) encontraron que un retraso en la fecha de siembra tiene efectos negativos sobre la biomasa, rendimiento, granos por metro cuadrado, el peso de 1.000 granos y el número de granos llenos por panículas. Los resultados obtenidos en este trabajo para esta variable no concuerdan con los encontrados por Sharief et al. (2000), ya que, en la fecha de siembra más tardía el peso de 1.000 granos en los tratamientos sin nitrógeno no tuvo diferencias estadísticamente significativas con el mayor peso alcanzado en la fecha de siembra más temprana. Respecto al nitrógeno, no hay resultados claros en cuanto a su efecto sobre el peso de 1.000 granos. Hirzel et al. (2011), luego de evaluar distintas dosis de nitrógeno en dos localidades durante dos años, concluyeron que no había efecto sobre el peso de 1.000 granos. Sin embargo, ensayos realizados por Quezada et al. (2013) en 20 genotipos de arroz en la zona centro sur de Chile, muestran en general una disminución del peso de 1.000 granos cuando se aplican dosis sobre 100 kg N ha<sup>-1</sup>, lo que se atribuye presumiblemente a un incremento en el número de granos por panículas, menor largo de panícula y granos de menor peso (Koutroubas et al., 2003; Sun et al., 2012).

### **Granos por m<sup>-2</sup>**

Los resultados muestran que en general a medida que se siembra más tardíamente el número de granos por m<sup>-2</sup> descende, independiente de la dosis de nitrógeno que se utilice. Esta baja en el número de granos por m<sup>-2</sup> cuando se siembra más tardíamente se explica posiblemente por la mayor incidencia de bajas temperaturas a las que se ve sometido el cultivo en el período de floración, lo que aumenta la esterilidad de las espigas y reduce el número de granos (Alvarado, 2007). Por otro lado, e independiente de la dosis de nitrógeno que se utilice, cuando se varía la dosis de semilla se inducen mecanismos de compensación entre los distintos componentes de rendimiento (Gravois y Helms, 1992; Wu et al., 1998), de tal manera que, por ejemplo, el número de granos se verá aumentado en una siembra en que se utilizó una baja dosis de semilla producto de un mayor macollamiento, en cambio, con una alta dosis de siembra el número de granos se reduciría al haber menos macollos.

### **Panículas por m<sup>-2</sup>**

Los tratamientos con una dosis de siembra de 80 kg ha<sup>-1</sup> presentaron mayor número de panículas por m<sup>-2</sup> solo cuando se aplicó nitrógeno, no existiendo diferencias significativas entre aplicar 50, 100 o 200 kg ha<sup>-1</sup>. Cuando se utilizó una dosis de siembra de 100 kg ha<sup>-1</sup>, la adición de 50 kg N ha<sup>-1</sup> obtuvo el mayor número de panículas por m<sup>-2</sup>, seguido de dosis de 100 y 200 kg N ha<sup>-1</sup> y en último lugar los tratamientos sin nitrógeno. Con la dosis de semilla más alta, 150 kg ha<sup>-1</sup>, el mayor número de panículas se obtuvo con aplicaciones de nitrógeno de 100 kg ha<sup>-1</sup>, seguido de dosis de 50 y 200 kg ha<sup>-1</sup> y las parcelas sin aplicación de nitrógeno. Estos resultados no se condicen con lo encontrado por Jones y Snyder (1987) en sus estudios, quienes reportan que el aumento de cantidad de semillas produjo un aumento en el número de panículas por metro cuadrado, pero que ello fue compensado por una disminución en el número de granos llenos por panoja. Similares resultados fueron encontrados por Pereira y Ribas (1982) quienes determinaron que un incremento en la densidad de siembra de 100 a 300 kg ha<sup>-1</sup> determinó un aumento importante en la cantidad de panículas por metro cuadrado, pero las mismas resultaron de menor peso. En este presente estudio de memoria, el aumento de la dosis de semilla no se tradujo en un aumento significativo del número de panículas por m<sup>-2</sup>, solamente en la dosis de 80 y 150 kg semilla ha<sup>-1</sup> y con dosis de 50 y 100 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente, se detectó un aumento en el número de panículas por m<sup>-2</sup> por sobre el resto de los tratamientos. Pereira y Ribas (1982) también encontraron que con la aplicación de nitrógeno aumentó el peso de las panojas, pero no su número.

### **Granos por panícula**

No hubo interacción entre ningún factor, sin embargo, hubo efecto de la dosis de nitrógeno sobre el número de granos por panícula. Cuando no se aplicó nitrógeno se obtuvo el menor número de granos por panículas, en cambio, con dosis de 50, 100 y 200 kg ha<sup>-1</sup> el número de granos se vio incrementado al doble, no existiendo diferencias significativas entre las dosis de 50, 100 o 200 kg ha<sup>-1</sup>. Counce y Wells (1990) encontraron que las respuestas de los componentes de rendimiento a las aplicaciones de nitrógeno variaron con las poblaciones de plantas; con densidades bajas, los incrementos fueron producidos por una combinación de

mayor macollaje en la población y en el número de granos por panícula debido al incremento en el tamaño de la misma, en cambio, en condiciones de una excesiva presencia de plantas los incrementos se debieron al número de granos por panícula en una mayor cantidad de tallos por superficie.

### **Porcentaje de granos llenos**

Hubo efecto de la dosis de nitrógeno sobre el porcentaje de granos llenos. Los tratamientos que tuvieron dosis de 50, 100 y 200 kg N ha<sup>-1</sup> registraron el menor número de granos llenos, no existiendo diferencias significativas entre las dosis mencionadas anteriormente. Por otro lado, el mayor porcentaje de granos llenos se obtuvo cuando no se aplicó nitrógeno, esto ocurre presumiblemente debido a la baja disponibilidad de nitrógeno, el cual es utilizado por la planta para producir granos viables en desmedro de un menor crecimiento. Experimentos realizados por Quezada et al. (2013) en 20 genotipos de arroz con cinco dosis de nitrógeno, desde 0 a 200 kg ha<sup>-1</sup>, demostraron que hay genotipos en que el llenado de grano se ve favorecido con dosis de hasta 200 kg ha<sup>-1</sup>, sin embargo, en general sobre los 100 kg ha<sup>-1</sup> se afecta negativamente el llenado de grano. Jian-feng et al. (2011) sostienen que esto ocurre debido a un exceso de nitrógeno absorbido por la paja en desmedro del grano.

La información científica a nivel nacional respecto a la fecha de siembra óptima para el cultivo de arroz en toda la zona arroceras es desde finales de septiembre y durante todo el mes de octubre, independiente de la variedad utilizada. Luego de dicho período se considera riesgoso ya que el cultivo tendrá más probabilidades de sufrir daños producto de las bajas temperaturas que afectarán su rendimiento (Alvarado, 2007). Respecto al nitrógeno, Hirzel (2015) señala que una dosis de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N permitió maximizar el rendimiento de arroz, en un ensayo con tres dosis de nitrógeno (0, 80 y 160 kg ha<sup>-1</sup>) y tres momentos de aplicación (siembra, inicio de macolla e inicio de panícula) que buscaba optimizar la dosis de nitrógeno a emplear en el cultivo de arroz en Chile en función del potencial de N mineralizable en los diferentes tipos de suelo de aptitud arroceras. Aunque, el mismo autor, señala en otro texto (Hirzel, 2007) que para alcanzar un rendimiento de 7.500 kg ha<sup>-1</sup> se deben utilizar entre 120 y 155 unidades de nitrógeno. En lo que respecta a la dosis de semilla, la información disponible indica que se han obtenido buenos resultados usando desde 80 hasta 150 kg ha<sup>-1</sup>. Parada et al. (2015) mencionan que la dosis de semilla debe fluctuar entre 100 y 120 kg ha<sup>-1</sup>. El INIA en la descripción de las variedades, recomienda para la variedad zafiro una dosis de semilla de 140 kg ha<sup>-1</sup> si la siembra es realizada de forma manual y de 120 kg ha<sup>-1</sup> si es realizada por avión (Paredes et al, 2015). Alvarado (2007) señala que la dosis utilizada normalmente es de 150 kg ha<sup>-1</sup>, la que puede disminuir a 140 kg ha<sup>-1</sup> si se siembra de forma aérea. También señala que de forma experimental se han obtenido buenos rendimientos usando 80 kg ha<sup>-1</sup>. De acuerdo a todo lo expuesto, la fecha de siembra para el cultivo de arroz debe ser idealmente durante el mes de octubre, siembras durante el mes de noviembre corren mayor riesgo de sufrir pérdida de rendimiento a causa del daño por frío. En cuanto a la fertilización nitrogenada, debiese fluctuar entre 80 y 140 kg N ha<sup>-1</sup> dependiendo principalmente del rendimiento que se desea alcanzar. Por último, la dosis de semilla a utilizar varía entre 120 y 150 kg ha<sup>-1</sup> dependiendo de la metodología de siembra utilizada, si es de forma mecánica, se pueden utilizar dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup>.

## CONCLUSIONES

Las grandes diferencias en el rendimiento y sus componentes se debieron principalmente a la interacción de dosis de nitrógeno con la fecha de siembra. La combinación de una fecha de siembra temprana, 28 de octubre, con una dosis de nitrógeno de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  permite alcanzar el mayor rendimiento. En el caso de siembras tardías como el 20 de noviembre las aplicaciones de nitrógeno tienen un efecto menor siendo suficiente  $50 \text{ kg N ha}^{-1}$ .

En los casos que hubo interacción entre dosis de nitrógeno y dosis de semilla, esta última no fue determinante en la magnitud de la respuesta de ninguna de las variables medidas, en cambio, se observó que la dosis de nitrógeno fue la que provocó las mayores diferencias en la respuesta de las variables analizadas.

El manejo agronómico hecho a Sandora que obtuvo el mayor rendimiento es similar al que se recomienda para las variedades de arroz existentes en el país.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGROMET (Red Agrometeorológica de INIA). 2016. [En línea]. Chile. Recuperado en: <http://agromet.inia.cl/estaciones.php>. Consultado el: 20 de julio de 2016.
- Alvarado, R. 2007. Arroz, manejo tecnológico. Chillán, Chile. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N°162, 180p.
- Alvarado, R. 1999. Influence of air temperature on rice population, length of period from sowing to -owering and spikelet sterility. 63-68 p. In: J.E. Hill and B. Hardy (ed). Proceedings of the Second Temperate Rice Conference. California. USA. 714 p.
- Barrios, B. 2009. [En línea]. Características del arroz chileno. Recuperado en: <http://www.odepa.cl/odepaweb/publicaciones/doc/2306.pdf>. Consultado el: 07 de septiembre de 2014.
- Cabrera-Bosquet, L.; R. Albrizio; J. Araus and S. Nogués. 2009. Photosynthetic capacity of field-grown durum wheat under different N availabilities: A comparative study from leaf to canopy. *Environmental and Experimental Botany* 67: 145–152.
- Chauhan, B. S.; V.P. Singh; A. Kumar and D. E. Johnson. 2011. Relations of rice seeding rates to crop and weed growth in aerobic rice. *Field Crops Research*. 121, 105-115.
- Chen, S.; X. Zhang; G. Zhang; D. Wang and C. Xu. 2012. Grain yield and dry matter accumulation response to enhanced panicle nitrogen application under different planting methods (*Oryza sativa* L.) *Australian Journal of Crop Science* 6(12):1630-1636.
- CIREN (Centro de Investigación de los Recursos Naturales). 1999. Estudio Agrológico VIII Región. Descripciones de suelos: Materiales y métodos. Santiago, Chile. CIREN. Volumen 2. 586 p.
- COTRISA (Comercializadora de trigo S.A.). 2016. Recuperado en: <http://www.cotrisa.cl/mercado/arroz/nacional/productivos.php>. Consultado el: 26 de marzo de 2016.
- Counce, P. A.; T. C. Kiesling and A. J. Mitchell. 2000. A uniform, objective and adaptive system for expressing rice development. *Crop Science* 40:436-443.
- Counce, P. A. and B. R. Wells. 1990. Rice Plant Population Density Effect on Early-Season Nitrogen Requirement. *Journal of Production Agriculture* 3: 390-393.
- Deambrosi, E. y R. Méndez. 2007. Respuesta de cultivares de arroz de tipo índica a densidades de siembra y aplicaciones de nitrógeno en la zona este de Uruguay. Montevideo, Uruguay. Instituto Nacional Investigación Agropecuaria. Serie Técnica N° 167. 42p.

Doberman, A. y T. Fairhurst. 2005. Manejo del nitrógeno en arroz. Quito, Ecuador. Instituto de la potasa y el fósforo. *Informaciones Agronómicas* N°58. 16p.

Donoso, G. y M. Paredes. 2015. Efecto de las bajas temperaturas en el cultivo de arroz (100 pp.). En Paredes, M. y V. Becerra, (2015). *Manual de producción de Arroz: Buenas prácticas Agrícolas*. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. *Boletín INIA* N° 306. 100 p.

FAOSTAT. 2015. [En línea]. Recuperado en: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/S>. Consultado el: 12 de mayo de 2015.

Feller, U.; I. Anders and T. Mae. 2007. Rubiscolytics: fate of rubisco after its enzymatic function in a cell is terminate. *Journal of Experimental Botany* 59 (7):1615–1624.

Fois, S.; R. Motzo and F. Giunta. 2009. The effect of nitrogenous fertilizer application on leaf traits in durum wheat in relation to grain yield and development. *Field Crops Research* 110: 69-75.

Foulkes, M.; M. Hawkesford; P. Barraclough; M. Holdsworth; S. Kerr; S. Kightley et al. 2009. Identifying traits to improve the nitrogen economy of wheat: Recent advances and future prospects. *Field Crops Research* 114: 329-342.

Gravois, K. A. and R. S. Helms. 1992. Path Analysis of Rice Yield and Yield Components as Affected by Seeding Rate. *Agronomy Journal*. 84:1-4.

Hirzel, J. 2015. Nuevos antecedentes en la fertilización nitrogenada. En Paredes, M. y V. Becerra, 2015. *Manual de producción de Arroz: Buenas prácticas Agrícolas*. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. *Boletín INIA* N° 306. 100 p.

Hirzel, J.; A. Pedreros and K. Cordero. 2011. Effect of nitrogen rates and split nitrogen fertilization on grain yield and its components in flooded rice. *Chilean Journal of Agricultural Research* 71(3). 8p.

Hirzel, 2007. Nutrición y fertilización del cultivo de arroz. En Alvarado, R. 2007. *Arroz, manejo tecnológico*. Chillán, Chile. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. *Boletín INIA* N°162, 180p.

Jian-feng, Ch.; J. Han-yan; L. Yi-bai; D. Ting-bo and D. Wei-xing. 2011. Methods on identification and screening of rice genotypes with high nitrogen efficiency. *Rice Science* 18:127-135.

Jones, D. B. and G. H. Snyder. 1987. Seeding Rate and Row Spacing Effects on Yield and Yield Components of Drill-Seeded Rice. *Agronomy Journal*. 79:623-626.



Koutroubas, S. D. and D. A. Ntanos. 2003. Genotypic differences for grain yield and nitrogen utilization in Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crops Research* 83:251-260.

Makino, A. 2003. Rubisco and nitrogen relationships in rice. Leaf photosynthesis and plant growth. *Soil Science and Plant Nutrition* 49: 319–327.

Moquete, C. 2010. Guía Técnica El Cultivo de Arroz. Editora Centenario. Santo Domingo, República Dominicana. 166 p.

Olsen, J. M.; L. Kristensen; J. Weiner and H. W. Griepentrog. 2005. Increased density and spatial uniformity increases weed suppression by spring wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Research*. 45:316-321.

Parada, J.; J. Riquelme y M. Paredes. 2015. Siembra directa en arroz. En Paredes, M. y V. Becerra, (2015). Manual de producción de Arroz: Buenas prácticas Agrícolas. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 306. 100 p.

Paredes, M.; V. Becerra y A. Vega. 2015. Variedades tradicionales desarrolladas y recomendadas. En Paredes, M. y V. Becerra, (2015). Manual de producción de Arroz: Buenas prácticas Agrícolas. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 306. 100 p.

Peña, F. y B. Fernández. 1979. Perspectivas de desarrollo de los recursos de la VII Región. Santiago, Chile. Instituto Nacional de Investigación de Recursos Naturales. Agrología. N°25. 56p.

Pereira, O. y S. Ribas. 1982. Efecto de densidades de siembra y niveles de nitrógeno en el rendimiento y calidad industrial del arroz. Tesis de graduación Facultad de Agronomía. UDELAR. Montevideo.

Quezada, C.; S. Hernaíz; I. Vidal; R. Alvarado; R. Gallegos and W. Yáñez. 2013. Selection of rice genotypes (*Oryza sativa*) with high nitrogen agronomic efficiency in an Acuic Durixererts soil, central-southern, Chile. *Ciencia e Investigación Agraria* 40(2): 375-385.

Qiao, J.; Y. Linzhang; Y. Tingmei; X. Feng and Z. Dong. 2012. Rice dry matter and nitrogen accumulation, soil mineral N around root and N leaching, with increasing application rates of fertilizer. *European Journal of Agronomy* 49 (2013) 93–103.

Rawson, H. and H. Gómez. 2001. Trigo regado. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Editorial, Roma, Italia. 107 p.

Samonte, S. O.; L. T. Wilson; J. C. Medley; S. R. M. Pinson; A. M. McClung and J. S. Lales. 2006. Nitrogen Utilization Efficiency: Relationships with grain yield, grain proteins, and yield-related traits in rice. *Agronomy Journal* 98:168-176.

Santibáñez, F. y J. M. Uribe. 1993. Atlas Agroclimático de Chile. Universitaria. Santiago, Chile. 99p.

Santis, G. 2005. Mapa de reconocimiento de suelos de la región del Bío-Bío (Sector norte). Memoria Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, 179p.

Sharief, A. E.; M. H. El-Hinidi; A. A. Abd El-Rahman and G. M. Abdo. 2000. Rice productivity as influenced by planting dates and seedling ages. *The Journal of Agricultural Science, Mansoura University* 3:1511-1521.

Sthapit, B.; K. Joshi; J. Wilson and J. Witcombe. 1996. Inheritance of chlorophyll fluorescence in rice under chilling conditions. In *Actes du seminaire riziculture d'altitude*, Antananarivo, Madagascar. 19 mars-5 avril 1996. Colloques. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement-Cultures Annuelles, Montpellier, France. Pp 135-142

Sun, Y.; Ma. Ji; Y. Sun; H. Xu; Z. Yang; S. Liu et al. 2012. The effects of different water and nitrogen managements on yield and nitrogen use efficiency in hybrid rice of China. *Field Crops Research* 127:85-98.

Tayefe, M.; A. Gerayzade; E. Amiri and A. Nasrollah. 2012. Effect of nitrogen on rice yield, yield components and quality parameters. *African Journal of Biotechnology* 13(1), pp. 91-105.

Tinarelli, A. 1989. *Il Riso*. EDAGRICOLE. Bologna, Italia. 575p.

Wu, G. W.; L. T. Wilson and A. M. McClung. 1998. Contribution of rice tillers to dry matter accumulation and yield. *Agronomy Journal* 90: 317-323

Zhao, D. L; L. Bastiaans; G. N. Atlin and J. H. J. Spiertz. 2007. Interaction of genotype x management on vegetative growth and weed suppression of aerobic rice. *Field Crops Research* 100:327-340.

## ANEXOS

## Anexo I. Análisis de varianza

Variable	n	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Biomasa	108	0,98	0,96	6,21

## Cuadro de análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2039432633,33	59	34566654,80	41,78	<0,0001
Bloque	6396955,56	2	3198477,78	1,97	0,2540
Fecha	242192066,67	2	121096033,33	74,52	0,0007
DN	1315022174,07	3	438340724,69	150,83	<0,0001
DN*Fecha	320130125,93	6	53355020,99	18,36	<0,0001
DS	1194955,56	2	597477,78	0,72	0,4909
DN*DS	43553014,81	6	7258835,80	8,77	<0,0001
Fecha*DS	13763577,78	4	3440894,44	4,16	0,0057
DN*Fecha*DS	38369251,85	12	3197437,65	3,86	0,0004
Error	39714933,33	48	8297394,44		
Total	2079147566,67	107			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3034,68897

Error: 827394,4444 gl:48

DN*Fecha *DS	Medias	n	E.E.	
D0*F2*DS1	7767	3	525,16	a
D0*F3*DS2	8033	3	525,16	a
D0*F3*DS3	8033	3	525,16	a
D0*F2*DS3	8633	3	525,16	a
D0*F1*DS2	9000	3	525,16	a
D0*F2*DS2	9013	3	525,16	a
D0*F3*DS1	9067	3	525,16	a
D0*F1*DS1	9900	3	525,16	ab
D0*F1*DS3	10533	3	525,16	abc
D2*F2*DS2	12867	3	525,16	bcd
D3*F2*DS1	13100	3	525,16	cd
D1*F1*DS3	13133	3	525,16	cd
D3*F3*DS2	13933	3	525,16	de
D3*F3*DS3	14133	3	525,16	def
D3*F2*DS3	14233	3	525,16	defg
D3*F3*DS1	14300	3	525,16	defg
D2*F2*DS3	14667	3	525,16	defgh
D1*F3*DS1	14800	3	525,16	defgh
D1*F1*DS1	14833	3	525,16	defgh
D1*F1*DS2	15100	3	525,16	defgh
D1*F3*DS3	15133	3	525,16	defgh
D1*F2*DS3	15300	3	525,16	defghi
D1*F3*DS2	15667	3	525,16	defghi
D3*F2*DS2	15800	3	525,16	defghi
D2*F3*DS3	16333	3	525,16	efghij
D2*F2*DS1	16667	3	525,16	efghij
D2*F3*DS2	16933	3	525,16	efghij
D1*F2*DS2	17167	3	525,16	fghij
D2*F3*DS1	17233	3	525,16	ghij
D1*F2*DS1	17367	3	525,16	hij
D3*F1*DS1	18233	3	525,16	ijk
D3*F1*DS2	19367	3	525,16	jkl
D2*F1*DS2	21133	3	525,16	klm
D3*F1*DS3	21633	3	525,16	lm
D2*F1*DS1	23533	3	525,16	mn
D2*F1*DS3	24800	3	525,16	n

Variable	n	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento	108	0,91	0,8	12,39

## Cuadro de análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	280272429,63	59	4750380,16	8,48	<0,0001
Bloque	737501,85	2	368750,93	0,54	0,6183
Fecha	52312168,52	2	26156084,26	38,56	0,0024
DN	119227851,85	3	39742617,28	35,64	<0,0001
DN*Fecha	60653120,37	6	10108853,40	9,06	0,0001
DS	4105012,96	2	2052506,48	3,66	0,0331
DN*DS	9461387,04	6	1576897,84	2,81	0,0199
Fecha*DS	3070403,70	4	767600,93	1,37	0,2585
DN*Fecha*DS	7918374,07	12	659864,51	1,18	0,3258
Error	26904222,22	48	560504,63		
Total	307176651,85	107			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1853,80786

Error: 1115173 gl:18

DN*Fecha	Medias	n	E.E.	
D0*F2	3956	9	352,01	a
D3*F3	4409	9	352,01	ab
D0*F1	4722	9	352,01	abc
D0*F3	4989	9	352,01	abc
D3*F2	5509	9	352,01	abcd
D1*F3	5959	9	352,01	bcd
D1*F1	6014	9	352,01	bcd
D2*F3	6199	9	352,01	bcde
D1*F2	6409	9	352,01	cde
D2*F2	7059	9	352,01	de
D3*F1	7980	9	352,01	ef
D2*F1	9311	9	352,01	f

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1211,85220

Error: 560504,6296 gl:48

DN*DS	Medias	n	E.E.	
D0*C	4456	9	249,56	a
D0*B	4578	9	249,56	a
D0*A	4633	9	249,56	a
D3*C	5370	9	249,56	ab
D1*C	5471	9	249,56	ab
D3*A	5970	9	249,56	b
D1*A	6444	9	249,56	bc
D1*B	6467	9	249,56	bc
D3*B	6558	9	249,56	bc
D2*A	7352	9	249,56	cd
D2*B	7390	9	249,56	cd
D2*C	7826	9	249,56	d

Variable	n	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso 1000 granos	108	0,77	0,48	4,36

Cuadro de análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	312,79	59	5,30	2,65	0,0003
Bloque	8,15	2	4,07	0,87	0,4857
Fecha	21,35	2	10,68	2,28	0,2183
DN	74,22	3	24,74	8,86	0,0008
DN*Fecha	58,32	6	9,72	3,48	0,0184
DS	12,50	2	6,25	3,12	0,0530
DN*DS	17,54	6	2,92	1,46	0,2115
Fecha*DS	32,80	4	8,20	4,10	0,0062
DN*Fecha*DS	18,91	12	1,58	0,79	0,6601
Error	96,02	48	2,00		
Total	408,81	107			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,93361

Error: 2,7927 gl:18

DN*Fecha	Medias	n	E.E.	
D1*F2	31,20	9	0,56	a
D1*F1	31,42	9	0,56	a
D3*F2	31,51	9	0,56	a
D3*F3	31,64	9	0,56	ab
D2*F2	31,73	9	0,56	ab
D1*F3	32,00	9	0,56	ab
D3*F1	32,06	9	0,56	ab
D2*F3	32,40	9	0,56	abc
D0*F1	32,89	9	0,56	abc
D0*F2	32,92	9	0,56	abc
D0*F3	34,53	9	0,56	bc
D2*F1	35,16	9	0,56	c

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1211,85220

Error: 560504,6296 gl:48

Fecha*DS	Medias	n	E.E.	
F2*DS3	31,69	12	0,41	a
F2*DS2	31,87	12	0,41	a
F2*DS1	31,97	12	0,41	a
F1*DS1	32,04	12	0,41	a
F3*DS1	32,20	12	0,41	a
F1*DS2	32,23	12	0,41	a
F3*DS3	32,63	12	0,41	ab
F3*DS2	33,10	12	0,41	ab
F1*DS3	34,37	12	0,41	b

Variable	n	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Granos por metro cuadrado	108	0,91	0,81	11,90

## Cuadro de análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2507381774,64	59	42497996,18	8,64	0,0001
Bloque	6134286,08	2	3067143,04	0,48	0,6495
Fecha	422463111,63	2	211231555,82	33,17	0,0032
DN	1143110877,19	3	381036959,06	37,58	0,0001
DN*Fecha	457967794,74	6	76327965,79	7,53	0,0004
DS	65955789,97	2	32977894,99	6,71	0,0027
DN*DS	89312075,16	6	14885345,86	3,03	0,0137
Fecha*DS	24700686,98	4	6175171,74	1,26	0,3004
DN*Fecha*DS	89737545,74	12	7478128,81	1,52	0,1497
Error	236065196,08	48	4918024,92		
Total	2743446970,73	107			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5590,17305

Error: 10140599,0808 gl:18

DN*Fecha	Medias	n	E.E.	
D0*F2	11994,06	9	1061,48	a
D3*F3	13940,51	9	1061,48	ab
D0*F1	14318,58	9	1061,48	ab
D0*F3	14457,66	9	1061,48	ab
D3*F2	17532,07	9	1061,48	abc
D1*F3	18623,04	9	1061,48	bc
D2*F3	19162,88	9	1061,48	bc
D1*F1	19214,10	9	1061,48	bc
D1*F2	20455,08	9	1061,48	cd
D2*F2	22292,99	9	1061,48	cde
D3*F1	25103,23	9	1061,48	de
D2*F1	26525,11	9	1061,48	e



Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3589,67735

Error: 4918024,9184 gl:48

DN*DS	Medias	n	E.E.	
D0*DS3	13076,10	9	739,22	a
D0*DS2	13518,48	9	739,22	a
D0*DS1	14175,73	9	739,22	ab
D3*DS3	16270,79	9	739,22	abc
D1*DS3	17638,41	9	739,22	bcd
D3*DS1	19369,29	9	739,22	cde
D1*DS2	20256,11	9	739,22	def
D1*DS1	20397,69	9	739,22	def
D3*DS2	20935,73	9	739,22	def
D2*DS1	22155,49	9	739,22	ef
D2*DS2	22632,87	9	739,22	ef
D2*DS3	23192,62	9	739,22	f

Variable	n	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Pániculas por metro cuadrado	108	0,88	0,73	15,95

Cuadro de análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	517159,26	59	8765,41	5,81	0,0001
Bloque	40928,40	2	20464,20	1,21	0,3892
Fecha	75538,89	2	37769,44	2,23	0,2240
DN	129265,43	3	43088,48	9,61	0,0005
DN*Fecha	39569,75	6	6594,96	1,47	0,2438
DS	1470,99	2	735,49	0,49	0,6172
DN*DS	39741,36	6	6623,56	4,39	0,0013
Fecha*DS	6912,35	4	1728,09	1,15	0,3466
DN*Fecha*DS	35119,75	12	2926,65	1,94	0,0527
Error	72414,81	48	1508,64		
Total	589574,07	107			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=62,87140

Error: 1508,6420 gl:48

DN*DS	Medias	n	E.E.	
D0*DS1	175	9	12,95	a
D0*DS2	183	9	12,95	ab
D0*DS3	194	9	12,95	abc
D1*DS3	233	9	12,95	abcd
D3*DS2	238	9	12,95	bcde
D1*DS1	246	9	12,95	bcde
D2*DS2	252	9	12,95	cde
D2*DS1	259	9	12,95	de
D3*DS3	267	9	12,95	de
D3*DS1	279	9	12,95	de
D1*DS2	296	9	12,95	de
D2*DS3	300	9	12,95	e

Variable	n	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Granos por panícula	108	0,90	0,78	14,37

Cuadro de análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	83159,20	59	1409,48	7,38	0,0001
Bloque	523,37	2	261,68	0,17	0,8502
Fecha	5558,66	2	2779,33	1,80	0,2776
DN	57648,55	3	19216,18	58,76	<0,0001
DN*Fecha	4155,38	6	692,56	2,12	0,1016
DS	115,64	2	57,82	0,30	0,7403
DN*DS	687,28	6	114,55	0,60	0,7292
Fecha*DS	393,37	4	98,34	0,51	0,7252
DN*Fecha*DS	2000,94	12	166,74	0,87	0,5790
Error	9171,36	48	191,07		
Total	92330,55	107			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=13,90999

Error: 327,0048 gl:18

DN	Medias	n	E.E.	
D0	56,21	27	3,48	a
D3	107,60	27	3,48	b
D1	109,57	27	3,48	b
D2	111,27	27	3,48	b

Variable	n	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Porcentaje de granos llenos	108	0,68	0,28	3,20

Cuadro de análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	881,89	59	14,95	1,72	0,0275
Bloque	24,15	2	12,08	0,80	0,5110
Fecha	23,93	2	11,97	0,79	0,5137
DN	405,60	3	135,20	21,76	<0,0001
DN*Fecha	79,17	6	13,20	2,12	0,1007
DS	17,80	2	8,90	1,02	0,3674
DN*DS	36,86	6	6,14	0,71	0,6465
Fecha*DS	35,27	4	8,82	1,01	0,4102
DN*Fecha*DS	86,74	12	7,23	0,83	0,6193
Error	417,85	48	8,71		
Total	299,74	107			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,91723

Error: 6,2123 gl:18

DN	Medias	n	E.E.	
D0	95,47	27	0,59	a
D1	90,89	27	0,59	b
D2	91,33	27	0,59	b
D3	90,83	27	0,59	b

Anexo II. Protocolo para obtención de peso 1.000 granos, conteo de panículas  $m^{-2}$ , porcentaje de granos llenos y cálculos.

Peso 1.000 granos

- a) Lanzar un anillo de  $0,10 m^2$  al azar en cada unidad experimental.
- b) Cosechar a ras de piso el área encerrada por el anillo, “manejo”. Identificar parcela en el exterior del saco con un plumón y guardar manejo dentro.
- c) Secar todos los manejos cosechados en una estufa ( $70^{\circ}C$ ) hasta peso constante.
- d) Trillar cada manejo, rotular en un papel a qué parcela corresponde y embolsar granos trillados. Guardar el papel rotulado junto con los granos trillados en la bolsa.
- e) Sacar 250 granos de cada bolsa (no quebrados, perforados ni vanos), limpiar y pesar. Registrar peso en planilla (PG).

Panículas  $m^{-2}$

- a) Lanzar anillo de  $0,10 m^2$  al azar en cada unidad experimental.
- b) Contar el número de panículas dentro del anillo. Identificar parcela y número de panículas en cuaderno de campo.

Porcentaje de granos llenos

- a) Sacar 3 panículas por unidad experimental. Embolsar e identificar en la bolsa con un plumón el número de parcela.
- b) Contar el número de granos vanos (GV) y el número de granos llenos (GLL) de una panícula.

Cálculos

1. Peso 1.000 granos (g) = PG x 4

2. Porcentaje de granos llenos (%) =  $\frac{GLL}{(GV + GLL)} \times 100$