



Programa Arroz

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

INFORME Trabajo Final de Carrera

FERTILIZACIÓN NITROGENADA: EFECTO DEL MOMENTO DE APLICACIÓN SOBRE
EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD EN GENOTIPOS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) DE
ALTO CONTENIDO PROTEICO

Alumno: Mamani Cesar

Legajo N°: 23879/8

Lugar de trabajo: Estación Experimental "Julio Hirschhorn" / Programa Arroz / Facultad de
Ciencias Agrarias y Forestales / Universidad Nacional de La Plata.

Carrera: Ingeniería Agronómica

Director: Vidal, Alfonso Andrés

Co Director: Pinciroli María

Fecha de entrega: 5 /12/2013

FERTILIZACIÓN NITROGENADA: EFECTO DEL MOMENTO DE APLICACIÓN
SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD EN GENOTIPOS DE ARROZ (*Oryza sativa*
L.) DE ALTO CONTENIDO PROTEICO

INDICE

1. RESUMEN.....	3
2. INTRODUCCIÓN	
2.a. Generalidades del cultivo.....	3
2.b. La calidad del grano.....	5
2.b.1. Calidad industrial	6
El proceso industrial	
Apariencia. Porcentaje de panza blanca.	
2.b.2. Calidad culinaria	7
Temperatura de gelatinización	
Contenido de proteína en grano	
3. OBJETIVOS	
3.a. Objetivo general.....	7
3.b. Objetivos específicos.....	8
4. MATERIALES Y MÉTODOS	
4.a. Descripción del ensayo.....	8
4.b. Análisis estadístico de los resultados.....	9
4.c. Registros meteorológicos.....	9
5. RESULTADOS	
5.a. Descripción edáfica climática y fenológica del cultivo.....	9
5.b. Análisis de los componentes de rendimiento	12
5.c. Análisis de los parámetros de calidad.....	13
5.c.1. Calidad industrial.....	13
5.c.2. Calidad culinaria.....	13
6. DISCUSION	
6.a. Componentes de rendimiento.....	15
6.b. Parámetros de calidad.....	16
6.b.1. Calidad industrial	
6.b.2. Calidad culinaria.....	
7. CONCLUSIONES.....	18
8. BIBLIOGRAFIA	
8.a. Bibliografía citada.....	19
8.b. Bibliografía consultada.....	20

FERTILIZACIÓN NITROGENADA: EFECTO DEL MOMENTO DE APLICACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD EN GENOTIPOS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) DE ALTO CONTENIDO PROTEICO

1. RESUMEN

El arroz es una gramínea que alimenta más de la mitad de la población del mundo. La fertilización nitrogenada es una práctica frecuente en este cultivo. Tanto la dosis de nitrógeno como el momento de aplicación son importantes para mejorar la eficiencia de su uso y el rendimiento. El nitrógeno puede incrementar el contenido proteico del grano. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del momento de aplicación de nitrógeno sobre los componentes de rendimiento, calidad y proteína en grano de diferentes genotipos de arroz de alto contenido proteico. Para ello se realizó un ensayo en La Plata, durante la campaña 2007-2008. Se evaluaron 4 genotipos seleccionados por el Programa de alto contenido de proteína en grano: H358-10-1-2-1, H362-4-2-1-1-2-1, H361-38-1-2-1, Nutriar FCAYF y una variedad de contenido normal: Irga 417 17). Los tratamientos fueron: a) 0 KgN.ha⁻²; b) 60 KgN.ha⁻² aplicados en macollaje y 40 en diferenciación y b) 60 en macollaje, 20 en diferenciación y 20 en floración. Se determinó: biomasa, rendimiento, número de panojas por metro cuadrado, número de granos llenos y vanos por panojas, peso de mil granos porcentaje de grano entero y total, granos panza blanca y enyesado, álcali-test y contenido de proteína. No se encontró respuesta en el rendimiento y sí en el contenido de proteína en grano con el agregado de nitrógeno. Si bien hubo un incremento en la proteína en grano con la fertilización, este no fue suficiente para provocar una mejora en el rendimiento industrial posiblemente existen otros factores ambientales, registrados durante el periodo de llenado que influyen en mayor medida sobre este parámetro de calidad. Los resultados permiten observar que es posible lograr una mejora en los valores de contenido proteico en grano con una fertilización nitrogenada tardía aunque deben considerarse específicamente las características propias de cada genotipo.

2. INTRODUCCIÓN

2. a. Generalidades del cultivo

El arroz es una planta de la familia de las gramíneas que alimenta más de la mitad de la población del mundo. Es el tercer cultivo más importante del mundo, detrás del maíz y el trigo. (FAO, 1982)

La producción mundial ha mostrado un crecimiento constante y muy significativa, casi exclusivamente al aumento de la producción en Asia occidental y oriental. Se calcula que para el año 2025, la población mundial superará los 7 billones de habitantes y en la actualidad se ha producido una desaceleración en las tasas de producción de alimentos a causa de factores ecológicos, meteorológicos y de mercado que algunos llaman fatiga de la revolución verde (Swaminathan, 2007). El arroz se cultiva en más de un centenar de países con una producción de 700 millones toneladas (470 millones de toneladas de arroz pulido) (IRRI, 2013, FAO, 2013). La producción está concentrada geográficamente en Asia oriental con más de 90 % de la producción mundial. Brasil es el principal productor no asiático, seguido por los Estados Unidos. Italia ocupa el primer lugar en Europa.

La producción nacional de arroz, que mostró una tendencia creciente a lo largo de la década del noventa, cayó a partir del ciclo 1998/99, cuando se registró el pico máximo de 290 mil hectáreas sembradas y 1,6 millones de toneladas de producción. En la campaña 2011/12 se sembraron 237 mil hectáreas, lo que marca una tendencia a la recuperación en los últimos años. El rendimiento promedio es de 6560 kg/ha. La producción de arroz en Argentina está concentrada en la región del litoral. La superficie sembrada se reparte un 41 % para Corrientes, un 33% para Entre Ríos, mientras que el resto de la producción se localiza en Chaco, Formosa y Santa Fé (Unaran, 2012). El área de producción en la Argentina puede catalogarse como arroz de riego templado debido a que el cultivo se realiza en su totalidad bajo condiciones de riego por inundación con baja frecuencia de temperaturas extremas.

Las variedades de arroz cultivadas pertenecen al género *Oryza sativa* L. Se trata de una gramínea anual de origen subtropical clasificada como planta C3, bien adaptada a un ambiente acuático. Esta adaptación deriva de la presencia de tejido aerenquimático en el tallo y la raíz que posibilita el pasaje del oxígeno del aire a la rizósfera.

Los fertilizantes son los medios por los cuales se aportan nutrientes a la planta; estos nutrientes son elementos o compuestos inorgánicos, indispensables para el correcto crecimiento y desarrollo y no son sintetizados por el cultivo durante el proceso normal de su metabolismo. Las variedades de arroz sembradas en las diferentes áreas arroceras responden a dosis relativamente altas de fertilizantes. Se debe elaborar un programa de fertilización, basado en recomendaciones técnicas, que considere las demandas nutricionales del cultivo, el historial de uso del suelo y los resultados de análisis del suelo, manejo del cultivo y condiciones climáticas locales. Se debe preferir el uso sólo de fuentes amoniacales y/o urea para la fertilización nitrogenada, debido a que estas fuentes, bajo las condiciones en que se desarrolla el cultivo de arroz, son más eficientes (Molina *et al.*, 2008).

El nitrógeno es uno de los nutrientes que limita el rendimiento de los cultivos anuales en todo el mundo y su uso eficiente es importante para la sustentabilidad económica de los sistemas de cultivo. Por otra parte, la dinámica del N y su propensión a la pérdida de la planta crea un ambiente único y desafiante para su manejo eficaz. La baja recuperación de N se asocia con la pérdida por lixiviación, volatilización, desnitrificación. Las dosis de nitrógeno y el momento de aplicación son importantes prácticas de manejo para mejorar la eficiencia de uso del N y el rendimiento de los cultivos. Mejorar la eficiencia de uso de N, puede reducir los costos de la producción agrícola, así como la contaminación del medio ambiente. Es necesario sincronizar el suministro de N con la demanda del cultivo. El macollaje y el momento de diferenciación del primordio constituyen los momentos decisivos en los que se determina el número de panojas por hectárea y el número de espiguillas por panoja, es en estos periodos que los requerimientos de N de la planta son mayores (Gamarra, 1996). Por esta razón se asume generalmente que el arroz y otras plantas hidrófilas absorben poco N como nitrato. Sin embargo, muchas experiencias muestran que el arroz es excepcionalmente eficiente en absorber y asimilar NO_3^- en comparación con el NH_4^+ (Kirk and Kronzucker, 2005; Duan, *et al.*, 2007). La fuente nitrogenada más utilizada en fertilización de arroz es la urea. En numerosos trabajos se muestra la conveniencia de utilizar esta fuente dado que posee el N en forma amídica y no se vería afectado significativamente por la desnitrificación en un ambiente reductor como el del arroz. Algo similar ocurre con fuentes amoniacales como el sulfato de amonio (Quintero *et al.*, 2011). Actualmente, debido al alto costo de los fertilizantes se hace necesario realizar trabajos de investigación que permitan determinar las dosis de fertilizantes adecuadas y los momentos de aplicación, a fin de maximizar la respuesta del cultivo dado que las variedades de arroz difieren en su

comportamiento en cuanto a momentos y tasas de absorción de nitrógeno (Quintero *et al.*, 2009,a)

La planta toma el N del suelo en forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+) y este se combina con los compuestos del metabolismo de los hidratos de carbono para formar aminoácidos y proteínas. El N es el motor de crecimiento de la planta. Como es el constituyente esencial de las proteínas, interviene en todos los procesos principales del desarrollo de la planta y en la determinación del rendimiento. Numerosos investigadores han estudiado los efectos de las aplicaciones de N sobre la altura de la planta, la acumulación de materia seca, el número de tallos así como la modificación del índice de cosecha, y la esterilidad de las espiguillas (Rojas *et al.* 1982). Se ha encontrado que la fertilización nitrogenada en la etapa de panojamiento y antésis incrementa el contenido de proteína en grano y afecta en forma diferencial a los distintos cultivares (Ferraz Junior, *et al.*, 1997).

El contenido proteico influye en el rendimiento en grano entero, la transparencia y la calidad nutricional, parámetros centrales en la comercialización (Hamaker, 1994). Resultados del estudio realizado por Leesawatwong *et al.* (2005) determinaron que un plus de proteína se almacena en la región lateral del endosperma, otorgándole mayor dureza y por lo tanto, resistencia a la fricción sufrida durante el proceso de molinado. El quebrado de grano depende, además, de factores como la variedad, la biometría del grano, la existencia de panza blanca (Bhashyam *et al.*, 1985), la aplicación de nitrógeno (Mengel y Leonard, 1977) y las condiciones de cosecha (Ntanos *et al.*, 1997).

El aumento de proteína además de otorgar beneficios en la calidad molinera y culinaria incrementa el valor nutricional del arroz como alimento dado que la proteína es rica en el aminoácido esencial lisina, limitante en otros cereales, es hipoalergénica y posee propiedades anticancerígenas por lo que es considerado un alimento funcional.

2.b. La calidad del grano

La calidad surge de la acción de varios factores relacionados con las propiedades fisicoquímicas del grano, tales como tamaño, forma, peso, pigmentación, dureza, y la temperatura de gelatinización, contenido de amilosa del almidón, mientras que otros se refieren a la cosecha y su manejo, secado, transporte y almacenamiento. Se evalúa de acuerdo con las preferencias y gustos de los consumidores. Las preferencias por la longitud y transparencia del grano, grado de molienda y aroma, varían de una región a otra. En el mercado internacional se comercializan varios tipos de arroz entre los que se destacan: grano largo, grano molinado, grano corto o medio, el arroz precocido sin una longitud definida y por último dos tipos específicos, el arroz glutinoso o céreo y el arroz aromático. Además, la calidad varía dentro de cada tipo. Los consumidores prefieren en lo posible la menor cantidad de grano partido, carente de material inerte, bien molinado, preferiblemente translúcido. Para cumplir con las normas establecidas por un mercado determinado, los principales exportadores e importadores han establecido unos grados oficiales basados en la calidad de los diferentes lotes de arroz. Es de especial importancia emplear varios criterios para evaluar la calidad molinera y culinaria: presencia de centro blanco, longitud del grano, rendimiento en molino, porcentaje de arroz entero, temperatura de gelatinización y contenido de amilosa. En el mercado la calidad se determina por la apariencia física, tal como el tamaño, forma, quebrado y transparencia de los granos. Es entonces como la calidad se puede definir desde tres aspectos: calidad industrial, comercial y culinaria (Barber and Juliano, 1971; Juliano 1972^a; Chandler, 1979)

2.b.1. Calidad industrial

El proceso industrial. En Argentina, como en la gran mayoría de los países consumidores, el uso más difundido de este cereal es como grano pulido constituido fundamentalmente por el endosperma. El proceso de industrialización tradicional del arroz, involucra las actividades que transforman el arroz cáscara (materia prima) en arroz elaborado (blanco o pulido), con el objetivo de hacer el producto apto para el consumo humano. A diferencia de los otros cereales, en donde el grano es molido para convertirlo en harina, en la elaboración de arroz, el objetivo consiste en mantener la mayor cantidad posible de granos intactos como arroz entero. La eficacia técnica del proceso de elaboración, o sea, el rendimiento industrial, se juzga por la cantidad de arroz entero obtenido a partir de una cantidad determinada de arroz cáscara. Del arroz cosechado, aproximadamente 20% es cáscara, y 10% es salvado, ambos elementos se eliminan en los procesos de descascarado y pulido respectivamente. El resto (70%) está formado por granos de arroz blanco o pulido, entero y partido o quebrado (Figura 1). El arroz **pulido** está constituido fundamentalmente por el endosperma, el salvado por el embrión y las capas externas (aleurona, tegmen, y pericarpio) y el arroz **integral** por ambos (endosperma y salvado). El molino elimina en primera instancia, la cáscara, luego el salvado constituido por el embrión, aleurona, tegumento y pericarpio quedando finalmente el grano pulido del cual el 60- 55% es grano entero y el resto es quebrado (Figura 1).



Figura 1: Productos y rendimiento de arroz en molino (Shih, 2003)

Las bases de comercialización fijadas por el SENASA incluyen el rendimiento industrial en grano entero y quebrado como uno de los rubros determinantes. El mismo se determina sobre 100 gramos de muestra libre de materias extrañas y con menos de 14% de humedad por medio de un molinillo experimental.

El trabajo abrasivo del molino durante el proceso de pulido trae aparejado un grado de quebrado que depende fundamentalmente de la biometría del grano y de las condiciones climáticas durante el período de llenado del mismo.

El contenido proteico influye en el rendimiento en grano entero, la transparencia y la calidad nutricional, parámetros centrales en la comercialización (Hamaker, 1994). Resultados del estudio realizado por Leesawatwong *et al.* (2005) determinaron que un plus de proteína se almacena en la región lateral del endosperma, otorgándole

mayor dureza y por lo tanto, resistencia a la fricción sufrida durante el proceso de molinado

Apariencia. Porcentaje de panza blanca.

Granos panza blanca: Son aquellos que presentan una mitad o más del grano con una mancha opaca-almidonosa, mientras que los granos enyesados son aquellos que presentan toda su superficie opaca (Figura 2). Estas áreas opacas son indeseables para el molinero debido a que por ser más frágiles, contribuyen a aumentar el porcentaje de grano quebrado (Livore, 2000).

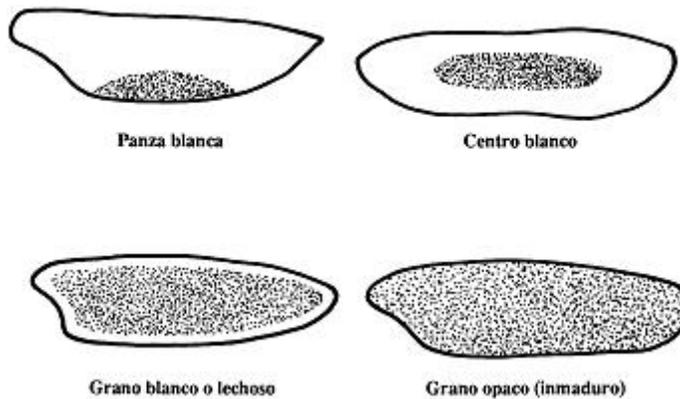


Figura 2: Varios tipos de áreas opaca. (CIAT, 1989)

2.b.2. Calidad culinaria

La calidad culinaria del grano de arroz está determinada fundamentalmente por dos de sus componentes principales: el almidón y las proteínas

Los parámetros estándar para evaluar la calidad culinaria en la actualidad son:

- 1) Temperatura de gelatinización
- 2) Contenido de proteína

Temperatura de gelatinización

La temperatura de la gelatinización es aquella a la cual los gránulos de almidón comienzan a absorber agua y se hinchan irreversiblemente, con la pérdida de birrefringencia a la luz polarizada y la cristalinidad. Existen diferentes métodos, como el calor y soluciones alcalinas, aunque el uso de estas últimas es más frecuente. Cada variedad tiene su propia temperatura de gelatinización y refleja la dureza de los gránulos de almidón y del endosperma. Este parámetro de calidad está parcialmente bajo control genético. No obstante, ciertos factores ambientales afectan marcadamente su expresión (Jennings *et al.*, 1981).

Contenido de proteína

Como ya se indicó, los mayores porcentajes de proteína en grano determinan una mayor resistencia al molinado y la cocción y se traducen con menos cantidad de roturas en la molienda y una mayor transparencia, si bien resultan de un color más oscuro. Un incremento en el contenido proteico representa un aumento en la calidad nutricional ya que la proteína de arroz es de alto valor biológico por su composición aminoacídica.

Hipótesis del trabajo

El momento de aplicación de nitrógeno en el suelo pueden afectar los diferentes componentes de rendimiento, la calidad y el contenido proteico del grano, en forma diferencial según los genotipos considerados.

3. OBJETIVOS

3.a. Objetivo general

Evaluar el efecto del momento de aplicación de nitrógeno sobre los componentes de rendimiento, calidad y proteína en grano de diferentes genotipos de arroz de alto contenido proteico.

3.b. Objetivos específicos

- Determinar la modificación los componentes de rendimiento y su proporción relativa en función de los diferentes momentos de aplicación de nitrógeno.
- Evaluar los efectos de los distintos momentos de fertilización nitrogenada sobre la calidad industrial y culinaria y el contenido de nitrógeno en grano.
- Estudiar el comportamiento diferencial de los genotipos frente a los cambios en la fertilidad del suelo.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.a. Descripción del ensayo. Se realizó un ensayo a campo en la Estación Experimental “Ing. Julio Hirschhorn” (Lat.: 34°52S y Long.: 57°57W), La Plata, Argentina durante la campaña 2007-2008 donde se evaluaron 4 genotipos de alto potencial para producir proteína: H358-10-1-2-1(H358), H362-4-2-1-1-2-1(H362), H361-38-1-2-1(H361), Nutriar FCAYF (Nutriar) y una variedad de contenido proteico normal: Irga 417 (Irga 417). Cabe aclarar que los genotipos utilizados, con excepción de este último, pertenecen al grupo de arroces de calidades especiales en los cuales el objetivo perseguido durante el proceso de selección y mejora no fueron altos rindes a campo sino fundamentalmente alto contenido de proteína en grano. Los tratamientos de fertilización fueron: control (0), 100 KgN.ha⁻² aplicados 60 en macollaje y 40 en diferenciación (60+40) y 100 Kg N.ha⁻² aplicados 60 en macollaje, 20 en diferenciación de la panoja y 20 en inicio de floración (60+20+20). Se utilizó un diseño en bloques al azar con tres repeticiones. El ensayo se sembró con una densidad de 350 semillas/m², a 20 cm entre hileras en parcelas de 5 m². Se condujo con riego por inundación a partir de los 30 días de la emergencia, manteniendo esa condición hasta la cosecha, con excepción de un drenaje realizado para efectuar la fertilización en el momento de diferenciación de la panoja e inicio de floración. Las malezas se controlaron con bispyrac-sodio en estado de macollaje. La parcela se cosechó y trilló manualmente, se determinó el número de panojas por m² y biomasa aérea total. Los granos fueron secados en estufa a 41°C hasta una humedad de 13,5%. Se realizaron las siguientes determinaciones:

De campo

- peso seco de la parte aérea de la planta cosechada desde el cuello
- Rendimiento en grano
- numero de panojas por metro cuadrado
- numero de granos llenos y vanos en muestra de 15 panojas por parcela
- peso de mil granos sobre una muestra de 100 granos cáscara por triplicado.

De laboratorio

- peso de mil granos (PMG),
- rendimiento industrial (porcentaje de grano entero y total),
- porcentaje de granos panza blanca y enyesado
- Temperatura de gelatinización mediante el método indirecto de álcali-test (Little *et al.*, 1958)
- Contenido de proteína Se calculó el % de N sobre grano integral por el método Micro-Kjeldahl (AACC, 1983) para determinar el contenido proteico (N x 5,95).

4.b. Análisis estadístico de los resultados

Con los valores obtenidos por triplicado, se realizará un Análisis de la Varianza (ANOVA). Las medias se compararán por el test de Tukey ($p < 0,05$). Se utilizó el programa STATGRAPHICS Plus 4.0

4.c. Registros meteorológicos.

Se registraron las temperaturas medias mensuales y las precipitaciones, con un equipo automático programable Equidata RDIII con seis sensores PT 100 de 0,1°C de sensibilidad, ubicados en columnas termométricas a 1,5 m de altura que posee la Estación Experimental "Julio Hirschhorn", Los Hornos.

Análisis de suelo. Previo a la siembra, se solicitó un estudio de suelo a la cátedra de Edafología de la UNLP, en el lugar donde se llevó a cabo el ensayo.

5. RESULTADOS

5.a. Descripción edáfica climática y fenológica del cultivo

Tabla 1. Análisis de suelo

pH	6,2
Carbono (%)	2,14
N Total (%)	0,184
Fósforo (ppm)	18
Materia Orgánica (%)	3,70

Ref. Datos suministrados por la Cátedra de Edafología FCA y F.
Detalles de la determinación: pH relación suelo/agua 1:2,5, determinación potenciométrica; Carbono fácilmente oxidable, método Walkey-Black; Materia orgánica:= 1,724xC (%); Fósforo: método Bray Kurtz N°1; Nitrógeno total: digestión húmeda, evaluación por método Microkjeldahl.

Si bien el promedio de las temperaturas durante la campaña 2007-2008 resultaron algo inferiores a los valores normales históricos, y las precipitaciones fueron abundantes (663,2 mm durante todo el ciclo), los factores climáticos no afectaron el normal desarrollo del cultivo

Tabla 2. Temperaturas medias mensuales y precipitaciones registradas durante la campaña 2007/2008.

		oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	Promedio/ suma
Temp. Media (°C)		17,0	16,7	21,7	23,2	22,8	19,8	16,0	19,6
Temp media normal del mes (°C)		16,8	19,6	22,9	23,9	22,7	20,7	16,1	20,4
Precipitaciones (mm acumulados)		179,4	60,0	19,6	85,0	185,4	118,0	15,8	663,2

La fecha de siembra fue el día 29/10/07. Los genotipos panojaron entre el 18 y el 25 de febrero (fecha promedio: 21/2).

5.b. Análisis de los Componentes de Rendimiento

En una primera instancia se evaluaron los parámetros de campo correspondientes a los componentes de rendimiento.

Tabla 3: Valores medios de biomasa, Índice de cosecha, Panza blanca y Peso de mil granos (PMG) de los genotipos evaluados para los distintos momentos de fertilización.

	Biomasa	Índice de cosecha	Panza blanca	PMG
Fertilización				
0	1141,2 a	0,46 a	2,4 a	26,2 a
60+40	1217,9 a	0,47 a	2,9 a	26,8 a
60+20+20	1258,9 a	0,47 a	3,0 a	26,3 a
Genotipos				
H358	1276,8 a	0,41 a	1,9 b	24,6 c
H362	1129,1 a	0,48 a	2,3 b	31,5 a
H361	1174,4 a	0,50 a	7,5 a	27,7 b
Nutriar	1165,7 a	0,44 a	1,2 b	25,5 c
Irga 417	1284,1 a	0,50 a	0,97 b	22,9 d

Ref.: 0: 0 KgN.ha⁻²; 60+40: 60 KgN.ha⁻² en macollaje y 40 en diferenciación; 60+20+20: 60 KgN.ha⁻² en macollaje, 20 en diferenciación de la panoja y 20 en inicio de floración. Letras distintas en las columnas expresan diferencias significativas (Tukey, p<0,05).

No se observaron interacciones significativas en los parámetros Biomasa, Índice de cosecha, Panza blanca y PMG (p<0,05).

Se puede observar que los parámetros biomasa e Índice de cosecha no presentaron variación entre los distintos tratamientos de fertilización (0; 60+40; 60+20+20) ni entre los genotipos utilizados (Tabla 3).

Los valores de panza blanca y PMG, no se vieron afectados por los diferentes momentos de fertilización (0; 60+40; 60+20+20), mientras que si se observaron diferencias entre genotipos. Con respecto a panza blanca H 361 presentó valores muy superiores al resto lo que podría estar indicando una condición de calidad inferior del genotipo. Los valores de PMG presentaron diferencias entre genotipos, propias de sus características. Los valores mayores correspondieron a la línea tipo largo ancho: H362, le siguió H361, luego las líneas y variedades de tipo largo fino: Nutriar y H358 sin diferenciarse entre sí y por último Irga 417 con un PMG de 22,9 g.

Tabla 4: Valores medios de número de panojas.m⁻² de los genotipos evaluados para los distintos momentos de fertilización.

Genotipos	número de panojas.m ⁻²		
	0	60+40	60+20+20
H358	345,3 Ab	350,7 Ab	403 Aa
H362	264 Bc	434,3 Aa	280,7 Bc
H361	263 Bc	464 Aa	298,7 Bc
Nutriar	412 Aa	357,5 Ab	349,3 Ab
Irga 417	331 Bb	446,7 Aa	338 Bb
promedio x tratamiento	323,1	410,6	333,9

Ref.: 0: 0 KgN.ha⁻²; 60+40: 60 KgN.ha⁻² en macollaje y 40 en diferenciación; 60+20+20: 60 KgN.ha⁻² en macollaje, 20 en diferenciación de la panoja y 20 en inicio de floración. Letras distintas en las columnas expresan diferencias significativas (Tukey, p<0,05).

El número de panojas.m⁻² se comportó en forma diferencial según genotipo y tratamiento de fertilización (Tabla 4). Si se analiza en una primera instancia el efecto de la fertilización se observa que H362, H361 e Irga 417 presentaron mayor número de panojas.m⁻² en el tratamiento 60+40, mientras que en los genotipos H358 y Nutriar los diferentes tratamientos de fertilización no produjeron un efecto marcado sobre este componente de rendimiento.

Tabla 5: Valores medios de número de granos vanos.panojas⁻¹ de los genotipos evaluados para los distintos tratamientos de fertilización

	número de granos vanos.panojas ⁻¹		
	0	60+40	60+20+20
H358	7,9 B c	11,3 A bc	13,3 A b
H362	8,0 B c	14,4 A b	16,0 A a
H361	14,9 B a	38,5 A a	15,5 B a
Nutriar	9,3 A b	10,5 A c	10,1 A c
Irga 417	5,7 A d	7,2 A d	10,0 A c

Ref.: 0: 0 KgN.ha⁻²; 60+40: 60 KgN.ha⁻² en macollaje y 40 en diferenciación; 60+20+20: 60 KgN.ha⁻² en macollaje, 20 en diferenciación de la panoja y 20 en inicio de floración. Letras distintas en las columnas expresan diferencias significativas (Tukey, p<0,05).

Analizando la fertilidad de las espiguillas, se puede apreciar, que en los genotipos Nutriar e Irga 417 las diferentes dosis de fertilizantes no provocaron variación el número de granos vanos.panojas⁻¹, en cambio en H358 y H362 presentaron valores mayores en

las dosis 60+40 y 60+20+20 y el genotipo H361 solo en la dosis 60+40 (Tabla 5). Los promedios de granos vanos por genotipo fueron 10,8; 12,8; 23; 10 y 7,6 % para los genotipos H358, H362, H361. Nutriar e Irga. H361 presentó la mayor cantidad de granos vanos en los tres momentos de fertilización mientras que Irga los menores.

Tabla 6: Valores medios de número de granos llenos y totales por panoja de los genotipos evaluados para los distintos momentos de fertilización y distintos genotipos.

	Número de granos llenos.panoja ⁻¹	Número de granos totales.panoja ⁻¹
Fertilización		
0	63,9 b	73,2 b
60+40	68,9 ab	85,2 a
60+20+20	75,3 a	88,3 a
Genotipos		
H358	61,3 b	72,2 c
H362	63,4 b	76,2 bc
H361	72,2 ab	95,2 a
Nutriar	64,7 b	74,7 c
Irga 417	85,1 a	92,8 ab

Letras distintas en las columnas expresan diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

Los valores de granos llenos y granos totales por panoja no presentaron interacción significativa. Se pudo observar variación en las diferentes dosis de fertilizante y entre genotipos. Con la fertilización mayor particionada (60+20+20) las panojas presentaron un número mayor de granos llenos y granos totales y el control (0) un número menor (Tabla 6).

Con respecto al comportamiento de los diferentes genotipos utilizados en el ensayo, se observó la presencia de dos grupos marcados. Por un lado los genotipos H361 e Irga 417 que presentaron los mayores valores de granos llenos y totales y por otro los genotipos H358, H362 y Nutriar presentando gran homogeneidad entre si.

Con respecto a los valores de rendimiento a campo, se observó interacción significativa momento de fertilización x genotipo (Tabla 7). Los genotipos H362, y Nutriar no presentaron diferencias entre tratamientos de fertilización, H361 e Irga 417 rindió más en el tratamiento 60+40 y H358 en el tratamiento 60+20+20. Para todas las dosis Irga 417 resultó el más rendidor. Los valores promedio de los tratamientos de fertilización fueron de 519,4; 584,7 y 589,8 g.m⁻² para los tratamientos 0, 60+40, y 60+20+20 kgN.ha⁻¹.

Tabla 7: Valores medios de rendimiento de los genotipos evaluados para los distintos momentos de fertilización.

Genotipos	Rendimiento g.m ⁻²		
	0	60+40	60+20+20
H358	491,8 Bc	468,9 Bc	624,9 Aa
H362	499,2 Ac	564,6 Ab	537,8 Ab
H361	494,4 Bc	712,4 Aa	546,4 Bb
Nutriar	531,3 Ab	477 Ac	583,7 Ab
Irga 417	580,2 Ba	700,7 Aa	656,1 Ba

Ref.: 0: 0 KgN.ha⁻²; 60+40: 60 KgN.ha⁻² en macollaje y 40 en diferenciación; 60+20+20: 60 KgN.ha⁻² en macollaje, 20 en diferenciación de la panoja y 20 en inicio de floración. Letras distintas en las columnas expresan diferencias significativas (Tukey, p<0,05).

5.c. Análisis de los parámetros de calidad

5.c.1. Calidad industrial

No se observó interacción genotipo x tratamientos de fertilización en los valores de rendimiento industrial (Tabla 8). La fertilización nitrogenada no produjo modificaciones en los valores de grano entero y grano total. Si se manifestaron diferencias entre genotipos. En los valores de grano entero pudieron observarse dos grupos claramente diferenciados: por un lado las variedades Nutriar e Irga 417 con valores superiores y por otro las líneas, sin diferenciarse entre sí. En cuanto a grano total, los valores más elevados se presentaron en H361, luego H358 y Nutriar, por último Irga 417 y H362 homogéneas entre sí. En general, los valores de grano total no fueron muy diferentes oscilando entre 70,5 y 68,4%.

Tabla 8: Valores medios de rendimiento industrial de los genotipos evaluados para los distintos momentos de fertilización

Fertilización	granos enteros	granos totales
	(%)	(%)
0	58,4 a	69,3 a
60+40	58,1 a	69,1 a
60+20+20	58,4 a	69,3 a
Genotipos		
H358	50,2 b	69,2 b
H362	54,2 b	68,4 c
H361	55,6 b	70,5 a
Nutriar	66,2 a	69,2 b
Irga 417	65,2 a	68,8 bc

Letras distintas en las columnas expresan diferencias significativas Tukey, p<0,05).

5.c.2. Calidad culinaria

La fertilización nitrogenada no produjo un efecto sobre los valores de temperatura de gelatinización (álcali-test) (Tabla 9). Si bien todos presentaron elevados valores de álcali propios de cada genotipo, los cinco pueden separarse en dos grupos bien marcados. Se observa homogeneidad entre los genotipos H358, H361 y Irga 417, con valores algo superiores al otro grupo conformado por H362 y Nutriar.

Tabla 9: Valores medios de contenido de álcali test de los genotipos evaluados para los distintos tratamientos de fertilización

Álcali-test	
Fertilización	
0	6,56 a
60+40	6,64 a
60+20+20	6,56 a
Genotipos	
H358	6,9 a
H362	6,18 b
H361	6,85 a
Nutriar	6,03 b
Irga 417	6,97 a

Letras distintas en las columnas expresan diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

Con respecto al contenido de proteína en grano, se puede apreciar una marcada diferencia de los genotipos, en relación a los diferentes momentos de aplicación de nitrógeno (Figura 3). Se observó, en general, un mayor incremento de proteína en todos los genotipos como resultado del tratamiento 60+20+20. Esto indica que el agregado de nitrógeno en postantesis fue direccionado por la planta a los granos constituyéndose en destinos. Los genotipos Nutriar, H361 y H358 presentaron un comportamiento diferencial. En el control (0), el contenido proteico de Nutriar, resultó elevado disminuyendo con la aplicación 60-40, para luego aumentar en la dosis 60+20+20, mientras que H358 y H361 respondieron ya a partir de la dosis 60+40.

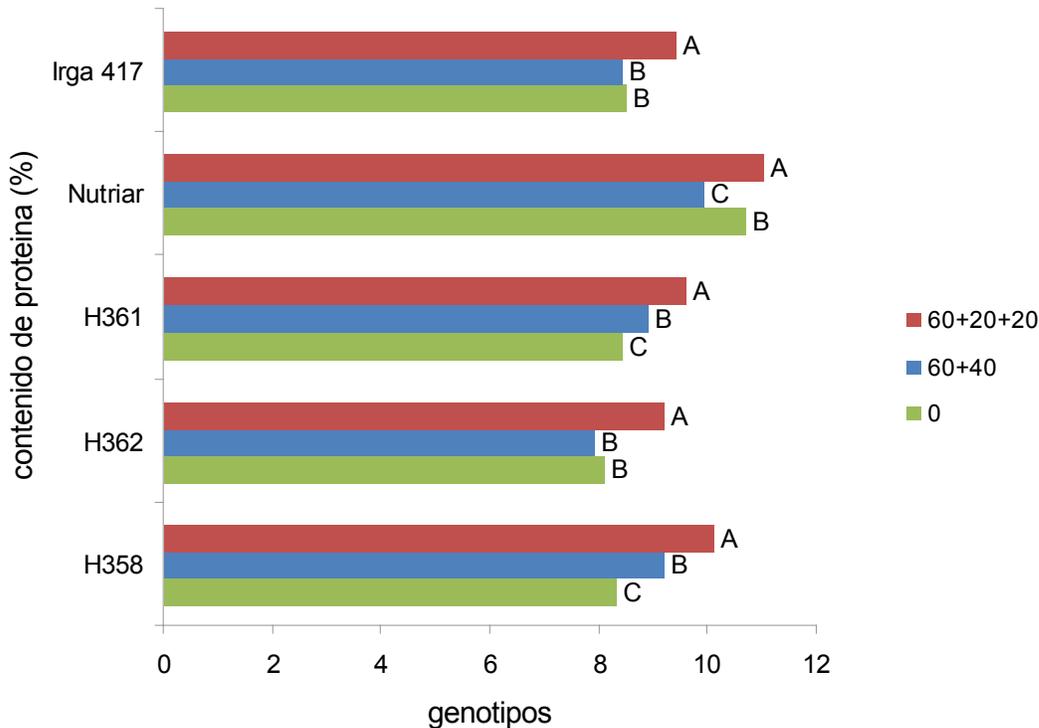


Figura 3: Valores medios de contenido de proteína en grano de los genotipos evaluados para los distintos tratamientos de fertilización. Letras distintas en las columnas expresan diferencias significativas entre momentos de aplicación de nitrógeno (Tukey, $p < 0,05$).

6. DISCUSIÓN

6.a. Componentes de Rendimiento y apariencia de grano

El peso seco total es una medida de la función fotosintética del cultivo (Yoshida, 1981) y esta generalmente está vinculada al contenido de nitrógeno. Si analizamos el comportamiento a campo de los genotipos en primera instancia vemos que los valores de biomasa resultaron equivalentes para las líneas y variedades utilizadas mientras que se incrementaron, aunque este aumento no haya sido significativo, con los diferentes momentos de fertilización (Tabla 3). Esta respuesta coincide en parte con lo observado por Arguisain *et al.*, 2004. Estos investigadores estudiaron 8 líneas y variedades de arroz tipo de arroz largo fino con la aplicación de 0, 45 y 90 $\text{kN} \cdot \text{ha}^{-1}$ y observaron una respuesta positiva a la fertilización en lo que respecta a materia seca pero no observaron diferencias entre genotipos. En valores absolutos los genotipos utilizados en este ensayo resultaron de menor biomasa debido a su menor porte. En ensayos realizados por Rojas *et al* (1983) se observaron incrementos en el peso de tallos y hojas con la aplicación de nitrógeno así como también el del grano, pero este último hasta llegar a un cierto nivel máximo. En los ensayos de Ortega *et al* (1992) la producción de materia seca de tallos, de panojas y total se incrementó con la dosis de nitrógeno solo en presencia de potasio.

El índice de cosecha constituye una medida de la fracción económicamente útil del rendimiento biológico (Yoshida, 1981). Este índice tiende a disminuir en la medida que aumenta la dosis de fertilizante aplicado en la mayoría de las variedades (Rojas *et al* 1983). Los valores de índice de cosecha no se vieron afectados ni por los momentos ni por los distintos genotipos (Tabla 3). En el caso del trabajo de Arguisain (2004) los genotipos presentaron diferentes índices de cosecha.

Con respecto a la apariencia del grano, y en coincidencia con Alvarado y Lobos (1986), la fertilización nitrogenada no contribuyó a mejorar los valores de panza blanca (Tabla 3). Los valores de PMG no se vieron afectados por los momentos de fertilización. En este ensayo solo se presentaron diferencias entre genotipos, propias de sus características genéticas. Los valores mayores corresponden a la líneas H362 de tipo comercial largo ancho, le siguió H361, luego las líneas y variedades tipo largo fino: Nutriar y H358 sin diferenciarse entre sí y por último Irga 417 con un PMG de 23,0g (Tabla 3). En general el tamaño del grano está determinado por varios factores entre ellos la cantidad de carbohidratos producidos y trasladados, número de flores fecundadas que darán grano y volumen físico o tamaño de la flor (Muñoz, 2002). Al tratarse de genotipos con diferente forma y tamaño de grano es lógico encontrar diferencias entre ellos, el resultado encontrado coincide con lo observado por Arguisain *et al* (2004), mientras que Carrasco Soto (2010) estudiando cuatro dosis de nitrógeno sobre la variedad Diamante observó una disminución del PMG al aumentar la fertilidad.

6.b. Componentes de Rendimiento

El momento de fertilización 60+40 produjo en la mayoría de los genotipos un incremento en el número de panojas.m⁻² a excepción de los genotipos H358 y Nutriar, que presentaron cantidades equivalentes en los tres momentos (Tabla 4). Los 40 k de N aplicados en una segunda oportunidad puede haber coincidido con el momento óptimo para que las plantas produzcan una respuesta acorde, por un lado a su características genéticas de habilidad de macollaje y supervivencia de macollos y asimilación de nitrógeno y por otro a la fertilidad propia del suelo, respuesta que no se manifestó al aplicar 20 kN.ha⁻¹, dosis que probablemente resultó insuficiente para reflejar tal efecto. Arguisain *et al* 2004 obtuvieron una respuesta positiva en el número de panojas.m² con niveles de fertilidad mayores (45 y 90KN ha⁻¹) aplicados en macollaje temprano (preinundación). Quinteros *et al* (2009) (b) estudiando aplicación de N en diferentes momentos encontraron que los tratamientos con nitrógeno tuvieron más panojas aunque no hubo un efecto importante del momento de aplicación de N.

En cuanto a la fertilidad de las espiquillas, numerosos son los factores que juegan un papel importante en definir este carácter: la fecha de panojamiento, las condiciones meteorológicas como temperatura y precipitaciones registradas en ese momento, factores genéticos etc. Coincidiendo con Arguisain *et al* (2004) y Carrasco Soto (2010) el número de granos vanos por panoja se incrementó con la fertilización (Tabla 5). El genotipo H361 fue el que presentó mayor vaneo, característica que se acentuó en el momento 60+40. Este resultado se debe posiblemente a un incremento en el número de los destinos ya que en este tratamiento la cantidad de panojas.m⁻² (Tabla 4) resultó de un 65,2% superior que el promedio de los otros dos tratamientos. Por otro lado en el momento 60+20+20 la aplicación más tardía de 20K puede haber contribuido a abastecer la demanda de N en ese momento crítico de intensa multiplicación celular por lo que el vaneo resultó menor que en 60+40.

Los porcentajes de vaneo promedio para los 5 genotipos en los tratamientos son de 12,7; 18,2 y 14,9% para el control, 60+40 y 60+20+20; valores algo inferiores a los encontrados por Arguisain *et al* (2004) que varían entre 14,6 y 20,7 para el control y la

mayor dosis de fertilizante respectivamente. Rojas *et al* (1983) estudiando en Chile, la var. Oro, durante 3 campañas consecutivas y 20 ensayos de fertilización encontraron que los valores de esterilidad floral tendieron a aumentar con la dosis mayores de nitrógeno posiblemente esta respuesta se deba a que la cantidad de carbohidratos producidos no sea suficiente para llenar el mayor numero de espiguillas inducidas por las altas dosis de nitrógeno. Según estudios realizados por Pirchi *et al* (2010) sobre cuatro genotipos de arroz, la dosis de 45 k de N aplicados en preinundación presentó un mejor balance entre disponibilidad de fotoasimilados para el llenado y el numero de espiguillas a llenar, obteniéndose en consecuencia un menor porcentaje de vaneo.

Como es de esperar, los valores de granos llenos y totales.panoja⁻¹ se incrementaron con los tratamientos. Los genotipos H361 y Nutriar fueron los que presentaron panojas con mayor número de granos llenos y totales. En números absolutos las espiguillas resultaron algo mas chicas que las de grano tipo largo fino estudiadas por Arguisain *et al* (2004) que presentaron en promedio entre 83 y 89 espiguillas por panoja.

Si se calcula el número promedio de espiguillas.m⁻² para cada tratamiento y cada genotipo (Tabla 10) puede observarse que el tratamiento 60+40 fue el que presentó el mayor valor coincidiendo con los valores de panojas.m⁻² (Tabla 4) y dentro de los genotipos el Irga 417 seguido por el H361.

Tabla 10: Valores medios de número de espiguillas.m⁻² de los genotipos evaluados para los distintos tratamientos de fertilización

	Espiguillas. m ⁻²			promedio x genotipo
	0	60+40	60+20+20	
H358	24930,7	25320,5	29096,6	26449,3
H362	20116,8	33093,7	21389,3	24866,6
H361	25037,6	44172,8	28436,2	32548,9
Nutriar	30776,4	26705,3	26092,7	27858,1
Irga 417	30716,8	41453,8	31366,4	34512,3
promedio x tratamiento	26315,7	34149,2	27276,3	

Como resultado final de la respuesta de los diferentes parámetros que componen el rendimiento final se pudo observar que si bien no todos los genotipos se comportaron de la misma manera frente a la fertilización nitrogenada, en promedio, la aplicación de 100 KN.ha⁻¹ incrementó en un 13 % (independiente de los momentos de aplicación) los rendimientos a campo con valores promedio de los 5 genotipos de 519,4; 584,7 y 589,8 g m⁻² para los momentos, control, 60+40 y 60+20+20 respectivamente. El más rendidor resultó la variedad testigo Irga 417 con 645,7 y el menor H358 con 528,5 g m⁻².

6.c. Parámetros de calidad

6.c.1. Calidad industrial

La fertilización nitrogenada no produjo un efecto muy marcado sobre el porcentaje de grano entero en el total de los genotipos (Tabla 8). Si bien la interacción genotipo x momento de fertilización para este carácter no fue significativa (Tabla 11) se expresa el detalle de la interacción para una mejor comprensión del comportamiento diferencial. En los genotipos H358 y H362 el porcentaje de GE resultó equivalente en los tres momentos.

En H361 fue mayor en el tratamiento 60+40, coincidentemente con un mayor vaneo: posiblemente los pocos granos que se llenaron lo hicieron en mejores condiciones. Las variedades Nutriar e Irga 417 presentaron los mejores rendimientos en entero en los momentos control y 60+20+20. Asimismo estas variedades presentaron los mayores valores de rendimiento industrial. Esta diferenciación podría explicarse por la diferente biometría de los cariopses entre los genotipos que influyen en su respuesta frente al trabajo abrasivo de molienda. En cuanto a porcentaje de grano total, los valores más elevados se presentaron en H361, luego H358 y Nutriar, por ultimo Irga 417 y H362 sin diferenciarse. En general los valores de grano total no fueron muy diferentes oscilando entre 70,5 y 68,4% (Tabla 8).

Tabla 11: Valores medios de porcentaje de grano entero de los genotipos evaluados frente a los distintos momentos de fertilización

Genotipos	Grano Entero (%)		
	0	60+40	60+20+20
H358	49,7 Ac	50,6 Ab	50,1 Ab
H362	54,5 Ab	54 Ab	54,2 Ab
H361	54,1 Ab	57,9 Ab	54,9 Ab
Nutriar	67,3 Aa	64,5 Aa	66,7 Aa
Irga 417	66,4 Aa	63,4 Aa	65,7 Aa

Alvarado y Lobos (1986) en una de las tres localidades (El Parral, Chile) estudiadas encontraron un incremento en grano entero producto de la fertilización nitrogenada de un 3%

6.c.2. Calidad culinaria

Los valores de álcali test no se vieron afectados por el agregado de nitrógeno (Tabla 9). Entre genotipos, como es lógico, por sus características genéticas, si hubo diferencias siendo H362 y Nutriar los de mayor temperatura de gelatinización (menor valor de álcali-test)

Los genotipos se comportaron en forma diferencial en la respuesta del contenido proteico en grano con respecto a los diferentes momentos de fertilización (Figura 3). En general, presentaron un incremento en la proteína como resultado del tratamiento 60+20+20. Esto indica que el agregado de nitrógeno en postantesis fue dirigido a los granos. Los genotipos Nutriar, H361 y H358 presentaron un comportamiento diferencial. En el control (0), el contenido proteico de Nutriar, resultó elevado disminuyendo con la aplicación 60+40, para luego aumentar en la dosis 60+20+20, mientras que H358 y H361 respondieron ya a partir de la dosis 60+40.

7. CONCLUSIONES

En las condiciones de este ensayo no se encontró respuesta en el rendimiento y si en el contenido de proteína en grano con el agregado de nitrógeno. Este comportamiento coincide, entre otros, con lo observado por De Datta *et al.*, (1972) quienes estudiando

distintos momentos de aplicación, no observaron un marcado incremento en los rendimientos. Si bien hubo un incremento en la proteína en grano con la fertilización, este no fue suficiente para provocar una mejora en el rendimiento industrial como sostienen Leesawatwong *et al.*, (2005), sugiriendo que existen otros factores posiblemente ambientales, registrados durante el periodo de llenado que influyen en mayor medida sobre este parámetro de calidad. Los resultados permiten observar que es posible lograr una mejora en los valores de contenido proteico en grano con una fertilización nitrogenada tardía aunque deben considerarse específicamente las características propias de cada genotipo.

8. BIBLIOGRAFÍA

8.a. Bibliografía citada

- Alvarado R.A. y Lobos C. 1986. Calidad de Arroz. Caracterización de tres variedades y efecto de la fertilización nitrogenada y control de malezas. Agricultura técnica Chile 46, pag. 10-12.
- Arguisain G, Malagrina G. Dri, A. Frank G. 2004. Fertilización de líneas promisorias y cultivares de arroz. Resultados Experimentales 2003-2004. Ed Fundación Proarroz-Inta Concepción del Uruguay, pag 59-66
- Barber, S., and Juliano B.O., 1971 Optimizing Technologies of rice processing and utilization. Pages 5-12 in Proc. World cereal Bread Congress 5 th, Dresdenb, Vol 4 VEBG Fachbuchverlag, Leipzig.
- Bhashyman, M.K., Srinivas, T., Khan T.A. 1985. Evaluation of grain chalkiness in rice. Rice Journal v.88 (7) 5, p.13-16.
- Carrasco Soto E.A. 2010, Efecto del manejo agronómico sobre el rendimiento y vanazon en arroz (*Oryza sativa* L.)Cultivar diamante.pag.8.
- Chandler, R.F. Jr. 1979. Rice in the tropics: A guide to the Development of Nacional Programs. Westview Press, Inc., Boulder, CO. 256 pp.
- CIAT. 1989. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz.
- De Datta, SK. 1986. Producción de arroz. Fundamentos y Prácticas. Ed. Limusa. México, D.F. p. 690.
- Duan, Y.H.; Yin X.M.; Zhang Y.L. and Shen Q.R. 2007. Mechanisms of enhanced rice growth and nitrogen uptake by nitrate. Pedosphere 17(6): 697-705.
- FAO.1982. FAO production yearbook. _FAO Statistics Ser.40 Food and Agric.Org. of the UN, Rome 306pp
- FAO (SMA) 2013. Seguimiento del mercado del arroz. www.fao.org/economic/est/publicaciones-sobre-el-arroz/seguimiento, pagina visitada 11 de junio 2013.
- Ferraz Junior, A.S. de L.; Souza, S.R. de; Fernandes, M.S.; Rossiello, R.O.P. 1997. Eficiência do uso de nitrogenio para produção de grão e proteína por cultivares de arroz. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. Brasilia, v. 32, n.4, p.435-442.
- Gamarra, G. Manual de Producción de Arroz. 1996. Ed. Hemisferio Sur 439 pp.
- Hamaker, R.B. 1994. The influence of rice protein on rice quality. In: Rice science and technology. Edited by Wayne Marshall.
- IRRI. Rice stat. 2013. www.ricestat.irri.org/vis/wrs_motion.php. pagina visitada 30 de mayo de 2013
- Jennings, P.R.; Coffman, W. R. y Kauffman, H.E. 1981. Mejoramiento de arroz. Ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Pp. 237.
- Juliano, B.O., Oñate, L.U., and Del Mundo, A.M. 1972a. Note: Amylose and protein contents of milled rice as eating quality factors. Philipp. Agric. 56:44-47
- Kirk, GJR and HJ Kronzucker. 2005. The potential for nitrification and nitrate uptake in the rhizosphere of wetland plants: a modeling study. *Annals of Botany* 96: 639-646.
- Leesawatwong, M.; Jamjod, S.; Kuo, J.; Dell, B. and Rerkasem B. 2005. Nitrogen Fertilizer Increases Seed Protein and Milling Quality of Rice. Cereal Chemistry, Volume 82, Number 5, p. 588-593.
- Little, R. R.; Gilder, G.B. y Dawson, E.H. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. Cereal Chem.

- Livore, A.B. 2000. Granos panza blanca. PROARROZ, Resultados Experimentales 1999-2000, pp. 27-36.
- Mengel, D.B.; Leonard, W. J. 1977. Rice fertilization. 69 th Annual Progress Report. Louisiana State University Rice Experimental Station, p.13-34,
- Molina, A.M., Baeza Sanchez G., Henriquez Salvo, G., Henriquez Salvo R., Sepulveda Zuniga, J. y Godoy Cazareto, E. PROARROZ, Julio 2008 • Comisión Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas
- Muñoz. 2002 Efecto de la madurez del arroz (*Oryza sativa* L.) sobre la producción y calidad de grano en cuatro genotipos de arroz. Memoria de título, ingeniero agrónomo. Universidad de Concepción Fac de Agronomía Chillán Chile. CIAT. 1989. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz.
- Ntanos, D.A.; Phillippou, N.; Hadjisawa-Zinoviadi, S. 1997. Effect of rice harvest time and grain moisture on milling yield and grain breakage. *Agricultural Med.*127, p.23-28.
- Ortega R.B, Alvarado R.A y Belmar C.N. 1992, Efecto de la fertilización N-P-K en la severidad de pudrición del tallo en arroz. *Agricultura técnica chile* 52.pag 165,166.
- Quintero, C. Zamero, M.A; Boschetti, G.; Befani, M.R.; Arévalo, E.; Spinelli, N. (a) 2009. Momento de aplicación de N y fertilización balanceada en arroz. Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER cquinter@fca.uner.edu.ar.pag.3,4.
- Quintero, C.; Zamero, M.A.; Boschetti, G.; Befani, M.R.; Arévalo, E.; Spinelli, N. (b) 2009. Evaluación de los momentos óptimos para la aplicación del nitrógeno en arroz. Resultados Experimentales 2008-2009. INTA ProArroz. Ed. Funcion Pro arroz, Concordia. Pg. 55-63.
- Quintero, C.E; Prats, F; Zamero, MA; Arévalo, ES; Spinelli, NB y Boschetti, GN. 2011. Absorción de nitrógeno y rendimiento de arroz con diferentes formas de nitrógeno aplicado previo al riego. *Ciencia del suelo*, vol.29 no.2 Ciudad Autónoma de Buenos Aires jul./dic. 2011.
- Pirchi, H.J.; Arguisain, G.G.; Gregori, L. 2010. Ensayos de fertilización nitrogenada en arroz en líneas promisorias. Resultados Experimentales 2009-2010. INTA ProArroz. Ed. Funcion Pro arroz, Concordia. Pg. 69-79.
- Rojas C.W, Alvarado R.A y Belmar C.N. 1982. Fertilización Nitrogenada en arroz. Efecto sobre algunos parámetros agronómicos del cultivo. *Agricultura técnica chile* 43.pag 354,355.
- Sarmiento Yunes M.E. 1998. Efecto de una enmienda de acción rápida con tres dosis de N y cuatro Variedades de arroz en un sistema de secano. Ed.Tegucigalpa, Honduras : Zamorano, 410pp.
- Shih, F. F. 2003. Review: An update on the processing of high-protein rice products. *Nahrung/Food*; 47 (6): 420-424.
- Swaminathan, M. S. 2007. Can science and technology feed the world in 2025?. *Field Crops Research*, 104, pp 3–9.
- Unaram, I. Indicadores del sector arrocero, SAGPyA. 2008. www.sagpya.mecon.gov.ar
- Yoshida, S. 1981 *Fundamental of rice crop science*. The International Rice Research Institute. Manila Filipinas. 269pp.

8.b. Bibliografía consultada

<http://finance.indiamart.com/markets/commodity/rice.html>

<http://www.iuss.org>

<http://sian.inia.gob.ve>

<http://www.inia.cl>

<http://ciat-library.ciat.cgiar.org>

<http://www.cicytftp.org.ar>

Álvarez R.M, Reyes E, Moreno O.J, Delgado N, García P.J y Pérez A. 2008. Evaluación comparativa de híbridos y variedades de arroz en los Llanos Centro occidentales de Venezuela. *Agronomía tropical* vol. 58.

Moreno I, Cuñarro R, González M.C, Almenares J.C, Fito E, González R. 2001, Comportamiento de tres nuevas variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) para condiciones de secano y secano favorecido en la isla de la juventud. *Cultivos tropicales* vol.22.pag.28, 29.

- Obermueller, A.D. and D.S. Mikkelsen. 1974. Effect of management and soils aggregation on the growth and nutrient uptake of rice. *Agronomy Journal* 66: 627-632.
- Sha, and D.S. Mikkelsen. 1983. Availability and utilization of fertilizer nitrogen by rice under alternate flooding. II. Effects on growth and nitrogen use efficiency. *Plant and Soil* 75: 227-234.