

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**DOSIS Y MOMENTO DE APLICACIÓN DE  
NITROGENO Y FOSFORO PARA EL MANEJO DE LA  
INTERFERENCIA INICIAL DEL CAPIN (ECHINOCHLOA SP.)  
SOBRE EL CULTIVO DE ARROZ.**

**por**

**Santiago BANDEIRA**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2005**

Tesis aprobada por:

Director \_\_\_\_\_  
Nombre completo y firma

\_\_\_\_\_  
Nombre completo y firma

\_\_\_\_\_  
Nombre completo y firma

Fecha: \_\_\_\_\_

Autor \_\_\_\_\_  
Nombre completo y firma

## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece la colaboración de la Empresa DONISTAR S. en C. (Est. El Junco), por ceder el predio para la realización de esta tesis y por prestar toda la maquinaria sin ningún tipo de interés. En especial se le agradece al encargado de dicha empresa Ingeniero Agrónomo Bernardo Böcking por todo el apoyo intelectual y anímico que brindo en el transcurso de todo el ensayo y en la posterior realización de esta publicación.

También quiero agradecer al director de tesis Ingeniero Agrónomo Andres Lavecchia por toda la paciencia y apoyo que brindo todo el tiempo.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
PAGINA DE APROBACION.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCION</u> .....	1
2. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u> .....	3
2.1. <u>INTRODUCCION</u> .....	3
2.2. <u>FISIOLOGIA Y REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES</u> <u>(N Y P) DEL CULTIVO DE ARROZ</u> .....	3
2.2.1. <u>Etapas de desarrollo de la planta de arroz</u> .....	3
2.2.1.1. <u>Crecimiento de los órganos vegetativos</u> .....	4
2.2.1.2. <u>Crecimiento reproductivo</u> .....	6
2.2.2. <u>Aspectos fisiológicos del rendimiento en grano</u> .....	7
2.2.3. <u>Factores ambientales que afectan la producción</u> .....	9
2.2.3.1. <u>Efecto de la radicación solar</u> .....	9
2.2.3.2. <u>Efecto de la temperatura</u> .....	9
2.2.4. <u>Requerimientos y momentos de aplicación del</u> <u>nitrógeno y fósforo en el cultivo de arroz</u> .....	11
2.2.4.1. <u>Nitrógeno</u> .....	14
2.2.4.2. <u>Fósforo</u> .....	16
2.3. <u>CAMBIOS QUIMICOS EN SUELOS INUNDADOS</u> .....	17
2.3.1. <u>Agotamiento del oxígeno</u> .....	17
2.3.2. <u>Disminución del potencial redox</u> .....	18
2.3.3. <u>Cambios en el pH</u> .....	18
2.3.4. <u>Cambios en la conductividad específica</u> .....	19
2.3.5. <u>Reducción de Fe<sup>+3</sup> a Fe<sup>+2</sup></u> .....	19
2.3.6. <u>Suministro y disponibilidad de nitrógeno</u> .....	20
2.3.7. <u>Disponibilidad de fósforo</u> .....	20
2.4. <u>ASPECTOS GENERALES DE COMPETENCIA</u> .....	20
2.4.1. <u>Competencia de capin en arroz</u> .....	20
2.4.2. <u>Características fisiológicas determinantes en la</u> <u>habilidad competitiva del arroz y el capin</u> .....	20
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u> .....	23
3.1. <u>LOCALIZACION</u> .....	23
3.2. <u>SUELOS</u> .....	23
3.3. <u>DISEÑO EXPERIMENTAL</u> .....	23
3.4. <u>CULTIVAR UTILIZADO</u> .....	25
3.5. <u>MODELO ESTADISTICO</u> .....	26

3.5.1. <u>Modelo estadístico ensayo A</u> .....	26
3.5.2. <u>Modelo estadístico ensayo B</u> .....	26
3.6. <u>MANEJO DEL CULTIVO</u> .....	27
3.7. <u>MEDICIONES EFECTUADAS</u> .....	28
3.7.1. <u>En el cultivo</u> .....	28
3.7.2. <u>En la maleza</u> .....	29
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSION</u> .....	30
4.1. <u>CONDICIONES CLIMATICAS</u> .....	30
4.1.1. <u>Temperatura</u> .....	30
4.1.2. <u>Radiación solar</u> .....	31
4.1.3. <u>Precipitaciones</u> .....	31
4.2. <u>ENSAYO DE MOMENTO DE FERTILIZACION</u> (ENSAYO A).....	32
4.2.1. <u>Efecto de la competencia</u> .....	32
4.2.2. <u>Efecto del nitrógeno</u> .....	35
4.2.3. <u>Efecto del fósforo</u> .....	37
4.2.4. <u>Interacciones</u> .....	28
4.3. <u>ENSAYO DE MOMENTO DE FERTILIZACION E</u> <u>INUNDACION (ENSAYO B)</u> .....	46
4.3.1. <u>Efecto de la competencia</u> .....	47
4.3.2. <u>Efecto del momento de fertilización</u> .....	48
4.3.3. <u>Efecto del momento de inundación</u> .....	50
4.3.4. <u>Interacciones</u> .....	51
4.3.5. <u>Estudio de las correlaciones para momento</u> <u>de inundación</u> .....	57
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	62
6. <u>RESUMEN</u> .....	63
7. <u>SUMMARY</u> .....	64
8. <u>BIBLIOGRAFIA</u> .....	65
9. <u>ANEXOS</u> .....	67

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

<b>Cuadro No.</b>	<b>Página</b>
1. Respuesta de la planta de arroz a la temperatura en diferentes etapas de desarrollo (adaptada de Yoshida, 1978 por De Datta, 1981).....	10
2. Propiedades químicas del suelo (análisis efectuado en “La Estanzuela”) .....	23
3. Tratamientos de Fertilización de nitrógeno y fósforo (momento y dosis).....	25
4. Resultados del análisis estadístico y grado de significancia para los tratamientos con y sin capin del ensayo con riego 30 días pos emergencia (30 DPE).....	33
5. Resultados del análisis estadístico y grado de significancia para las distintas estrategias de fertilización nitrogenada.....	36
6. Resultados del análisis estadístico y grado de significancia para las distintas estrategias de fertilización fosfatada, en el ensayo de inundación 30 DPE. ....	37
7. Estudio del grado de significancia de las interacciones (capin x nitrógeno, capin x fósforo, Nitrógeno x Fósforo) en las variables mediadas para el ensayo de inundación 30 DPE.....	38
8. Resultado del análisis de varianza de cada tratamiento para el ensayo con riego 30 DPE.....	43
9. Resultados del análisis estadístico y grado de significancia para los tratamientos con y sin capin del ensayo con riego 20 DPE).....	47
10. Resultados del análisis estadístico y grado de significancia para los distintos tratamientos.....	49
11. Resultados del análisis estadístico y grado de significancia para las distintas estrategias de riego, 20 y 30 días pos emergencia. ....	51

12. Estudio del grado de significancia de las interacciones en las variables mediadas.....	52
13. Resultado del análisis de cada momento de fertilización para el ensayo con riego 20 días pos emergencia y su par con riego 30 días pos emergencia. ....	55
14. Correlaciones entre las variables medidas ( $r^2$ ) .....	58

#### **Diagrama No.**

1. Diagrama modificado de los diferentes tipos de daños por heladas que afectan a los campos arroceros.....	11
2. Diseño Experimental.....	24

#### **Figura No.**

1. Etapas de desarrollo de la planta de arroz (Stansel, 1975).....	4
2. Máximo rendimiento y pérdidas de rendimiento a campo (Doberman <i>et al.</i> , 2000) .....	12
3. Temperatura promedio decádica de la Zafra 02- 03 y serie histórica .....	30
4. Heliofania decádica de la zafra 2002—2003 y serie histórica.....	31
5. Precipitaciones mensuales.....	32
6. Rendimiento promedio en kg/ha de las parcelas con y sin capin.....	33
7. Evolución de la materia seca en los distintos momentos de medición 30, 50, 70 y 125 días pos de emergencia (DPE). ....	34
8. Resultados promedios de rendimiento (kg/ha) para los distintos manejos de la fertilización nitrogenada.....	35
9. Efecto del momento de la aplicación del nitrógeno, 0 nitrógeno (Testigo), nitrógeno a la siembra (Siembra) y nitrógeno al macollaje (Macollaje), sobre la producción de materia seca. ....	36

10. Efecto de la interacción momento de aplicación del nitrógeno e interferencia inicial (con y sin capin) en el rendimiento del cultivo (Kg. /ha) para el ensayo de riego 30 días pos emergencia. ....	39
11. Evolución de la Materia Seca con capin y sin capin según momento de aplicación del nitrógeno para el ensayo de riego 30 días pos emergencia.....	40
12. Efecto de la interacción momento de aplicación de nitrógeno (A) y fósforo (B), con la interferencia inicial en la altura de la planta de arroz. ....	41
13. Efecto de la interacción del momento de aplicación del nitrógeno y fósforo sobre el rendimiento (Kg. /ha) para el ensayo de riego 30 días pos emergencia.....	42
14. Efecto del momento de aplicación del nitrógeno y fósforo sobre el rendimiento del cultivo cuando presenta interferencia inicial (con capin). ....	44
15. Respuesta en rendimiento (Kg. /ha), al agregado de nitrógeno y fósforo.....	45
16. Efecto del momento de aplicación del nitrógeno y fósforo sobre el rendimiento del cultivo cuando no presenta interferencia inicial (sin capin). ....	46
17. Evolución de la materia seca en los distintos momentos de medición 30, 50, 70, y 125 días pos emergencia (DPE) para los tratamientos con capin (C/capin) y sin capin (s/capin) para el ensayo de riego 20 DPE.....	48
18. Efecto sobre el rendimiento (Kg. /ha) de los tipos de tratamientos aplicados en la fertilización del cultivo.....	48
19. Efecto del tipo de tratamiento de fertilización sobre el rendimiento (Kg. /ha), y la materia seca producida a cosecha (MS cosecha, gramos/m <sup>2</sup> ) para el ensayo de riego a los 20 días pos emergencia.....	50
20. Efecto de la interacción capin con el momento de fertilización, testigo (Test), tradicional (Trad) y diferido (Dif) sobre el rendimiento del cultivo.....	52
21. Efecto de la interacción del capin con el tipo de riego, 20 días pos emergencia (20 DPE), 30 pos emergencia (30 DPE) sobre la altura del cultivo.....	53
22. Efecto de la interacción tipo de riego, 20 días pos emergencia (20 DPE), 30 pos emergencia (20 DPE) y el momento de fertilización sobre el rendimiento del cultivo.....	54



23. Efecto del momento de fertilización y el momento de riego con interferencia inicial (con capin) sobre el rendimiento en grano.....	56
24. Efecto del momento de fertilización y el momento de riego sin interferencia inicial (sin capin) sobre el rendimiento en grano.....	57
25. Estudio de la relación del número de panojas/m <sup>2</sup> sobre el rendimiento en grano del cultivo que para el ensayo con riego a los 30 días pos emergencia (30 DPE). .....	59
26. Estudio de la relación de la producción de materia seca a los 50 días pos emergencia (MS 50DPE) sobre el rendimiento en grano del cultivo que para el ensayo con riego a los 30 días pos emergencia. ....	60

## **1. INTRODUCCION**

El arroz es uno de los cultivos con mayor incorporación de tecnología, lo cual implica un alto costo por hectárea. A su vez, exporta el 90% de su producción, lo que lo hace sumamente dependiente del precio internacional. Esto ha motivado que los últimos años el precio halla variado entre 14 y 5 U\$\$ por bolsa. Por lo tanto el productor debe ser lo más eficiente posible en el uso de los recursos involucrados disminuyendo costos sin afectar los rendimientos de forma de no comprometer el balance económico.

Hace un tiempo se ha incorporado al sistema la rotación arroz-pasturas, de forma de mantener la sustentabilidad de los suelos y aumentar así la rentabilidad global del establecimiento. Esta tecnología si bien tiene la ventaja de recuperar los suelos, ha aumentado la incidencia de malezas ya sea por aumento de la fertilidad efecto logrado por la pastura, que hacen que estas se desarrollen más rápido; o por un aumento del banco de semilla que queda latente en el suelo, germinando luego de la remoción de la tierra o cuando las condiciones son favorables.

Sumado a lo anterior, en el cultivo de arroz tradicionalmente se realiza una fertilización basal de nitrógeno y fósforo, lo que favorece aún más a las malezas que a la planta de arroz por tener, en iguales condiciones ambientales, mayor eficiencia fotosintética, permitiéndoles de esta manera ser más eficientes en la utilización de nutrientes.

Dado que las pérdidas de rendimiento debido al efecto de la competencia ejercidas por las malezas son “ocultas” (todo lo contrario a un daño causado por insectos, plagas, etc.) o sea, que el agricultor no ve la merma de productividad, ha ocasionado que no se controle las malezas a tiempo como forma de disminuir dichas pérdidas.

Una de las malezas más importante en el cultivo de arroz es el capin (*Echinochloa sp.*), que compite con el arroz (*Oryza sativa*) por luz, nutrientes y agua; disminuyendo el rendimiento, la calidad del grano e incrementando el costo de producción, cosecha, secado, limpieza y clasificación. Los efectos secundarios de las malezas en general son numerosos e incluyen aumento de la severidad de ataque de insectos y enfermedades.

Es conocido que los requerimientos nutricionales del capin son diferentes de los del arroz, ya que dichas plantas tienen diferentes metabolismos. El capin es una especie de tipo C4 lo que la caracteriza por tener una mayor eficiencia fotosintética que plantas con metabolismo del tipo C3 como lo es el arroz. A su vez las plantas con metabolismo del tipo C4 tienen un mayor costo energético lo cual implica mayores requerimientos nutricionales.

Conociendo esto y los momentos en los que el arroz aumenta su demanda por nutrientes sería posible realizar un manejo de nutrientes de manera de disminuir la incidencia del capin sin comprometer el rendimiento en grano del arroz.

En base a lo ante dicho se plantearon los objetivos del presente trabajo, los cuales fueron: 1) Evaluar la competencia de *Echinochloa sp* con y sin fertilización de nitrógeno y fósforo; 2) Evaluar el estrés producido por el atraso en la aplicación del nitrógeno y del fósforo 30 días en el crecimiento, desarrollo, y rendimiento del cultivo de arroz; 3) Evaluar el efecto del momento de riego 20 y 30 días pos emergencia (DPE) y de fertilización sobre el crecimiento, desarrollo, y rendimiento del cultivo de arroz y de capin.

## **2. REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **2.1 INTRODUCCION**

La tecnología de rotación de pradera con el cultivo de arroz, trae aparejada una serie de ventajas ya sea, desde el punto de vista económico (rentabilidad global del establecimiento), como así también desde el punto de vista de la sustentabilidad del sistema; pero como contraparte aumenta el poder competitivo de especies malezas como ser capin, tornándolas más agresivas y de difícil control.

La problemática antes mencionada implica prestar especial cuidado con esta maleza, de forma de no comprometer el rendimiento final del cultivo. El control de dicha maleza puede realizarse a través de métodos químicos o tomando medidas de control culturales tales como el manejo diferido de la fertilización, momento de inundación, etc.

A partir de lo antes dicho, se visualiza la necesidad de determinar los momentos en que el cultivo concreta su rendimiento; establecer cuando la demanda de nutrientes por parte del cultivo de arroz es mayor y sincronizar demanda con oferta; de forma de conocer así como se comporta el cultivo frente a la interferencia de las malezas.

Por lo tanto, es importante revisar y analizar la información disponible referida a la fisiología del cultivo de arroz, sus requerimientos nutricionales (cantidad y momento), características fisiológicas de la maleza, el comportamiento conjunto (arroz - capin); y por último, dado que el cultivo de arroz es un cultivo irrigado en nuestro país, resulta relevante establecer cual es la dinámica de nutrientes en suelos inundados.

### **2.2 FISIOLOGIA Y REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES (N Y P) DEL CULTIVO DE ARROZ**

#### **2.2.1 Etapas de desarrollo de la planta de arroz**

La duración de las etapas de desarrollo de la planta de arroz difiere en función de las condiciones climáticas y del cultivo (De Datta., 1981).

Stansel (1975) determinó límites simplificados para cada estadio de la planta de arroz. Los límites de tiempo presentados en la figura 1 se corresponden con variedades insensibles al fotoperíodo de maduración temprana y muy temprana.

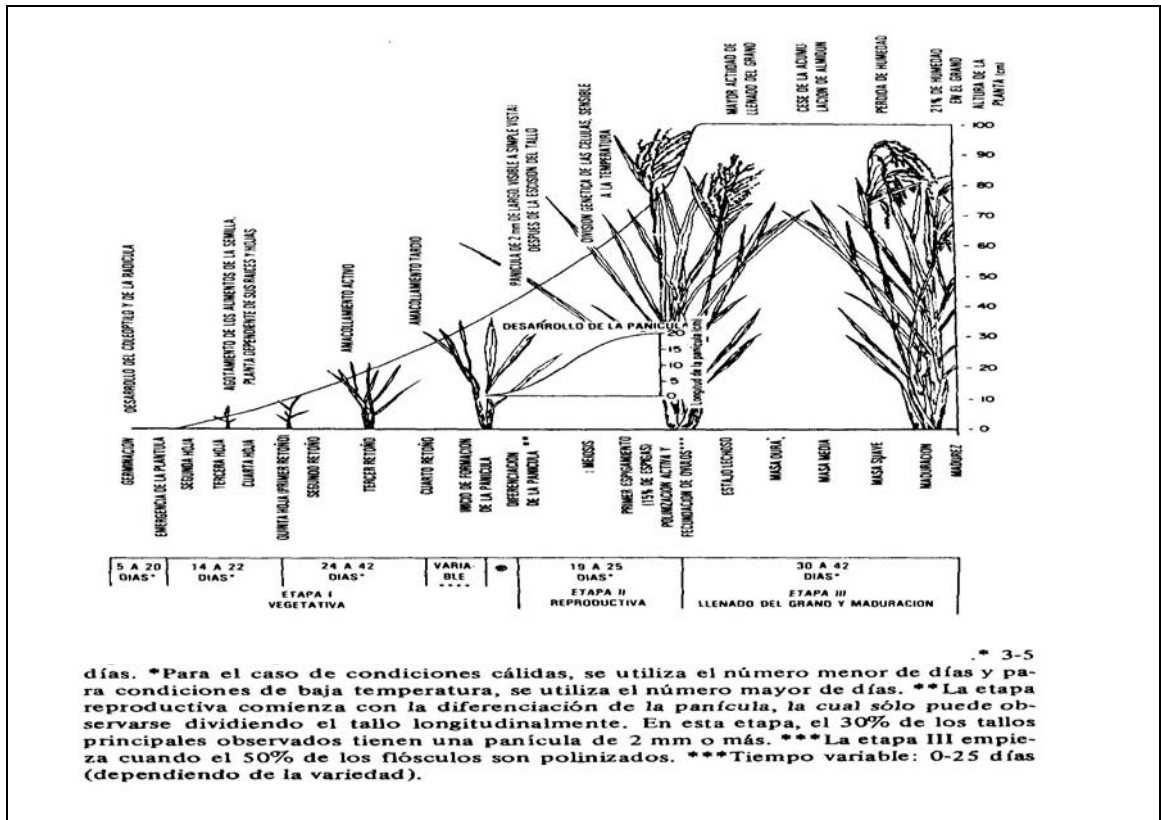


Figura 1 Etapas de desarrollo de la planta de arroz (Stansel, 1975)

Según De Datta (1981) el desarrollo de la planta de arroz puede dividirse en tres fases. La primera correspondiente a la fase vegetativa que se inicia con la germinación hasta el inicio de la formación de la panícula; la segunda: fase reproductiva que abarca desde el inicio de la formación de la panícula hasta la floración; y la tercera: fase de maduración que comprende floración hasta madurez fisiológica completa.

A medida que transcurren dichas fases de desarrollo se determinan los 3 componentes de rendimiento: número de panojas por unidad de área, número de granos por panoja y peso promedio del grano (Stansel, 1975).

### 2.2.1.1 Crecimiento de los órganos vegetativos

El crecimiento vegetativo de una planta consiste en una serie de eventos que implican: germinación, emergencia, implantación y macollaje. Durante el transcurso de estos, ocurre el crecimiento de las estructuras de fotosíntesis (hojas) y de las de absorción (raíces).

Cuando una semilla germina posee como único órgano de absorción la radícula. A medida que se desarrolla la plántula y luego constituye una planta, las raíces incrementan su cantidad y peso al aumentar el número de macollos, alcanzando sus valores máximos al momento de espigazón y antesis.

Se dice que la planta ha emergido cuando aparece la primer hoja sobre la superficie del suelo y está se vuelve verde (Stansel, 1975); definiéndose por lo tanto la emergencia de un cultivo como tal cuando el 50% o más de las plantas tienen la primer hoja por encima del suelo.

Una planta emergida, implantada y en pleno desarrollo produce una nueva hoja cada 3 a 5 días (Nagari, 1959). Cuando está planta produce la quinta hoja (14 a 22 días después de emergencia), el primer macollo normalmente se hace visible (Stansel, 1975). Los macollos en un principio dependen de los nutrientes que les suministra el tallo principal, pero cuando tienen 3 hojas desarrolladas y 4 o 5 raíces se vuelven autotróficos (Ishizuka, citado por Murata, 1975). Aproximadamente a los 30 – 45 días de emergida la planta se alcanza el número máximo de macollos decreciendo estos posteriormente a causa de la muerte de los más jóvenes por resultar perjudicados en la competencia por luz y nutrientes (Matsushima, Ishizuka, citados por Murata, 1975).

Según Stansel (1975), el número de macollos que una planta puede desarrollar se encuentra condicionado por diversos factores. Dentro de los cuales se encuentran: variedad, vigor de la planta, radiación solar incidente, nutrición, momento y profundidad de inundación, número de plantas por unidad de área (competencia), etc.

De los factores mencionados con anterioridad, el que más afecta la habilidad de macollaje de la planta de arroz es la competencia. Cuando se está ante situaciones de alta densidad producto de la menor disponibilidad de luz, nutrientes y en algunos casos humedad; menos macollos por planta son producidos (Stansel, 1975).

A su vez, una buena disponibilidad de nutrientes como ser: nitrógeno (N) y fósforo (P) en el periodo de macollaje aumentan el número de macollos; mientras que inundaciones tempranas y gran altura de lámina lo afectan negativamente (Matushima, 1964).

Dado que el primer componente de rendimiento panojas/ha se encuentra determinado por el número de plantas y macollos que sobreviven por unidad de área; es determinante tener en consideración dichos aspectos.

Uno de los indicadores comúnmente utilizado es el índice de área foliar (IAF) óptimo definido como la cantidad de área foliar necesaria para interceptar el 95% de la radiación incidente. El IAF se encuentra determinado por dos factores: el número de

macollos y el tamaño de hojas (Tanaka, citado por Murata, 1975). Por lo cual el aumento en alguno de dichos factores determina aumentos en el IAF; y este a su vez, se ve incrementado a medida que avanza el crecimiento del cultivo, alcanzando su máximo cerca de floración. En variedades muy macolladoras el principal componente del IAF serán los macollos mientras que en las poco macolladoras será el tamaño de hoja (Fageria et al., 1991).

Según una revisión realizada por Yoshida, citado por Murata (1975), se plantea que varios investigadores demuestran que el IAF óptimo para un cultivo de arroz oscila entre 4 y 7, suponiendo que la fotosíntesis bruta se incrementa asintóticamente al aumentar el IAF, mientras que la respiración aumenta en forma más o menos lineal.

### **2.2.1.2 Crecimiento reproductivo**

El estado de desarrollo reproductivo comienza con el desarrollo del primordio floral y termina en el momento en que el 50% de las espiguillas fueron polinizadas (50% floración). Para identificación práctica, un cultivo de arroz se encuentra en estado reproductivo cuando el 30% de los tallos principales muestreados tienen un primordio de 2 mm o más, (llamado primordio floral o diferenciación de la panoja) y puede observarse a simple vista cortando longitudinalmente el tallo principal (Stansel, 1975).

El crecimiento y desarrollo de la planta durante el estado reproductivo determina el segundo componente de rendimiento: n° granos/panoja. Las condiciones ambientales durante este período afectan el rendimiento potencial de dos maneras (Stansel, 1975):

1. Las condiciones ambientales durante el desarrollo de la panoja afectan la formación del primordio determinando el número de espiguillas por panoja.
2. Las condiciones ambientales durante la espigazón y floración afectan la polinización y el desarrollo del grano

Mientras que las condiciones culturales como ser fertilización nitrogenada en cobertura estimulan el crecimiento y diferenciación de espiguillas, aumentando así el tamaño de espiga.

Unos 10-12 días después de la iniciación de la panoja, comienza la diferenciación de las espiguillas en el primordio de la ramificación secundaria. El panojamiento en un cultivo de arroz comienza cuando el 15% de las panojas emergieron de la hoja bandera; mientras que cuando el 50% de las espiguillas fueron polinizadas comienza la etapa de llenado de grano y maduración (Stansel, 1975)

Bajo condiciones normales la floración ocurre de 9 a.m. a 1 p.m., y cada espiguilla puede permanecer abierta entre 40 minutos a 2 horas (Laudel et al., citados por Stansel, 1975).

El último estadio de desarrollo de la planta de arroz es el llenado de grano y maduración. Este empieza cuando en el cultivo aparecen el 50% de las panojas y finaliza cuando la humedad del grano promedio es de 21%. Las condiciones durante este estadio determinan el último componente de rendimiento peso promedio del grano (Stansel, 1975).

El peso de grano (tercer componente del rendimiento) se encuentra determinado por diversos factores (Stansel, 1975) entre los cuales se hallan: cantidad de carbohidratos producidos y traslocados, número de espiguillas o granos en desarrollo en etapa de llenado y volumen físico o tamaño de la espiguilla.

### **2.2.2 Aspectos fisiológicos del rendimiento de grano**

Para obtener buenos rendimientos en el cultivo de arroz se debe prestar atención a numerosos aspectos fisiológicos que juegan un papel preponderante en la concreción del mismo; cobrando mayor importancia el IAF y la producción de materia seca (MS).

En sus primeros estudios sobre las causas fisiológicas de variación de rendimiento en cultivos, Watson, citado por Yoshida (1972) llega a la conclusión de que la variación en el área foliar y la duración de la misma son la causa principal de las diferencias en rendimiento, siendo la tasa de asimilación neta de menor relevancia; en otras palabras es más importante cuanto y durante cuanto tiempo la radiación incidente es interceptada más que cuanto de ella pueda generar fotoasimilados.

La importancia del área foliar como determinante de la producción de MS y por lo tanto del rendimiento ha sido ampliamente aceptada y el IAF ha sido extensivamente utilizado en estudios subsiguientes sobre análisis de producción de MS (Yoshida, 1972).

En términos de producción de MS por una comunidad de cultivos, IAF, tasa de fotosíntesis foliar, y ángulo foliar parecen ser los mayores determinantes de la tasa de crecimiento del cultivo (Yoshida, 1972).

Realmente el objetivo mayor de la práctica agronómica es lograr un IAF suficientemente grande para la máxima producción del cultivo. Aumentando el IAF la producción de MS aumenta, pero esta relación no se da indefinidamente debido a que se incrementa el sombreado mutuo de las hojas por lo que la tasa media de fotosíntesis por unidad de área foliar disminuye (Yoshida, 1972).



La producción de MS se define como la integral de la tasa de crecimiento (TC) durante el transcurso de dicho periodo, y está relacionada con el rendimiento a través del índice de cosecha (IC). En el cultivo de arroz el IC tiende a ser inferior a medida que la producción de MS aumenta, luego de pasar por un óptimo (Yoshida, 1972).

Se ha demostrado que en el cultivo de arroz se mantiene una relación alométrica entre el rendimiento en grano y la producción total de MS hasta un valor cercano a las 10 ton/ha. de arroz bruto. En general, el incremento en la producción de MS total resulta en un aumento del rendimiento para una variedad dada (Yoshida, 1972).

Otro de los aspectos fisiológicos de gran relevancia en el rendimiento del grano es el desarrollo de la panoja; lo cual ha sido ampliamente estudiado para el cultivo de arroz. Según Matushima, citado por Yoshida (1972) es durante el periodo comprendido entre número máximo de macollos y diez días posteriores, donde se establece la cantidad de panojas/m<sup>2</sup>; lo cual se encuentra influenciado por la disponibilidad de nitrógeno y el nivel de radiación solar al momento de macollaje.

A su vez, el n° de espiguillas por panoja se determina durante el periodo comprendido entre panojamiento y 5 a 32 días previos al mismo, siendo resultado de la diferencia entre el número de primordios diferenciados y la cantidad que degeneran. El número de primordios diferenciados se encuentra altamente condicionado al suministro de nitrógeno durante la diferenciación de la panoja (32-20 días antes del panojamiento para el caso de variedades de clima templado); mientras que la cantidad que degeneran es producto del nivel de radiación solar y demás factores al momento de división reduccional el cual tiene lugar entre 15 a 5 días previos a espigazón (Matushima, citado por Yoshida, 1972).

Por lo tanto el número de espiguillas o granos por unidad de superficie de un cultivo de arroz esta correlacionado positivamente con la cantidad de nitrógeno absorbido al final del estadio de iniciación de las espiguillas o durante la floración. Por el contrario, el número de espiguillas degeneradas por unidad de superficie se correlaciona en forma negativa con la producción de MS de las espiguillas diferenciadas durante el periodo que va desde la diferenciación de las espiguillas hasta la floración (Yoshida, 1972).

Una vez ocurrida la floración todas las partes vegetativas detienen su crecimiento, como consecuencia de esto la mayoría de los compuestos asimilados netos son traslocados a la inflorescencia. Por lo cual, todo incremento en la MS total y carbohidratos durante el transcurso del llenado de grano, muestran por lo general una estrecha correlación con el rendimiento final en grano (Matsushima et al., citados por Murata, 1975).

Según Murata (1975) en muchas variedades de arroz cuando el nivel de radiación solar es alto, el incremento en peso seco durante el llenado de grano se encuentra correlacionado positivamente con la tasa fotosintética. Sin embargo cuando el nivel de radiación solar es bajo aparece una correlación negativa con el IAF.

### **2.2.3 Factores ambientales que afectan la producción**

Son varios los factores ambientales que afectan la producción en granos del cultivo de arroz, como por ejemplo: radiación solar, duración del día, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, etc.

#### **2.2.3.1 Efecto de la radiación solar**

Basados en una serie de experimentos Stansel et al. (1965), Stansel (1975) sugieren que el periodo más crítico de la planta en cuanto a requerimientos de energía solar es a partir de la iniciación de la panícula hasta aproximadamente 10 días antes de la maduración.

Existe una alta correlación entre el rendimiento en grano y la radiación solar incidente durante los últimos 30 días de desarrollo del cultivo (Moomaw et al., citados por De Datta, 1981). Investigaciones posteriores realizadas por el Internacional Rice Research Institute (IRRI) indican que el aumento en MS entre el inicio de la panícula y la cosecha se correlaciona mucho con el rendimiento en grano (De Datta, 1981).

Según De Datta (1981), la cantidad de energía solar incidente desde inicio de la panícula hasta maduración del cultivo es importante para la acumulación de MS. Esto, puede explicarse a partir de los resultados obtenidos por Murata, citado por De Datta (1981), los cuales demuestran que la acumulación de almidón en las hojas y en los tallos comienza aproximadamente 10 días antes de espigazón.

El almidón es acumulado en el grano durante los 30 días posteriores a espigazón (Murata, Yoshida, citados por De Datta, 1981) por lo cual el tiempo que transcurre entre los 40 días previos y la maduración puede considerarse como el periodo de producción del grano.

#### **2.2.3.2 Efecto de la temperatura**

La temperatura influye enormemente no solo en la duración del desarrollo sino también en el patrón de desarrollo de la planta de arroz. (De Datta, 1981).

Se han identificado las temperaturas críticas para: germinación, macollaje, inicio de la inflorescencia y desarrollo, dehiscencia y madurez del arroz (cuadro 1)

**Cuadro 1 Respuesta de la planta de arroz a la temperatura en diferentes etapas de desarrollo (adaptada de Yoshida, por De Datta, 1981)**

Etapa de Desarrollo	Temperatura Crítica ( C )		
	Baja	Elevada	Optima
Germinación	16--19	45	18--40
Emergencia y establecimiento de plántulas	12--20	35	25--30
Enraizamiento	16	35	25--28
Elongación de la hoja	7--12	45	31
Macollaje	9--16	33	25--31
Iniciación de primordio de la panícula	15	-	-
Diferenciación de la panícula	15--20	30	-
Antesis	22	35--36	30--33
Maduración	12--18	30	20--29

En países de climas templados se han registrado rendimientos en grano más elevados que en aquellos de climas tropicales; atribuible esto a temperaturas más frescas durante la maduración lo cual prolonga el proceso de llenado de grano (De Datta, 1981).

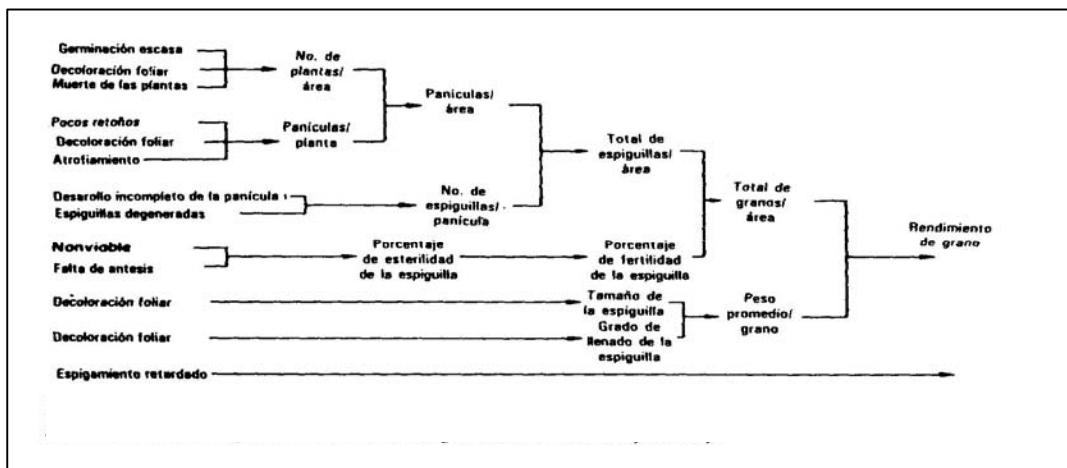
### **Temperaturas bajas**

Varios autores mencionan dos tipos de problemas relacionados con temperaturas bajas:

1. El vigor de las plántulas y el establecimiento en agua fría (18°C o menos).
2. Esterilidad causada por temperaturas frías nocturnas (por debajo de 15°C) de 10 – 14 días antes del espigazón (Rutger et al., citados por De Datta ,1981).

Satake et al., citados por De Datta (1981) plantean que el momento más sensible al frío se ubica dentro de la etapa juvenil de la microspora, una vez producida la división meiótica. En variedades tolerantes al frío la temperatura a la cual se genera esterilidad oscila entre los 15 a 17 °C, mientras que en aquellas que no lo son el rango se ubica entre los 17 a 19 °C (Nishiyama et al., citados por De Datta, 1981). La esterilidad se debe al daño ocasionado en la antesis, estableciéndose entonces la temperatura crítica durante dicho periodo entre los 15 a 20 °C (Satake, citado por De Datta, 1981).

Los síntomas más comunes causados por las bajas temperaturas se presentan en el diagrama 1 (Keneda et al., citados por De Datta , 1981).



**Diagrama 1** Diagrama modificado de los diferentes tipos de daños por heladas que afectan a los campos arroceros (Adaptada de Kaneda, por De Datta, 1981)

### Altas temperaturas

Según Satake et al., citados por De Datta (1981) el mayor efecto provocado por las altas temperaturas se ocasiona durante la etapa de espigazón. Como forma de corroborar lo antes dicho se observó que tras someter espiguillas a 35 y 38°C durante cuatro horas y a 41°C durante dos horas, los valores de fertilidad registrados eran de: 75, 55 y 15% respectivamente.

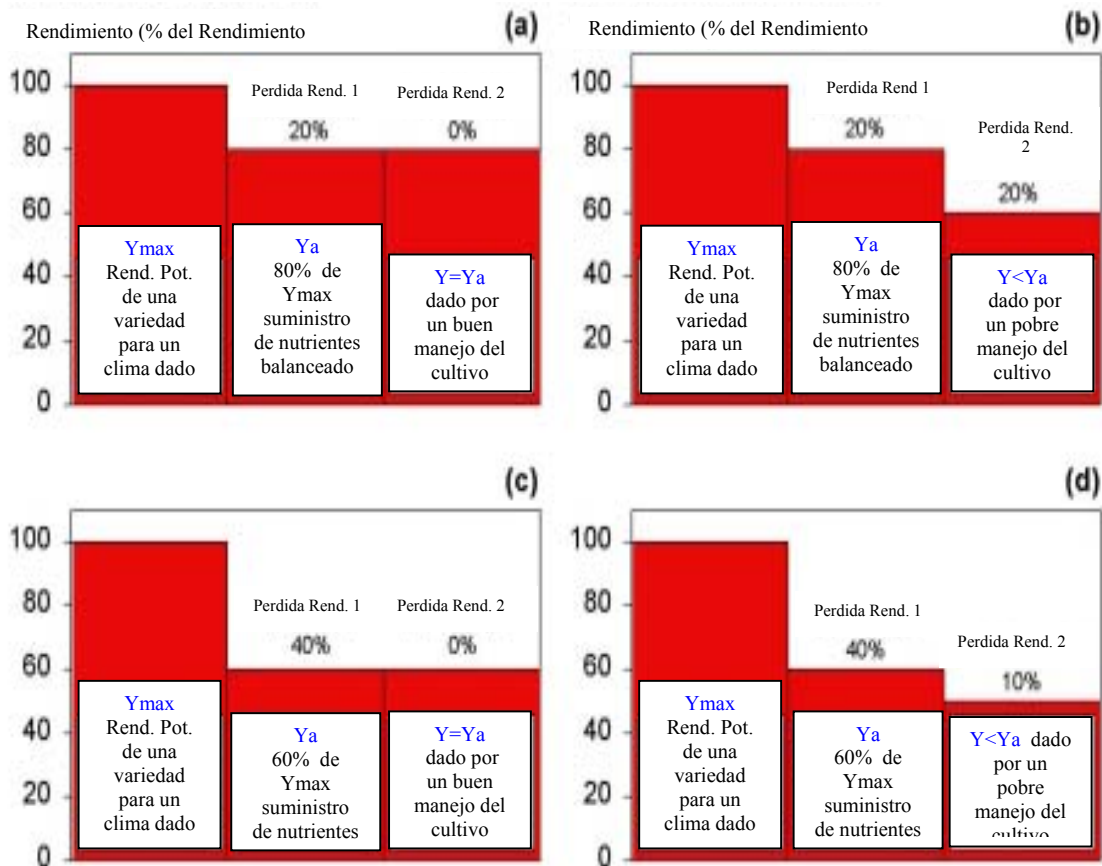
La esterilidad de las espiguillas producto de altas temperaturas es inducida en gran parte en el día de floración. Temperaturas altas durante la antesis son la mayor causa de pérdida de fertilidad de las espiguillas, siguiéndole en importancia la ocurrencia de estas momentos previos a antesis; mientras que lo acontecido luego de antesis no cobra mayor relevancia. Por lo cual características como ser: buen derramamiento de polen y antesis temprana por la mañana cobran relevancia para la tolerancia a temperaturas por encima del óptimo (Satake et al., citados por De Datta, 1981)

### **2.2.4 Requerimientos y momentos de aplicación de nitrógeno y fósforo en el cultivo de arroz**

Dentro de los factores que condicionan el rendimiento en grano del cultivo de arroz, la cantidad, momento y método de suministro de nutrientes son de los de mayor relevancia. Por lo cual un uso racional de fertilizante implica sincronizar oferta con demanda por parte del cultivo (Ishizuka, 1964).

La mayoría de los productores de arroz logran menos del 60 % del rendimiento potencial del cultivo. De forma de comprender con mayor claridad por que los

rendimientos reales son solo una fracción del potencial, se presenta un simple modelo (figura 2), el cual ilustra los factores que afectan la pérdida de rendimiento (Doberman y Fairhurst, 2000).



(a) En un cultivo bien manejado, la pérdida de rendimiento 2 es cercana a 0 por lo tanto el rendimiento actual ( $Y$ ) se acerca al rendimiento alcanzable ( $Y_a$ ) a un nivel del 80% del  $Y_{max}$ . La eficiencia de nutrientes y beneficio son altos.

(b) Las pérdidas de rendimiento son grandes por el pobre manejo del cultivo, inadecuado control de enfermedades o toxicidad de minerales.

(c) Las pérdidas de rendimiento son por manejo incorrecto de nutrientes.

(d) Las pérdidas de rendimiento son por un incorrecto manejo de nutrientes y del cultivo.

**Figura 2** Máximo rendimiento y pérdidas de rendimiento a campo (Doberman y Fairhurst, 2000)

Tras la observación de la figura 2, es posible afirmar que el rendimiento máximo ( $Y_{máx}$ ) se ve condicionado por el clima y el genotipo, cuando el resto de factores involucrados no son limitantes. Sin embargo, el rendimiento alcanzado ( $Y_a$ ) es menor

que  $Y_{m\acute{a}x}$ , explicado esto por un desequilibrio entre oferta y demanda de nutrientes más limitantes hídricas en caso de que el cultivo no es irrigado (Doberman y Fairhurst, 2000).

Según Doberman y Fairhurst (2000) el  $Y_a$  por parte de los mejores productores se ubica aproximadamente entre el 70 al 80% del  $Y_{m\acute{a}x}$  cuando el suministro de nutrientes se realiza en forma adecuada, no lográndose superar el 80% del  $Y_{m\acute{a}x}$ ., dado que la eficiencia interna de nutrientes se ve disminuida.

A su vez, el  $Y_a$  es reducido a rendimiento actual ( $Y$ ) por: plagas, malezas, enfermedades, toxicidad y demás restricciones; aparte de las impuestas por clima, agua y suministro de nutrientes (Doberman y Fairhurst, 2000).

Por lo cual, el manejo del cultivo de arroz debe buscar minimizar dichas pérdidas de rendimiento. En donde una correcta nutrición de la planta es esencial, de forma de lograr un buen balance de nutrientes; sin dejar de lado un adecuado status sanitario y ambiente libre de la interferencia generada por malezas o plagas.

El proceso de extracción de nutrientes en diferentes estados de crecimiento es función del clima, las propiedades del suelo, cantidad de fertilizante aplicado, variedad de arroz y método de cultivo (Ishizuka, 1964).

El nivel de absorción de nutrientes de una planta cambia de acuerdo al estado de crecimiento. Las variantes en los rangos de absorción de nutrientes son causados por el periodo de crecimiento de la planta y el tipo de nutriente; y se ven reflejadas en el proceso de absorción de cada nutriente durante todo el período de crecimiento.

A espigazón, el arroz lleva asimilado casi el 60 al 80% del total de cada nutriente. La absorción de nitrógeno, fósforo y azufre continúa activa desde el comienzo del crecimiento hasta floración; utilizando posteriormente la panoja los nutrientes almacenados en hojas y tallos. Mientras que la absorción de potasio perdura a través de todo el ciclo de crecimiento (Takenaga, 1995).

La mayor parte del nitrógeno (N) contenido en la panoja es traslocado desde los órganos vegetativos. A consecuencia de esto, la curva de absorción de N es anticipada a la de deposición de MS (Takenaga, 1995).

### **2.2.4.1 Nitrógeno**

El N es el nutriente más importante para una buena producción de arroz. Siendo el suministrado bajo la forma de amonio ( $\text{NH}_4$ ) una de las fuentes más importantes; debido a que en un sistema bajo riego, parte del nitrato es generalmente perdido por el proceso de desnitrificación (Evatt, 1964).

Como forma de optimizar la eficiencia de uso de N, es requerida una estrategia dinámica del mismo, en la cual la oferta generada a partir del fertilizante ofrecido cubra el déficit existente en el suelo, sin quitar relevancia al momento, localización y fuente de N empleada (Doberman y Fairhurst, 2000).

Según Doberman y Fairhurst (2000), el manejo de N debe incluir por lo tanto las siguientes medidas:

- Una estimación de la demanda de N por el cultivo.
- Una estimación de la necesidad de una aplicación de N a la base de acuerdo a la cantidad liberada por el suelo, variedad involucrada, y método de siembra del cultivo.
- Monitoreo del status de N, como forma de optimizar las aplicaciones en cobertura.

### **Funciones**

El N es constituyente esencial de: aminoácidos, ácidos nucleicos, nucleótidos y clorofila. A su vez, origina rápido crecimiento de planta y hojas, promueve macollaje, incrementa el número de espiguillas por panícula y eleva el contenido de proteína en grano. Por lo cual, el N afecta todos los parámetros que contribuyen al rendimiento (Doberman y Fairhurst, 2000).

Por otro lado, el contenido de N en hoja se encuentra relacionado con el nivel de fotosíntesis en esta y por lo tanto con la producción de biomasa del cultivo. No debe olvidarse que cuando las necesidades del cultivo en este nutriente son cubiertas, la demanda por otros macronutrientes como ser: P y potasio se incrementa (Doberman y Fairhurst, 2000).

### **Síntomas de deficiencia y sus efectos en el crecimiento**

Según Doberman y Fairhurst (2000), la deficiencia de N es la más comúnmente detectada en arroz. Generando en hojas viejas y en ocasiones todas tonos verde claro y/o

clorosis en las puntas. En general dichas deficiencias ocurren en estados de crecimiento críticos como lo son: macollaje e iniciación de la panoja donde la demanda de N es alta.

Deficiencias de N resultan en: disminución del macollaje, hojas chicas, plantas bajas y bajo número de granos.

### **Requerimientos de nitrógeno**

Según Doberman y Fairhurst (2000), en situaciones donde el crecimiento del cultivo no se ve limitado por el suministro de agua, el problema de malezas y la producción de biomasa es principalmente manejada por el suministro de N (nutriente más limitante en arroz irrigado).

Una elevada fertilización con N constituye un prerrequisito para incrementar la producción de MS; mientras que las características varietales deberán evitar la producción de un crecimiento vegetativo excesivo e incrementar el suministro de compuestos orgánicos a la inflorescencia (Murata y Matsushima, 1975).

El N es requerido durante todo el ciclo de crecimiento, generándose los mayores requerimientos entre macollaje temprano e iniciación de la panícula. Igualmente un suministro suficiente de dicho nutriente durante el periodo de maduración es necesario para retardar la senescencia de hojas, mantener la fotosíntesis durante el llenado de grano y aumentar el contenido de proteína en el grano (Doberman y Fairhurst, 2000).

Desde un punto de vista cuantitativo, se requiere más N para el crecimiento vegetativo que para el desarrollo reproductivo. Un cultivo de arroz absorbe más del 90% del N total requerido para producir un rendimiento total medio antes de que se alcance el estado de espigazón (Ishizuka y Inada, 1967).

Sería seguro concluir que cuando la planta de arroz cuenta con un adecuado suministro de N durante el periodo vegetativo, requiere en general poco N durante el periodo reproductivo.

Según Kumura, citado por Matsushima (1964) existe una alta correlación ( $r = 0,96$ ) entre el número de macollos y el contenido de N en hoja bandera, durante el periodo de macollaje. A su vez, el número de espiguillas por panícula es directamente proporcional al contenido de N en hoja bandera al momento en el cual el número de espiguillas es determinado (entre 28 a 7 días previos a floración). Mientras que el peso del grano aumenta con el suministro de N durante el periodo de maduración.

Por otro lado, la emergencia de macollos se ve más condicionada al nivel de absorción de N que al status nutricional de N en planta. Sin embargo, el número de granos por panícula se encuentra correlacionado con el contenido de N en planta en el



periodo en el que el número de granos es determinado. Mientras que el peso de grano se ve favorecido cuando el contenido de N en planta oscila dentro del rango de 1,14 a 1,75 % en floración y de 0,9 a 0,85 % a maduración (Kiiuchi et al., citados por Matsushima, 1964).

Por lo tanto, los componentes del rendimiento están muy relacionados al suministro de N en cada estadio de crecimiento.

### **Momento de aplicación**

La mayor parte de las investigaciones referidas al momento de aplicación indican que el “grueso” debe ser suministrado durante el crecimiento vegetativo temprano (35 a 40 DPE); sin embargo otro momento de alta demanda se ubica entorno al periodo reproductivo (Evatt, 1964).

En situaciones de alto enmalezamiento, Hudgins et al., citados por Evatt (1964) plantean demorar la aplicación de fertilizante nitrogenado hasta realizarse un adecuado control, de lo contrario, una gran proporción del N será utilizado por las malezas presentes. Esto concuerda con lo sugerido por Nelson, citado por Evatt (1964) que encontraron que en situaciones donde se aplica N y existe un cierto enmalezamiento de especies como capin, el rendimiento es menor que cuando no se agrega nada, explicado dicho fenómeno por la gran competencia que ejerce la maleza.

El contenido de N de una hoja y su tasa de fotosíntesis por lo general, guardan una positiva y estrecha correlación de forma que, aplicaciones de N en cobertura rara vez fracasan en promover la tasa referida (Murata y Wada, 1969)

### **2.2.4.2 Fósforo**

El manejo del P requiere de una estrategia de largo plazo. Es más importante predecir la necesidad de aplicar P (el cuanto y cuando), que buscar maximizar la eficiencia de recuperación. Por lo cual, el manejo debe ser guiado de forma de mantener disponible un suministro adecuado de este, como forma de asegurar que no se vea limitado el crecimiento del cultivo y a su vez reducida la eficiencia de uso del N (Doberman y Fairhurst, 2000).

### **Funciones**

Al igual que el N, el P es constituyente esencial de nucleótidos y ácidos nucleicos; además de la adenosín- trifosfato (ATP) y fosfolípidos. Sus principales funciones se centran en la acumulación y transferencia de energía, aparte del mantenimiento de la membrana plasmática (Doberman y Fairhurst, 2000).

El P es móvil en la planta y su importancia se manifiesta en: promoción del macollaje, desarrollo del sistema radicular, floración temprana y maduración (Doberman y Fairuhst, 2000).

### **Síntomas de deficiencia y sus efectos en el crecimiento**

Aquellas plantas que presentan deficiencias en el suministro de P, reducen en forma marcada el macollaje y presentan poco desarrollo en general. Sus hojas son angostas, cortas, muy erectas y de un color verde oscuro. A su vez, los tallos son finos y débiles. Por lo cual el número de hojas, panojas y granos por panoja se ve disminuido (Doberman y Fairhust, 2000).

### **Requerimientos de fósforo**

Tanto el N como el P tienen un efecto marcado en el IAF, ya sea a través del incremento en el número de macollos como así también en el área de la hoja. Por lo cual aumentos en el agregado de fósforo repercuten directamente en el IAF (Fageria et al., 1991).

La producción de MS aumenta en forma cuadrática a medida que avanza en edad la planta, hasta cierto punto en donde se hace asintótica. Dicha producción será mayor cuanto más fósforo se agregue, manifestado esto a través del aumento en área por parte de la hoja sumado a un mayor número de macollos (Fageria et al., 1991).

## **2.3 CAMBIOS QUIMICOS EN SUELOS INUNDADOS**

Cambios físicos, físico químico y bioquímicos producto de la inmersión o saturación de agua, son claves en determinar la capacidad del suelo para la producción de arroz (De Datta , 1981).

### **2.3.1 Agotamiento del oxígeno**

Según De Datta (1981) cuando un suelo se inunda, el agua reemplaza al aire de los macroporos; a excepción de una delgada capa cercana a la superficie del suelo o en ocasiones debajo de la capa arable. Por lo tanto, la mayor parte del suelo se encuentra entonces prácticamente sin oxígeno pocas horas después de la inundación (De Datta, 1981).

Por lo cual, los microorganismos del suelo utilizan para su respiración elementos oxidados y algunos metabolitos orgánicos (como aceptores de electrones), en sustitución del oxígeno molecular, lo cual da lugar a la reducción del suelo. Es así que, la condición

anaeróbica generada tras la inundación influye sobre la disponibilidad de diversos nutrientes, aumenta la producción de sustancias tóxicas en el suelo y la descomposición de la materia orgánica se hace más lenta (De Datta, 1981)

Sin embargo, la planta de arroz es capaz de explotar los beneficios químicos de la inundación del suelo, debido a que cuenta con tejido aerenquimático generado en los tallos nuevos; recibiendo de esta forma oxígeno hacia sus raíces (Van Raalte, Arikado, Armstornng, citados por De Datta , 1981).

Según de Datta (1981) en ausencia de oxígeno ( $O_2$ ) producto del suelo inundado, tanto los organismos anaeróbicos como los facultativos verdaderos se tornan activos; a su vez la descomposición de la materia orgánica es más lenta.

### **2.3.2 Disminución del potencial redox**

Una vez que un suelo se inunda y por consiguiente se reduce, su potencial redox baja hasta establecerse en un valor estable entre + 0,2 a - 0,3 V, mientras que el potencial redox de la superficie del agua y los primeros milímetros de suelo permanecen entre + 0,3 a -0,5 V (Ponnamperuma et al., citados por De Datta, 1981)

En función de lo antes dicho, la rizósfera en un suelo inundado se reduce, mientras que el subsuelo y las galerías generadas en el suelo por las raíces pueden oxidarse (De Datta, 1981).

Dentro de los beneficios adjudicables a dicho fenómeno se encuentra, el incremento en el suministro de distintos nutrientes como ser: N, P, hierro, magnesio, molibdeno y silicio. Mientras que las desventajas incluyen: pérdidas de N por desnitrificación, disminución en la disponibilidad de azufre, cobre, zinc; y producción de distintas sustancias que interfieren en la captación de nutrientes o que envenenan a las plantas directamente (De Datta, 1981)

### **2.3.3 Cambios en el pH**

Transcurridas unas semanas de la inundación, se produce un aumento del pH en los suelos ácidos y una disminución del mismo en suelos calcáreos o alcalinos; convergiendo en todas las situaciones a valores entre pH de 6 a 7 luego de la inundación (Ponnamperuma et al., citados por De Datta, 1981).

Dicho cambio de pH en el suelo es atribuible a varios factores, dentro de los cuales se ubican: pasaje de hierro férrico ( $Fe^{+3}$ ) a ferroso ( $Fe^{+2}$ ), acumulación de amonio ( $NH_4$ ) y pasaje de sulfato ( $SO_4$ ) a sulfuro ( $S^{-2}$ ) junto con transformaciones químicas de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) a metano ( $CH_4$ ) (De Datta, 1981).

Según Ponnampereuma et al., citados por De Datta (1981), el cambio en el pH en suelos inundados se regula básicamente por tres vías:

1.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{---CO}_2 \text{----H}_2\text{O}$  en suelos alcalinos
2.  $\text{CaCO}_2 \text{----CO}_2\text{-----H}_2\text{O}$  en suelos calcáreos
3.  $\text{Fe}(\text{OH})_3 \text{-----Fe}^{+2}$  en suelos ferruginosos

Las primeras dos vías son las responsables del descenso de pH en suelos alcalinos; mientras que la última regula el aumento de pH en suelos ácidos.

Según De Datta (1981) problemas corrientes como exceso de aluminio y manganeso aparte de la toxicidad provocada por el hierro en suelos ácidos dejan de ser perjudiciales e inclusive disminuye sus niveles junto con un aumento en la disponibilidad de fósforo, molibdeno, sílice además de favorecerse la mineralización del nitrógeno y descomposición de ácidos orgánicos.

Según lo planteado por este mismo autor, la estabilización del pH del suelo luego de la inundación tiene diversidad de efectos sobre el cultivo de arroz.

### **2.3.4 Cambios en la conductividad específica**

La conductancia específica de la solución de la mayor parte de los suelos aumenta después de la inundación. La conductancia específica a los 30 días de inmersión se correlaciona en gran medida con el contenido de materia orgánica original del suelo (De Datta, 1981).

La materia orgánica después de la descomposición produce bicarbonato e iones orgánicos y sirve como fuente de energía para la reducción de compuestos inorgánicos insolubles a formas iónicas solubles (De Datta, 1981).

### **2.3.5 Reducción de $\text{Fe}^{+3}$ a $\text{Fe}^{+2}$**

Tras la inundación del suelo, los compuestos férricos ( $\text{Fe}^{+3}$ ) se reducen a ferrosos ( $\text{Fe}^{+2}$ ). Como consecuencia, el suelo cambia de color café a gris; resultando una gran cantidad de  $\text{Fe}^{+2}$  en la fase de solución. Las concentraciones de Fe soluble pueden variar desde 0,1 ppm poco después de la inundación hasta 600 ppm (De Datta, 1981)

Según Ponnampereuma et al., citados por De Datta (1981) en suelos ácidos con cantidades adecuadas de materia orgánica y óxidos de Fe pueden generarse concentraciones tóxicas de  $\text{Fe}^{+2}$ .

### **2.3.6 Suministro y disponibilidad de nitrógeno**

A pesar de que la materia orgánica es mineralizada a una velocidad más lenta en suelos anaeróbicos, la cantidad neta mineralizada es mayor por que es inmovilizado menos N. La disponibilidad de N en suelos inundados aumenta con el incremento en el contenido de N del suelo, pH, temperatura y duración de la desecación previa (Ponnamperuma et al., citados por De Datta, 1981).

### **2.3.7 Disponibilidad de fósforo**

Al igual que sucede con el N, el P incrementa su disponibilidad en suelos que se encuentran inundados. Dicho fenómeno se explica mayormente a través de la reducción de fosfato férrico insoluble a fosfato ferroso más soluble; a pesar de que también tienen lugar otros cambios como ser: hidrólisis de fosfato de hierro y aluminio. Además se provoca la disolución del fosfato de calcio como resultado de la acumulación de dióxido de carbono, aparte de la desorción de fósforo de las arcillas y de los óxidos de aluminio y hierro (De Datta, 1981).

## **2.4 ASPECTOS GENERALES DE COMPETENCIA**

### **2.4.1 Competencia de capin en arroz**

Según Baldwin et al. (s.f.) son varios los factores que influyen en las pérdidas de rendimiento por año como consecuencia de la competencia ejercida por las malezas. Algunos de estos son: especie y densidad de la maleza, duración de la competencia, variedad y características del arroz; aparte de factores relacionados al manejo cultural que determinan el crecimiento del arroz, como sucede con el resto de los cultivos.

En relación a la densidad de la maleza Smith (1968) plantea que con una buena densidad de arroz, las pérdidas ocasionadas por 10 plantas de capin/m<sup>2</sup> rondan el 25% mientras que densidades de 250 plantas de capin/m<sup>2</sup> lo reducen en un 79%.

Según Fernandez y Quartino (1998) las condiciones que favorecen la germinación y el desarrollo de las plantas de arroz, también favorecen a la maleza, por lo que generalmente germina y emerge junto con el arroz, por lo tanto compite con el arroz desde etapas tempranas en la estación de crecimiento. La competencia durante solo dos a tres semanas disminuye el rendimiento en algunos años y en algunas variedades.

Investigaciones realizadas por Baldwin et al. (s.f.) en relación a la duración de la competencia de malezas también establecen que el momento crítico de control de capin de forma de evitar pérdidas importantes en rendimiento del cultivo se ubica en épocas

tempranas (30 DPE). En el mismo estudio a su vez, se plantea que las pérdidas potenciales de rendimiento pueden alcanzar un 70%.

El peso de las plantas de arroz en los estados tempranos de crecimiento junto con la altura de planta, serían las características relacionadas más significativamente con la habilidad competitiva (Kuan, citado por Fernández y Quartino, 1981).

En lo que respecta a prácticas culturales, Deambrosi et al., citados por Fernández y Quartino. (1998) mencionan que aplicaciones de fertilizante a la siembra promueven una mayor velocidad de crecimiento de capin respecto al testigo sin fertilizar, independientemente de las fuentes utilizadas.

Lavecchia (1995), en ensayos maceteros bajo invernáculo encontró que un atraso en la fecha de aplicación de N y P afectó reversiblemente el crecimiento del arroz. Entretanto para el capin, la demora en la aplicación de P causó un atraso en el crecimiento y macollaje, lo que facilitaría el manejo de la interferencia con el cultivo. En el mismo trabajo se encontró que deficiencias de N solo deprimen la absorción de P en el capin, no ocurriendo lo mismo en lo que al cultivo respecta.

Este mismo autor plantea que aplicaciones tempranas de N en el momento de la instalación del cultivo estimulan también el crecimiento del capin, afectando en mayor grado a aquellos cultivares de arroz de porte bajo; producto de que el estímulo de la maleza conduce a competencia por luz (Smith; citado por Lavecchia, 1996).

Según Blanco, citado por Fernández y Quartino (1998) afirman que la competencia es más severa en un cultivo de arroz siguiente a una fase de pastura sembrada con leguminosas, explicado esto por una mayor fertilidad del suelo.

#### **2.4.2 Características fisiológicas determinantes en la habilidad competitiva del arroz y el capin**

Cuando un cultivo de arroz es invadido por capin, se está ante la presencia de un sistema de interferencia en el cual compiten entre sí plantas que difieren en sus procesos de fijación de CO<sub>2</sub>. Es así que el capin especie de tipo C<sub>4</sub>, se caracteriza por ser fotosintéticamente más activa en condiciones de altas temperaturas y radiación que plantas de arroz, especie de tipo C<sub>3</sub> de menor actividad fotosintética en estas condiciones (Black et al., citados por Lavecchia et al., 1998).

Según Schmitt et al., citados por Lavecchia (1996) dentro de las ventajas comparativas de las especies C<sub>4</sub> frente a las C<sub>3</sub> pueden mencionarse: ruta fotosintética más rápida y eficiente dado que fotosintetizan con los estomas cerrados, mayor temperatura óptima y rango de saturación de lumínica y mayor producción de MS; además de mayor eficiencia en el uso del agua y N.

Si bien las plantas con metabolismo  $C_3$  presentan dicha ineficiencia la cual las pone en desventaja frente a las  $C_4$  en las condiciones mencionadas con anterioridad, debe tenerse presente que la planta de arroz posee alta densidad estomática lo cual facilita la difusión de gases permitiéndole absorber mayor volumen de  $O_2$  para la respiración radicular así como también poder captar mayor volumen de  $CO_2$  para la fotosíntesis (Tasunoda, citado por Lavecchia, 1996).

Según Monson, citado por Lavecchia (1996), plantas de tipo  $C_4$  presentan mayor eficiencia en la utilización del nitrógeno en comparación con las  $C_3$ . La alta eficiencia en el uso del nitrógeno permite una mayor producción de área foliar y mayor eficiencia en la utilización de la radiación incidente por unidad de nitrógeno (Schmitt et al., citados por Lavecchia, 1996).

Otros autores verifican que con bajos niveles de nitrógeno la eficiencia de uso de nitrógeno en plantas tipo  $C_3$  es mayor que en plantas tipo  $C_4$  (Pearcy, Schmitt et al., citados por Lavecchia, 1996).

En trabajos realizados por Lavecchia (1996) se observó que el efecto de la deficiencia de fósforo fue también intenso tanto en el arroz como en el capin, pero principalmente en esta última la cual presentó mayor reducción porcentual del área foliar que el arroz, indicando su esencialidad para procesos bioquímicas y fisiológicos.

### **3. MATERIALES Y METODOS**

En el presente trabajo de tesis se realizaron dos ensayos. Uno cuyo objetivo fue determinar el efecto de diferentes momentos y niveles de fertilización con N y P para situaciones con y sin interferencia de capin (hasta 30 DPE) sobre el rendimiento del cultivo de arroz (ensayo A). Y otro (ensayo B) que tenía por objetivo evaluar el efecto de dos momentos de inundación (20 y 30 DPE) sobre la base de los tratamientos del primer ensayo.

#### **3.1 LOCALIZACION**

Los ensayos fueron instalados en la arrocera “El Junco” perteneciente a la empresa DONISTAR, en el año agrícola 2002-2003.

La misma está ubicada a 53 Km. hacia el noreste de departamento de Salto por la ruta nacional N° 31, correspondiendo a la 11° seccional judicial y a la 9° sección policial.

La chacra tiene como antecedente 4 años de pradera, compuesta por trébol blanco (*Trifolium repens*) y lotus (*Lotus corniculatus*.)

#### **3.2 SUELO**

Ambos ensayos se instalaron sobre un suelo correspondiente a un Brunosol de la Unidad “Itapebí Tres Arboles” de acuerdo a la clasificación de suelos de la Dirección Nacional de Suelos, Aguas y Fertilizantes. En el cuadro 2 se detallan las propiedades químicas del mismo.

**Cuadro 2 Propiedades químicas del suelo (análisis efectuado en “ La estanzuela”)**

<b>Ph (H<sub>2</sub>O)</b>	<b>Ph (KCl)</b>	<b>C.Org %</b>	<b>Bray I µg P/g</b>	<b>Cítrico µg P/g</b>	<b>Ca meq/100g</b>	<b>K meq/100g</b>	<b>Fe mg/kg</b>
5.1	4.2	3.50	2.5	8.0	35.0	0.75	196.3

#### **3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL**

En el ensayo A correspondiente al efecto y momento de fertilización, fue empleado un diseño experimental de bloques completos al azar en parcelas divididas con tres repeticiones. La parcela grande se constituía por presencia o ausencia de capin, mientras que las parcelas chicas correspondían a 9 tratamientos que combinaban distintos niveles y momentos de fertilización con N y P.



En el ensayo B correspondiente al efecto del momento de inundación y fertilización nitrogenada, se utilizó un diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas, en donde las parcelas grandes se correspondían a 2 momentos de inundación (20 y 30 DPE) combinado con presencia o ausencia de capin, mientras que las parcelas chicas correspondían a 3 tratamientos con distintos niveles de fertilización de N y P.

Debido a que en el área experimental no se contaba con una densidad suficiente de la maleza en cuestión, se debió sembrar, por lo cual su distribución no fue al azar tomándose como criterio la división en dos franjas de cada bloque, utilizándose una de ellas para la siembra de la misma.

La asignación de los tratamientos correspondiente a momentos y niveles de fertilización, se realizó al azar.

A continuación se presenta un diagrama en el cual se muestra la disposición espacial de los ensayos y una tabla donde se muestran los distintos tratamientos.

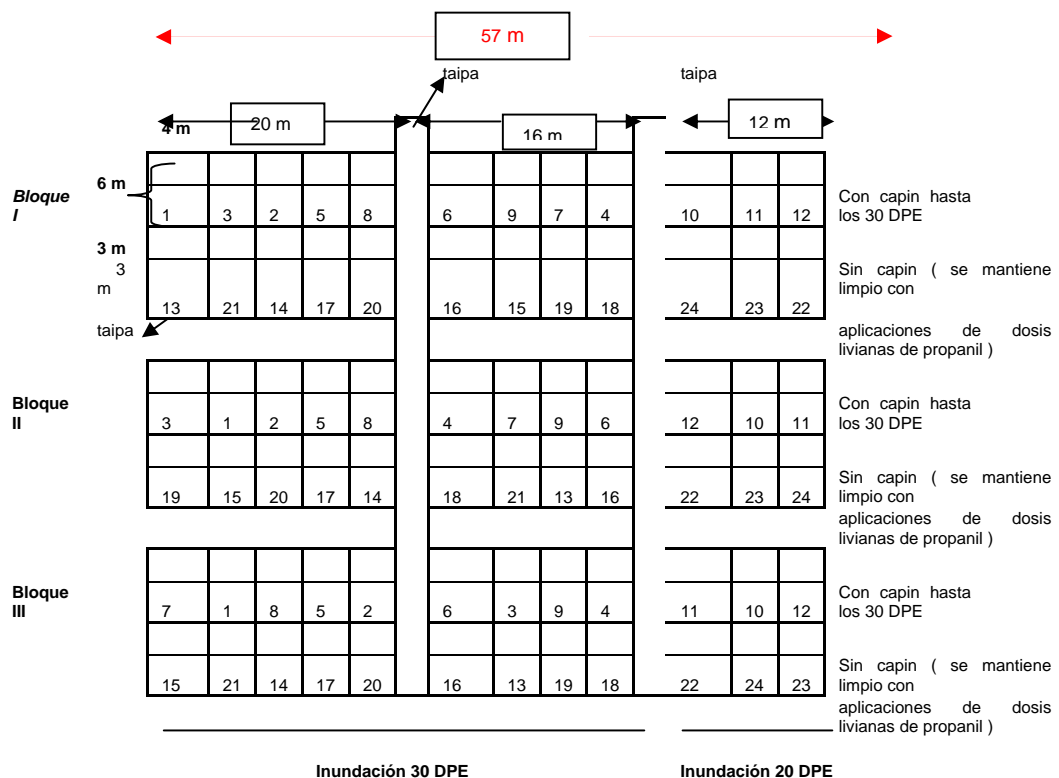


Diagrama 2 Diseño del Experimento

**Cuadro 3** Tratamientos de fertilización de nitrógeno y fósforo (momento y dosis)

Trat.	NITROGENO				FOSFORO					
	S	30 DPE	P	TOTAL	S	30 DPE	P	TOTAL		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	Testigo Fósforo al voleo a la siembra  <b>Con Capin</b>  Que se elimina a los 30 DPE	<b>Inundado a los 30 DPE</b>
2	0	0	0	0	46	0	0	46		
3	0	0	0	0	0	46	0	46		
4	18	23	23	64	0	0	0	0		
5	18	23	23	64	46	0	0	46		
6	18	23	23	64	0	46	0	46		
7	0	41	23	64	0	0	0	0		
8	0	41	23	64	46	0	0	46		
9	0	41	23	64	0	46	0	46		
10	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>Inundación a los 20 DPE</b>	
11	18	23	23	64	46	0	0	46		
12	0	41	23	64	0	46	0	46		
13	0	0	0	0	0	0	0	0	Testigo Fósforo al voleo a la siembra  <b>Libre de capin</b>	<b>Inundado a los 30 DPE</b>
14	0	0	0	0	46	0	0	46		
15	0	0	0	0	0	46	0	46		
16	18	23	23	64	0	0	0	0		
17	18	23	23	64	46	0	0	46		
18	18	23	23	64	0	46	0	46		
19	0	41	23	64	0	0	0	0		
20	0	41	23	64	46	0	0	46		
21	0	41	23	64	0	46	0	46		
22	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>Inundación a los 20 DPE</b>	
23	18	23	23	64	46	0	0	46		
24	0	41	23	64	0	46	0	46		

Para el análisis estadístico (análisis de varianza, diferencias mínimas significativas, y correlaciones) se utilizó el sistema SAS para Windows, versión 2.4 para V8. Los procedimientos usados para el análisis fueron proc glm, proc corr, proc reg, y el Stepwise para la obtención de la ecuación de regresión

### 3.4 CULTIVAR UTILIZADO

El cultivar utilizado INIA-Tacuarí posee ciclo corto, requiriendo en promedio 87 días desde siembra a comienzo de floración. Presenta buen comportamiento en siembras tardías. Sus plantas son erectas y bajas; presenta buena calidad culinaria y molinera. Se

ha destacado por su alto potencial de rendimiento en un amplio rango de fechas de siembra.

### 3.5 MODELO ESTADISTICO

#### 3.5.1 Modelo estadístico ensayo A

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar en parcelas divididas con tres repeticiones; siendo el modelo estadístico el que se presenta a continuación.

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + \beta_j + \delta_{ij} + T_k + (CT)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = Rendimiento de arroz Kg/ha

$\mu$  = media poblacional

$C_i$  = Efecto del i-esimo nivel de capin

$\beta_j$  = Efecto del j-esimo bloque

$\delta_{ij}$  = Error experimental de la parcela mayor

$T_k$  = Efecto del k-esimo nivel de fertilización

$(CT)_{ik}$  = Interacción capin x fertilización

$\epsilon_{ijk}$  = Error Experimental de la parcela chica

#### 3.5.2 Modelo estadístico ensayo B

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar en parcelas sub divididas con tres repeticiones; siendo el modelo estadístico el que se presenta a continuación.

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + \beta_j + \delta_{ij} + T_k + (CT)_{ik} + \lambda_l + (CT\lambda)_{ikl} + (C\lambda)_{il} + (T\lambda)_{kl} + \epsilon_{ijk} + \xi_{ijkl}$$

$Y_{ijk}$  = Rendimiento de arroz Kg/ha

$\mu$  = media poblacional

$C_i$  = Efecto del i-esimo nivel de capin

$\beta_j$  = Efecto del j-esimo bloque

$\delta_{ij}$  = Error experimental de la parcela mayor

$T_k$  = Efecto del k-esimo nivel de fertilización

$(CT)_{ik}$  = Interacción capin x nivel de fertilización

$\epsilon_{ijk}$  = Error Experimental de la parcela chica

$\xi_{ijkl}$  = Error Experimental de la sub parcela chica

$(C\lambda)_{il}$  = Interacción capin x momento de inundación

$(T\lambda)_{kl}$  = Interacción momento de inundación x momento de fertilización

$(CT\lambda)_{ikl}$  = Interacción capin x inundación x fertilización

### 3.6 MANEJO DEL CULTIVO

La chacra en la cual se instalaron el ensayo A y B corresponde a un retorno de arroz donde durante las zafras 95-96 y 96-97 se hizo cultivo de arroz, en la zafra 97-98 se cultivo sorgo forrajero, y en el periodo 98-02 se instaló una pradera convencional de lotus (*Lotus corniculatus*) y trébol blanco (*Trifolium repens.*).

La preparación del suelo consistió en dos pasadas de excéntrica livianas sin trabar, una de landplane y dos de triperas para la construcción de las taipas que se realizaron en forma recta de forma de poder cuadrar el ensayo.

Próximo a la siembra se realizaron dos aplicaciones de herbicidas no selectivos. Una el 15 de octubre del 2002 donde se aplicaron 2 l/há de glifosato comercial (36 % e.a.) y la otra el 16 de noviembre del 2002 con 2.5 l/há de glifosato comercial (36 % e.a.).

La siembra de arroz se realizó el 30 de noviembre del 2002 con una máquina de siembra directa (John Deere, modelo 750) a una densidad de 190-200 Kg/há. La siembra de capin se realizó el mismo día, a una densidad de 39 g/parcela (50% germinación) de manera de asegurar una población por encima de las 120 pl/m<sup>2</sup>.

Aquellas parcelas donde fueron asignados tratamientos libres de capin, se mantuvieron limpias por medio de 2 aplicaciones de herbicidas. La primera se realizó el 2 de enero del 2003 donde se aplicaron 5 l/há de propanil (Pilon 48), 0.5 l/há de clomazone (Colt 48) y 0.125 l/há de un adyuvante (Surf-Ac). La segunda se efectuó el 15 de enero del 2003 donde se aplicó una mezcla herbicida constituida por: 0.1 l/há byspiribac (Nominee) más 0.5 l/há de su adyuvante (Hyspray), 0.8 l/há de clomazone (Colt 48) y 0.125 l/há de un adyuvante (Surf-Ac); las dosis son referidas a producto comercial. A diferencia de la primera, está última se realizó en todas las parcelas dado que el efecto generado por la interferencia se buscaba medir solo hasta 30 DPE.

Las aplicaciones de herbicidas no ejercieron un buen control en aquellos tratamientos en los cuales fue sembrada la maleza para el estudio de interferencia inicial, por lo cual se conformó una tabla en la cual se estimó visualmente la presencia de la misma en la parcela.

La fertilización de cada parcela se realizó en forma manual. La aplicación de fertilizante nitrogenado y fosforado en cobertura se realizó el 15 de enero del 2003 (30 DPE) momento en el cual el cultivo se encontraba macollando; mientras que la aplicación al estado de primordio se realizó el 31 de enero. Las fuentes de fertilizante utilizadas fueron: para N Urea y para P super triple.

En el ensayo B correspondiente a momento de inundación, el 5 de enero de 2003 se procedió a la inundación “temprana” (20 DPE); mientras que el 9 de enero se realizó un

baño al ensayo sin inundación temprana dado que se encontraba comprometida la implantación.

### **3.7 MEDICIONES EFECTUADAS**

#### **3.7.1 En el cultivo**

- Implantación (n° de plantas emergidas/m<sup>2</sup>)

Las misma se determinó para cada parcela en una área correspondiente a 0.0625 m<sup>2</sup> (25 cm x 25 cm) en base a una muestra al azar, una vez transcurridos 10 días de la siembra (10 de diciembre 2002).

- Materia Seca (MS)

Las determinaciones de MS fueron realizadas a los 30 DPE (15 de enero), 50 DPE (4 de Febrero) y a los 70 DPE (26 de Febrero). Las muestras se componían del corte de 2 hileras por 50 cm. de largo, al azar y para cada parcela; siendo cada corte de una superficie de muestreo de 0.19 m<sup>2</sup>.

-Conteo de n° panojas/m<sup>2</sup>

A los 108 DPE (5 de abril de 2003) se efectuó el conteo de panojas en un metro lineal, en base a una muestra al azar para cada parcela.

- Índice Área Foliar (IAF)

Las mediciones de IAF se realizaron a los 118 DPE (15 de abril de 2003) en parcelas que correspondían a tratamientos sin capin, debido a que se buscaba determinar el efecto generado por la fertilización sin efecto de interferencia. Para la realización de estas se tomaron al azar 9 medidas en plantas al azar por parcela con tres repeticiones, totalizando 27 mediciones por parcela.

- Altura de plantas de arroz

A los 121 DPE (18 de abril de 2003), se tomaron al azar 10 plantas por parcela y se midió altura de planta desde la superficie hasta la inserción de la panoja.

-Rendimiento de grano

Para la determinación del rendimiento en grano, se cosechó por parcela un área de 7 m<sup>2</sup> (2 m x 3.5 m). La misma de realizó a los 125 DPE en forma manual y posteriormente

se utilizó una trilladora experimental. Una vez en laboratorio se determinó humedad para utilizar la misma como factor de corrección.

-Componentes de rendimiento

El día de la cosecha en un área de 0.38 m<sup>2</sup> (1 m lineal x 2 surcos) se recolectaron la totalidad de plantas contenidas en la misma para la determinación de: MS total, peso de grano y número de panojas. Con dichos datos se procedió al cálculo del IC y demás componentes de rendimiento.

### **3.7.2 En la maleza**

-Materia seca

A los 30 y 125 DPE se realizó la determinación de materia seca producida por el capin. Las muestras se componían del corte de 2 hileras por 50 cm. de largo, al azar y para cada parcela; siendo cada corte de una superficie de muestreo de 0.19 m<sup>2</sup>.

Dicho procedimiento se realizó en simultáneo con la determinación de MS, separándose el material correspondiente al cultivo y el correspondiente a la maleza.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSION**

Tanto los resultados como discusión obtenidos para ambos ensayos se presentan por separado para una mejor presentación y análisis.

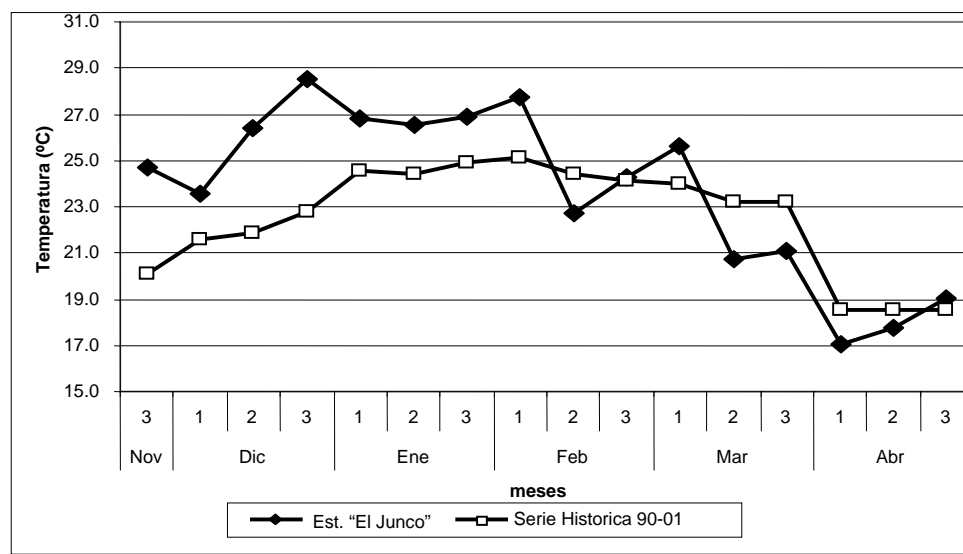
### **4.1 CONDICIONES CLIMATICAS**

En consideración de la fuerte dependencia que mostraron los resultados con las condiciones climáticas del periodo experimental se procedió al análisis de temperatura, heliofanía y precipitaciones durante el mismo.

Para el análisis de temperatura y precipitación se utilizaron registros del establecimiento en el que fueron instalados los ensayos, mientras que los datos correspondientes a heliofanía fueron extraídos de la Estación Experimental de INIA Salto.

#### **4.1.1 Temperatura**

En la figura 3 donde se observan datos promedio de temperatura registrados durante el periodo experimental y los datos promedio para la serie histórica 1990-2000 (detalle anexo 1), puede constatar que existieron varios días con temperaturas de 15° C lo que podría haber comprometido la correcta definición del potencial de rendimiento.



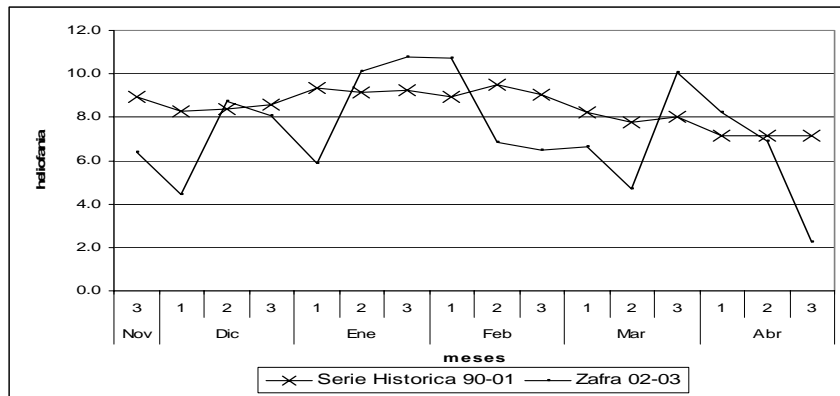
**Figura 3 Temperatura promedio decadica de la zafra 02- 03 y serie histórica**

De lo antes mencionado lo mas importante fueron 6 días en el mes de febrero (ver anexo 2) en que hubieron 12°C en promedio. Estos coincidieron con el periodo en que el cultivo estaba en floración (22 /02/2003).

También en el mes de marzo hubieron 10 días con temperaturas por debajo de 15°C (12.5°C promedio) las cuales pudieron ver afectado el rendimiento en grano, pero el mayor impacto posiblemente se dio en la calidad del mismo (aumento del yeso).

#### 4.1.2 Radiación solar

En la siguiente figura se presentan los datos correspondientes a heliofania (horas de luz).



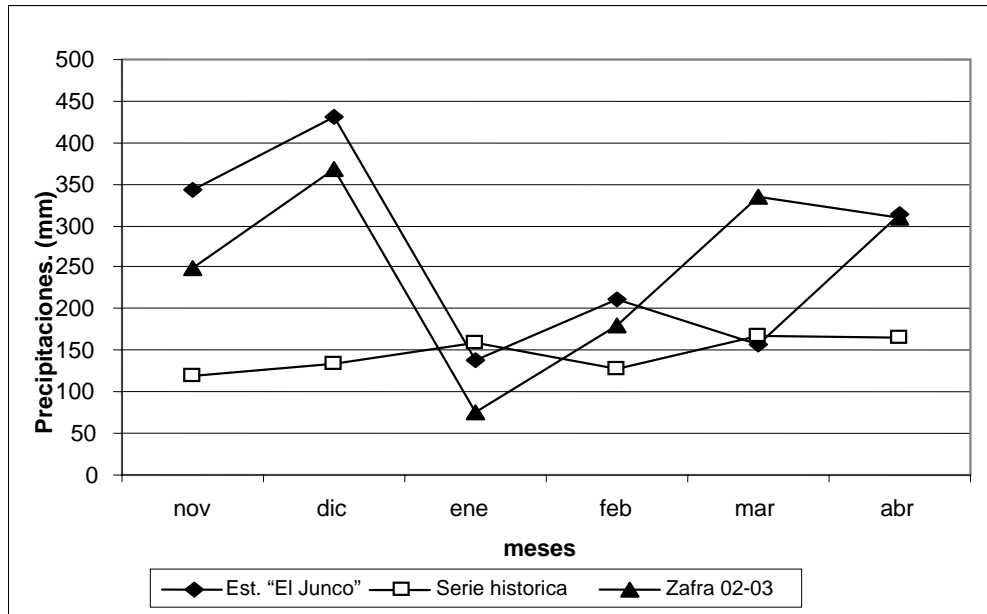
**Figura 4 Heliofania decadica de la zafra 2002—2003 y serie histórica (90-01)**

Por lo comentado con anterioridad en la revisión bibliográfica, en cuanto al momento en que son mayores los requerimientos de radiación solar, en lo que a esta zafra respecta se podría decir que la falta de luz en el periodo de máximo requerimiento estaría afectando la correcta concreción del rendimiento.

#### 4.1.3 Precipitaciones

La comparación de precipitaciones entre la serie histórica y la zafra 02-03 se presenta a continuación.





**Figura 5 Precipitaciones mensuales**

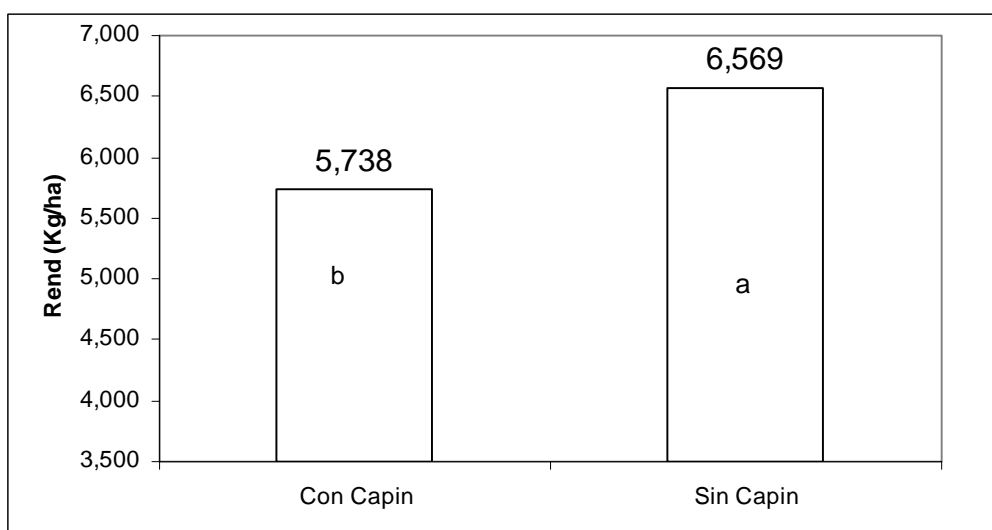
La figura 5 muestra un exceso de lluvia en la primera etapa del cultivo lo cual pudo comprometer la germinación e implantación como así también la siembra en fecha de los cultivos de arroz, lo cual no fue el caso del ensayo.

Solo en algunas pocas parcelas (1 o 2) se vio comprometida la germinación e implantación (incompleta) del cultivo, por lo que fueron eliminadas de los resultados.

Por las condiciones ambientales presentadas se podría concluir que estas no fueron óptimas para el desarrollo del cultivo.

## 4.2 ENSAYO DE MOMENTO DE FERTILIZACION (ENSAYO A)

### 4.2.1 Efecto de la competencia



Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre si con una confianza del 95% según el test de DMS (diferencia mínima significativa).

**Figura 6 Rendimiento promedio en kg/ha de las parcelas con y sin capin**

Se detectó un efecto muy significativo ( $P < 0.003$ ) en el rendimiento del cultivo de arroz debido a la competencia de capin; dicha interferencia produjo una reducción del rendimiento del 12.7% (831 Kg/ha).

**Cuadro 4: Resultados del análisis estadístico y grado de significancia para los tratamientos con y sin capin del ensayo con riego 30 días pos emergencia (30 DPE)**

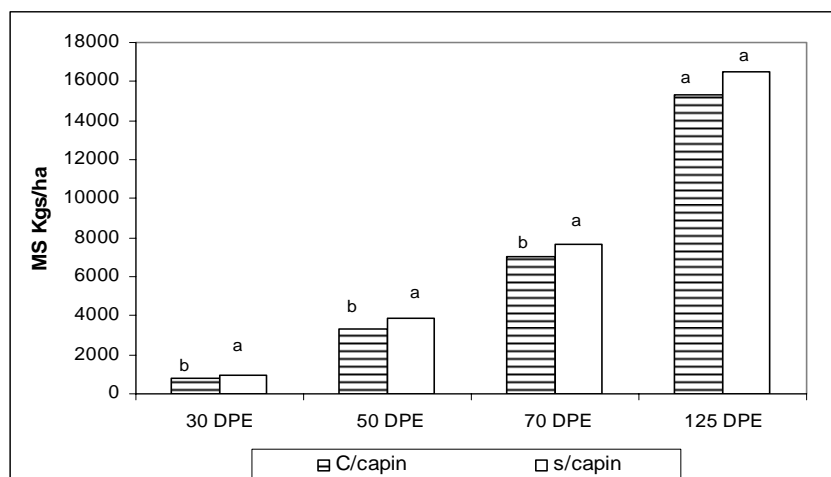
Variable	Capin			C.V (%)
	Sin	Con	Efecto	
Altura	70.6	65.5	**	6.9
Panojas/m <sup>2</sup>	462	388	**	19
Granos/Panoja	86	84	ns	19.4
Índice de Cosecha (%)	45.0	40.8	**	8.2

Nota: \* Prf < 5% \*\* Prf < 1% y ns = no significativo

La interferencia del capin hasta los 30 DPE disminuyó la altura y macollaje de las plantas de arroz; afectando por consiguiente uno de los componentes del rendimiento: n° de panojas/m<sup>2</sup> de forma muy significativa ( $P < 0.0018$ ). A diferencia de lo que ocurrió con el n° de granos/panoja. Además se observó una correlación significativa ( $P < 0.0002$ ) de 48.6 % entre el rendimiento en grano y el n° de panojas/m<sup>2</sup> (ver cuadro 14).

La menor altura de planta producto de la competencia ejercida por la maleza, concuerda con los resultados obtenidos por Lavecchia (1996) en donde se detectó que deficiencias de N son la causal mas determinante; a diferencia de lo que sucede en plantas de arroz pertenecientes a parcelas sin interferencia en donde es menos probable que se genere un estrés nutricional por no existir competencia en la absorción de nutrientes con la maleza. La correlación entre altura de planta y rendimiento fue del 45.6% ( $P < 0.001$ ).

También la producción de MS del arroz se vio fuertemente afectada.



Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre si con una confianza del 95% según test de DMS (diferencia mínima significativa).

**Figura 7 Evolución de la MS (Kg/ha) en los distintos momentos de medición 30, 50, 70 y 125 días pos de emergencia (DPE)**

Como puede observarse en la figura 7 la interferencia temprana del capin condiciona la producción de MS del cultivo hasta los 70 DPE. Solo en la determinación final (125 DPE) se igualan las producciones con y sin capin.

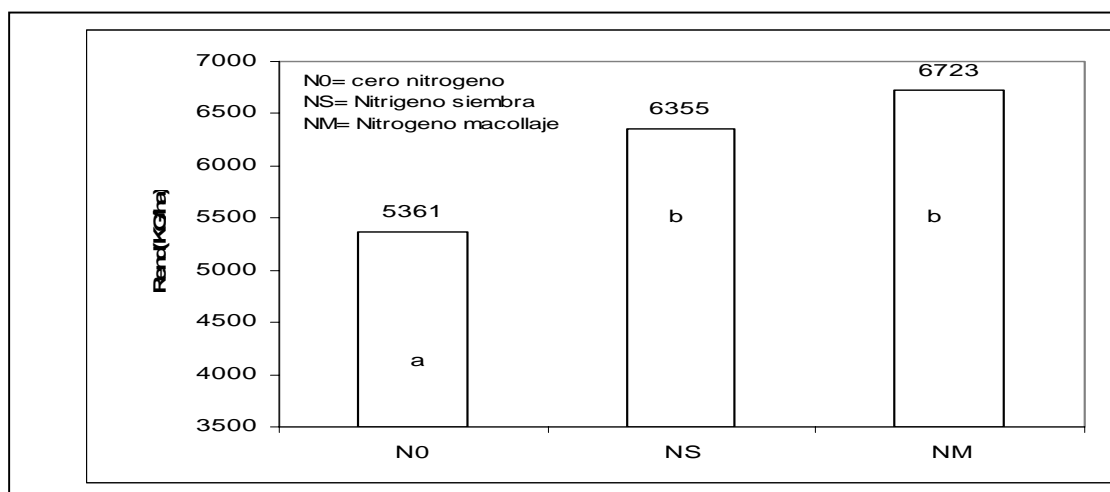
Esto puede ser otro factor importante a tener en consideración para la explicación de los efectos en el rendimiento final del cultivo; y explicar así las diferencias significativas en el IC entre parcelas con y sin interferencia de la maleza.

Por lo cual la diferencia encontrada en rendimiento entre los tratamientos con y sin interferencia de capin puede también explicarse por la mayor y significativa producción de MS de las plantas de I. Tacuari libres de la maleza ( $P < 0.0007$ ,  $0.0021$ ,  $0.0922$  para MS 30, 50, 70 DPE respectivamente). La mayor producción de MS les confiere un mayor aparato fotosintético permitiéndoles aprovechar la máxima cantidad posible de radiación solar incidente y por ende una mayor producción de fotoasimilados necesarios

para la concreción del rendimiento. Dicha afirmación se basa en el análisis estadístico de estudio de las correlaciones, en donde una de las más altas es la MS a los 50 DPE con el rendimiento (54 %) con una significancia de  $P < 0.001$  (ver cuadro 14).

#### 4.2.2 Efecto del nitrógeno

En la figura 8 se presentan los resultados obtenidos en rendimiento en el ensayo de inundación tardía (30 DPE) de acuerdo al momento en que se realizó la fertilización nitrogenada, que incluye: testigo sin fertilizar, N a siembra y N a macollaje.



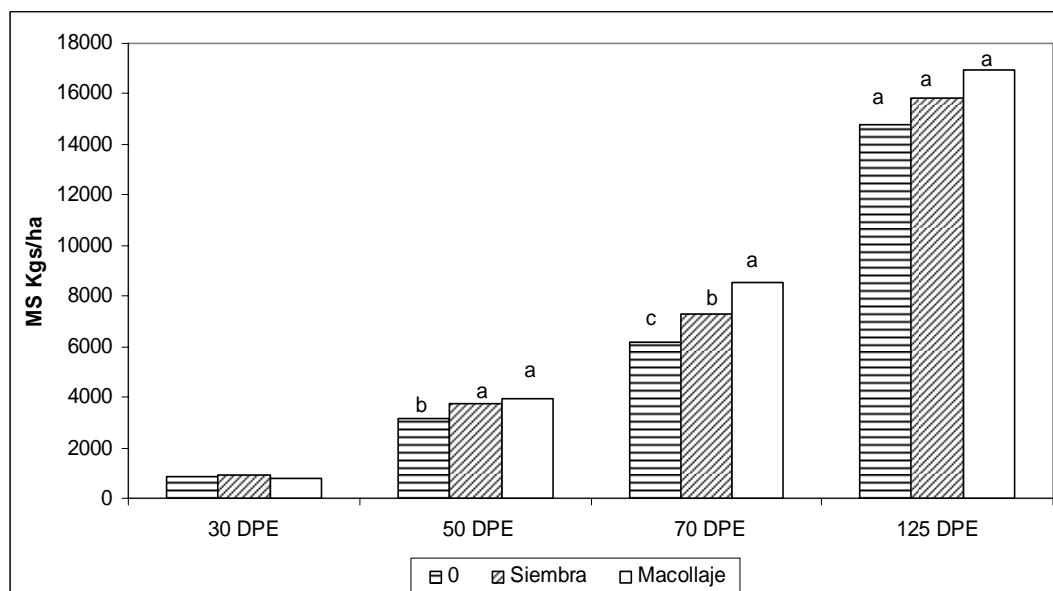
Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre si con una confianza del 95% según el test de DMS (diferencia mínima significativa).

**Figura 8 Resultados promedios de rendimiento (kg/ha) para los distintos manejos de la fertilización nitrogenada**

Como puede observarse en la figura 9 existe una alta respuesta y muy significativa ( $P < 0.0001$ ) al agregado de fertilizante nitrogenado; independientemente del momento en el cual se realice la misma.

Sin embargo, a pesar de no constatarse diferencias significativas entre la aplicación de fertilizante a la siembra o diferirlo a macollaje; se ve un incremento del 5.8 % en rendimiento al optar por esta última. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Lavecchia et al. (2000) en donde diferir el N a macollaje no generan diferencias significativas en rendimiento. El aumento en rendimiento por agregado de N puede deberse a un mayor n° de panojas/m<sup>2</sup>. ( $P = 0.0018$ ).

En cuanto a la determinación de MS y tal como puede observarse en la figura 9, en este caso sí se pudo detectar respuesta al momento de fertilización.



Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre si con una confianza del 95% según el test de DMS (diferencia mínima significativa).

**Figura 9** Efecto del momento de la aplicación del N, 0 N (Testigo), N a la siembra (siembra) y N al macollaje (macollaje), sobre la producción de MS

Como puede comprobarse existió una mayor producción de MS solo a los 70 DPE a favor de la aplicación a macollaje, diluyéndose dichas diferencias a los 125 DPE e inclusive no existiendo desigualdad significativa con el testigo sin aplicación. El mismo efecto se observó para el IAF pero no para: altura, panoja/m<sup>2</sup> e IC, tal como se resume en el cuadro 5; donde las diferencias significativas son con respecto al testigo sin aplicación y no entre momentos de aplicación.

**Cuadro 5** Resultados del análisis estadístico y grado de significancia para las distintas estrategias de fertilización nitrogenada con riego a los 30 DPE

Variable	Nitrógeno (uni./ha)			Efecto
	Testigo 0	Siembra 18-23-23	Macollaje 0-41-23	
MS Capin 30 DPE (kgs./ha)	490	465	414	Ns
MS Capin 125 DPE (kgs./ha)	3087	1026	662	**
IAF	2.8	3.6	4.0	**
Altura (cm.)	60.4	71.6	72.2	**
Panojas/m2	352	440	481	**
Granos/Panoja	85	91	78	Ns
Índice de Cosecha (%)	40.6	44.5	43.3	**

Nota: \* Prf < 5%, \*\* Prf < 1% y ns = no significativo

18-23-23: 18 unidades a la siembra, 23 al macollaje, 23 al primordio

0-41-23 : 0 unidades a la siembra, 41 al macollaje, 23 al primordio

Tras el análisis del cuadro (y retomando la figura 8) puede plantearse que las diferencias en rendimiento con el testigo sin aplicación podrían deberse a un mayor n° de panojas/m<sup>2</sup> (P = 0.0018). A su vez, se observa una menor producción de MS de capin producto de la fertilización, no siendo significativas las diferencias entre momentos.

#### 4.2.3 Efecto del fósforo

En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos producto de la fertilización fosforada y su diferimiento.

**Cuadro 6 Resultados del análisis estadístico y grado de significancia para las distintas estrategias de fertilización fosfatada en el ensayo de inundación a 30 DPE**

Variable	Fósforo (Uni./ha)			Efecto
	Testigo 0	Siembra 46-0-0	Macollaje 0-46-0	
Rendimiento (Kg/ha)	6013	6447	6039	Ns
MS 30 (kgs./ha)	854	875	860	Ns
MS 50 (kgs./ha)	3626	4009	3195	**
MS 70 (kgs./ha)	6995	7538	7575	Ns
MS Cosecha (kgs./ha)	15629	15760	16287	Ns
MS Capin 30 (kgs./ha)	431	477	475	Ns
MS Capin Cosecha (kgs./ha)	1510	1750	1570	Ns
IAF	3.56	3.39	3.54	Ns
Altura (cm.)	67.7	67.1	69.3	Ns
Panojas/m <sup>2</sup>	413.0	428.0	437.0	Ns
Granos/Panoja	89.0	81	86	Ns
Índice de Cosecha (%)	42.6	42.6	43.0	Ns

Nota: \* Prf < 5%, \*\* Prf < 1% y ns = no significativo

Como se observa en el cuadro 6 no existe respuesta significativa en rendimiento al diferir el fósforo al macollaje ni al agregado del mismo, solamente se encontró diferencia significativa en MS50 DPE (Prf= 0.0078).

La falta de respuesta al agregado de fósforo concuerda con los resultados obtenidos por Lavecchia et al. (2000), donde no hubo diferencia en rendimiento entre el testigo sin aplicación y 3 dosis de fósforo (40, 80 y 240 Kg/ha).

Sin embargo resultados presentados por Hernández et al. (2003) plantean que en aquellas situaciones donde existe menor residualidad de P (Campo natural y retornos largo) existe efecto positivo de la fertilización fosfatada; mientras que sitios con historia mas reciente de fertilización fosfatada (cultivo previos de arroz y praderas) mostraron menor repuesta a la fertilización fosfatada, y ésta no resultó significativa.

#### 4.2.4 Interacciones

Para el mejor análisis de las interacciones se presenta el cuadro 7 donde se muestra la significancia de las mismas en caso de que existan, junto con una serie de figuras para su discusión por separado.

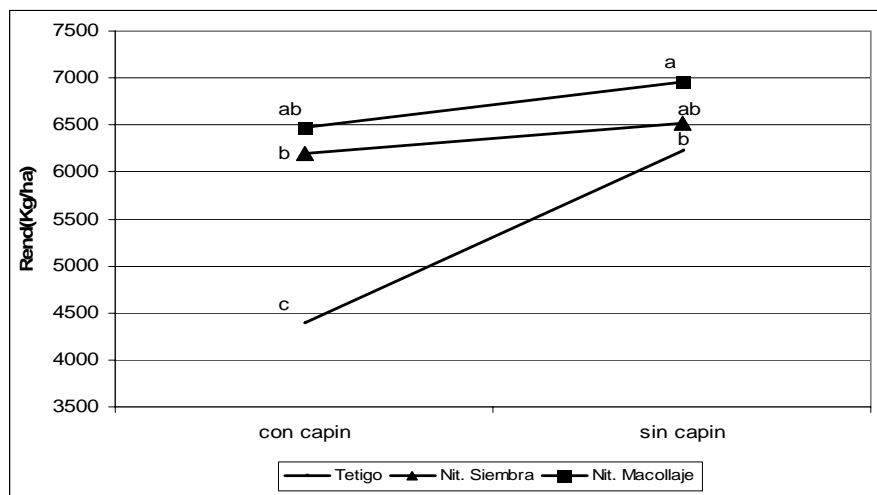
**Cuadro 7 Estudio del grado de significación de las interacciones (capin x nitrógeno, capin x fósforo, Nitrógeno x Fósforo) en las variables mediadas para el ensayo de riego 30 días pos emergencia**

Variable	Interacción		
	capin X N	capin X P	N X P
Rendimiento (Kg/ha)	*	ns	ns
MS 30 (Kgs/ha)	ns	*	*
MS 50 (Kgs/ha)	ns	ns	ns
MS 70 (Kgs/ha)	ns	ns	ns
MS 125 (Kgs/ha)	*	ns	ns
MS Capin 30 (Kgs/ha)			*
MS Capin Cosecha (Kgs/ha)			ns
IAF			ns
Altura (cm.)	**	*	**
Panojas/m2	ns	ns	ns
Granos/Panoja	ns	ns	Ns
Índice de Cosecha (%)	**	*	**

Nota: \* Prf < 5% , \*\* Prf < 1% y ns = no significativo

Analizando la interacción entre N y capin se observan efectos significativos en el rendimiento del cultivo ( $P = 0.014$ ), la producción de MS a los 125 DPE, altura de planta e IC.

En la figura 10 se gráfica el efecto de la interacción entre el capin y la aplicación de fertilizante nitrogenado sobre el rendimiento.



Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre si con una confianza del 95% según el test de DMS (diferencia mínima significativa).

**Figura 10 Efecto de la interacción momento de aplicación del nitrógeno e interferencia inicial (con y sin capin) en el rendimiento del cultivo (Kg. /ha) para el ensayo de riego 30 días pos emergencia**

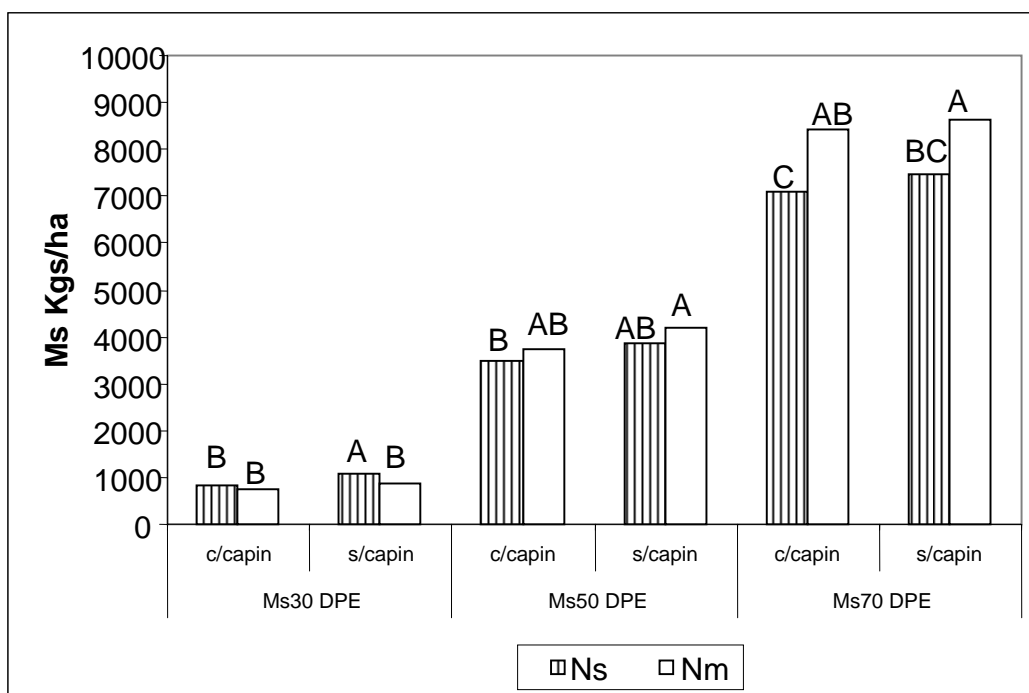
Como puede observarse en situaciones de interferencia, la fertilización nitrogenada genera un incremento significativo en el rendimiento respecto al testigo sin aplicación, corroborándose una vez más que dichos efectos son independientes del momento de fertilización. Mientras que en ausencia de competencia los efectos en rendimiento logran ser significativos solo entre el testigo sin aplicación y el diferimiento de la fertilización a macollaje y no así si se compara el testigo contra la aplicación de N a la siembra; lo cual comprueba que la presencia de capin ejerce competencia por los nutrientes agregados aprovechándolos más eficientemente y deprimiendo de este modo el rendimiento del cultivo de arroz.

Esto indica que el aporte de N fácilmente disponible, aplicado a la siembra, si bien estimula el crecimiento del capin, también contribuye al desarrollo del cultivo de arroz dándole mayor vigor y permitiéndole competir por luz y nutrientes. En el caso de la aplicación de nitrógeno al macollaje, le permite recuperarse del estrés producido por la competencia del capin en la primera etapa del desarrollo y llegar a obtener mayor rendimiento, si bien este no difiere significativamente del tratamiento de nitrógeno aplicado a la siembra. En este caso debe pensarse que la competencia ejercida por el capin en las primeras etapas del desarrollo no fue tan severa ya que tampoco el capin disponía de N fácilmente disponible.

Tras la observación la figura antes mencionada, se puede decir que en condiciones de restrictivas de N fácilmente disponible (testigo sin nitrógeno), una planta C<sub>4</sub> (capin) es mas eficiente en la utilización de este que una planta C<sub>3</sub> (arroz) ya que existen diferencias significativas en rendimiento entre los testigos con y sin interferencia.



Si bien no existen diferencias significativas entre los tratamientos con N a la siembra y N a macollaje en condiciones de interferencia, sí se obtienen diferencias significativas entre el tratamiento N a macollaje y el testigo (0 nitrógeno), lo cual indica que el estrés nutricional producido por el atraso en 30 días de la aplicación de N no produce daño irreversible en las plantas de arroz.



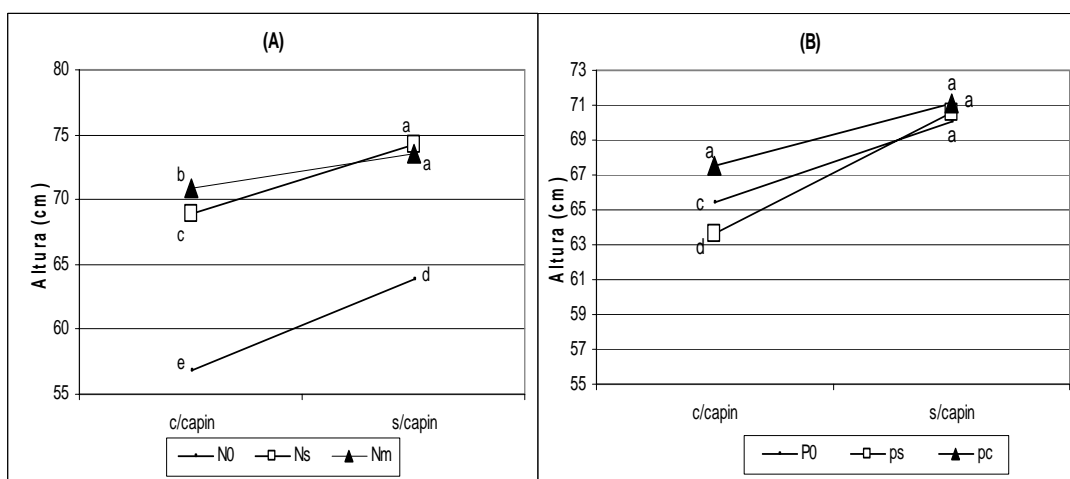
Valores con distinta letra difieren significativamente entre si con una confianza del 95% según el test de DMS (diferencia mínima significativa).

**Figura 11** Evolución de la MS con capin y sin capin según momento de aplicación del nitrógeno para el ensayo inundado 30 DPE. MS DPE = Materia Seca; 30, 50 y 70 días pos emergencia

En la figura 11 es posible observar como la aplicación de nitrógeno a macollaje produce una reducción en la producción de MS en los primeros días de desarrollo (30 DPE) revirtiéndose la misma con el transcurso del tiempo. Esto confirmaría lo mencionado con anterioridad en cuanto a que el estrés nutricional generado en las primeras etapas no origina daños irreparables al cultivo de arroz.

Cuando se analiza la interacción de capin por P se observa que no es significativa para rendimiento pero si lo es para MS 30 DPE y altura; encontrándose una diferencia significativa en altura del 6.9% y 2,9 % en aplicaciones de N y P respectivamente, cuando las mismas se realizan en condiciones de interferencia

Lo antes dicho puede visualizarse más claramente en la figura 12 donde se representa la interacción de los distintos momentos de aplicación de N y P con la interferencia inicial del capin sobre la altura de la planta de arroz para el ensayo de riego 30 DPE.



Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre si con una confianza del 95% según el test de DMS (diferencia mínima significativa)

N0= testigo sin aplicación, Ns = N siembra, Nm = N macollaje; P0 = testigo sin aplicación, Ps = P siembra, Pc = P en cobertura

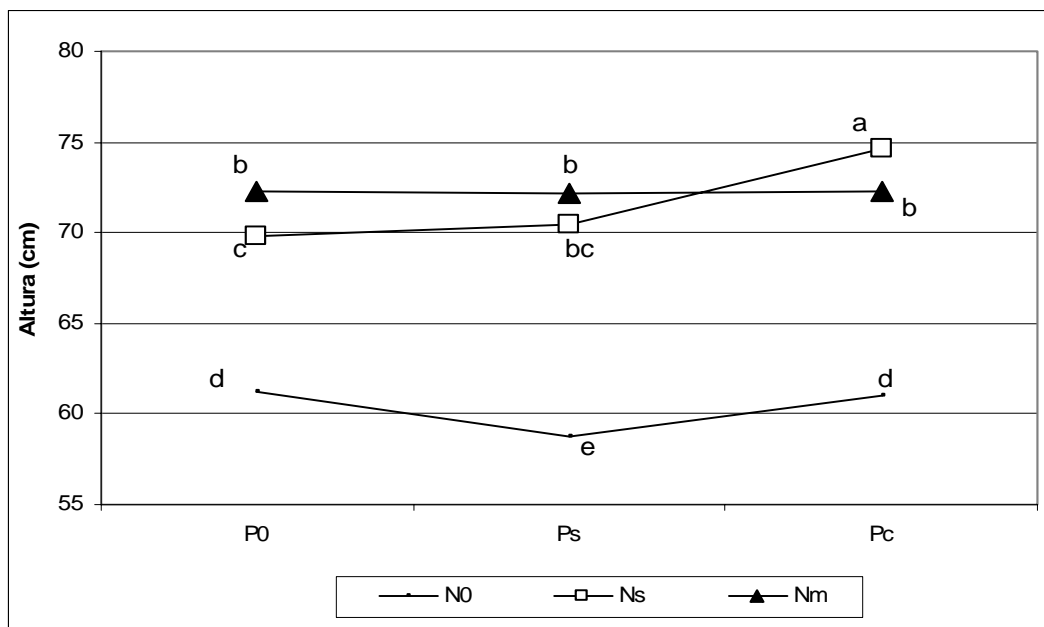
**Figura 12 Efecto de la interacción momento de aplicación de N (A) y P (B), con la interferencia inicial en la altura de la planta de arroz**

Como puede observarse el diferir tanto el N como el P al momento de macollaje en situaciones de interferencia inicial genera una mayor altura de planta de arroz por efecto de la competencia. La baja disponibilidad inicial de nutrientes perjudica en mayor medida el desarrollo del capin, permitiendo al cultivo obtener mayores espacios para la absorción de nutrientes. En cambio, en situaciones de interferencia pero con adecuada disponibilidad de nutrientes (por aplicación a siembra de N y P) es el capin quien compite mejor por agua, luz y nutrientes dado su mayor potencial de desarrollo en detrimento del cultivo de arroz y afectando al cultivo en forma irreversible; agudizándose dicha situación cuando la disponibilidad de nutrientes es nula (testigo sin aplicación).

Cuando no existe interferencia en el cultivo por capin, no se observa respuesta al agregado de P tanto a siembra como su diferimiento a macollaje. Sin embargo con el N no sucede lo mismo, por lo cual se puede decir que la altura de I Tacuarí se ve más afectada por la deficiencia de N que por la de P.

Retomando el cuadro 7, puede observarse que solo se generan diferencias significativas en las determinaciones de MS a los 30 DPE, MS de capin a los 30 DPE, (P = 0.0316 y 0.1 respectivamente); y muy significativas las diferencias para altura de

planta e IC P = 0.0021 y 0.0026 respectivamente, producto de la interacción generada por la aplicación de ambos nutrientes (N y P).



Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre si con una confianza del 95% según el test de DMS (diferencia mínima significativa)

**Figura 13 Efecto de la interacción del momento de aplicación del nitrógeno y fósforo sobre la altura (cm) para el ensayo de riego 30 DPE**

Analizando la figura 13, donde se muestra el efecto en la altura del cultivo debido a la interacción generada por la aplicación de ambos nutrientes, puede decirse que los mayores beneficios se generan al diferir el P. Esto podría explicarse debido a que en situaciones de deficiencias de P el capin ve limitada su absorción de N afectándose su desarrollo (Lavecchia, 1996); ocurriendo en igual magnitud en plantas de I. Tacaurí.

Igualmente en situaciones de deficiencia de P, el arroz reduce en menor medida su desarrollo que el capin, debido a que las plantas C<sub>3</sub> consumen menos energía en el proceso fotosintético que las plantas C<sub>4</sub> (Lavecchia, 1996).

A su vez puede observarse que al diferir el P, las plantas de I. Tacuari desarrollan más altura a pesar de aplicarse el N a la siembra, ya que este último será aprovechado con menor eficiencia por el capin que por el cultivo, debido a que bajo deficiencias de P la absorción de N se ve mas afectada en el capin que en plantas de arroz (Lavecchia, 1996).

Lo contrario ocurre cuando se aplica el P a la siembra no viéndose reducida la absorción de N por parte del capin, lográndose este desarrollar más rápidamente por ser

más eficiente en el uso del N generando así una menor altura aunque no significativa de las plantas de I. Tacuari por efecto de la competencia.

En el cuadro 8 se resume el análisis de varianza para el ensayo con riego 30 días pos emergencia, en el mismo se presentan coeficiente de variación (CV), grado de significancia para los tratamientos, los datos promedios de rendimiento en grano y la comparación entre tratamientos con interferencia inicial y sin interferencia.

**Cuadro 8 Resultado del análisis de varianza de cada tratamiento para el ensayo con riego 30 días pos emergencia**

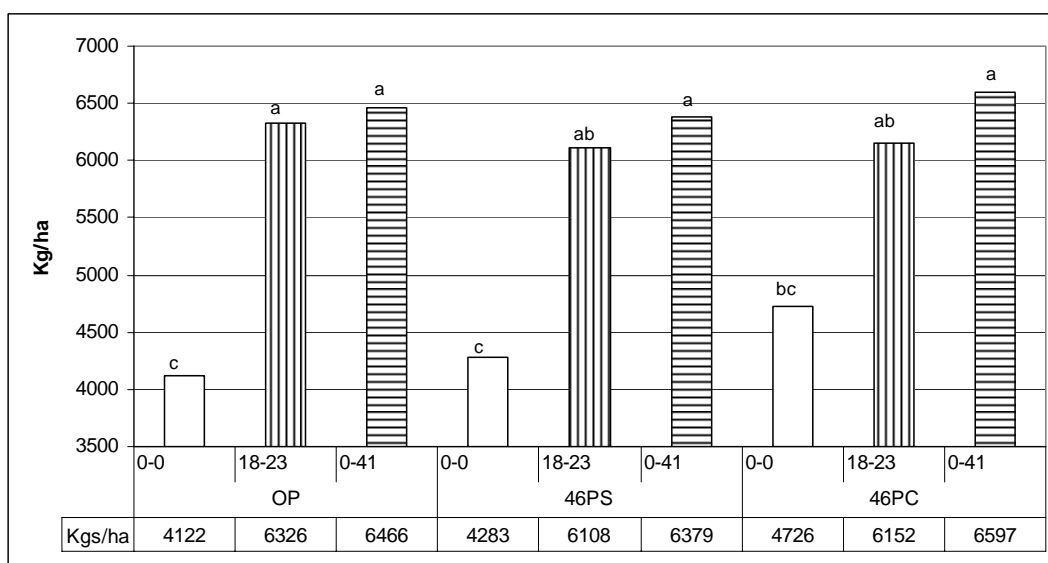
Rendimiento	INIA Tacuari (kg/ha)
Media	6161
C.V (%)	12.7
PrF	0.0007
DMS	1321

Trat.	capin	Unidades/ha				Kg/ha	Comparación	
		Ns	Nm	Ps	Pm			
17	no	18	0	46	0	7214 a	1--13	*
20	no	0	41	46	0	7167 a	2--14	*
21	no	0	41	0	41	7063 a	3--15	*
19	no	0	41	0	0	6665 a	4--16	NS
9	si	0	41	0	46	6597 a	5--17	NS
7	si	0	41	0	0	6466 a	6--18	NS
8	si	0	41	46	0	6379 a	7--19	NS
14	no	0	0	46	0	6367 a	8--20	NS
4	si	18	0	0	0	6326 a	9--21	NS
13	no	0	0	0	0	6288 a		
16	no	18	0	0	0	6216 ab		
6	si	18	0	0	46	6152 ab		
18	no	18	0	0	46	6116 ab		
5	si	18	0	46	0	6108 ab		
15	no	0	0	0	46	6022 ab		
2	si	0	0	46	0	4949 bc		
3	si	0	0	0	46	4283 c		
1	si	0	0	0	0	4122 c		

Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre si con una confianza del 95% según el test de DMS (diferencia mínima significativa), \* =diferencia significativa entre tratamientos con un 95% de confianza, NS= diferencia no significativa

Como puede observar en el cuadro 8 se detectó diferencias significativas entre los tratamientos para rendimiento.

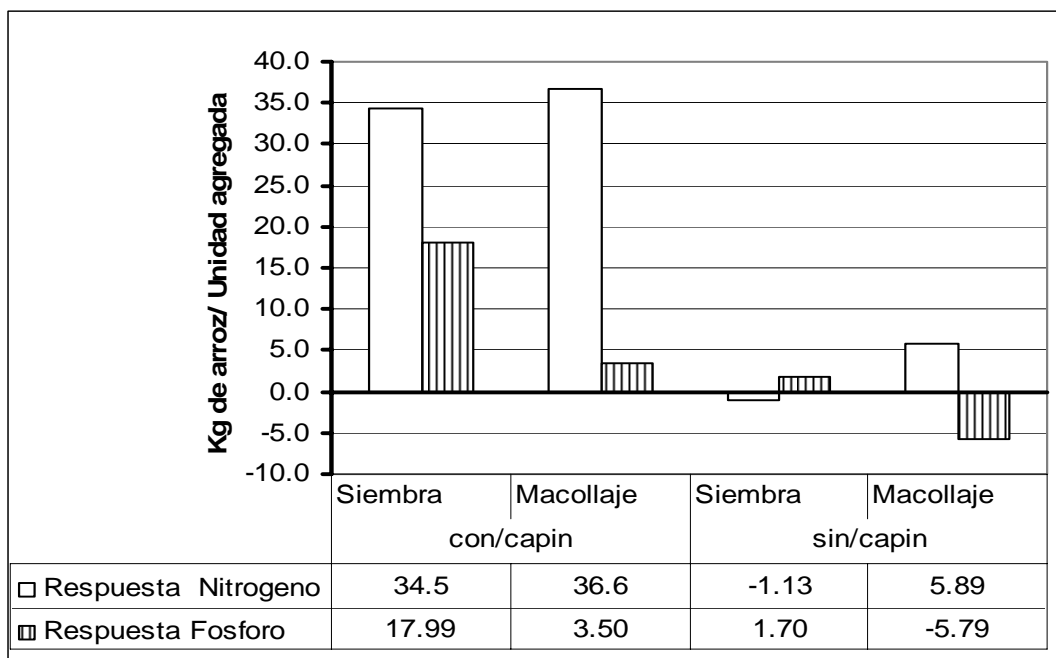
Es claro el efecto de la competencia generada en el testigo sin aplicación (T1 vs. T13), al igual que en aquellas situaciones en las cuales solo se aplicó P tanto a siembra como a macollaje (T2 vs. T14; T3 vs. T15). En cambio no fue posible detectar diferencias significativas para el resto de las situaciones.



Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre si con una confianza del 95% según el test de DMS (diferencia mínima significativa)

**Figura 14 Efecto del momento de aplicación de N y P sobre el rendimiento del cultivo cuando presenta interferencia inicial (con capin)**

Tras el análisis de la figura 14 se corrobora una vez más la dependencia del N para capitalizar los efectos del P; no existiendo diferencias significativas entre momentos de aplicación (siembra vs macollaje). Por lo cual puede decirse que es clara la respuesta al N y no tanto al P.



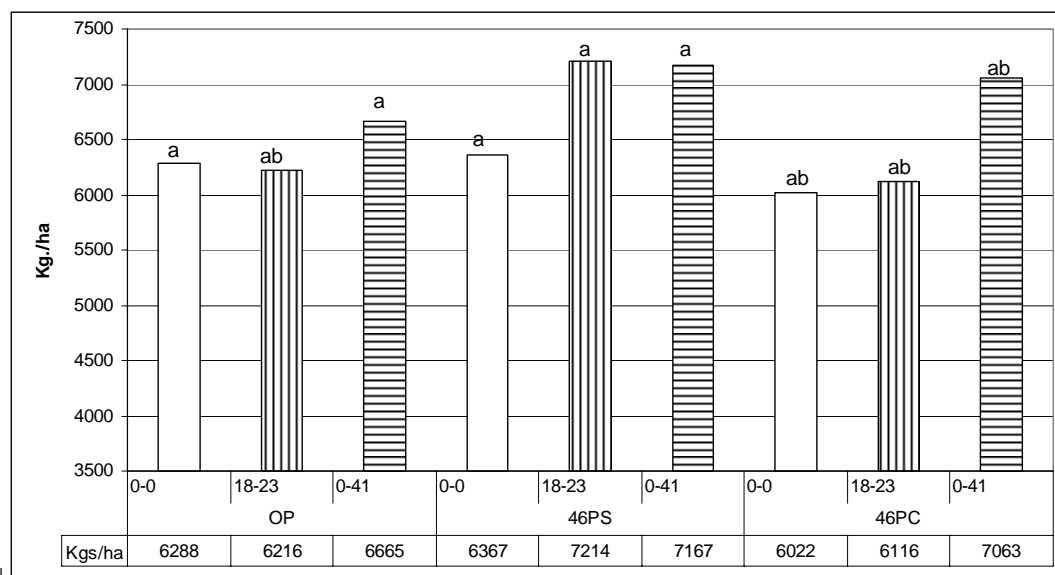
**Figura 15 Respuesta en rendimiento (Kg. /ha), al agregado de nitrógeno y fósforo**

Observando la figura 15, se comprueba que existe una mayor respuesta al agregado de N y P en presencia de la maleza. Esto se debería a que en situaciones en las que no se dispone de una fuente externa de nutrientes, las plantas de capin son más eficientes que las de arroz explotando la fertilidad natural del suelo, secuestrando por lo tanto los recursos no dejándolos disponibles para el cultivo.

Dicha afirmación se sustenta en el hecho de que la chacra en donde se instaló el ensayo venía de pradera, y fue en las parcelas correspondientes al testigo sin aplicación donde el capin adquirió mayor desarrollo. En cambio, cuando se aplicó N y P la mayor disponibilidad de nutrientes satisfizo los requerimientos tanto de la maleza como del cultivo traduciéndose en un aumento del rendimiento y por lo tanto una mayor repuesta en el agregado.

La planta de arroz en condiciones de baja disponibilidad de nutrientes como N y P posee menor sistema radicular y menor potencial de desarrollo en comparación con el capin, teniendo por lo tanto menos capacidad de competencia por dichos nutrientes. En cambio, cuando la situación se revierte el cultivar I. Tacuari tiene oportunidad de lograr un mayor desarrollo.

La respuesta del cultivo a N y P en condiciones sin interferencia son bastante menores e inclusive negativas, pudiendo deberse esto a que en dichas condiciones la fertilidad natural del suelo es de por sí suficiente para el cultivo de arroz



Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre sí con una confianza del 95% según el test de DMS (diferencia mínima significativa)

**Figura 16 Efecto del momento de aplicación del N y P sobre el rendimiento del cultivo cuando no presenta interferencia inicial (sin capin)**

En la figura 16 puede observarse que cuando el cultivo se encuentra libre de la maleza no es posible establecer diferencias significativas sobre el rendimiento del mismo debido a la fertilización ni momento en el cual se realiza esta.

### 4.3 ENSAYO DE MOMENTO DE FERTILIZACION E INUNDACIÓN (ENASYO B)

En el presente capítulo se presenta el análisis de los resultados obtenidos en el ensayo B, el cual consistió en evaluar el impacto que genera retardar la inundación del cultivo en conjunto con dos manejos de la fertilización (tradicional y diferida) sobre el desarrollo de la maleza en estudio.

### 4.3.1 Efecto de la competencia

En el cuadro 9 se resume el análisis estadístico de las variables en estudio, para inundación a los 20 DPE.

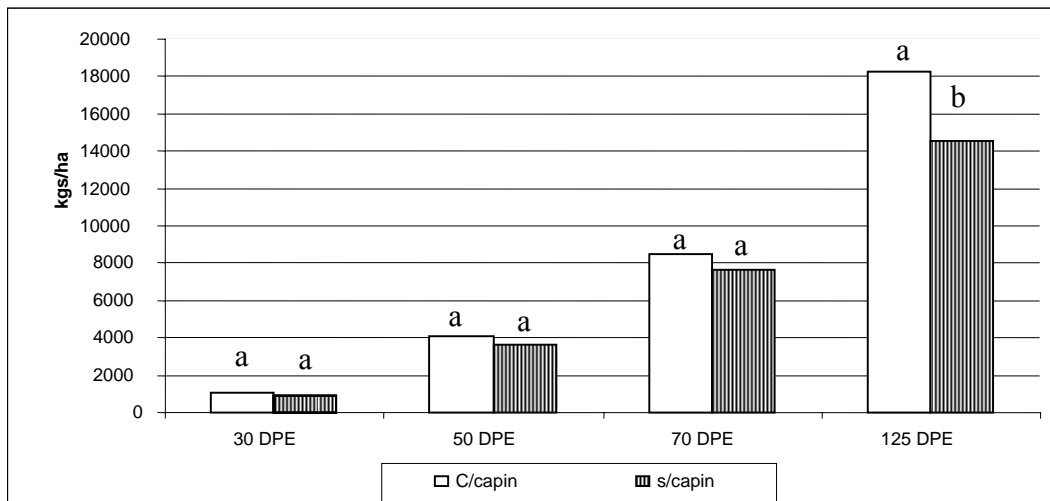
**Cuadro 9 Resultados del análisis estadístico y grado de significación para los tratamientos con y sin capin del ensayo con riego 20 días pos emergencia (20 DPE)**

Variable	Capin			
	Sin	Con	Efecto	C.V (%)
Rendimiento (Kg./ha)	6666	5741	**	10.8
Altura (cm.)	69.1	64.5	**	8.8
Panojas/m <sup>2</sup>	452.0	381.0	*	21.8
Granos/Panoja	84	83	ns	19.65
Índice de Cosecha (%)	45.7	42.4	*	8.67

Nota: \* Prf < 5%, \*\* Prf < 1% y ns = no significativo

Cuando la inundación se realiza a los 20 DPE es posible establecer diferencias significativas entre todas las variables menos en granos/panoja al compararse los efectos generados por la presencia o ausencia de capin; resultados similares y con igual tendencia (presentados con anterioridad en el cuadro 4) fueron logrados cuando la inundación se realizó a los 30 DPE. Resultados similares obtuvo Lavecchia (1996) quien observo una reducción de la altura de planta de I. Tacuari por el efecto de la competencia de Echinochloa.

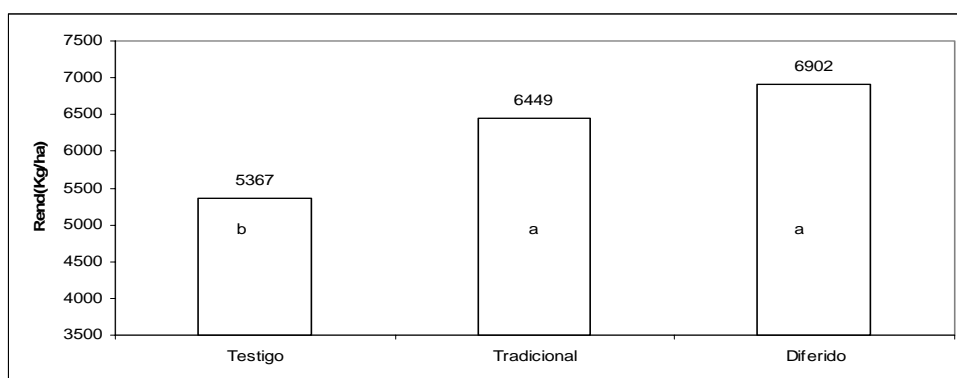




**Figura 17** Evolución de la materia seca en los distintos momentos de medición 30, 50, 70, y 125 días pos emergencia (DPE) para los tratamientos con capin (C/capin) y sin capin (s/capin) para el ensayo de inundación 20 DPE

Cuando se analiza en la figura 17 la evolución de la MS de la planta de arroz con y sin capin con inundación a los 20 DPE, se observa una mayor producción de MS en presencia de capin pudiéndose establecer diferencias significativas solo a los 125 DPE, no encontrándose explicación. En cambio cuando la inundación se realiza a los 30 DPE como puede observarse en la figura 7 presentada con anterioridad es solo a los 125 DPE cuando no pueden establecerse diferencias significativas.

#### **4.3.2 Efecto del momento de fertilización**



**Figura 18** Efecto sobre el rendimiento (Kg. /ha) de los tipos de tratamientos aplicados en la fertilización del cultivo

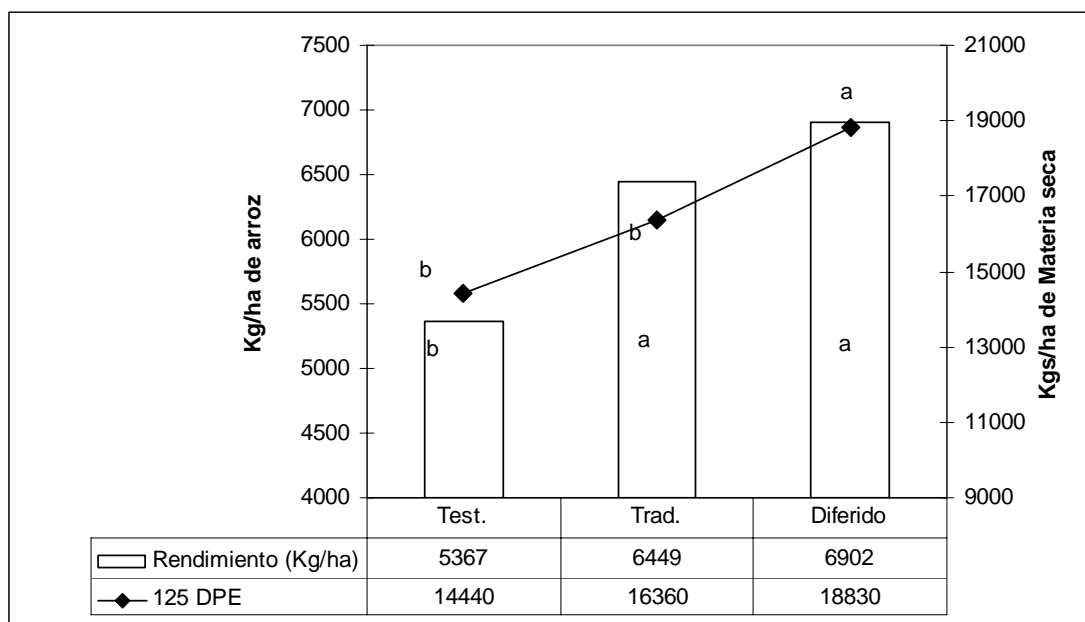
Observando la figura 18 se corrobora una vez más que las diferencias entre tratamientos llegan a ser significativas cuando se compara situaciones de fertilización contra el testigo sin aplicación. A pesar de no existir diferencias entre momentos de aplicación, se ve un incremento del 8,6 % a favor del diferimiento del N que su aplicación a siembra. Los mejores rendimientos podrían explicarse debido a una mayor producción de MS a los 50, 70 y 125 DPE, mayor IC y mayor n° panojas/m<sup>2</sup>.

**Cuadro 10 Resultados del análisis estadístico y grado de significación para los distintos tratamientos, inundado a los 20 DPE**

Variable	Tratamiento			Efecto
	Testigo	Tradicional	Diferido	
MS 30 (Kgs/ha)	910	1059	990	Ns
MS 50 (Kgs/ha)	3447	4257	3842	*
MS 70 (Kgs/ha)	6795	7422	9927	**
MS 125 (Kgs/ha)	14440	16360	18830	**
Ms Capin 30 (Kgs/ha)	177	163	295	Ns
Ms Capin 125 (Kgs/ha)	1035	242	371	**
IAF	2.16	3.50	3.60	*
Altura	60.9	67.6	72.6	**
Panojas/m <sup>2</sup>	321.0	432.0	507.0	**
Granos/Panoja	81	85	85	Ns
Índice de Cosecha (%)	41.8	44,8	46.2	*

Nota: \* Prf < 5%, \*\* Prf < 1% y ns = no significativo

Como puede observarse en el cuadro 10, únicamente para las variables: MS 30, MS capin 30 DPE y granos/panoja no fue posible detectar diferencias significativas al compararse el efecto de la fertilización contra el testigo sin aplicación; no estableciéndose para ninguna de las variables analizadas diferencias entre momentos de fertilización. Similares resultados fueron obtenidos cuando la inundación se realizó a los 30 DPE (cuadro 5).



Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre sí con una confianza del 95% según el test de DMS (Diferencia mínima significativa)

**Figura 19 Efecto del tipo de tratamiento de fertilización sobre el rendimiento (Kg. /ha), y la MS producida a cosecha (MS cosecha, Kgs/ ha) para el ensayo de riego a los 20 días pos emergencia**

En la Figura 19 se puede observar la alta correlación (58%) y muy significativa ( $P = 0.0002$ ) entre MS a 125 DPE y el rendimiento, determinando que a mayor producción de MS mayor rendimiento. Esto concuerda con la ecuación de cálculo de rendimiento que involucra al total de MS e IC.

Como fuera mencionado con anterioridad la altura de la planta de arroz en presencia de la maleza también se vio afectada positivamente y de forma muy significativa ( $P = 0.0001$ ) en comparación al testigo sin fertilizar, sin embargo y aunque no significativo existió un incremento del 7,5% por efecto de diferir la aplicación a macollaje. Este aumento en la altura de planta de I. Tacuari le confirió un mayor poder de competitividad frente al capin afectando así su desarrollo por sombreado.

#### **4.3.3 Efecto del momento de inundación**

En el cuadro 11 se observa el resultado del análisis estadístico para las distintas estrategias de inundación (20 vs. 30 DPE).

**Cuadro 11 Resultados del análisis estadístico y grado de significancia para las distintas estrategias de riego, 20 y 30 días pos emergencia**

Variable	Riego		
	20 DPE	30 DPE	Efecto
Rendimiento (Kg./ha)	6201	6232	ns
MS 30 (Kgs/ha)	101.05	96.37	ns
MS 50 (Kgs/ha)	417.22	352.50	*
MS 70 (Kgs/ha)	871.25	738.30	*
MS125 (Kgs/ha)	1708.00	1591.00	ns
Ms Capin 30 (Kgs/ha)	35.65	6.69	**
Ms Capin 125 (Kgs/ha)	46.73	75.14	ns
IAF	3	3.54	ns
Altura (cm.)	65.6	67.9	**
Panojas/m <sup>2</sup>	384	450	*
Granos/Panoja	89	78	ns
Índice de Cosecha (%)	45.66	42.47	*

Nota: \* Prf < 5%, \*\* Prf < 1% y ns = no significativo

Como puede observarse no existieron efectos significativos por el adelanto del riego sobre el rendimiento del cultivo, pudiendo afirmarse que no existiría un efecto control de la maleza por inundación temprana.

Los efectos positivos que pueden establecerse por el hecho de adelantar el riego a 20 DPE se traduciría en una tendencia a producir más MS a lo largo de todo el ciclo del cultivo; aunque solo fueron significativas las diferencias a los 50 y 70 DPE (P = 0.0276 y 0.0162 respectivamente).

A su vez, las panojas/m<sup>2</sup> se ven afectadas significativamente por el riego temprano (P = 0.0585) pero dicho componente no estaría comprometiendo el rendimiento en grano del cultivo. Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Blanco, citado por Gamarra (1996), quien muestra que cuanto más temprana es la inundación (15, 30 y 45 DPE) mayor es el rendimiento por mayor número de macollos y altura de planta; mientras que el desarrollo de la maleza se vería reducido.

#### **4.3.4 Interacciones**

En el cuadro 12 se resumen las interacciones y su grado de significancia entre: momentos de fertilización con capin (C X MF); momento de inundación con capin (C X R); y momento de fertilización con momento de inundación (R X MF).

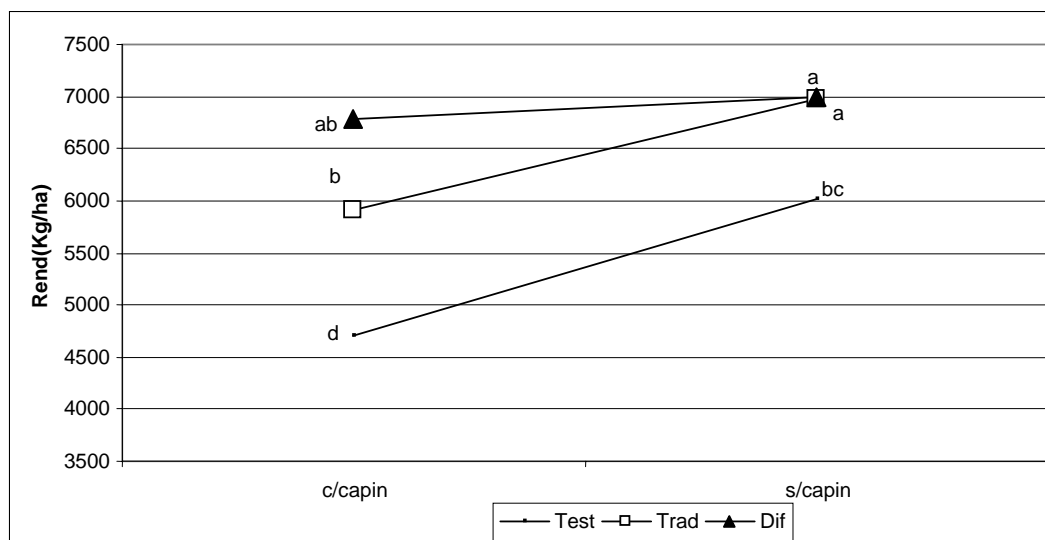
**Cuadro 12 Estudio del grado de significación de las interacciones en las variables mediadas**

Variable	Interacción		
	C X MF	C X R	R X MF
Rendimiento (Kg./ha)	ns	ns	ns
MS 30 (Kgs/ha)	ns	ns	ns
MS 50 (Kgs/ha)	ns	ns	ns
MS 70 (Kgs/ha)	ns	ns	ns
MS 125 (Kgs/ha)	ns	ns	ns
Ms Capin 30 (Kgs/ha)			ns
Ms Capin Cosecha (Kgs/ha)			ns
IAF			ns
Altura (cm.)	**	**	**
Panojas/m2	ns	ns	ns
Granos/Panoja	ns	ns	ns
Índice de Cosecha (%)	ns	ns	ns

Nota: \* Prf < 5%, \*\* Prf < 1% y ns = no significativo

Como puede observarse la única variable que muestra diferencias y muy significativas en las 3 interacciones estudiadas fue la altura de planta de arroz.

A pesar de no poder establecerse diferencias significativas en rendimiento generadas por las interacciones, se podrían establecer ciertas tendencias como por ejemplo: capin x momento de fertilización y capin por riego donde  $P = 0.15$  y  $0.11$  respectivamente.

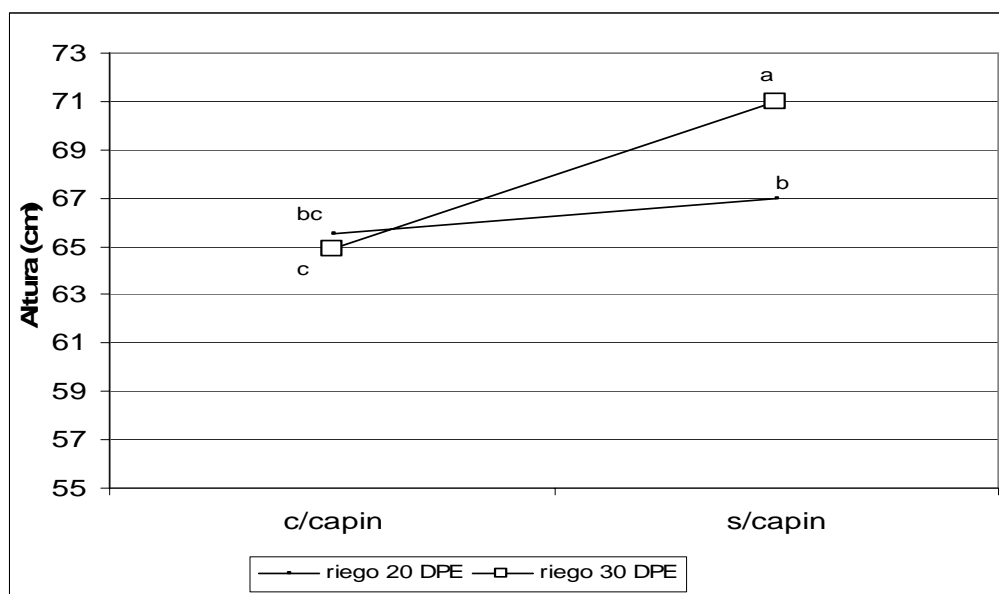


Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre si con una confianza del 95% según el test de DMS (diferencia mínima significativa)

**Figura 20 Efecto de la interacción capin con el momento de fertilización, testigo (Test), tradicional (Trad) y diferido (Dif) sobre el rendimiento del cultivo**

En la figura 20 se observa que en ausencia de interferencia la aplicación de nutrientes es beneficiosa, no existiendo diferencias entre realizarla a la siembra o diferirla a macollaje. Similares resultados son obtenidos cuando el cultivo se encuentra enmalezado; pero a pesar de no poder establecerse diferencias significativas entre momentos de aplicación existe un incremento del 14.6 % por diferir la fertilización respecto al manejo tradicional; estableciéndose de esta forma las tendencias mencionadas con anterioridad.

En ensayos realizados por Lavecchia (1996) se encontró que la deficiencia en ambos nutrientes (N y P) afecta más la altura y producción de MS de la maleza que la del cultivar I. Tacuari; donde la absorción de P en ausencia de N se veía más afectada en el capin que en el cultivo.



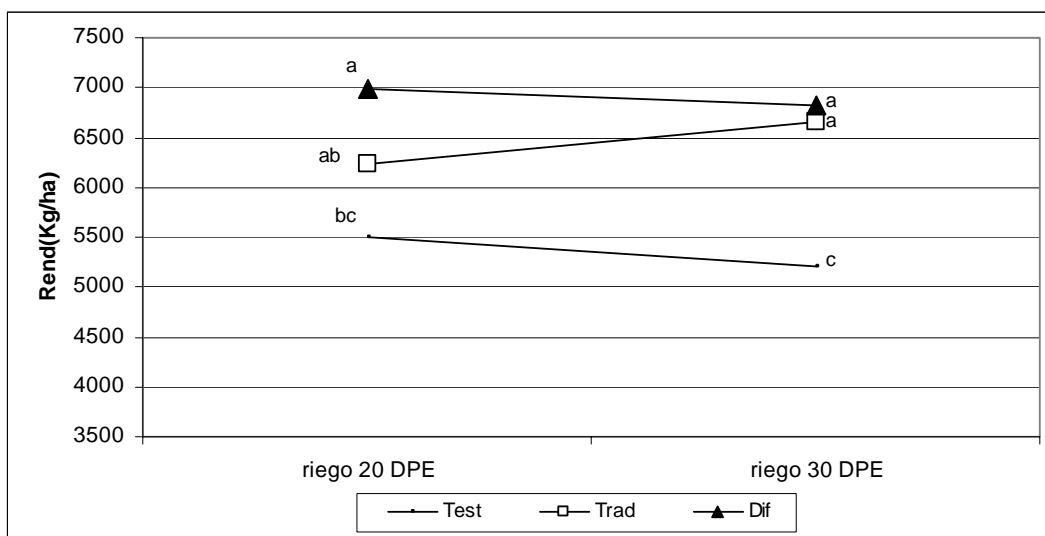
Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre sí con una confianza del 95% según el test de DMS (diferencia mínima significativa)

**Figura 21 Efecto de la interacción del capin con el tipo de riego, 20 días pos emergencia (20 DPE), 30 pos emergencia (30 DPE) sobre la altura del cultivo**

En la figura 21 es posible observar que en presencia de capin no existen diferencias significativas en la altura por el hecho de retardar en 10 días la inundación; ahora cuando el cultivo se encuentra libre de la interferencia de la maleza los efectos son positivos a favor de la inundación más tardía (30 DPE)

El hecho de lograr plantas de mayor altura en situaciones de ausencia de interferencia no coincide con lo que normalmente se esperaría, debido a que cuando las plantas se encuentran en competencia por luz alargan tallo para sobrepasar la maleza y

lograr así una mayor captura de radiación. Pero no debe olvidarse que frente a una situación de competencia el cultivo no solo enlarga tallo sino que debe desarrollar más su sistema radicular dado que la competencia se da también a nivel de absorción de nutrientes por lo que la planta debe mantener un balance entre ambos crecimiento y estaría realizando un gasto de energía extra en comparación a una situación libre de maleza.



Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre si con una confianza del 95% según el test de DMS (diferencia mínima significativa)

**Figura 22 Efecto de la interacción tipo de riego, 20 días pos emergencia (20 DPE), 30 pos emergencia (30 DPE) y el momento de fertilización sobre el rendimiento del cultivo**

En la figura 22 puede observarse que existen diferencias significativas entre la inundación a los 30 DPE y la fertilización (N y P) independientemente del momento en el cual se realiza esta última. A su vez, al realizar la inundación a los 20 DPE las diferencias solo son significativas entre el testigo sin aplicación y el diferimiento del fertilizante a macollaje.

**Cuadro 13 Resultado del análisis de cada momento de fertilización para el ensayo con riego 20 días pos emergencia y su par con riego 30 días pos emergencia**

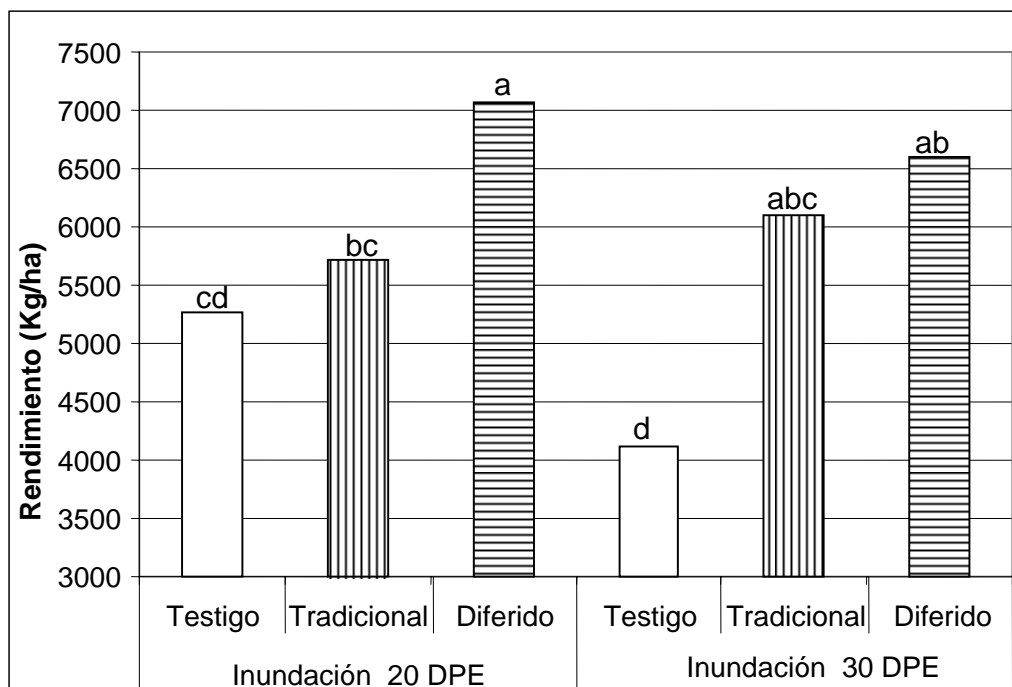
Rendimiento	INIA Tacuari (kg/ha)
Media	6217
CV (%)	10.85
PrF	0.0006
DMS	1169

Trat.	Capin	Riego	Unidades/ha				Kgs/ha
			Ns	Nm	Ps	Pm	
17	No	30 DPE	41	0	46	0	7214 a
12	Si	<b>20 DPE</b>	0	41	0	46	7073 <sup>a</sup>
21	No	30 DPE	0	41	0	46	7063 <sup>a</sup>
24	No	<b>20 DPE</b>	0	41	0	46	6931 a
23	No	<b>20 DPE</b>	18	0	46	0	6754 ab
9	Si	30 DPE	0	41	0	46	6597 ab
13	No	30 DPE	0	0	0	0	6288 abc
5	Si	30 DPE	18	0	46	0	6108 abc
22	No	<b>20 DPE</b>	0	0	0	0	5745 bc
11	Si	<b>20 DPE</b>	18	0	46	0	5721 bc
10	Si	<b>20 DPE</b>	0	0	0	0	5272 cd
1	Si	30 DPE	0	0	0	0	4122 d

Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre si con una confianza del 95% según el test de DMS (diferencia mínima significativa)

Del análisis del cuadro 13 se puede decir que en la única situación en la cual fue posible detectar diferencias significativas es cuando se evalúa el efecto de la competencia cuando la inundación se realiza a los 30 DPE (T1 vs. T13).

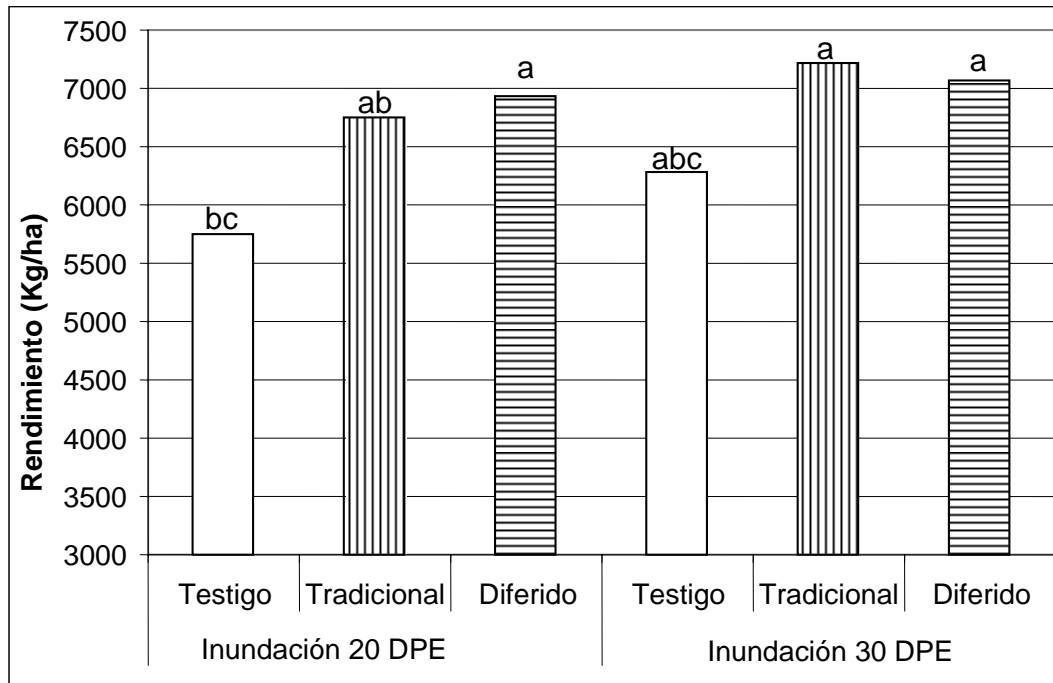




Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre sí con una confianza del 95% según el test de DMS (diferencia mínima significativa)

**Figura 23 Efecto del momento de fertilización y el momento de riego con interferencia inicial (con capin) sobre el rendimiento en grano**

En la figura 23 puede observarse el efecto que se genera sobre el rendimiento cuando la inundación se realiza 20 DPE y la fertilización es diferida al macollaje en presencia de la maleza. Cabe destacar que a pesar de no poder establecerse diferencias significativas en la situación de inundación a los 30 DPE también existe un efecto positivo por el hecho de diferir la fertilización a macollaje.



Nota: Valores con distinta letra difieren significativamente entre si con una confianza del 95% según el test de DMS (diferencia mínima significativa)

**Figura 24 Efecto del momento de fertilización y el momento de riego sin interferencia inicial (sin capin) sobre el rendimiento en grano**

En la figura 24 puede observarse que en ausencia de competencia no se generan efectos significativos por el diferimiento de la fertilización, e inclusive solo se establecen diferencias significativas entre el testigo sin aplicación y el diferimiento a macollaje de la aplicación cuando la inundación se realiza a los 20 DPE.

#### **4.3.5 Estudio de las correlaciones para momento de inundación**

En el cuadro 14 se presentan en **negrita** las correlaciones que presentan las variables para los datos del ensayo de inundación 30 DPE y en **negro** para los datos del ensayo de inundación 20 DPE.

**Cuadro 14 Correlaciones entre las variables medidas ( $r^2$ )**

	<i>MS 30</i>	<i>MS 50</i>	<i>MS 70</i>	<i>MSC</i>	<i>P/M2</i>	<i>IC</i>	<i>Altura</i>	<i>IAF</i>	<i>REND</i>
<i>MS 30</i>		Ns	ns	ns	ns	0.35 *	ns	ns	ns
<i>MS 50</i>	0.48 **		0.45 **	0.32 *	0.4 **	ns	0.53 **	ns	0.54 **
<i>MS 70</i>	ns	0.44 **		ns	0.48 **	0.29 *	0.45 **	0.44 *	0.35 **
<i>MSC</i>	ns	ns	0.52 **		ns	0.28 *	0.34 *	ns	ns
<i>P/M2</i>	ns	ns	0.39 *	0.37 *		ns	0.52 **	0.52 **	0.48 **
<i>IC</i>	ns	ns	0.53 **	0.47 **	ns		0.297 *	ns	0.28 *
<i>Altura</i>	ns	ns	0.58 **	ns	0.75 **	0.33 *		ns	0.45 **
<i>IAF</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		ns
<i>REND</i>	ns	0.63 **	0.43 **	0.58 **	0.4 *	0.31 *	0.47 **	ns	

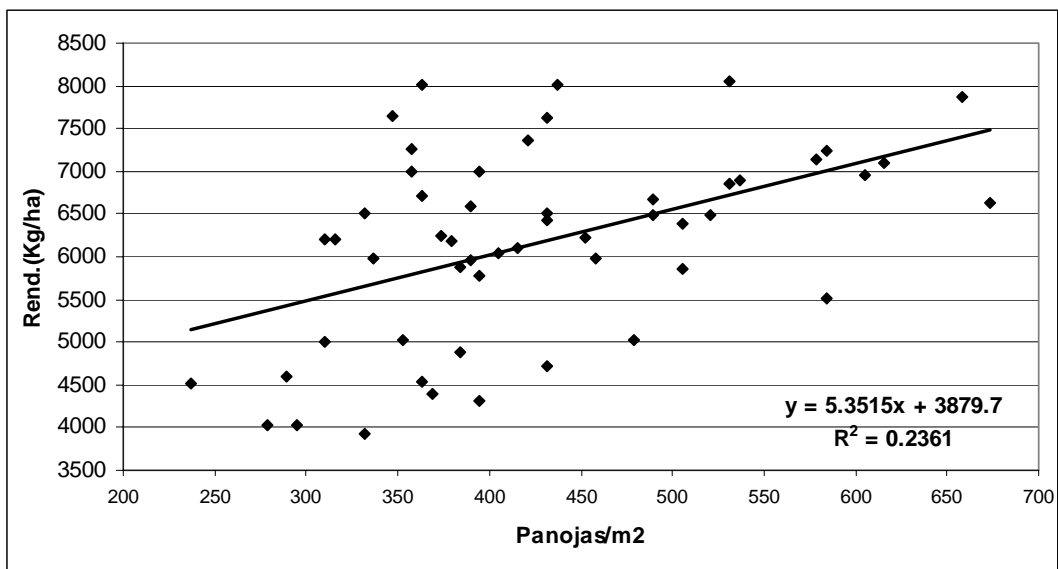
\*\* Valores significativos con una probabilidad de error de <1%

\* Valores significativos con una probabilidad de error de <5%

Del cuadro 14 puede observarse que el rendimiento independientemente de que se analice para uno u otro momento de inundación se encuentra correlacionado muy significativamente con la mayor parte de las determinaciones de MS producida por el cultivo y no con tanta significancia con el IC. Esto concuerda con lo citado en la bibliografía en donde se plantea que el rendimiento en grano esta relacionado con la producción de MS y con el coeficiente de efectividad en la formación del mismo (IC).

Sería de esperar que exista una alta correlación entre el IAF y la MS producida, debido a que el primero se determina por el número de macollos y el tamaño de hoja que en resumen es casi la totalidad de la MS, pero como es posible observar solo pudo detectarse correlación entre el IAF y MS a los 70 DPE.

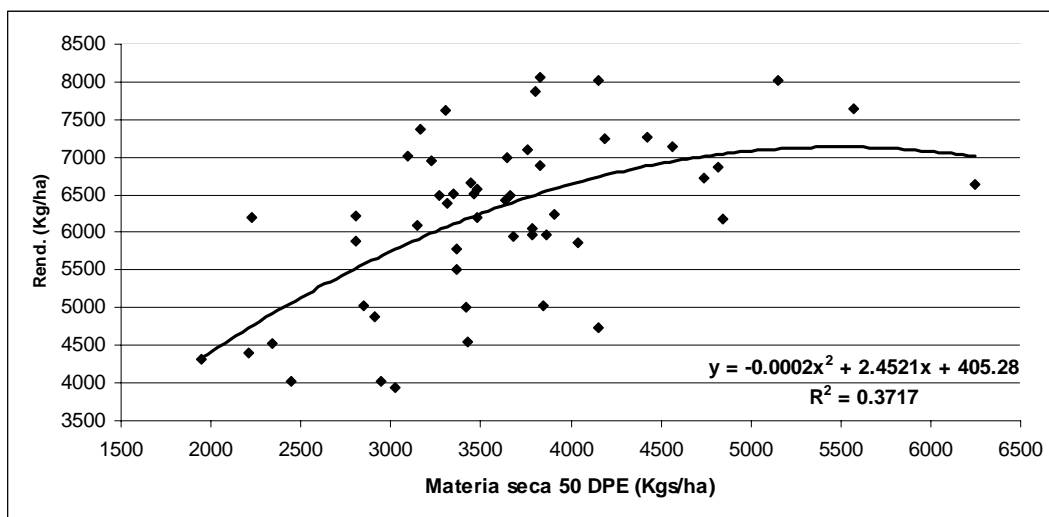
Analizando el cuadro 14 es posible observar el tipo de relación que existe entre los componentes del rendimiento final pudiéndose establecer las causas del resultado final del cultivo. Por ejemplo: si se observa la panojas/m<sup>2</sup> se ve que presenta una correlación media pero muy significativa con el rendimiento pudiendo establecer que cuando un cultivo presenta un gran número de panojas/m<sup>2</sup> existe alta probabilidad de obtener alto rendimiento.



**Figura 25 Estudio de la relación del número de panojas/m<sup>2</sup> sobre el rendimiento en grano del cultivo que para el ensayo con riego a los 30 días pos emergencia (30 DPE)**

En la figura 25 se puede observar que a medida que las panojas/m<sup>2</sup> aumentan el rendimiento hace lo mismo; es importante tener en consideración que esta relación no es esencialmente lineal pero es la que más se ajusta; debido a que al aumentar las panojas/m<sup>2</sup> puede que disminuyan los granos/panoja pero no de forma tal que afecten el rendimiento. El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.23$ ) está indicando que el 23 % del rendimiento se explica por el número de panojas/m<sup>2</sup>. Dentro de la figura se presenta la ecuación para la estimación del rendimiento teniendo en cuenta dicha variable.

Otra de las variables que presento correlación con el rendimiento fue la producción de MS a los 50 DPE, siendo la correlación encontrada de 0.54 para cuando la inundación se realiza a los 30 DPE y 0.63 para 20 DPE.



**Figura 26 Estudio de la relación de la producción de MS a los 50 días pos emergencia (MS 50DPE) sobre el rendimiento en grano del cultivo que para el ensayo con riego a los 30 días pos emergencia**

En la figura 26 se muestra la respuesta en rendimiento según la producción de MS para inundación a los 30 DPE. Para esta situación el mejor ajuste resultó de una respuesta de tipo cuadrática dado que el rendimiento no aumenta indefinidamente por aumentar la producción de MS. Esto sucede debido a que al aumentar la producción de MS, la fotosíntesis neta disminuye por un aumento lineal de la respiración además de existir sombreado lo cual baja la actividad de hojas bajo dicha situación.

La producción de MS se encuentra muy relacionada al IAF y ambas presentan el mismo comportamiento, por lo tanto el IAF tendría que estar relacionado con el rendimiento, teóricamente esto sucede así, pero no fue lo que se observó en los datos recopilados en la tesis, según puede apreciarse en el cuadro de correlaciones.

En la bibliografía se determina un IAF óptimo de 4 a 7 y la importancia de este como determinante de la producción de MS y del rendimiento. El motivo por el cual no se encontró correlación entre el IAF y el rendimiento se debió a que el cultivo no alcanzó valores de IAF mayores a 6 o 7 que motivaran un sombreado tan importante como para producir balances fotosintéticos negativos, explicando esto también el ajuste forzado de la curva en la figura 26.

Con el fin de poder establecer cual de todas las variables medidas en los ensayos explica o influye más en el rendimiento se corrió un programa (el Stepwise) en el sistema SAS que planteó los siguientes resultados.

Para el ensayo en el que se realizo la inundación a los 30 DPE se determino con un 95% de confianza que las variables que más explican el rendimiento obtenido son: MS a los 50 DPE y el número de panojas/m<sup>2</sup> con un grado de significación de 0.0001 y 0.0248 respectivamente.

La ecuación resultante en el programa Stepwise fue la siguiente:

$$Y (\text{Kg./ha}) = 2756 + 5.64(\text{grs. Ms } 50/\text{m}^2) + 3.26(\text{Panojas}/\text{m}^2)$$

Para el ensayo en el que la inundación se realizó 20 DPE se determino con un 95% de confianza que las variables que mas explican el rendimiento fueron: MS a los 50 DPE y MS a cosecha con un grado de significación de 0.0025 y 0.0198 respectivamente.

La ecuación resultante en el programa Stepwise fue la siguiente:

$$Y (\text{Kg./ha}) = 1391 + 7.51(\text{grs. Ms } 50/\text{m}^2) + 0.97(\text{grs. Ms cosecha}/\text{m}^2)$$

Como se puede observar en los dos casos una variable muy importante en la determinación del rendimiento es la producción de MS por el cultivo a los 50 DPE.

## **5. CONCLUSIONES**

- ✚ La interferencia inicial de capin durante los primeros 30 días redujo el rendimiento en grano de arroz en un 12,7%.
- ✚ El atraso de la aplicación de N disminuyo el desarrollo del capin y no tuvo efectos negativos sobre el rendimiento del cultivo.
- ✚ No se encontró respuesta al momento ni a la aplicación de P en los parámetros estudiados.
- ✚ No hubo efecto del momento de inundación sobre el rendimiento en granos del cultivo de arroz.
- ✚ La fertilización diferida supero en rendimiento al testigo y no difirió significativamente con la fertilización tradicional.
- ✚ El rendimiento se correlaciono con la producción de MS a los 50 y 70 DPE.

## **6. RESUMEN**

En los últimos años se ha incorporado al manejo del cultivo de arroz desarrollado en Uruguay la rotación con pasturas. Esto ha generado una serie de ventajas a nivel de cultivo y suelo, junto con una serie de desventajas dentro de las cuales la infestación del cultivo por parte de malezas como ser *Echinochloa* sp se considera como una de las más significativas originándose así considerables pérdidas de rendimiento. Dado que el manejo realizado en el cultivo afecta en forma favorable el desarrollo de dicha maleza es que se planteó evaluar una serie de prácticas de manejo que tiendan a disminuir su incidencia. Es así que se generaron 24 tratamientos los cuales se disponen dos parcelas con y sin competencia de *Echinochloa* sp. y dentro de éstas diferentes momentos de aplicación de nitrógeno y fósforo (siembra y macollaje) combinado esto con dos momentos de inundación (20 y 30 pos-emergencia) incluidos dentro de estos sus respectivos testigos. Si bien existió un efecto del clima en la correcta definición del rendimiento los resultados muestran que la interferencia en el cultivo de arroz por parte de la maleza genera pérdidas de rendimiento en torno al 12,7 %. El diferimiento de la fertilización nitrogenada no afectó al cultivo de arroz e inclusive lo favorece sucediendo lo contrario en cuanto al desarrollo de la maleza; mientras que no se observaron efectos en lo referente a la fertilización fosforada. Así mismo, el momento de inundación no afectó el rendimiento en grano ni el desarrollo de la maleza.

Palabras clave: Arroz; *Echinochloa*; Momento fertilización nitrógeno y fósforo; Metabolismos energéticos; C3; C4.



## **7. SUMMARY**

In the past years the rotation with pasture has been incorporated into the management of rice culture. This has generated some advantages in the crop and soil, but also some disadvantages related to crop's infestation with weeds where Echinochloa sp is the worst of them, causing important yield loses. The crop management affects favorably the development of the Echinochloa sp. because of that some management practices had been evaluated to decrease the incidence of the weed. That's way 24 treatments had been generated, separated in too blocks with and without interference of Echinochloa sp, and inside of these, too different moments of applications of nitrogen and phosphorus (seeding and tillering) combine with too moments of flooding (20 and 30 days pos- emergence) including there respective witness. Although a climate effect had interference in the correct definition of rice yield, the results show that the interference of the Echinochloa sp. generated a 12.7 % yield lose. The delay of the nitrogen fertilization didn't affected negatively the rice crop on the contrary it was beneficent, the opposite happened in the development of the Echinochloa sp.; no effects has been observe with the phosphorus fertilization. The flooding moment didn't affect the grain yield not even the development of the weed.

Key words: Rice; Echinochloa; Nitrogen and Phosphorus fertilization moment; Energetic Metabolism; C3; C4.

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

1. BALDWIN, F.; SLATON, N. s.f. Rice weed control. In: Weed science. s.n.t. cap. 6, pp. 100-123.
2. BLANCO, P.; PEREZ DE VIDA, F.; PIRIZ, M. 1993. INIA- Tacuari; nueva variedad de arroz precoz de alto rendimiento. Montevideo, INIA pp. 5-9 (Boletín de Divulgación no. 31)
3. BOCKING, B.; PELUFO, J.; YOUNG, G. 1994. Respuesta del arroz, var. El Paso L 144 y Var. L 48; a los momentos de aplicación y distribución de la fertilización nitrogenada, en siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. pp. 8-111.
4. DE DATTA, S. K.; 1981. Producción de arroz, fundamentos y prácticas. Los Baños, Filipinas, Limusa. pp.117-470
5. DOBERMAN, A.; FAIRHUST, T. 2000 .Nutrient disorders and nutrient management. Los Baños, Philippines, IRRI. pp. 12-72.
6. EVATT, N, S. 1964. The timing of nitrogenous fertilizer applications on rice. In: Hopkins, J. ed. The mineral nutrition of the rice plant. Los Baños, Philippines, IRRI. pp. 243-254.
7. FAGERIA, N. K; BALIGAR, V. C.; JONES, CHARLES, ALLEN. 1991. Growth and mineral nutrition of field crops. s.n.t. pp. 159-204.
8. FERNANDEZ, J.; QUARTINO, E. J. 1998. Efecto de la supresión de la competencia de Echinochloa spp. en distintos momentos sobre el rendimiento del cultivo de Arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 2-63
9. GAMARRA, G. 1996. Arroz manual de producción. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 153-291.
10. HERNANDEZ, J.; BERGER, A. 2003. Dinámica del fósforo en sistemas de arroz-pasturas; caracterización de parámetros de suelos para estimar la disponibilidad de fósforo. INIA Reporte técnico anual Agosto. p. irr.
11. ISHISUKA, Y. 1964. Nutrient uptake at different stages of growth. In: Hopkins, J.ed. The mineral nutrition of the rice plant. Los Baños, Philippines, IRRI. pp. 199-218.

12. LAVECCHIA, A. 1996. Bases fisiológicas para o manejo de interferencia *Oryza sativa* *Echinochloa cruz- galli* pela Época de aplicacao de nitrogenio e de fosforo. Tesis Magíster Scientiae. s.l., Ciudad, Brasil. Universidade Federal de Vicosá. pp. 10-60.
13. \_\_\_\_\_; CANO, M. 1998. Interferencia de capin sobre el crecimiento inicial de arroz, bajo restricciones nutricionales. Montevideo, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 100).
14. \_\_\_\_\_; MENDEZ, J.; MARCHESI, C. 2000. Respuesta a la fertilizaron fosfatada. In: Resultados experimentales de arroz zafra 1999-2000. Montevideo, INIA. p. irr. (Actividades de Difusión no. 233).
15. MATSUSHIMA, S. 1964. Nitrogen requirements at different stages of growth. In: Hopkins, J. ed. The mineral nutrition of the rice Plant. Los Baños, Philippines, IRRI. pp. 219-242.
16. MURATA, Y.; MATSUSHIMA, S. 1975. Arroz. In: Evans, L.T. ed. Fisiología de los cultivos. Buenos Aires, Hemisferio Sur. pp. 83-105.
17. RIOS, A.; GIMENEZ, A. 1992. Ecofisiologia de malezas. Investigaciones Agropecuarias. 2(1):157-166.
18. STANSEL, J.W. 1975. Six decades of rice research in Texas; the rice plant its developments and yield. Research Monograph. no. 4:9-21.
19. TAKENAGA, H. 1995a. Internal factors in relation to nutrient absorption. In: Matsuo, T. Science of the rice plant physiology. Los Baños, Philippines, IRRI. v.2, pp. 294-309.
20. \_\_\_\_\_; 1995b. Nutrient absorption in relation to environmental factors. In: Matsuo, T. Science of the rice plant physiology. Los Baños, Philippines, IRRI. v.2, pp. 278-294.
21. YOSHIDA, S. 1972. Aspectos fisiológicos del rendimiento de grano. Annual Review Plant Physiology. 23: 437-464.

## 9. ANEXOS

Anexo N° 1 Datos de Precipitaciones mensuales en milímetros, Temperaturas en grados y Heliofania decadas del Departamento de Salto

		Nov	Dic			Ene			Feb			Mar			Abr		
		3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Junco	Temp. Prom. °C	24.7	23.6	26.4	28.5	26.8	26.6	26.9	27.8	22.8	24.3	25.7	20.7	21.1	17.1	17.8	19.1
	Temp. Máx. °C	32.2	31.3	32.9	35.8	34.2	34.8	34.4	34.3	29.2	29.9	29.7	25.9	26.8	22.1	24.8	21.8
	Temp. mín. °C	17.3	15.9	18.3	21.2	19.5	18.3	19.4	21.2	16.3	18.6	21.6	15.5	15.4	12.0	10.7	16.4
	Precip. (mm)	344.0	432.0			139.0			212.0			157.0			314.0		
90-01	Temp. Prom. °C	20.1	21.6	21.8	22.8	24.6	24.4	24.9	25.1	24.4	24.1	24.0	23.2	23.2	18.55	18.54	18.53
	Temp. Máx. °C	26.4	27.5	27.8	28.9	30.9	30.4	31.1	31.5	30.1	29.9	29.8	29.0	28.9	24.27	24.26	24.25
	Temp. mín. °C	13.5	15.2	15.8	16.5	18.1	18.1	18.4	19.0	18.8	18.2	18.5	17.7	18.0	12.91	12.89	12.88
	Heliofania	8.9	8.3	8.4	8.6	9.3	9.1	9.2	9.0	9.5	9.1	8.2	7.8	8.0	7.15	7.16	7.16
	Precip. (mm)	119.4	133.4			159.9			127.9			166.8			165.2		
zafra 02-03	Temp. Prom. °C	23.3	22.7	23.1	23.0	23.9	25.9	25.4	27.9	25.5	20.9	25.0	22.8	20.2	17.1	16.2	19.4
	Temp. Máx. °C	28.0	27.5	28.4	28.7	28.5	31.8	31.7	34.3	30.6	26.6	29.9	27.3	26.4	22.8	22.8	22.9
	Temp. mín. °C	18.8	17.8	17.3	16.8	18.9	18.8	18.7	20.9	21.1	15.3	20.6	19.1	13.2	12.2	9.4	16.0
	Heliofania	6.4	4.5	8.7	8.1	5.9	10.1	10.8	10.7	6.9	6.5	6.7	4.7	10.1	8.2	6.9	2.2
	Precip. (mm)	249	369			75			180			335			309.9		

Anexo N° 2 Fechas de los días con Temperaturas menores o iguales a 15° C

Enero		Febrero		Marzo	
Día	Temp. Min.	Día	Temp. min.	Día	Temp. min.
11	6	16	12	12	11
23	14	17	13	13	12
		18	14	16	15
		19	11	17	13
		20	11	18	14
		21	12	20	10
				21	13
				22	9
				23	13
				25	15