



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

*Universidad Nacional de La Plata*

***Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales***

Trabajo final de carrera

***Título: “Evaluación del rendimiento y la calidad en líneas mejoradas de arroz tipo comercial largo ancho y proteico. Efecto de la fertilización foliar”***

***Nombre del alumno:*** Fontenla, Facundo Javier

***Legajo:*** 26.413/8

***DNI:*** 35.970.546

***Correo Electrónico:*** fonte\_06@hotmail.com

***Director del trabajo:*** Ing. Agr. Bezus, Rodolfo

***Co-directora del trabajo:*** Ing. Agr. Pincioli, María

***Fecha de entrega:*** 21 de agosto de 2018

## INDICE

INDICE.....	2
RESUMEN .....	4
INTRODUCCIÓN .....	5
Hipótesis.....	10
Objetivos .....	10
MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
Descripción ensayos.....	11
1. Registros meteorológicos y edáficos de la campaña .....	12
2. Determinación del rendimiento y sus componentes:.....	12
3. Determinación de la calidad industrial: .....	12
4. Determinación de la calidad culinaria del grano:.....	13
5. Evaluación económica.....	17
6. Análisis estadístico de los resultados .....	18
RESULTADOS Y DISCUSION.....	18
Condiciones de clima y suelo del ensayo .....	18
Evaluación del efecto de la fertilización foliar sobre el rendimiento y sus componentes y evaluación de los rendimientos de genotipos de grano largo ancho (ensayo 1).....	19
Rendimiento .....	19
Panojas.m <sup>-2</sup> .....	21
Granos.panoja <sup>-1</sup> .....	22
Peso de mil granos .....	22
Evaluación del efecto de la fertilización foliar sobre el rendimiento y sus componentes y evaluación de los rendimientos de genotipos de alto potencial de producción de proteína en grano (ensayo 2).....	23
Rendimiento .....	24
Panojas.m <sup>-2</sup> .....	25
Granos.panoja <sup>-1</sup> .....	25
Peso de mil granos .....	26
Efectos de la fertilización foliar sobre la calidad industrial y culinaria en genotipos de grano largo ancho (ensayo 1). .....	26
% Grano entero .....	27
% Grano total .....	27

Álcali test .....	27
Efectos de la fertilización foliar sobre la calidad industrial y culinaria en genotipos de alto potencial de producción de proteína en grano (ensayo 2).....	28
% Grano entero .....	28
% Grano total .....	29
Álcali test .....	30
Proteína .....	30
Amilosa.....	31
Panza blanca.....	31
Evaluación económica del resultado de la práctica de fertilización foliar sobre genotipos de grano largo ancho (ensayo 1).....	32
Evaluación económica del resultado de la práctica de fertilización foliar (Nitrofort®) sobre genotipos de alto potencial de producción de proteína en grano (ensayo 2).....	33
Evaluación económica del resultado de la práctica de fertilización foliar (Nutrifort® ) sobre genotipos de alto potencial de producción de proteína en grano (ensayo 2).....	33
CONCLUSIÓN Redactarlas respondiendo a las hipótesis .....	35
ANEXOS .....	36
BIBLIOGRAFIA.....	42

## RESUMEN

El arroz constituye junto con el maíz y el trigo uno de los productos más cultivados en el mundo. El cultivo de arroces especiales y prácticas tecnológicas como la fertilización foliar pueden ser una alternativa de mejora de la competitividad. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la fertilización foliar sobre los rendimientos de genotipos de grano largo ancho y de alto contenido proteico, así como realizar la evaluación económica de su aplicación. Se realizaron dos ensayos en la Estación Experimental de La Plata. En el ensayo 1 (E1) se evaluaron 5 genotipos tipo comercial largo ancho con dos tratamientos de fertilización: Control (sin fertilización foliar) y Fertilización foliar con Nutrifort®, 0,5 L.ha<sup>-1</sup>. En el ensayo 2 (E2) se evaluaron dos genotipos de alto contenido proteico con tres tratamientos de fertilización: control (sin fertilización foliar), fertilización foliar con Nitrofort®, 0,5 L.ha<sup>-1</sup>.y fertilización foliar con Nutrifort®, 0,5 L.ha<sup>-1</sup>. Se determinó número de panojas por superficie, número de granos por panoja, peso de mil granos, rendimiento, porcentaje de grano entero y total, álcali-test, contenido de amilosa y de proteína en grano. Con los valores obtenidos por triplicado, se realizó un ANOVA y las medias se compararon por test de Tukey. Los parámetros panojas.m<sup>-2</sup>, granos.panoja<sup>-1</sup>, PMG y rendimiento no presentaron diferencias significativas entre tratamientos de fertilización en ninguno de los ensayos realizados. Se observaron diferencias entre genotipos en el PMG (E1 y E2) y granos por panoja (E2). Con respecto a la calidad, en E2, los valores de grano total y álcali-test se modificaron con la fertilización foliar. Se observaron diferencias entre genotipos en los parámetros de calidad estudiados. La aplicación de fertilizante foliar es una practica rentable.

## INTRODUCCIÓN

Con una cosecha anual conjunta de unos 2500 millones de toneladas, el maíz, el arroz y el trigo son los productos más extensamente cultivados en el mundo (FAO, 2016).

Estos cereales proveen alrededor de dos tercios de la energía en las dietas y son la base de la alimentación de la humanidad. Como resultado de la intensificación en las prácticas de cultivo, el rendimiento por unidad de tiempo y superficie se ha incrementado en las últimas décadas. Se destacan las mejoras genéticas, el incremento en el uso de fertilizantes, la realización de dos o más cultivos por año en la misma superficie y el riego (Cassman, 1999).

El arroz (*Oriza sativa L.*) es un cultivo que presenta una gran adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, lo que lo ubica como el de mayor difusión en el mundo. El cultivo puede desarrollarse en condiciones de secano, inundación con láminas de poca altura y aun con hasta 500 cm de lámina de agua. Se cultiva a 3000 m de altitud en Nepal y a nivel del mar; a latitudes entre los 53° N en China y 35° S en Australia. Mediante la selección de habilidades específicas, el cultivo puede adaptarse a las diferentes áreas de implantación ajustándose a las condiciones de adversidad ambiental (Quintero, 2009).

El área de producción en Argentina puede catalogarse como “arroz de riego templado”, debido a que el cultivo se realiza en su totalidad bajo condiciones de riego por inundación, y con baja frecuencia de temperaturas extremas (Quintero, 2009).

Las variedades que se cultivan en Argentina pueden agruparse en cuatro tipos comerciales: largo fino, largo ancho o Doble Carolina, mediano o Carolina y corto o japonés (De Bernardi, 2017)

La producción de arroz, además, de ser una economía típicamente regional del litoral argentino, en algunas provincias es prácticamente la única actividad agrícola

extensiva que se puede realizar. Corrientes genera casi el 45% de la producción arroceras, Entre Ríos un 37%, Santa Fe un 14%, en tanto que Formosa y Chaco aportan el 5% restante. (Ministerio de Agroindustria, 2016).

Durante 2015 la producción alcanzó la cifra de 1.558.100 toneladas, habiéndose cosechado 232.590 ha, de lo que se desprende un rendimiento promedio de 6,7 toneladas por hectárea. De dicha producción, el 84,5% corresponde al tipo comercial largo fino y el 15,5% restante al tipo largo ancho o doble carolina. (Ministerio de Agroindustria. 2016).

El consumo nacional de arroz del año 2015 fue de alrededor de 600.000 toneladas. El consumo por habitante es de 5 a 6 Kg. por año (INTA, 2009), muy por debajo de los 54,6 Kg. *per cápita* de promedio mundial (Ministerio de Agroindustria, 2016).

En la Argentina el arroz se siembra sobre suelo seco con sembradora de grano fino y luego se lo riega por inundación con una lámina de agua de 5 a 10 cm de profundidad desde inicios del macollaje hasta la madurez (Quintero *et al.*, 2011).

El arroz destinado al consumo es previamente sometido a una serie de procesos que conllevan la limpieza y, posteriormente, el descascarillado del grano. En el proceso de "descascarillado" el arroz, se retira en primer lugar la envoltura dura que protege al grano cuando está en la panoja. Así se obtiene el arroz integral, rico en vitaminas del grupo B, minerales y fibra. Después, se irá desprendiendo de sus envolturas más finas mediante una operación de pulido, que supone la eliminación total o parcial del salvado que lo recubre y, con ello, una mayor pérdida de vitaminas, minerales y fibra. El germen, donde se encuentra presente la grasa del cereal, desaparece durante el último proceso, el "pulido", a fin de evitar que se enrancie durante su almacenamiento y esto hace que disminuya su calidad nutritiva. Otros sistemas de procesamiento incluyen procesos de vaporizado (parbolizado), donde el arroz se expone cocinándolo, a una temperatura mayor de 100°C, a presión de vapor,

y es secado antes de proceder al descascarillado del grano. Este procedimiento, también llamado sancochado, no afecta al tiempo de cocción posterior del arroz y, sin embargo, es especialmente ventajoso en el sentido de que ayuda a preservar sus propiedades nutritivas. De este modo, el arroz vaporizado contiene más vitaminas que el arroz blanco y no se pega, dando lugar a un grano suelto y consistente, que incluso se puede recalentar sin que resulte pastoso (Haro García, 2005).

El sector arrocero argentino, enfrenta en el corto plazo un escenario difícil. El alza en el costo de algunos insumos, principalmente el gasoil, hace económicamente inviable la producción arrocera de pozo profundo alimentada con ese recurso. Para un sector como el arrocero que exporta más de dos tercios de su producción, es crucial trabajar en la mejora de la competitividad de toda la cadena (Muller, 2012).

Una alternativa para la mejora de la competitividad de la cadena es el cultivo de arroces especiales y arroces doble carolina, pudiendo estos obtener un mayor precio y mejorar la rentabilidad.

Otra alternativa de mejora de la competitividad es reducir la brecha tecnológica de rendimiento entre ensayos comparativos y la producción a campo mediante una adecuada aplicación de tecnología siendo una alternativa la fertilización foliar.

Entre los componentes del grano de arroz figuran además del almidón, la proteína, pigmentos coloreados como fenoles y antocianinas, compuestos aromáticos, entre otros. Según sea el componente que adquiere protagonismo tendremos arroz proteico si posee un alto contenido de proteína, arroces aromáticos, arroces glutinosos, en caso que el almidón sea prácticamente amilopectina, arroces rojos, marrones o negros según los compuestos que se hallen en el pericarpio del grano. Se considera arroces especiales a todos aquellos que poseen una característica particular que la diferencia de los arroces tradicionales (Pincirolí *et al.*, 2015).

Entre los cultivares de arroz de grano largo fino se encuentra el cultivar Nutriar FCAYF inscripto en el año 2003, el cual se caracteriza por poseer valores de proteína

en grano que superan en un 25 a 30 % el promedio de las variedades cultivadas en la actualidad (Bezus *et al.*, 2002). Es una variedad de tipo semi-enano, con alta capacidad macollaje que ha mostrado altos rendimientos en ensayos. El grano es de tipo comercial largo fino, con una relación largo/ancho de 3:1 para grano elaborado y un peso de 26g/mil granos cáscara. Posee buenos valores de rendimiento industrial con un 63% de grano entero (Bezus *et al.*, 2002). Su calidad culinaria está caracterizada por valores bajos de amilosa e intermedios de temperatura de gelatinización.

Como se mencionó precedentemente, en Argentina se cultiva mayoritariamente arroz de tipo comercial largo fino, aunque los de tipo largo ancho han ocupado también un lugar importante en la superficie sembrada. El mercado interno y nuevos nichos de exportación han establecido para este tipo de arroz ventajas comparativas sustentadas por su mayor precio y oportunidades comerciales. El consumo de granos tipo largo ancho, es tradicional en Argentina y se ha difundido en algunas regiones de Brasil y Chile creándose un mercado que valora las distintas cualidades del grano, sobre todo el tipo de cocción. La variedad de tipo largo ancho que predomina en Argentina es Yeruá PA existiendo aun, un pequeño porcentaje de la variedad Fortuna. Yeruá PA fue seleccionada en La Plata hace más de 30 años y presenta excelente calidad y potencial de rendimiento (Vidal *et al.*, 2011), pero su fenotipo tiene algunas falencias para adaptarse a las técnicas modernas de cultivo. Así, su altura y susceptibilidad al vuelco y su reducida capacidad de macollaje no permiten aprovechar adecuadamente el aporte de la fertilización o suelos con buena fertilidad natural. El Programa Arroz de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales ha trabajado en la selección de líneas que presenten una alternativa a Yeruá. (Bezus *et al.*, 2013). Algunas de ellas son: R14, H419-12, H489-5, AMAROO x DESC/8-1 y H468-45, las cuales fueron evaluadas en este estudio. Todas estas líneas se caracterizan por presentar menor altura y mayor número de macollos con lo cual se adaptarían a las técnicas de producción moderna.

En lo referente a su calidad son similares a Yerua PA, aunque algunas presentan algo más de granos panza blanca. Otro parámetro de calidad de importancia que debe considerarse es el peso de los granos. Si bien el tipo se define por los parámetros de largo y ancho de grano integral algunos mercados son exigentes respecto al tamaño, lo que dificulta la selección (Programa arroz, 2016).

La fertilización foliar ha sido un método establecido de aplicación de nutrientes desde que se demostró, alrededor del año 1850, que las plantas pueden absorber nutrientes por las raíces y por las hojas (Romheld & El-Fouly, 1999). Es considerada una herramienta importante para el manejo sostenible y productivo de los cultivos (Fernández *et al.*, 2015). La fertilización es una práctica agronómica esencial en la agricultura moderna, debido a que la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo es usualmente más baja que los niveles requeridos para el óptimo crecimiento de las plantas (Miwa *et al.*, 2006). En este contexto, la aplicación foliar es una forma económica, rápida y efectiva de suministrar minerales a las plantas como complemento de la fertilización edáfica (Alexander & Schroeder, 1987; Fageria *et al.*, 2009) y es particularmente ventajosa bajo condiciones de suelo y clima que pueden limitar la disponibilidad de nutrientes (Romheld & El-Fouly, 1999). Mediante esta práctica se satisface la demanda de elementos específicos en etapas críticas de la planta y se estimulan procesos fisiológicos que incrementan la productividad y mejoran la calidad de los productos cosechados (Lovatt, 1999). El arroz se cultiva en suelos inundados, bajo condiciones anaeróbicas que promueven reacciones electroquímicas tendientes a disminuir la disponibilidad de micronutrientes (Savithri *et al.*, 1999; Dobermann & Fairhurst, 2000; Concepción, 2006), los cuales son requeridos para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas (Marschner, 1995; Goldbach *et al.*, 2001; Kirby & Romheld, 2007). Diversos estudios indican que la fertilización foliar con micronutrientes incrementa el rendimiento y la calidad de granos de arroz (Savithri *et al.*, 1999; Khan *et al.*, 2003; Fang *et al.*, 2008).

En numerosos ensayos en arroz y otros cultivos como soja, se han encontrado incrementos de rendimiento en valores absolutos, pero se dificulta encontrar significancia en los análisis estadísticos. Una explicación a esta situación puede encontrarse en los relativamente pequeños incrementos dados por la fertilización foliar, aunque esos incrementos puedan resultar en un importante incremento económico (Lilli & Vio, 2015).

### **Hipótesis:**

1. Existen diferencias de rendimiento entre los distintos genotipos de arroces evaluados.
2. Los genotipos evaluados se diferencian en la calidad industrial y culinaria.
3. La fertilización foliar es una herramienta que permite mejorar los rendimientos y la calidad en las líneas evaluadas.
4. La fertilización foliar incrementa el contenido proteico en las líneas de alto potencial de producción de proteína.

### **Objetivos:**

1. Evaluar los rendimientos de genotipos de grano largo ancho y de alto potencial de producción de proteína
2. Evaluar el efecto de la fertilización foliar sobre el rendimiento y sus componentes.
3. Estudiar los efectos de la fertilización foliar sobre la calidad industrial y culinaria
4. Realizar una evaluación económica del resultado de la práctica de fertilización foliar

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Descripción ensayos**

Se realizaron dos ensayos a campo en la Estación Experimental “Julio Hirschhorn”, de La Plata (Lat.: 34° 52S y Long.: 57° 57W), provincia de Buenos Aires, una localidad considerada subóptima desde el punto de vista de la oferta ambiental.

Ambos ensayos fueron fertilizados con 100 kg.ha<sup>-1</sup> de urea, al inicio del macollaje.

En el ensayo 1 (E1) se evaluaron cinco genotipos de arroz largo ancho: R14, H419-12, H489-5, AMAROO x DESC/8-1 y H468-45 pertenecientes al programa de mejoramiento de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP.

Los tratamientos fueron:

1. Control, sin fertilización foliar.
2. Fertilización foliar con nitrógeno y micronutrientes al momento de diferenciación de la panoja con “Nutrifort<sup>®</sup>”, en una dosis de 0,5 litros por hectárea, cuya composición es nitrógeno 7,0%, cobre 0.05%, fósforo asimilable 2,0%, hierro 2,0%, potasio soluble 2,2%, manganeso 0,7%, calcio 0,6%, zinc 0,06%, magnesio 1,0%, boro 1,0%.

En el ensayo 2 (E2) se evaluaron dos genotipos de alto potencial para acumular proteína en grano: Nutrirar FCAyF y H458-31.

Los tratamientos fueron:

1. Control, sin fertilización foliar.
2. Fertilización foliar nitrogenada al momento de diferenciación de la panoja con “Nitrofort AKO<sup>®</sup>”, en una dosis de 0,5 litros por hectárea, cuya composición es nitrógeno 18%.
3. Fertilización foliar con nitrógeno y micronutrientes al momento de diferenciación de la panoja con “Nutrifort<sup>®</sup>”, en una dosis de 0,5 litros por hectárea.

El diseño experimental fue de bloques al azar con 3 repeticiones. La siembra se realizó el 20 de octubre de 2015, en seco, en forma manual a razón de 350 plantas.m<sup>-2</sup> en líneas a 0,20 m, en parcelas de 5 m<sup>2</sup>, en un suelo clasificado como Argiudol típico. El cultivo se condujo con riego por inundación a partir de los 30 días de la emergencia. La cosecha y la trilla se realizaron en forma manual el día 20 de marzo de 2016, y se determinaron componentes de rendimiento y calidad.

### **1. Registros meteorológicos y edáficos de la campaña**

Los registros meteorológicos de temperaturas medias mensuales y precipitaciones correspondiente al periodo de cultivo de octubre de 2015 a abril de 2016, de la localidad de Los Hornos (Lat.: 34° 52S y Long.: 57° 57W) fueron suministrados por la Dirección de Meteorología, de la Estación Experimental “Julio Hirschhorn”.

El análisis de suelo fue realizado por la Cátedra de Edafología FCA y F, utilizando los siguientes métodos: pH, determinación potenciométrica; Materia orgánica: Walkey-Black; Fósforo, Bray Kurtz N°1; Nitrógeno total: digestión húmeda por método Micro-kjeldahl.

### **2. Determinación del rendimiento y sus componentes:**

Se cosecharon manualmente las parcelas y se determinó el número de panojas por superficie, el número de granos por panoja, peso de mil granos y rendimiento.

### **3. Determinación de la calidad industrial:**

#### *3.1. Porcentaje de granos enteros y quebrados*

Se determinó sobre 100 gramos de muestra libre de materias extrañas y con menos de 14% de humedad por medio de un molinillo experimental tipo Universal Guidetti & Artioli.

Este molino consta de tres cuerpos:

Descascarador: Posee dos piedras superpuestas; la inferior es móvil y está recubierta con una sustancia abrasiva; la superior, recubierta con goma, es fija. La separación entre piedra y piedra es regulable para cada tipo comercial. Como resultado el grano se pela, por fricción se le quitan las cáscaras, glumelas, que salen junto con una pequeña cantidad de afrecho.

Pulidor: A él llega el arroz descascarado, también llamado arroz integral. Es una piedra tronco - cónica, móvil y recubierta con una capa abrasiva, encerrada en un recipiente de chapa perforada de forma similar. Los granos giran entre la piedra y la chapa y por fricción van perdiendo las capas periféricas y se van puliendo. Así el pericarpio, la aleurona y el germen salen como afrecho o harinas bajas de blanqueo. En esta etapa los granos sufren roturas de diferentes tamaños. El grado de pulido se define por el tiempo de permanencia del grano en el pulidor (3 minutos).

Zarandas: Son planchas de chapa con alvéolos que varían en su calibre en función del tamaño del grano (tipo comercial). Se separan los granos enteros y quebrados, se pesan y de esta manera se determina el % de granos enteros de la muestra.

Debe considerarse como grano entero aquel que sea igual o mayor a las tres cuartas partes ( $3/4$ ) de un grano normal.

### *3.2. Porcentaje de panza blanca*

Su determinación se realizó visualmente sobre la fracción de grano entero. Se colocaron 10 gramos de arroz pulido sobre una superficie iluminada (panzómetro) y se separaron los granos que tuvieron el 50% o más de su superficie opaca. Luego se pesaron y se expresó en porcentaje.

## **4. Determinación de la calidad culinaria del grano:**

#### 4.2. *Temperatura de gelatinización: prueba de álcali*

La temperatura de gelatinización se estimó indirectamente mediante el grado de dispersión y clarificación del arroz pulido o prueba de álcali-test (Martínez & Cuevas, 1989; Little et al., 1958)

Temperatura de gelatinización es aquella a la cual los gránulos de almidón comienzan a absorber agua y se hinchan con pérdida de birrefringencia y cristalinidad.

Este ensayo permite establecer el grado de dispersión que sufren los granos de arroz remojados en una solución de OHK al 1,7% durante 23 horas a 30°C. Se realiza la observación visual en una escala que va de 1 a 7 grados.

Se colocaron 6 granos enteros de arroz pulido en una pequeña caja plástica con 12,6 ml de solución de KOH al 1,7%, la cual se dejó en reposo por 23 horas en estufa de cultivo a 30°C. Los granos con temperatura de gelatinización baja se disuelven completamente, los de clase intermedia se disuelven parcialmente y los de alta no son afectados por el álcali. Esta dispersión se determina con una escala gradual de 1 a 7:

Grado 1, grano inalterado.

Grado 2, grano hinchado.

Grado 3, grano hinchado con halo incompleto.

Grado 4, grano entero con halo completo y ancho, con un halo blancuzco alrededor.

Grado 5, grano totalmente abierto, en ocasiones formando una gran masa.

Grado 6, grano casi totalmente desintegrado, difícilmente se observa su forma.

Grado 7, grano totalmente desintegrado y disperso en el halo.

Los grados de dispersión corresponden a las siguientes categorías de temperatura de gelatinización:

Grado de dispersión 1, 2 y 3: temperatura de gelatinización alta, entre 74 y 80°C.

Grado de dispersión 4 y 5: temperatura de gelatinización intermedia de 69 a 73°C.

Grado de dispersión 6 y 7: temperatura de gelatinización baja entre 63 y 68 °C (Martínez & Cuevas, 1989).

#### 4.2. *Determinación del contenido de amilosa*

Se determinó utilizando el método propuesto por Williams *et al.*, 1958 (modificado por Juliano, 1974), en el cual se compararon los valores de transmisión de luz obtenidos de muestras analizadas con los valores que se hallan en una curva patrón de amilosa de papa pura.

Como reactivos se utilizan: Solución de yodo, solución de NaOH 1N, solución de ácido acético 1N y alcohol etílico de 95%.

Tratamiento de las muestras con los reactivos: de cada una de las muestras de harina de arroz previamente preparadas, se pesan 100 mg y se depositan en vasos de precipitado de 200 ml. Luego, utilizando una bureta se agrega 1 ml de alcohol etílico al 96% y se agita el balón para disolver la harina. Se agregan después 9 ml de la solución de NaOH 1N. Se colocan a baño maría durante unos minutos para gelatinizar el almidón; luego se lleva el contenido a balones de 100 ml, lavando las paredes con agua destilada, y se completa el volumen. Finalmente los balones se tapan y agitan. Una vez terminada esta parte, el paso siguiente es la formación del complejo almidón-yodo. De cada uno de los balones que contienen las muestras de almidón gelatinizado se toman alícuotas de 5 ml con una pipeta volumétrica y se transfieren a otros balones también de 100 ml. A cada uno se añade 1 ml de ácido acético 1N. Luego se agregan 2 ml de solución de yodo-yoduro de potasio, que forma un complejo de color azul con

el almidón. Se completa el volumen del balón con agua destilada y se enrasa; se tapa el balón, se agita y se deja en reposo durante 30 minutos. El último paso consiste en leer los valores de absorbancia de las muestras mediante un espectrofotómetro y calcular su contenido de amilosa, que se obtiene multiplicando el valor de la absorbancia de cada muestra por el factor de conversión que se obtuvo al elaborar la curva patrón.

Lectura e interpretación de los resultados: Los rangos para calificar el contenido de amilosa son los siguientes:

- Alto contenido de amilosa, entre 28 y 32%.
- Contenido intermedio de amilosa, entre 23 y 25 %
- Bajo contenido de amilosa, entre 8 y 20 %.

#### 4.3. *Determinación de contenido proteico*

En el ensayo de líneas de alto potencial para acumular proteínas en grano se determinó el contenido de proteínas del grano mediante el método Micro-Kjeldhal.

El cual consiste en:

1° Digestión de la muestra. Consiste en la destrucción de la muestra con mezcla catalítica y ácido sulfúrico. Se pesan, 0,050 g de muestra +/- 0,005 g; se agregan 1,94 +/- 0,005 g de mezcla catalítica más 2 ml de ácido sulfúrico. Se coloca en la resistencia o a fuego directo y se enciende la campana hasta que queda traslúcido. Se deja enfriar.

2° Destilación: Se agrega hasta la mitad del balón agua destilada para disolver los cristalizados. Se prepara en un Erlenmeyer 5 ml de ácido bórico mas 2 gotas de indicador, se coloca cuidando que la salida este sumergida en el líquido. Se vierte la muestra por el embudo, se enjuaga varias veces con agua destilada. Se colocan 9 ml

de solución saturada de hidróxido de sodio-tiosulfato de sodio y se deja hervir 8 minutos. La solución cambia de color en el erlenmeyer que se titula con ácido clorhídrico 0,02N.

El porcentaje de proteína se calcula multiplicando por el factor 5,95, para arroz, el contenido de nitrógeno cuantificado. El tenor proteico en el arroz pulido oscila entre el 5 y 14%, siendo el promedio 8% en el arroz integral y 7 % en el arroz blanco.

## **5. Evaluación económica**

Mediante el método de presupuestos parciales se evaluó la conveniencia o no de la práctica de fertilización foliar (UNLP, 2015).

Dicho método consiste en establecer la disminución y el aumento de costos y beneficios al realizar una nueva práctica. En este caso se evaluó la práctica de fertilización foliar. Esto se esquematiza en la siguiente ecuación, la cual responde a cuatro preguntas:

$$(A + B) = (C + D)$$

A: ¿Cuál es la disminución de los costos?

B: ¿Cuál es el aumento de los ingresos? (aumento del rendimiento \* precio del arroz)

C: ¿Cuál es el aumento de los costos? (costo del producto + costo de aplicación + costo de oportunidad)

D: ¿Cuál es la disminución de los ingresos?

Si,  $(A + B) > (C + D)$  la práctica será económicamente conveniente.

## **6. Análisis estadístico de los resultados**

Con los valores obtenidos por triplicado, se realizó un Análisis de la Varianza (ANOVA) utilizando como fuentes de variación los tratamientos y los genotipos. Las medias se compararon por el test de Tukey ( $p < 0,05$ ). Se empleó el programa estadístico Statgraphics plus 4.1.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Condiciones de clima y suelo del ensayo**

El clima en general es templado húmedo. La temperatura media anual es de 16,3 °C, con enero como el mes más cálido (22,8 °C) y julio como el más frío con 9,9 °C. Las precipitaciones se ubican entre los 1000 a 1200 mm anuales, siendo su distribución más o menos constante a lo largo del año, registrándose los valores mínimos durante los meses invernales. La humedad relativa media anual es de 77 %, variando entre 85 % (junio) y 70 % (enero) (Hurtado *et al.*, 2006).

Durante la campaña, entre el 25 de febrero y el 15 de marzo, se registraron 18 días con temperaturas mínimas inferiores a 15 °C. (UNLP, 2016). Considerando que para este cultivo ese nivel de temperaturas afecta la tasa de crecimiento, podría esperarse efectos negativos sobre los componentes del rendimiento que se estén determinando durante ese periodo, es decir el llenado de los granos (Quintero, 2009).

(Tabla 1, aquí).

Los valores arrojados por el análisis de suelos, son valores típicos de los suelos de la zona donde se realizó el ensayo, los cuales no presentan ningún tipo de impedimento para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo, si bien no son valores

excelentes son aptos para la producción de arroz y no presentan ningún tipo de limitante.

Las condiciones de clima y suelo de la localidad permitieron el normal desarrollo del cultivo.

(Tabla 2, aquí).

### **Evaluación del efecto de la fertilización foliar sobre el rendimiento y sus componentes y evaluación de los rendimientos de genotipos de grano largo ancho (ensayo 1).**

En este ensayo, los parámetros número de panojas.m<sup>-2</sup>, granos.panoja<sup>-1</sup>, PMG y rendimiento no presentaron interacción significativa Tratamiento x Genotipo.

(Tabla 3, aquí).

Los parámetros panojas.m<sup>-2</sup>, granos.panoja<sup>-1</sup>, PMG y rendimiento no presentaron diferencias significativas entre tratamientos de fertilización (tabla 3).

En cuanto al comportamiento de los genotipos, el único parámetro que presentó diferencias significativas fue el PMG. El genotipo H468-45 dio un valor de PMG significativamente mayor en relación a los genotipos R14, H419-12 y AMAROO x DESC/8-1 (tabla 3).

#### *Rendimiento*

Los valores de rendimiento fueron buenos tomando como referencia los promedios del cultivo en Entre Ríos y resultados de ensayos de estas líneas en otras campañas (Vidal *et al*, 2010; Bezus *et al*, 2015). Los tratamientos con fertilización foliar presentaron un rendimiento promedio de 10.495 kg.ha<sup>-1</sup>, 790 kg.ha<sup>-1</sup> superior con

respecto a los tratamientos sin fertilización foliar, es decir, un 8,14% de diferencia. Sin embargo, en esta oportunidad no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos de fertilización foliar, lo cual coincide con Molina & Cabalceta (1992), quienes, aplicando un fertilizante foliar a base de elementos menores (4% Fe-1,5% Cu-1,5% Zn-4% Mn-9% MgO-3% S-0,5% B-0,1% Mo) a una dosis de 1 kg.ha<sup>-1</sup> sobre arroz al inicio del macollaje y en prefloración, no encontraron diferencias en el rendimiento del arroz.

Los incrementos de rendimiento bajo fertilización foliar fueron similares a los obtenidos por Bezus *et al*, (2015) quienes también obtuvieron aumentos de rendimiento bajo esta práctica y la falta de significancia podría deberse a la necesidad de incrementar el número de repeticiones para que los valores de incremento, que son importantes, adquieran significancia.

Los mayores valores absolutos de rendimiento encontrados bajo fertilización foliar pueden deberse a que dicha técnica de fertilización proporciona a las plantas sus reales necesidades nutricionales ya que busca cumplimentar las deficiencias nutricionales que se presentan en diferentes etapas de la planta (Fertilizando, 2011; Gurumendi, 2015).

Los altos rendimientos promedios reflejan las buenas condiciones que tuvo el cultivo durante su ciclo, aun considerando los efectos negativos de las bajas temperaturas durante el llenado de granos. Estos dos factores pudieron influir en los efectos de los tratamientos de fertilización.

En este ensayo no se encontraron diferencias significativas entre los genotipos evaluados en cuanto al rendimiento. El rendimiento promedio fue de 10.100 kg.ha<sup>-1</sup>, semejante al valor promedio obtenido de 10.319 kg.ha<sup>-1</sup> por Bezus *et al* (2015), en un ensayo donde compararon 23 genotipos de arroz con grano largo ancho. En este ensayo, los mayores rendimientos los obtuvieron: H419-12, H468-45 y R14, los cuales fueron similares a lo encontrado por Bezus *et al* (2015). Mientras que los menores

rendimientos los obtuvieron H489-5 y AMAROO x DESC/8-1, los cuales difieren en 1.433 kg.ha<sup>-1</sup> y 1.596 kg.ha<sup>-1</sup> menos que los valores encontrados por Bezus *et al* (2015), respectivamente. Estos genotipos, a excepción de AMAROO x DESC/8-1, obtuvieron mayores rendimientos que lo obtenido por Bezus *et al* (2015) para Yerua PA. Esto es de suma importancia agronómica ya que logran mejores rendimientos con un porte más pequeño que Yerua PA, reduciendo la tendencia al vuelco de este genotipo extensamente cultivado en el país.

La falta de diferencia significativa entre genotipos se debe esencialmente a que se trata de líneas que ya han sido seleccionadas por su alto rendimiento y se encuentran en la última etapa de evaluación donde la decisión se toma en base a características de calidad, comportamiento en diferentes regiones, épocas de siembra o modalidades de cultivo.

#### *Panojas.m<sup>-2</sup>*

En el presente ensayo, no se obtuvieron diferencias significativas en el parámetro panojas.m<sup>-2</sup> entre tratamientos de fertilización. Esto se explica considerando que el momento de la aplicación del fertilizante fue en diferenciación del primordio floral, momento en el cual ya se encontraba definido el número de macollos por m<sup>2</sup>. Resultados similares encontró Gurumendi (2015), quien no obtuvo diferencias significativas al aplicar fertilizantes foliares, compuestos a base de fósforo, potasio y nitrógeno, en distintas concentraciones en macollaje.

El número de panojas es uno de los componentes de rendimiento de importancia para la definición del rendimiento en arroz, y el logro de valores adecuados nos permite concluir que los rendimientos no están limitados por este factor.

El número de panojas obtenido refleja las características propias de los genotipos de grano largo ancho definidas como de macollaje intermedio.

Entre genotipos, no se encontraron diferencias significativas para el parámetro panojas.m<sup>-2</sup>. El promedio de los genotipos evaluados fue de 284 panojas.m<sup>-2</sup>, superior al valor promedio de 244 panojas.m<sup>-2</sup> obtenido por Wincler (2012) en un ensayo realizado en La Plata sobre 6 genotipos de grano largo ancho.

#### *Granos.panoja<sup>-1</sup>*

El número de granos.panoja<sup>-1</sup> no se modificó frente al tratamiento de fertilización foliar, lo cual es coincidente con Figueroa & Melgar (2005), quienes no obtuvieron diferencias significativas en un ensayo realizado en la localidad de Mercedes, Entre Ríos, en el que aplicaron en arroz en etapas de diferenciación de primordio foliar y en floración, 10 l.ha<sup>-1</sup> de un fertilizante foliar con una concentración de 10,7 % de nitrógeno, 2,3 % de fósforo, 6,5% de potasio y elementos menores. Entre los genotipos evaluados, tampoco se registraron diferencias significativas para el parámetro granos.panoja<sup>-1</sup>. El valor promedio del ensayo fue de 106,4 granos.panoja<sup>-1</sup>. Los genotipos evaluados en este ensayo presentaron un mayor número de granos.panoja<sup>-1</sup> que lo encontrado por Bezus *et al* (2015) en un ensayo realizado con el cultivar Yerúa PA, cuyo valor promedio fue de 52,5 granos.panoja<sup>-1</sup>, cultivar de grano largo ancho que actualmente predomina en el país, con lo cual, los genotipos evaluados son factibles de ser incorporados al mercado.

#### *Peso de mil granos*

La fertilización foliar no produjo un efecto significativo sobre los valores de PMG, lo cual es coincidente a lo encontrado por Figueroa & Melgar (2005) y Midorikawa *et al* (2014), quienes estudiaron diferentes formas de fertilización en cultivares de arroz. Las glumelas son estructuras relativamente rígidas que contienen el grano limitando su expansión por lo tanto es un carácter genético poco variable con las condiciones ambientales.

En relación a los genotipos evaluados, H468-45 fue significativamente mayor respecto a R14, H419-12 y AMAROO x DESC/8-1, mientras que H489-5 obtuvo un valor intermedio. Sólo H468-45 superó el valor de 35 gramos, considerado como normal para estos genotipos, lo cual hace suponer la ocurrencia de alguna condición ambiental que afectó el proceso de llenado.

Las bajas temperaturas mínimas registradas en un largo periodo que abarcó la etapa de llenado de grano, seguramente, influyó disminuyendo el peso de mil granos. Este efecto ambiental negativo además pudo haber influido en la falta de respuesta a la fertilización foliar.

### **Evaluación del efecto de la fertilización foliar sobre el rendimiento y sus componentes y evaluación de los rendimientos de genotipos de alto potencial de producción de proteína en grano (ensayo 2).**

En el ensayo 2, los parámetros panojas.m<sup>-2</sup>, granos.panoja<sup>-1</sup>, PMG, y rendimiento, no presentaron interacción Tratamiento x Genotipo.

(Tabla 4, aquí).

Los parámetros número de panojas.m<sup>-2</sup>, granos.panoja<sup>-1</sup>, PMG y rendimiento no presentaron diferencias significativas entre tratamientos de fertilización.

En relación a los genotipos evaluados, se observaron diferencias significativas en los resultados obtenidos para los parámetros granos.panoja<sup>-1</sup> y PMG. Con respecto al primer parámetro, la variedad Nutriar FCAYF con un valor de 72,11 granos.panoja<sup>-1</sup>, fue 29,7 % superior que H458-31, mientras que, para el segundo parámetro, el mayor valor lo obtuvo H458-31, el cual fue 5,9 % superior a Nutriar FCAYF, con un PMG de 26,29 gramos (tabla 4).

### *Rendimiento*

El rendimiento promedio del ensayo fue de 7.682 kg.ha<sup>-1</sup> que si bien no es alto comparado con los promedios de los cultivares actuales es un valor considerable en genotipos de alto potencial de acumulación de proteína. Estos genotipos, si bien presentan menor rendimiento que las variedades largo fino tradicionales, considerando su calidad especial representarían una opción viable debido a la posibilidad de obtener un precio diferencial.

En este ensayo, no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento entre tratamientos con fertilización foliar y control. El rendimiento promedio del tratamiento fertilizado con Nitrofort® fue de 8.332 kg.ha<sup>-1</sup>, mientras que bajo el tratamiento de fertilización con Nutrifort® el rendimiento promedio fue de 7.532 kg.ha<sup>-1</sup>, lo cual representa un aumento de 15,7% y 4,7%, respectivamente, en relación al control que fue de 7.192 kg.ha<sup>-1</sup>, es decir, una ganancia de 1.129 kg.ha<sup>-1</sup> para el tratamiento fertilizado con Nitrofort® y 340 kg.ha<sup>-1</sup> para el tratamiento fertilizado con Nutrifort®. Diferencias en el orden de los 1000 kg.ha<sup>-1</sup>, también fue evidenciada en ensayos realizados por Vidal *et al* (2012) y Bezus *et al* (2015).

Una posible explicación para el alto rendimiento del tratamiento con Nitrofort®, podría encontrarse en la combinación del momento de aplicación y los componentes

del fertilizante, ya que aporta un 11% más de nitrógeno que Nutrifort® , el cual ingresa a la planta en un momento donde la traslocación a semilla es importante.

En relación a los dos genotipos evaluados, no hubo diferencias significativas en el rendimiento encontrado. El genotipo que mayor rendimiento obtuvo fue Nutriar FCAyF, con 8.227 kg.ha<sup>-1</sup>. Este valor es similar al resultado obtenido por Vidal *et al* (2011) para el mismo genotipo.

#### *Panojas.m<sup>-2</sup>*

En este ensayo no se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos de fertilización, puede suponerse que este comportamiento fue debido a que el momento de la aplicación del fertilizante fue en diferenciación del primordio floral, momento en el cual ya se encontraba definida la cantidad de macollos por planta.

En cuanto a los genotipos evaluados, no hubo diferencias significativas en el número de panojas.m<sup>-2</sup>. El valor promedio del ensayo fue de 473 panojas.m<sup>-2</sup>. Estos genotipos con alto potencial de acumulación de proteína en grano, se corresponden con ideotipos subtropicales, los cuales presentan un mayor número de panojas.m<sup>-2</sup>. Este número de panojas se corresponde con los que deben alcanzarse cuando se busca superar los rendimientos promedios actuales.

#### *Granos.panoja<sup>-1</sup>*

Entre tratamientos de fertilización foliar no hubo diferencias significativas para este parámetro. El valor promedio del ensayo fue de 63,9 granos.panoja<sup>-1</sup>, algo inferior al valor promedio encontrado por Mamani (2013) en un ensayo de fertilización nitrogenada sobre genotipos de arroz de alto contenido proteico.

Entre los dos genotipos evaluados, Nutriar con 72,11 granos.panoja<sup>-1</sup>, fue significativamente mayor que H458-31. Mamani (2013), encontró para el mismo genotipo valores menores de granos.panoja<sup>-1</sup>

Los valores encontrados para este componente en este ensayo, representan una limitación para la obtención de mayores rendimientos. Por otro lado se corresponde con lo observado en genotipos con mayor contenido proteico en el grano. Estudios fisiológicos deberían determinar esta relación.

#### *Peso de mil granos*

En relación a este parámetro, no se registraron diferencias significativas entre tratamientos de fertilización foliar. El PMG promedio del presente ensayo fue 25,6 gramos, algo inferior a lo encontrado por Mamani (2013).

Entre los genotipos evaluados, H458-31 fue significativamente superior a Nutriar FCAYF. El valor de PMG obtenido para Nutriar FCAYF fue de 24,83 gramos, menor al valor 26,9 gramos obtenido por Bezus *et al* (2015) en un ensayo similar. El hecho que el PMG en este ensayo no haya presentado valores más elevados pudo deberse a la gran cantidad de granos.panoja<sup>-1</sup> arrojado por este genotipo.

Debe destacarse que los PMG encontrados se corresponden con los deseados para el tipo largo fino, para el cual se contempla un PMG de 23 A 27 gramos.

#### **Efectos de la fertilización foliar sobre la calidad industrial y culinaria en genotipos de grano largo ancho (ensayo 1).**

Los parámetros de calidad industrial no presentaron interacción significativa Tratamiento x Genotipo.

(Tabla 5, aquí).

### *Porcentaje de grano entero*

El porcentaje de grano entero es uno de los parámetros que define el factor de corrección y determina el rendimiento corregido definiendo así el valor de la producción. Este parámetro de calidad industrial no presentó diferencias significativas entre tratamientos de fertilización. El valor promedio del ensayo fue de 56,7%, el cual fue similar a valores obtenidos por Bezus *et al* (2015), quienes tampoco encontraron diferencias significativas entre tratamientos de fertilización foliar realizados con Nutrifort® sobre la variedad Yerúa PA.

Entre los genotipos evaluados se encontraron diferencias significativas, destacándose AMAROO X DESC/8-1 con un valor de 64,7% el cual supera en 8 puntos a la media del presente ensayo, y supera en gran medida al valor de 56% encontrado por Bezus *et al* (2015) en un ensayo comparativo de rendimiento realizado en Urdinarrain sobre el mismo genotipo.

### *Porcentaje de grano total*

En este ensayo no se registraron diferencias significativas entre tratamientos de fertilización, lo cual es coincidente a lo encontrado por Bezus *et al* (2015)

Entre los genotipos evaluados no hubo diferencias significativas. El valor máximo, 73,3%, lo obtuvo H468-45. Sin embargo, los valores obtenidos para cada uno de los genotipos evaluados son acordes a los valores esperados y similares a valores obtenidos por el ensayo comparativo de rendimientos realizado por Bezus *et al* (2015).

### *Álcali test*

Entre tratamientos de fertilización foliar no se registraron diferencias significativas en este parámetro, lo cual coincide con lo encontrado por Vidal *et al* (2011), quienes en un ensayo con fertilizantes foliares no encontraron diferencias entre tratamientos.

En cuanto a los genotipos evaluados, se destacó H468-45, el cual dio diferencias significativas con un valor de 5,38 grados, respecto al resto de los genotipos estudiados. Este valor fue levemente superior en relación a resultados obtenidos por Vidal *et al* (2012) en ensayos comparativos de rendimiento para el cultivar de grano largo ancho más utilizado en el país, Yerua PA.

### **Efectos de la fertilización foliar sobre la calidad industrial y culinaria en genotipos de alto potencial de producción de proteína en grano (ensayo 2).**

Los parámetros de calidad industrial no presentaron interacción significativa Tratamiento x Genotipo.

(Tabla 6, aquí).

#### *Porcentaje de grano entero*

En este estudio, este parámetro de calidad industrial no presentó diferencias significativas entre tratamientos de fertilización foliar. Esto coincide a lo encontrado por Vidal *et al* (2010), quienes tampoco encontraron diferencias significativas en un ensayo realizado con fertilización foliar sobre la variedad Nutriar FCAyF.

Montenegro & Soimer (2006), encontraron resultados distintos a los obtenidos en el presente estudio, ya que los tratamientos bajo fertilización foliar, más fertilización

nitrogenada de base dieron resultados positivos en relación al rendimiento industrial grano entero, mientras que en el presente ensayo los resultados obtenidos fueron menores en los tratamientos bajo fertilización foliar en relación al control.

En relación a los genotipos evaluados, Nutriar FCAYF, con un valor 60,11% de grano entero, fue significativamente superior a H458-31.

Respecto a la variedad Nutriar FCAYF, resultados similares encontraron Bezus *et al* (2015), en un ensayo en Urdinarrain, en el cual dicha variedad arrojó un valor de 58,1 % de grano entero. Mientras que, en el mismo trabajo, el genotipo H458-31, obtuvo un valor de 53% de grano entero, notablemente mayor al valor de 42 % obtenido en el presente ensayo. Este resultado es importante para la selección sobre todo si se dirige a consumo directo como grano.

#### *Porcentaje de grano total*

En este parámetro se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos de fertilización foliar. Sin embargo, el mayor valor lo obtuvo el tratamiento control, es decir, que la fertilización foliar no mejoró este parámetro. Esta disminución en el porcentaje de grano total en tratamientos de fertilización foliar también fue observada en ensayos realizados por Vidal *et al* (2012) y Bezus *et al* (2015).

En cuanto a los genotipos evaluados, Nutriar FCAYF con 72,22 % de rendimiento industrial total fue significativamente superior que H458-31 cuyo valor fue de 70,11 %. Estos valores fueron superiores a los encontrados en ensayos realizados por Bezus *et al* (2015) donde Nutriar FCAYF arrojó un valor de 70,2 % y H458-31 un valor de 69 % de grano entero.

### *Álcali test*

Respecto a este parámetro el tratamiento con Nitrofort® con un valor de 5,15, resultó ser significativamente mayor que el tratamiento con Nutrifort® cuyo valor fue de 4,3, mientras que el tratamiento control arrojó un valor intermedio. Los valores obtenidos en este estudio fueron superiores a los encontrados por Vidal *et al* (2011) en un ensayo de fertilización foliar.

En cuanto a los genotipos evaluados no hubo diferencias significativas entre los resultados de álcali test encontrados. Con respecto al genotipo Nutriar FCAYF, Vidal *et al* (2011) encontraron valores menores para este parámetro, mientras que para el genotipo H458-31, Bezus *et al* (2015) obtuvieron valores mayores que el presente ensayo en el parámetro álcali test.

### *Contenido de proteína*

Al igual que lo encontrado por Vidal *et al* (2010) en un ensayo de evaluación de distintas dosis de fertilización de base y fertilización foliar, realizado en Urdinarrain, en el presente ensayo no se registró efecto del fertilizante foliar sobre el contenido de proteína. Sin embargo, Pincioli *et al* (2014), en ensayos de fertilización foliar con Niebla® Forte (9,3% nitrógeno, 2,6% de fósforo asimilable, 2,1% de potasio soluble y 4,9% de azufre) aplicado en diferenciación del primordio floral y en embuchamiento, encontraron una diferencia positiva a favor de la aplicación del fertilizante foliar.

Es importante destacar que pese al incremento del rendimiento por efecto de la fertilización foliar no hubo disminución en el porcentaje de proteína del grano.

En cuanto a los genotipos evaluados, Nutriar FCAYF con un valor de 12,88 % de proteína en grano, fue significativamente superior que H458-31 cuyo valor fue de 10,43 %. En este ensayo el contenido de proteína del cultivar Nutriar FCAYF fue

notablemente superior a ensayos realizados por Vidal *et al* (2011), donde se obtuvo un valor de 9,5 % de proteína en grano.

### *Amilosa*

En relación a este parámetro, si bien los tratamientos bajo fertilización foliar dieron valores mayores respecto al tratamiento control, no hubo diferencias significativas. Esto es coincidente a lo encontrado por Vidal *et al* (2012), quienes tampoco encontraron diferencias significativas en tratamientos bajo fertilización foliar para este parámetro.

El genotipo H458-31 con un valor de 12,90 % de amilosa fue significativamente superior que Nutriar FCAYF cuyo valor fue de 11,54 %. Estos valores difieren a los encontrados por Bezus *et al* (2015), quienes en un ensayo comparativo de rendimientos obtuvieron un 16 % de amilosa para el genotipo H458-31. Mientras que Vidal *et al* (2012), en una evaluación del genotipo Nutriar FCAYF obtuvo un valor de 15,4 % de amilosa.

### *Panza blanca*

En esta determinación no se observó diferencias significativas entre tratamientos de fertilización foliar. Sin embargo, es importante destacar que ambos tratamientos con fertilización foliar disminuyeron el porcentaje de panza blanca. Esto es coincidente a lo hallado por Vidal *et al* (2010).

Entre los genotipos evaluados no hubo diferencias significativas. El que mejor comportamiento tuvo para este parámetro fue H458-31, cuyo valor fue de 1,81 %, mientras que Nutriar FCAYF dio un valor de 2,19 % de panza blanca. Estos valores

son altos en comparación con valores obtenidos en ensayos previos por Bezus *et al* (2015) y Vidal *et al* (2012) pero se encuadran dentro los admitidos por las normas de comercialización.

### **Evaluación económica del resultado de la práctica de fertilización foliar sobre genotipos de grano largo ancho (ensayo 1).**

Si bien no se encontraron diferencias significativas en los valores de rendimiento, considerando que los valores de incremento son coincidentes con los obtenidos para la práctica de fertilización foliar se calculan los resultados económicos de la práctica que deberá ser evaluada con mayor detalle.

Precio neto arroz: 3,723 \$.kg<sup>-1</sup>.

Precio Nutrifort® : 360 \$.lt<sup>-1</sup>.

Costo aplicación: 150 \$.ha<sup>-1</sup>.

Costo de oportunidad: 10 % semestral

Los precios fueron calculados en diciembre de 2017 con un valor de 1 U\$\$ = 18 \$.

$$(A + B) = (C + D)$$

$$A = 0$$

$$B = 790 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ de ganancia} * 3,723 \text{ $.kg}^{-1} = 2941,17 \text{ $.ha}^{-1}.$$

$$C = (360\$.lt^{-1} * 0,5lt.ha^{-1} + 150\$.ha^{-1} + 33) = 363 \text{ $.ha}^{-1}.$$

$$D = 0$$

Para el ensayo 1: 2941,17 \$.ha<sup>-1</sup> > 363 \$.ha<sup>-1</sup> por lo tanto, la práctica es económicamente rentable, con un beneficio de 2778.17 \$.ha<sup>-1</sup>.

**Evaluación económica del resultado de la práctica de fertilización foliar (Nitrofort®) sobre genotipos de alto potencial de producción de proteína en grano (ensayo 2).**

Precio neto arroz: 3,723 \$.kg<sup>-1</sup>.

Precio Nitrofort®: 54 \$.lt<sup>-1</sup>.

Costo aplicación: 150 \$.ha<sup>-1</sup>.

Costo de oportunidad: 10 % semestral

Los precios fueron calculados en diciembre de 2017 con un valor de 1 U\$\$ = 18 \$.

$$(A + B) = (C + D)$$

$$A = 0$$

$$B = 1129 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ de ganancia} * 3,723 \text{ $.kg}^{-1} = 4203,26 \text{ $.ha}^{-1}.$$

$$C = (54\$.lt^{-1} * 0,5lt.ha^{-1} + 150\$.ha^{-1} + 17,7) = 194,70 \text{ $.ha}^{-1}.$$

$$D = 0$$

Para el ensayo 2 (Nitrofort®): 4203,26 \$.ha<sup>-1</sup> > 194,70 \$.ha<sup>-1</sup> por lo tanto, la práctica es económicamente rentable, con un beneficio de 4008,56 \$.ha<sup>-1</sup>.

**Evaluación económica del resultado de la práctica de fertilización foliar (Nutrifort® ) sobre genotipos de alto potencial de producción de proteína en grano (ensayo 2).**

Precio neto arroz: 3,723 \$.kg<sup>-1</sup>.

Precio Nutrifort® : 360 \$.lt<sup>-1</sup>.

Costo aplicación: 150 \$.ha<sup>-1</sup>.

Costo de oportunidad: 10 % semestral

Los precios fueron calculados en diciembre de 2017 con un valor de 1 U\$\$ = 18 \$.

$$(A + B) = (C + D)$$

$$A = 0$$

$$B = 340 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ de ganancia} * 3,723 \text{ $.kg}^{-1} = 1265,82 \text{ $.ha}^{-1}.$$

$$C = (360\text{$.It}^{-1} * 0,5\text{lt.ha}^{-1} + 150\text{$.ha}^{-1} + 33) = 363 \text{ $.ha}^{-1}.$$

$$D = 0$$

Para el ensayo 2 (Nutrifort® ): 1265,82 \$.ha<sup>-1</sup> > 363 \$.ha<sup>-1</sup> por lo tanto, la práctica es económicamente rentable, con un beneficio de 902,82 \$.ha<sup>-1</sup>.

Resultados similares encontró Bezus *et al* (2015), quien evaluó, en un ensayo realizado en Urdinarrain, tratamientos de fertilización foliar con Nutrifort® sobre arroz, y obtuvo resultados económicos favorables con la realización de la práctica.

## CONCLUSIÓN

- ✓ Los genotipos evaluados no presentaron diferencias de rendimiento indicando que la selección deberá definirse evaluando otras características. Futuros ensayos podrían ser de utilidad para demostrar con mayor precisión y reafirmar las diferencias entre los genotipos evaluados.
- ✓ Las diferencias de calidad industrial y culinaria entre los genotipos evaluados podrían ayudar a seleccionar cultivares que reemplacen los ya existentes en el mercado.
- ✓ Para las condiciones de estas experiencias, la fertilización foliar no permitió mejorar los rendimientos y la calidad en las líneas de arroz evaluadas. La respuesta obtenida en otros ensayos indican la necesidad confirmar los resultados.
- ✓ En las condiciones de este ensayo no fue posible encontrar efectos positivos de la fertilización foliar en la definición del contenido proteico. Es necesario un estudio más minucioso del ambiente durante la etapa de llenado de grano y la definición de la calidad del mismo.
- ✓ Los análisis económicos, considerando las diferencias en valores absolutos, demuestran el beneficio económico de la práctica de fertilización foliar, a pesar de no haberse obtenido diferencias significativas en los resultados de los ensayos evaluados.
- ✓ Las líneas de grano largo ancho evaluadas en este ensayo pueden convertirse en una alternativa superadora a Yeruá PA, debido a los parámetros de rendimiento y calidad obtenidos.

## ANEXOS

**Tabla 1.** Condiciones climáticas en la Estación Experimental (34°52'S, 57°57'W, 9.8 m snm) durante la campaña 2015-2016

Registro	Mes-año						
	oct-15	nov-15	dic-15	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16
Temp minima(°C)	8,8	12,3	15,8	17,4	17,9	13,1	12,1
Temp maxima(°C)	18,7	23,4	28	28,9	29,8	24,6	19,7
Humedad Relativa (%)	72	72	57	69	72	69	61
Precipitaciones (mm)	67,6	130	36,6	67,4	72	104,6	160,6

**Tabla 2 .** Análisis de suelo

<b>pH</b>	6,2
<b>N Total (%)</b>	0,184
<b>Fósforo (ppm)</b>	18
<b>Materia Orgánica (%)</b>	3,7

**Ref.** pH relación suelo/agua 1:2,5, determinación potenciométrica; Carbono fácilmente oxidable, método Walkey-Black; Materia orgánica:=  $1,724 \times C$  (%); Fósforo: método Bray Kurtz N°1; Nitrógeno total: digestión húmeda, evaluación por método Micro-kjeldahl).

**Tabla 3:** Valores medios de rendimiento y sus componentes de los tratamientos de fertilización foliar evaluados sobre distintos genotipos de grano largo ancho (E1).

Dobles (E1)	Rendimiento (kg.ha <sup>-1</sup> )	Panojas.m <sup>2</sup>	Granos.panoja <sup>-1</sup>	PMG
<b>Tratamiento</b>				
Control	9.705,00 a	279,00 a	103,70 a	33,50 a
Nutrifort®	10.495,00 a	289,30 a	109,10 a	33,50 a
<b>Genotipos</b>				
R14	10.350,00 a	298,60 a	107,10 a	32,40 b
H419-12	10.400,00 a	283,70 a	110,00 a	33,30 b
H489-5	9.956,00 a	270,10 a	111,30 a	33,50 ab
AMAROO x DESC/8-1	9.439,00 a	271,00 a	105,40 a	33,10 b
H468-45	10.354,00 a	297,20 a	98,20 a	35,40 a
Cv	12,4	10,4	12,8	4,2

Ref. Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, p 0,05).

Cv: coeficiente de variación.

**Tabla 4:** Valores medios de rendimiento y sus componentes de los tratamientos de fertilización foliar evaluados sobre dos genotipos de alto potencial para acumular proteína en grano (E2).

<b>Proteicos (E2)</b>	<b>Rendimiento (kg.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Panojas.m<sup>-2</sup></b>	<b>Granos.panoja<sup>-1</sup></b>	<b>PMG</b>
<b>Tratamiento</b>				
Control	7.192,00 a	453,75 a	64,22 a	24,81 a
Nitrofort®	8.321,30 a	491,06 a	65,69 a	25,65 a
Nutrifort®	7.532,60 a	476,58 a	61,66 a	26,20 a
<b>Genotipos</b>				
Nutriar FCAYF	8227,50 a	459,72 a	72,11 a	24,83 b
H458-31	7136,40 a	487,88 a	55,61 b	26,29 a
Cv	15	10,9	14,7	4,9

Ref. Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, p 0,05).

Cv: coeficiente de variación.

**Tabla 5:** Valores medios de parámetros de calidad industrial y culinaria de los genotipos de grano largo ancho (E1), bajo distintos tratamientos de fertilización foliar.

<b>Dobles(E1)</b>	<b>Rendimiento industrial grano entero (%)</b>	<b>Rendimiento industrial total (%)</b>	<b>Alcali test (grado)</b>
<b>Tratamiento</b>			
Control	58,45 a	72,60 a	3,28 a
Nutrifort®	55,02 a	72,66 a	3,17 a
<b>Genotipo</b>			
R14	56,33 b	72,66 a	2,60 b
H419-12	53,94 b	72,16 a	2,83 b
H489-5	53,66 b	72,83 a	2,76 b
AMAROO x DESC/8-1	64,77 a	72,16 a	2,55 b
H468-45	54,98 b	73,33 a	5,38 a
Cv	10,3	1,1	35,2

Ref. Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, p 0,05).

Cv: coeficiente de variación.

**Tabla 6:** Valores medios de parámetros de calidad industrial y culinaria de los genotipos con alta capacidad de acumular proteína en grano, bajo distintos tratamientos de fertilización foliar.(E2)

<b>Proteicos (E2)</b>	<b>Rendimiento industrial grano entero (%)</b>	<b>Rendimiento industrial total (%)</b>	<b>Álcali test (grado)</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Amilosa (%)</b>	<b>Panza Blanca (%)</b>
<b>Tratamiento</b>						
Control	55,67 a	72,00 a	4,53 ab	11,49 a	11,91 a	2,17 a
Nitrofort®	50,17 a	70,33 b	5,15 a	11,64 a	12,28 a	1,81 a
Nutrifort®	47,33 a	71,17 ab	4,30 b	11,84 a	12,48 a	2,02 a
<b>Genotipo</b>						
Nutriar FCAYF	60,11 a	72,22 a	4,66 a	12,88 a	11,54 b	2,19 a
H458-31	42,00 b	70,11 b	4,67 a	10,43 b	12,90 a	1,81 a
Cv	32	2,2	11,8	10,4	9,5	44,3

Ref. Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (Tukey, p 0,05).

Cv: coeficiente de variación.

## BIBLIOGRAFIA

Alexander, A. & M. Schroeder. 1987. Modern trends in foliar fertilization. *Journal of Plant Nutrition* 10 (9-16): 1391-1399.

Bezus, R. 2015. Evaluación de la Fertilización foliar en un cultivar de arroz largo ancho. Programa arroz. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP.

Bezus, R., M. Pinciroli, A. Vidal, L. Scelso, G. Frank & C. Rivas. 2015. Evaluación de la fertilización foliar en estado de macollaje y post-diferenciación de arroz. Programa arroz. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP.

Bezus, R., A. Vidal & C. Asenjo. 2002. Nuevo genotipo de alto potencial de rendimiento y contenido proteico. I Congresso da Cadeia Produtiva de Arroz. Anais, ISSN 1516-7518; p.47.

Bezus, R., A. Vidal, M. Pinciroli & L. Scelzo. 2015. Fertilizantes foliares: impacto en el rendimiento y la calidad industrial del arroz. *Revista proarroz*, noviembre 2015 pp. 20-23.

Bezus, R., M. Pinciroli, L. Scelzo, A. Vidal & G. Frank. 2013. Reguladores de crecimiento y elección del genotipo en el manejo de la producción de arroz largo ancho. Disponible en: [cbai2013.web2265.uni5.net/cdonline/docs/trab-9653-125](http://cbai2013.web2265.uni5.net/cdonline/docs/trab-9653-125). Ultimo acceso: mayo de 2018.

Bezus, R., A. Vidal, M. Pinciroli & L. Scelzo. 2015. Rendimiento y calidad de líneas de arroz largo fino, especiales y largo ancho del programa arroz (UNLP). Campaña 2014/15. Programa arroz. FCAYF. UNLP.

Cassman, K.G. 1999. Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96:5952-59.

Concepción, R. N. 2006. Sustainable fertilization management to crop lands: The Philippines scenario. In: *Improving plant nutrient management for better farmer livelihoods, food security and environmental sustainability. Proceedings of a Regional Workshop, Beijing, China. Paper No. 9: 125-131. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok.*

De Bernardi, L. A. 2017. Perfil del Mercado de arroz. Disponible en: <https://www.agroindustria.gob.ar/new/0-0/programas/dma/granos/Perfil%20de%20Mercado%20de%20Arroz%202017>. Ultimo acceso: mayo de 2018.

Dobermann A. & T. Fairhurst. 2000. Rice. Nutrient disorders and nutrient management. Handbook series. Potash and Phosphate Institute (PPI), Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute (IRRI). Los Baños, Laguna. Filipinas. 191 p.

Fageria, N. K., M. P. Barbosa Filho, A. Moreira & C. M. Guimarães. 2009. Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition* 32 (6): 1044-1064.

Fang, Y., L. Wang, Z. Xin, L. Zhao, X. An & Q. Hu. 2008. Effect of foliar application of zinc, selenium, and iron fertilizers on nutrients concentration and yield of rice grain in China. *J. Agric. Food Chem.* 56 (6): 2079-2084.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2016. Ahorrar para crecer en la práctica: maíz, arroz y trigo. Guía para la producción sostenible de cereales. 15 pp.

Fernández, V., T. Sotiropoulos & P. Brown. 2015. Fertilización Foliar. Principios Científicos y Práctica de Campo. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). Paris, Francia.

Fertilizando, 2011. Fertilización foliar. Disponible en: <http://www.fertilizando.com/articulos>. Último acceso: mayo de 2018.

Figueroa, E & R. Melgar. 2005. Ensayo respuesta de la fertilización foliar en arroz. Est. Exp. INTA Mercedes y Pergamino. Presentado a Laboratorios Degser S.A.

Goldbach, H. E., Q. Yu, R. Wingender, M. Schulz, M. Wimmer, P. Findeklee & F. Baluška. 2001. Rapid response reactions of root to boron deprivation. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 164: 173-181.

Gurumendi, K. S. 2015. Efecto de la aplicación de tres fertilizantes foliares en diferentes formulaciones sola y combinada en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oriza Sativa*), Facultad de ciencias agrarias. Universidad de Guayaquil. Ecuador.

Haro García, A. 2005. Procesamiento industrial del arroz. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos. Universidad de Granada. Disponible en [http://www.pulevasalud.com/ps/subcategoria.jsp?ID\\_CATEGORIA=103899&RUTA=1-2-45-96-103899](http://www.pulevasalud.com/ps/subcategoria.jsp?ID_CATEGORIA=103899&RUTA=1-2-45-96-103899). Último acceso: Diciembre de 2017.

Hurtado, M. A., J. E. Giménez, M. G. Cabral, M. Da Silva, O. R. Martinez, M. C. Camilión, C. A. Sánchez, D. Muntz, J. A. Gebhard, L. M. Forte, L. Boff, A. Crincoli & H. Lucesoli. 2006. Análisis ambiental del partido de La Plata. Aportes al ordenamiento territorial. Instituto de Geomorfología de suelos. Centro de Investigaciones de suelos y aguas de uso agropecuario (CISAUA). Convenio ministerio de Asuntos Agrarios de la Pcia. de Buenos Aires y la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP).

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2009. Programa Nacional de Cereales. Documento Base. PMP 2009-2011.

Khan, M. U., M. Qasim, M. Subhan, M. Jamil & R.D. Ahmad. 2003. Response of rice to different methods of zinc application in calcareous soil. *Pakistan Journal of Applied Sciences* 3 (7): 524-529.

Kirby, E. A. & V. Römheld. 2007. Micronutrients in plant physiology: Functions, uptake and mobility. *Proceedings* 543. The International Fertilizer Society. York, United Kingdom. p.1-51.

Lilli, G. & Vio, S. 2015. La fertilización foliar en soja como herramienta para mejorar su producción. Tesis para obtención del título Ing. Agr. FCAYF – UNLP.

Little, R. R., G.B. Hilder & E. H. Dawson. 1958. Differential effect of dilute alkalion 25 varieties of milled white rice. *Cereal Chemistry*, 35:111-126.

Lovatt, C. J. 1999. Management of foliar fertilization. *Terra* 17 (3): 257-264.

Manani, C. 2013. Fertilización nitrogenada: efecto del momento de aplicación sobre el rendimiento y la calidad en genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) de alto contenido proteico. Tesis para obtención del título ing. agr. FCAYF – UNLP.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Ed. Academic Press, New York. USA.889 p.

Martínez, C. & F. Cuevas. 1989. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. CIAT centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 75pp.

Midorikawa M., Y. Okamoto & T. Sakaba. 2014. Developmental changes in Ca channel subtypes regulating endocytosis at the calyx of Held. *The Journal of Physiology* 592(16).

Ministerio de Agroindustria. 2016. Informe de coyuntura: Cadena del arroz. N°1

Miwa, K., J. Tanako & T. Fujiwara. 2006. Improvement of seed yield under boron-limiting conditions through overexpression of BOR1, a boron transporter for xylem loading, in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal* 46: 1084-1091.

Molina, E. & G. Cabalceta. 1992. Fertilización foliar en arroz (*Oryza sativa* L.) en Carrillo, Guanacaste. *Agronomía Costarricense*. 16(2): 287-290 p.

Montenegro, C. & H. Soimer. 2006. Efecto de abono foliar líquido (Biol) en el rendimiento del arroz (*Oryza sativa*) en San Martín Perú. Tesis de grado UNSM.

Muller, H. 2012. Ponencia: Coyuntura Actual y Perspectivas para el Sector Arrocero Cooperativista. Fundación PROARROZ. CONINAGRO-CAC 2012.

Pincirolí, M., P. Lima, R. Bezus, L. Scelzo & A. Vidal. 2014. Respuesta de diferentes genotipos de arroz (*Oryza sativa*) de tipo largo fino a la fertilización foliar medida sobre los componentes de rendimiento y proteína en grano.

Pincirolí, M., N. Ponzio & M. Salsamendi. 2015. El arroz alimento de millones. Un texto sencillo para alumnos de las carreras vinculadas a las Ciencias Agrarias y Tecnología de los Alimentos.

Programa Arroz. 2016. Información propia del programa. Datos internos de registros de ensayos de crianza. FCAyF. UNLP.

Quintero, C. E. 2009. Factores Limitantes para el Crecimiento y Productividad del Arroz en Entre Ríos, Argentina, Tesis doctoral, Universidad A Coruña. Instituto Universitario de Geología, 197pp.

Quintero, C. E., F. Prats, M. A. Zamero, E. S. Arévalo, N. B. Spinelli & G. N. Boschetti. 2011. Absorción de nitrógeno y rendimiento de arroz con diferentes formas de nitrógeno aplicado previo al riego. *Revista Ciencia del Suelo* vol.29 no.2.

Romheld, V. & M. El-Fouly. 1999. Foliar nutrient application: Challenges and limits in crop production. Proceedings of the 2nd International Workshop on Foliar Fertilization. Fertilizer Society of Thailand. Bangkok, Thailand. *Informaciones agronómicas* no. 48.

Savithri, P., R. Perumal & R. Nagarajan. 1999. Soil and crop management technologies for rice production under micronutrient constraints. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 53: 83-92

UNLP. 2015. Guía de trabajos prácticos. Curso de Administración Agraria. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

UNLP. 2016. Boletín agrometeorológico mensual. Sección agrometeorología. Estación experimental ing. agr. J. Hirschhorn. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

Vidal, A., R. Bezus, M. Pinciroli & L. Scelzo. 2010. Evaluación de genotipos del programa arroz de la FCAYF de la UNLP en la zona centro sur de Entre Rios. Campaña 2009/10. En resultados experimentales 2009-2010. Fundación Proarroz, Concordia, p. 59-65.

Vidal, A., R. Bezus, M. Pinciroli & L. Scelzo. 2011. Genotipos del programa arroz de la FCAYF de La Plata en la zona centro sur de Entre Rios. Campaña 2010/11. En resultados experimentales 2010-2011. Fundación Proarroz, Concordia, p. 57-63.

Vidal, A., R. Bezus, M. Pinciroli & L. Scelzo. 2012. Evaluaciones de líneas del programa arroz de la FCAYF de La Plata en la zona centro sur de Entre Rios campaña 2011/12. En resultados experimentales 2011-2012. Fundación Proarroz, Concordia, p. 51-56.

Williams, V. R., W. T. Wu & H. R. Tsai. 1958. Varietal differences in amylose content of rice starch. Journal Agricultural Food Chemistry, 6: 47-48.

Wincler, A. F. 2012. Evaluación de genotipos de arroz de tipo largo ancho en distintos ambientes de cultivo. Tesis para obtención del título Ing. Agr. FCAYF – UNLP.