

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTOS DE MOMENTOS DE RETIROS DE AGUA Y DE COSECHA
EN LA VARIEDAD INIA OLIMAR (*Oryza sativa* L.)

por

José Santiago FARIÑA MENA
Santiago PLATERO GAZZANEO

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2009

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. Álvaro Roel

Ing.Agr. Guillermina Cantou

Ing.Agr. Luis Giménez

Ing.Agr. Guillermo Siri

Fecha: -----

Autor: -----
José Santiago Fariña Mena

Santiago Platero Gazzaneo

AGRADECIMIENTOS

Al director de la tesis Ing. Agr. Alvaro Roel y a la Ing. Agr. Guillermina Cantou.

Al Ing. Agr. Federico Molina

Al personal de riego de INIA Treinta Y Tres.

A funcionarios de biblioteca de INIA Treinta y Tres, por su amable atención.

A nuestras familias, compañeros de generación y amigos.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	¡Error! Marcador no definido.
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	¡Error! Marcador no definido.
2.1 <u>CARACTERÍSTICAS DE INIA OLIMAR</u>	¡Error! Marcador no definido.
2.1.1 <u>Origen</u>	¡Error! Marcador no definido.
2.1.2 <u>Características agronómicas</u> ...	¡Error! Marcador no definido.
2.1.3 <u>Rendimiento</u>	¡Error! Marcador no definido.
2.1.4 <u>Calidad de grano</u> ...	¡Error! Marcador no definido.
2.1.5 <u>Estabilidad</u>	¡Error! Marcador no definido.
2.1.6 <u>Resistencia a enfermedades</u> ...	¡Error! Marcador no definido.
2.1.7 <u>Aspectos de manejo</u> ..	¡Error! Marcador no definido.
2.2 <u>EFFECTO DE LOS FACTORES CLIMATICOS EN LA PRODUCCION DE ARROZ</u>	¡Error! Marcador no definido.
2.2.1 <u>Efecto de la radiación solar en la etapa reproductiva y llenado de grano</u> ;	¡Error! Marcador no definido.
2.2.2 <u>Efecto de la temperatura</u>	¡Error! Marcador no definido.
2.2.2.1 <u>Efecto de las bajas temperaturas</u>	¡Error! Marcador no definido.
2.2.2.2 <u>Efecto de la alta temperatura</u> .;	¡Error! Marcador no definido.
2.2.3 <u>Efecto de la humedad atmosférica</u> .;	¡Error! Marcador no definido.
2.3 <u>MOMENTO DE COSECHA</u>	¡Error! Marcador no definido.
2.3.1 <u>Rendimiento de arroz cáscara</u> ..	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2 <u>Componentes del rendimiento</u> ...	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2.1 <u>Número de panojas por metro cuadrado</u> ...	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2.2 <u>Número de granos por panoja</u> ;	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2.3 <u>Peso de mil granos</u>	¡Error! Marcador no definido.

- 2.3.3 Calidad industrial ..; **Error! Marcador no definido.**
 - 2.3.3.1 Rendimiento de blanco total ; **Error! Marcador no definido.**
 - 2.3.3.2 Porcentaje de granos enteros ..; **Error! Marcador no definido.**
 - 2.3.3.3 Porcentaje de granos verdes ; **Error! Marcador no definido.**
 - 2.3.3.4 Porcentaje de yeso; **Error! Marcador no definido.**
- 2.3.4 Humedad de grano a cosecha y su efecto sobre la calidad; **Error! Marcador no definido.**
- 2.4 MOMENTO DE RETIRO DE AGUA; **Error! Marcador no definido.**
 - 2.4.1 Rendimiento de arroz cáscara ..; **Error! Marcador no definido.**
 - 2.4.2 Componentes del rendimiento ...; **Error! Marcador no definido.**
 - 2.4.2.1 Número de panojas por metro cuadrado ...; **Error! Marcador no definido.**
 - 2.4.2.2 Número de granos por panoja ; **Error! Marcador no definido.**
 - 2.4.2.3 Peso de mil granos; **Error! Marcador no definido.**
 - 2.4.3 Calidad industrial ..; **Error! Marcador no definido.**
 - 2.4.3.1 Rendimiento de blanco total ; **Error! Marcador no definido.**
 - 2.4.3.2 Porcentaje de granos enteros ..; **Error! Marcador no definido.**
 - 2.4.3.3 Porcentaje de granos verdes ; **Error! Marcador no definido.**
 - 2.4.3.4 Porcentaje de yeso; **Error! Marcador no definido.**
 - 2.4.4 Contenido de humedad de grano .; **Error! Marcador no definido.**
- 2.5 LLENADO DE GRANO; **Error! Marcador no definido.**
- 3. MATERIALES Y METODOS; **Error! Marcador no definido.**
 - 3.1 UBICACIÓN; **Error! Marcador no definido.**
 - 3.2 SUELO; **Error! Marcador no definido.**
 - 3.3 CLIMA; **Error! Marcador no definido.**
 - 3.3.1 Heliofanía; **Error! Marcador no definido.**
 - 3.3.2 Temperatura; **Error! Marcador no definido.**
 - 3.3.3 Precipitaciones; **Error! Marcador no definido.**
 - 3.3.4 Evaporación; **Error! Marcador no definido.**
 - 3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL; **Error! Marcador no definido.**

- 3.5 TRATAMIENTOS.....;Error! Marcador no definido.
- 3.6 MANEJO.....;Error! Marcador no definido.
 - 3.6.1 Laboreo;Error! Marcador no definido.
 - 3.6.2 Siembra;Error! Marcador no definido.
 - 3.6.3 Fertilización;Error! Marcador no definido.
 - 3.6.4 Uso de herbicida;Error! Marcador no definido.
 - 3.6.5 Inundación;Error! Marcador no definido.
- 3.7 DETERMINACIONES.....;Error! Marcador no definido.
 - 3.7.1 Determinaciones a campo;Error! Marcador no definido.
 - 3.7.2 Determinaciones en laboratorio ;Error! Marcador no definido.
- 3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO....;Error! Marcador no definido.
 - 3.8.1 Hipótesis;Error! Marcador no definido.
 - 3.8.1.1 Hipótesis biológicas.....;Error! Marcador no definido.
 - 3.8.1.2 Hipótesis estadísticas....;Error! Marcador no definido.
- 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....;Error! Marcador no definido.
 - 4.1 RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES.....;Error! Marcador no definido.
 - 4.1.1 Efecto del momento de cosecha .;Error! Marcador no definido.
 - 4.1.1.1 Rendimiento.....;Error! Marcador no definido.
 - 4.1.1.2 Porcentaje de verde.....;Error! Marcador no definido.
 - 4.1.1.3 Número de panojas por metro cuadrado...;Error! Marcador no definido.
 - 4.1.1.4 Número de granos totales por panoja....;Error! Marcador no definido.
 - 4.1.1.5 Peso de mil granos.....;Error! Marcador no definido.
 - 4.1.1.6 Porcentaje de esterilidad..;Error! Marcador no definido.
 - 4.1.1.7 Índice de cosecha y materia seca.....;Error! Marcador no definido.
 - 4.1.2 Efecto del momento de retiro de agua;Error! Marcador no definido.
 - 4.1.2.1 Rendimiento.....;Error! Marcador no definido.
 - 4.1.2.2 Porcentaje de verde.....;Error! Marcador no definido.
 - 4.1.2.3 Número de panojas por metro cuadrado...;Error! Marcador no definido.

- 4.1.2.4 Número de granos totales por panoja....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.1.2.5 Peso de mil granos.....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.1.2.6 Porcentaje de esterilidad..; **Error! Marcador no definido.**
- 4.1.2.7 Índice de cosecha y materia seca.....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.1.3 Interacción entre los momentos de cosecha y drenaje.....; **Error! Marcador no definido.**
 - 4.1.3.1 Porcentaje de humedad de grano; **Error! Marcador no definido.**
- 4.2 CALIDAD DE GRANO.....; **Error! Marcador no definido.**
 - 4.2.1 Efecto del momento de cosecha .; **Error! Marcador no definido.**
 - 4.2.1.1 Rendimiento de blanco total; **Error! Marcador no definido.**
 - 4.2.1.2 Porcentaje de yeso.....; **Error! Marcador no definido.**
 - 4.2.1.3 Porcentaje de manchado.....; **Error! Marcador no definido.**
 - 4.2.2 Efecto del momento de retiro de agua; **Error! Marcador no definido.**
 - 4.2.2.1 Rendimiento de blanco total; **Error! Marcador no definido.**
 - 4.2.2.2 Porcentaje de yeso.....; **Error! Marcador no definido.**
 - 4.2.2.3 Porcentaje de manchado.....; **Error! Marcador no definido.**
 - 4.2.3 Interacción entre los momentos de cosecha y momentos de drenaje.; **Error! Marcador no definido.**
 - 4.2.4 Rendimiento corregido por calidad ; **Error! Marcador no definido.**
- 4.3 INCIDENCIA DE ENFERMEDADES.....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.4 EVOLUCIÓN DEL LLENADO DE GRANO.....; **Error! Marcador no definido.**
- 4.5. CARACTERIZACIÓN MICROCLIMÁTICA DE LOS TRATAMIENTOS.....; **Error! Marcador no definido.**
 - 4.5.1 Temperatura; **Error! Marcador no definido.**
 - 4.5.1.1 Amplitud térmica.; **Error! Marcador no definido.**

4.5.1.2	Temperatura a nivel del suelo.	¡Error! Marcador no definido.
4.5.2	<u>Humedad relativa</u> ¡Error! Marcador no definido.
4.5.3	<u>Precipitaciones</u> ¡Error! Marcador no definido.
5.	<u>CONCLUSIONES</u> ¡Error! Marcador no definido.
6.	<u>RESUMEN</u> ¡Error! Marcador no definido.
7.	<u>SUMMARY</u> ¡Error! Marcador no definido.
8.	<u>BIBLIOGRAFIA</u> ¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.		Página
1.	Resultado de análisis de suelo.....	¡Error! Marcador no definido.
2.	Fecha de eventos fonológicos.....	¡Error! Marcador no definido.
3.	Calendario de actividades de los tratamientos momentos de retiro de agua y momentos de cosecha..	¡Error! Marcador no definido.
4.	Resultados del análisis estadístico realizado para el rendimiento y sus componentes, porcentaje de humedad y de verde según el momento de cosecha y drenaje y la interacción de ambos.....	¡Error! Marcador no definido.
5.	Efecto del momento de cosecha sobre el rendimiento, sus componentes, porcentaje de humedad y porcentaje de verde.....	¡Error! Marcador no definido.
6.	Efecto del momento de cosecha sobre la producción de materia seca a cosecha y el índice de cosecha.....	¡Error! Marcador no definido.
7.	Resultados del análisis estadístico para porcentaje de humedad y verde, rendimiento y sus componentes, según momento de retiro.....	¡Error! Marcador no definido.

8. Efecto del momento de retiro de agua sobre la producción de materia seca a cosecha y el índice de cosecha. .; **Error! Marcador no definido.**
9. Resultado del análisis estadístico de la interacción entre los momentos de cosecha y retiro de agua para porcentaje de humedad.; **Error! Marcador no definido.**
10. Resumen del análisis estadístico para las características de calidad industrial según momento de cosecha y de retiro de agua, y la interacción de ambos.; **Error! Marcador no definido.**
11. Efecto del momento de cosecha sobre los componentes de calidad industrial del grano.; **Error! Marcador no definido.**
12. Efecto del momento de retiro de agua sobre la calidad del grano.; **Error! Marcador no definido.**
13. Resultados del análisis estadístico de la interacción por los efectos de retiro de agua y momento de cosecha para porcentaje de grano entero.; **Error! Marcador no definido.**
14. Premios y castigos para cada variable de calidad industrial según decreto 321/988.; **Error! Marcador no definido.**
15. Bases de comercialización para cada variable de calidad industrial.; **Error! Marcador no definido.**
16. Resultado del análisis estadístico para el rendimiento sano, seco y limpio, según momento de cosecha y retiro de agua.; **Error! Marcador no definido.**
17. Resultados del análisis estadístico del índice de grado de severidad para *Rhizoctonia oryzae* y *Sclerotium oryzae* según los momentos de retiro de agua. .; **Error! Marcador no definido.**
18. Efecto de los tratamientos en la temperatura media, máxima y mínima a nivel de la panoja en el período de 1° febrero-16 de abril.; **Error! Marcador no definido.**
19. Efecto de los tratamientos en la humedad relativa media, máxima y mínima en el período 1° de febrero-16 de abril.; **Error! Marcador no definido.**

Figura No.

1. Horas de sol decádicas correspondientes a los años 2007/2008 y a la serie histórica 1973 - 2007.; **Error! Marcador no definido.**

2. Temperatura media decádica correspondiente a los años 2006/07, 2007/08 y a la serie histórica 1971-2007. **¡Error! Marcador no definido.**
3. Precipitaciones decádicas correspondientes a los años 2007/08 y serie histórica 1973/74 a 2006/07. **¡Error! Marcador no definido.**
4. Evaporación decádicas correspondiente a los años 2007/08 y serie histórica 1973/74 a 2006/07. ... **¡Error! Marcador no definido.**
5. Porcentaje de humedad y de verde según el momento de cosecha. Letras diferentes entre si son estadísticamente diferentes. **¡Error! Marcador no definido.**
6. Número de panojas por metro cuadrado según el momento de cosecha. **¡Error! Marcador no definido.**
7. Efecto del retiro de agua sobre porcentaje de humedad y porcentaje de verde. **¡Error! Marcador no definido.**
8. Evolución del porcentaje de blanco total y de verde en las diferentes cosechas. **¡Error! Marcador no definido.**
9. Porcentaje de entero de cada tratamiento de retiro de agua según los momentos de cosecha. ... **¡Error! Marcador no definido.**
10. Evolución del peso de 1000 granos llenos en los 60 días después de floración, para los momentos de retiro T0 y T SR. **¡Error! Marcador no definido.**
11. Evolución del porcentaje de granos vacíos en los 60 días después de floración, para los momentos de retiro T0 y T SR. **¡Error! Marcador no definido.**
12. Evolución de la temperatura media en los tratamientos T0, TSR, y en la casilla agrometeorológica. **¡Error! Marcador no definido.**
13. Temperaturas máximas y mínimas registradas en parcelas con y sin agua durante el período del 1° de febrero al 16 de abril de 2008. **¡Error! Marcador no definido.**
14. Amplitud térmica para el tratamiento T0 y TSR en el período desde 1° de febrero al 16 de abril del 2008. **¡Error! Marcador no definido.**
15. Evolución de la temperatura diaria a nivel del suelo y de la panoja para los tratamientos T0 y TSR en un día de elevada temperatura. **¡Error! Marcador no definido.**
16. Amplitud de la humedad para T0 y TSR, humedad media de la casilla y precipitaciones. **¡Error! Marcador no definido.**

17. Precipitaciones diarias para el período 1° de febrero -
17 de abril.....**¡Error! Marcador no definido.**

1. INTRODUCCIÓN

El grano de arroz constituye el segundo alimento más utilizado en el mundo después del trigo, y el primero en Asia, principalmente China e India que basan fundamentalmente su alimentación en este cereal. Casi la mitad de la población mundial depende de este grano.

El origen del arroz se sitúa en Asia, dónde se han encontrado evidencias de su cultivo 7000 años atrás en China. Comenzó a cultivarse en las zonas tropicales de ese continente y desde allí consiguió ir adaptándose a otras zonas.

Existen muchas variedades de arroz pero la mayoría proceden de dos especies salvajes. La principal es *Oryza sativa* que es la especie asiática de dónde proceden la mayoría de las variedades de todo el mundo, la cual se cultiva en Uruguay. La otra especie es *Oriza glaberrima* procedente del Delta del Níger de África, la cual es producida únicamente en ese continente.

Es el cereal más producido en el mundo después del maíz (*Zea mays*), siendo el arroz el más importante para la alimentación humana, debido a que el maíz tiene muchos otros propósitos que el del consumo humano. El 95 % del cultivo de arroz se extiende entre los paralelos 53° de latitud norte hasta 35° sur.

Desde fines del siglo XIX, el arroz se encuentra presente en la historia productiva del Uruguay, en la zona norte del país, luego en la década de 1920 se instalan arroceras en el este del país, dónde hoy en días se cultiva la mayor superficie.

Hoy en día el cultivo de arroz en Uruguay se basa en un sistema de baja intensidad en rotación con pasturas e integrado con la producción ganadera que le confiere al sector arrocero la posibilidad de aprovechar esta ventaja comparativa y diferenciarse a nivel mundial; lo que le otorga a su vez, al cultivo de arroz una alta sustentabilidad con un bajo uso de herbicidas y

fertilizantes. La mayor parte del cultivo se hace sobre retorno de varios años o sobre praderas.

Esa realidad productiva, prácticamente única en el mundo es quizá una de las mayores fortalezas del sistema de producción uruguayo, frente a un escenario mundial que asigna creciente importancia a la conservación del ambiente y la seguridad alimentaria (ACA, 2009).

En la zafra 2008-2009 el área de arroz sembrada en Uruguay fue de 160.614 has, con una distribución del 71 %, 11 % y 18 % en el este, centro y norte del país respectivamente, con un rendimiento promedio de 8.000 Kg./ha.

El momento de cosecha es una de las prácticas de manejo del cultivo más importantes para lograr buenos rendimientos y calidad industrial de grano. En cosechas tempranas con alta humedad de grano se observan altos valores de granos verdes y yesados, mientras que si se realiza tardíamente hay pérdidas de rendimiento, por vuelco y desgrane, y se afecta la calidad industrial por el bajo rendimiento de grano entero.

El retiro anticipado de agua es una práctica cultural que últimamente ha tomado mayor importancia desde el punto de vista de economía del agua y para lograr buenas condiciones de piso a la cosecha.

Este trabajo es la tercera repetición de una red de ensayos llevados a cabo por INIA Treinta y Tres con el objetivo de validar un paquete tecnológico junto a la variedad que fue lanzada en el año 2004, lo cuál en este caso fue ofrecida como tesis al igual que en la zafra 2005-2006.

El objetivo es determinar el punto ideal de cosecha y de retiro de agua en la variedad INIA Olimar (*Oryza sativa* L. sp. Índica), para lograr el mejor rendimiento de arroz cáscara y maximizar la calidad industrial del grano.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE INIA OLIMAR

2.1.1 Origen

INIA Olimar proviene del cruzamiento de una línea introducida en viveros internacionales (CIAT) y una línea tropical, hermana de INIA Cuaró, realizado en INIA 33 en 1991 (Blanco et al., 2004).

2.1.2 Características agronómicas

Según Blanco et al. (2004), esta variedad posee un tipo de planta similar a El Paso 144 con una altura levemente inferior y hojas pilosos erectas. Ha mostrado un buen vigor inicial, característica similar a El Paso 144 lo que permite un buen establecimiento del cultivo tanto en siembras convencionales como en siembra directa. Presenta abundante macollaje y un tamaño moderado de panoja (553 panojas/ m², con 82 granos totales), características muy similares a El Paso 144 (498 panojas/ m² con 83 granos totales). INIA Olimar presenta un período de 98 días desde la siembra a floración, intermedio entre INIA Tacuarí y El Paso 144. Esta característica le ha permitido alcanzar rendimientos muy superiores a El Paso 144 en ensayos de siembra tardía en Treinta y Tres, al posibilitar el escape de noches con temperaturas muy bajas, las cuales ocurren con mayor frecuencia al final de la zafra y tanto afectan la fase reproductiva de materiales de tipo tropical.

2.1.3 Rendimiento

Blanco et al. (2004), en varios ensayos realizados con INIA Olimar determinaron que esta variedad presentó un rendimiento promedio de 8.853 kg/ha, mientras que INIA Tacuarí y El Paso 144 rindieron 8056 y 7881 kg/ha respectivamente. Se destaca la estabilidad de rendimiento de esta variedad, así como un mejor comportamiento frente a

El Paso 144 en siembras tardías y mayor precocidad y resistencia a desgrane.

2.1.4 Calidad de grano

Los granos de INIA Olimar tienen glumas pilosas de color pajizo y sus dimensiones son superiores a las de las demás variedades comerciales, promediando 6,64 mm y 7,30 mm descascarado, frente a 6,32 y 7,09 mm de El Paso 144 respectivamente. El peso de mil granos (26,8 gr.) tampoco es superado por ninguna de las variedades comerciales. Si bien la calidad molinera de INIA Olimar no alcanza los buenos niveles de las variedades de calidad americana, como INIA Tacuarí, su porcentaje de grano entero es similar a levemente superior al de El Paso 144.

En 53 ensayos realizados durante cuatro zafras, INIA Olimar mostró una incidencia de granos yesados inferior al resto de las variedades comerciales (4,1 % frente a 5,9 % de INIA Tacuarí, y 10,1 % de El Paso 144). Esta diferencia de grano yesados es aún mayor en el norte, donde El Paso 144 alcanzó valores muy altos (14,6 %) e INIA Olimar solo 4,6 %. La calidad culinaria es típica de los materiales tropicales con contenido de amilasa intermedio - alto (27,4 %) y temperatura de gelatinización baja (dispersión por álcali 6,9), parámetros que influyen en la textura, pegajosidad y tiempo de cocción del arroz.

2.1.5 Estabilidad

Para estudiar la estabilidad del rendimiento, Blanco et al. (2004), realizaron un análisis con una gran cantidad de ensayos en base a la estimación de un índice ambiental, que incluye los rendimientos de todas las variedades incluidas en dichos ensayos. INIA Olimar mostró un mayor rendimiento promedio que El Paso 144 y una menor variación a través de los ambientes, lo que implica que su ventaja frente a El Paso 144 se amplía en los ambientes de menor producción y se anula en los de alta producción. Un análisis similar para porcentaje de grano entero, demostró que el promedio de INIA Olimar fue levemente superior a la de El Paso 144, con una mayor estabilidad. Según estos autores deberíamos

esperar un mayor porcentaje de grano entero en INIA Olimar que en El Paso 144 en condiciones desfavorables para esta característica, e inferior en las condiciones que favorecen la obtención de alto rendimiento industrial. Con respecto al porcentaje de yesado, al realizar el análisis de estabilidad se determinó que INIA Olimar tiene un bajo promedio de este defecto con una muy buena estabilidad, comportándose con bajo porcentaje de yesado en ambientes con condiciones que resultan de alta incidencia de yesado.

2.1.6 Resistencia a enfermedades

INIA Olimar es muy susceptible a Brusone causada por el hongo *Pyricularia grisea* al igual que INIA Cuaró y El Paso 144. INIA Olimar presenta una incidencia similar a levemente inferior que El Paso 144 tanto de "Podredumbre del tallo" (*Sclerotium oryzae*) como "Manchado confluyente de las vainas" (*Rhizoctonia oryzae sativae*). También ha mostrado menor incidencia de Manchado de glumas, enfermedad causada por un complejo de hongos y bacterias (Blanco et al., 2004).

2.1.7 Aspectos de manejo

Posee un ciclo vegetativo mas corto que El Paso 144 entrando a la fase de diferenciación del primordio floral con una acumulación térmica sensiblemente menor. La acumulación térmica de INIA Olimar de emergencia a primordio es de 650 grados días mientras que la de El Paso 144 e INIA Tacuarí es de 739 y 683 respectivamente. Con respecto al control de malezas, en ensayos de competencia de *Echinochloa crusgally* (capin) mostró un comportamiento similar a El Paso 144.

2.2 EFECTO DE LOS FACTORES CLIMATICOS EN LA PRODUCCION DE ARROZ

2.2.1 Efecto de la radiación solar en la etapa reproductiva y llenado de grano

Basado en experimentos realizados en Texas, Stansel et al., Stansel, citados por De Datta (1981), sugirieron que

el período crítico de mayor requerimiento de energía solar de la planta de arroz, se extiende desde diferenciación del primordio floral hasta 10 días antes de la maduración. Estos autores encontraron que, en los trópicos, la correlación entre radiación solar desde la diferenciación del primordio floral a madurez del cultivo y el rendimiento en grano fue significativamente alto.

Stansel, citado por Arguissain (2006), muestra que la máxima disponibilidad de radiación resulta crítica 21 días antes y 21 días después de floración (DDF) para obtener los máximos rendimientos. Además menciona que los rendimientos se ven disminuidos en 6,5 % por cada 1% de reducción en la disponibilidad de radiación respecto al máximo posible.

Yoshida y Parao, citados por Arguissain (2006), hallaron una alta correlación entre el número de espiguillas por metro cuadrado, positiva para la radiación solar y negativa para la temperatura media diaria en un período de 25 días previos a la floración.

Experimentos realizados por International Rice Research Institute (IRRI), señalaron que el incremento en la materia seca entre diferenciación del primordio floral y la cosecha, fue altamente correlacionada con el rendimiento de grano (De Datta et al., citados por De Datta, 1981).

De Datta (1981), indica que la cantidad de energía solar recibida tan temprano como se inicia la diferenciación del primordio floral hasta la maduración del cultivo es importante para la acumulación de la materia seca durante ese período.

La Universidad Federal de Santa María publica en el 4° Congreso Brasileiro de Arroz Irrigado (2005) que en el momento de floración, la planta de arroz alcanza su mayor estatura y área foliar, por lo tanto buenas condiciones de luminosidad en el período comprendido entre 20 días antes hasta veinte días después de la floración aumenta la eficiencia de uso del nitrógeno y, como consecuencia, contribuye a obtener mayor rendimiento de granos.

Según Islam y Haque (1989), una de las principales causas de los bajos rendimientos obtenidos en Bangladesh es la baja intensidad de luz recibida en las etapas tardías del ciclo del cultivo, principalmente en maduración, debido a la continua nubosidad, donde amplias variaciones de rendimiento son usualmente observadas. Estos autores estudiaron la adaptabilidad varietal a las bajas intensidades de luz en maduración, observando que el rendimiento de grano en todas las variedades decreció significativamente con exposición a poca luz y que el llenado de espiguillas fue más afectado que el peso de los mil granos.

Moomaw et al., citados por De Datta (1981), también observaron una fuerte correlación entre rendimiento en grano y la radiación solar durante los últimos 30 días del crecimiento del cultivo.

2.2.2 Efecto de la temperatura

El régimen de temperatura no solo influye en la duración del crecimiento sino también en el patrón de crecimiento de la planta de arroz. Durante la estación de crecimiento del cultivo, la temperatura media, la cantidad de temperatura, el patrón de distribución de esta, cambios diurnos o una combinación de estos y la variedad, podrían estar altamente correlacionados con rendimiento en grano (Moomaw y Vergara, citados por De Datta, 1981).

Según De Datta (1981), las zonas de latitudes bajas en comparación con latitudes altas, presentan mayor temperatura al momento de la siembra y más lenta disminución de la temperatura desde floración hasta madurez del cultivo. Cerca del ecuador ocurren pequeños cambios de temperatura. El rango en que varía la temperatura diurna para cualquier sitio dependerá de la altitud y la proximidad a una gran masa de agua. Durante la estación del cultivo, áreas en latitudes nortes y a gran altitud tienen cambios diurnos más grandes que las áreas de latitudes bajas.

En el norte de Japón, temperaturas nocturnas bajas, luego del macollaje, y hasta maduración favorecen la producción de grano. Los altos rendimientos obtenidos en los países templados respecto a los tropicales, se los atribuye a las bajas temperaturas presentes durante la etapa de maduración, con el consiguiente alargamiento de este período, dando más tiempo para el llenado de grano. El largo del día y un alto nivel de energía solar durante el período de maduración también contribuyen a obtener altos rendimientos de grano de arroz, siendo más importante en regiones templadas (De Datta, 1981).

En un ensayo realizado en Chile, Alvarado (2002), encontró una relación lineal entre la temperatura promedio y la población de arroz para los primeros cinco días desde floración. La duración del período desde siembra a floración mostró una relación lineal negativa con el promedio de la temperatura del aire. La esterilidad de espiguillas mostró una relación cuadrática con la temperatura y el mejor ajuste de la curva se determinó cuando se promedió la temperatura de los cinco días posteriores al 50 % de floración.

2.2.2.1 Efecto de las bajas temperaturas

Arguissain (2006), afirma que el desarrollo de las espiguillas es afectado por la ocurrencia de bajas temperaturas. Shimizu y Kuno, citados por Arguissain (2006), documentan un amplio rango de anomalías morfogénicas de las espiguillas por efecto de bajas temperaturas: 1) formación de brácteas foliares, 2) acortamiento del primordio, 3) disminución del número de ramificaciones primarias y secundarias, 4) suspensión del crecimiento de raquis y espiguillas, 5) aumento del número de órganos por espiguilla (varias glumelas, duplicación de estambres, etc.), 6) estructuras bisexuales, 7) falta de órganos reproductivos, etc.

Arguissain (2006), nombra al embarrigado (cuando la panoja ocupa el interior de la vaina de la hoja bandera) como otro momento de alta sensibilidad al frío, específicamente en el estado de microspora, donde se

observa macho esterilidad como resultado de baja dehiscencia de las anteras y una cantidad de polen limitada.

Jacobs y Person, citados por Arguissain (2006), estudiaron el efecto de la duración y el momento de ocurrencia de bajas temperaturas en iniciación del primordio floral y embarrigado. Para temperaturas de 15°C/10°C día/noche, hallaron que con períodos de un día o mayores, el número de espiguillas se redujo en un 41%, la fertilidad descendió en un 90%, las ramificaciones se vieron disminuidas hasta un 43% y su largo hasta un 34%. Los autores concluyeron que en iniciación floral la reducción es mayor en el número de espiguillas que en la fertilidad y en embarrigado esta última disminuye considerablemente.

Según Arguissain (2006), el período comprendido entre diferenciación de la célula madre del polen (aproximadamente 15 días antes de la floración) y alrededor de 4-6 días pos floración, es de alta sensibilidad al estrés ambiental. Según este autor, si bien el frío puede provocar esterilidad por falta de polen, también puede producirse por falta de germinación del grano de polen si el frío ocurre al momento de la polinización.

De Datta (1981), indica que las lesiones de las plantas de arroz por bajas temperaturas ocurren en regiones templadas y tropicales. El daño provocado por las bajas temperaturas es la mayor limitante de la producción de arroz en las zonas montañosas tropicales y subtropicales. En regiones templadas los daños por frío es el principal obstáculo que limita el área de crecimiento del arroz y la duración de la estación de crecimiento. En Korea, las bajas temperaturas a menudo causan bajos rendimientos de arroz. En el área de Beijin, en China, donde la temperatura puede ir tan bajo como 5 ° C, las plántulas de arroz tienen que ser protegidas del daño por frío. En California, desde que el arroz se volvió un cultivo comercial en 1912, se han citado dos tipos de problemas de daños por frío:

- Vigor de las plántulas y establecimiento en agua fría (18° C o por debajo).

- Esterilidad causada por temperaturas nocturnas frías (por debajo de 15° C), 10 a 14 días antes de floración.

En Japón, las bajas temperaturas es el principal factor limitante en la producción de arroz. Se destacan los siguientes aspectos de investigaciones realizadas en ese país:

- Estado susceptible al frío. Por muchos años fue generalmente asumido que la esterilidad es resultado de las temperaturas frías del verano en el momento de antesis. Satake y Hayase, citados por De Datta (1981), encontraron que el estado mas sensible al frío es la etapa de microspora joven, después de la división meiótica.
- Temperatura baja critica. Nishiyama et al., citados por De Datta (1981), mostraron que la temperatura crítica baja para inducir esterilidad es de 15°C a 17°C en las variedades mas tolerantes al frío y entre 17°C y 19°C en las variedades sensibles al frío en la etapa meiótica del crecimiento del cultivo. Sus estudios sugieren que la temperatura crítica para esterilidad es alrededor 15-20°C, principalmente en antesis.

Según De Datta (1981), dos factores causan daños por frío al arroz: tiempo frío y agua de riego fría. Según el autor los tipos comunes de síntomas causados por bajas temperaturas son:

- Pobre germinación.
- Lento crecimiento y decoloración de las plántulas.
- Crecimiento vegetativo atrofiado caracterizado por la disminución de la altura y macollaje.
- Retraso a la floración.
- Incompleta excerción de la panoja.
- Prolongado período de floración.
- Degeneración de las espiguillas.
- Maduración irregular.
- Esterilidad.
- Formación de granos anormales.

Alvarado (2002), reporta que en el área arrozable de Chile (clima templado), en donde las bajas temperaturas son relativamente comunes a lo largo del ciclo, el frío afecta la producción de arroz principalmente en germinación y durante la floración. Las consecuencias de las bajas temperaturas son: pérdidas de plantas, amarillamiento de las hojas e incremento de la esterilidad de espiguillas.

De acuerdo con Sthapit et al., citados por Alvarado (2002), temperaturas por debajo de 20°C pueden resultar en plantas enanas, prolongada duración del cultivo, pobre excursión de la panoja, amarillamiento de las hojas y esterilidad de espiguillas.

El retraso a la floración es un daño común del frío cuando las plantas de arroz son sometidas a bajas temperaturas (por debajo de 20°C) en el período de 45-35 días antes de floración (Kaneda, Satake, Shibata, Tinarelli, citados por Alvarado, 2002)

El tiempo frío puede causar esterilidad de panoja por interferencia de la formación del grano de polen (Peterson y Jones, citados por Alvarado, 2002).

Según Tinarelli, citado por Alvarado (2002), la temperatura crítica para inducir la esterilidad de espiguillas varió desde 10° C a 15° C y la presencia de frío por más de tres o cuatro días incrementa la probabilidad de esterilidad de espiguillas.

Yoshida, Lee, citados por Alvarado (2002), reportaron que el estado más sensible para aumentar la esterilidad es la etapa meiótica, y según Yoshida, la etapa de floración es la segunda más sensible a bajas temperaturas.

Según Alvarado (2002), es posible afirmar que la temperatura promedio por debajo de 20° C durante cinco días en la etapa de floración incrementa la probabilidad de obtener esterilidad de espiguillas por encima de 10% a 12%, valores considerados normales en la producción de arroz.

Temperaturas mínimas bajas menores a 12° C durante el desarrollo de la microspora, aumenta dramáticamente la esterilidad de espiguillas (Peterson et al., Satake, citados por Gunawardena et al., 2002).

En Uruguay, períodos de frío en la fase reproductiva son comunes y fueron identificados como uno de las principales razones de la inestabilidad de los rendimientos. Los meses mas calidos de verano, enero y febrero, tienen en promedio 10 y 9,6 días, respectivamente, con temperaturas mínimas por debajo de 15° C (Pérez De Vida et al., 2002).

La Universidad Federal de Santa María publica en el 4° Congreso Brasileiro de Arroz Irrigado (2005), que el primordio es un momento crítico ya que está siendo formado el número de granos por panoja. Por eso es importante que la planta no sufra estrés, principalmente causado por temperaturas bajas (menores a 17° C). El momento más susceptible a las bajas temperaturas es cuando ocurre la división de las células madres de los granos de polen, entre 7-10 días antes de floración.

Por otro lado, según Chebataroff (1983), las temperaturas frescas durante el período de maduración prolongan el período de llenado de grano lo cuál favorece el peso de estos. Por otro lado con temperaturas relativamente bajas en la noche se aumenta la longevidad de las hojas, se reduce la respiración y se incrementan, en consecuencia, los rendimientos. Las temperaturas bajas en maduración, sin embargo, pueden aumentar el desgrane.

El período reproductivo del arroz comprendido entre el desarrollo de la panoja y la antésis, es sumamente sensible a las bajas temperaturas. Estos períodos fríos son comunes en la zona este de Uruguay y han sido identificados como una de las principales causas de inestabilidad de los rendimientos. En esta región, durante el mes de enero y durante las dos primeras décadas de febrero existe una probabilidad de aproximadamente el 20 % de obtener promedios de temperaturas mínimas decádicas menores a 15 °C. Hacia fines de febrero y primeras décadas de marzo

aumenta a 30 %, y a fines de marzo supera el 50 % (Blanco et al., citados por Deambrosi et al., 1997).

La temperatura mínima promedio registrada los 1° de enero en la serie histórica 1972-2007 para la región de Treinta y Tres (Uruguay), resulta 15,5 °C; el 42 % de los años de esa serie histórica se registraron temperaturas mínimas menores a 15 °C. En enero existen días o períodos en particular donde aparece con mayor frecuencia un llamativo número de años donde la temperatura descendió en forma importante, lo que sucedió entre un 39 y 53 % de los años del período analizado (Deambrosi y Méndez, 2007).

2.2.2.2 Efecto de la alta temperatura

Según Chebataroff (1983), altas temperaturas durante el período de maduración (sobre todo si son contrastantes entre el día y la noche) pueden promover mala calidad industrial (incremento de granos con zonas tizosas) y posteriormente incrementar el nivel de granos quebrados.

La alta temperatura es un factor crítico en la producción de grano en Pakistán, el Medio Este y África tropical (Satake y Yoshida, citados por De Datta, 1981).

Sato, Osada et al., Satake y Yoshida, citados por De Datta (1981), reportaron a la alta temperatura como una importante limitante para la producción de arroz, en los países de Egipto, Senegal, Tailandia y la India, por inducir altos porcentajes de esterilidad.

Satake y Yoshida, citados por De Datta (1981), reportaron a la floración como la etapa en la cual la planta de arroz es más sensible a las altas temperaturas. Encontraron que la fertilidad de espiguillas fue de 75 % para las plantas que se mantuvieron en 35° C por 4 horas, 55% a 38 ° C por 4 horas y aproximadamente 15 % a 41° C por 2 horas.

De acuerdo a Satake y Yoshida, citados por De Datta (1981), altas temperaturas el día de la floración, específicamente durante la antésis fue lo más perjudicial para la fertilidad de espiguillas. Altas temperaturas justo

antes de la antésis fue lo segundo mas perjudicial, y en cambio si estas se dan después de la antésis, se encontró que tienen poco efecto en la esterilidad de las espiguillas.

Yunbi et al. (1989), estudiando el efecto de altas temperaturas sobre la fertilidad de espiguillas, encontraron una correlación negativa significativa entre el porcentaje de espiguillas fértiles y el promedio de la máxima temperatura diaria tres DDF. El porcentaje de espiguillas fértiles disminuyó significativamente cuando la máxima temperatura media fue de 35,9° C durante tres días.

Lei y Mackill (2002), aseguran que temperaturas altas (> 35° C) en el estado reproductivo causan baja fertilidad y pueden disminuir significativamente el rendimiento.

2.2.3 Efecto de la humedad atmosférica

Los efectos de la humedad relativa en los trópicos son generalmente confundidos con los efectos de la energía solar y temperatura, por lo tanto, no se atribuye importancia a la alta correlación negativa entre humedad relativa y rendimiento de grano. Sin embargo un largo período de rocío a menudo causa un aumento de la incidencia de enfermedades en el arroz. En tales casos los efectos de la alta humedad relativa son usualmente confundidos por el régimen de temperatura de la noche, la cual causa un período largo de rocío (De Datta, 1981).

Según Chunhai y Zongtan (1990), precipitaciones, alta humedad y bajas temperaturas disminuyen la fertilidad de las espiguillas del cultivo de arroz tipo indica y podría incrementar el porcentaje de espiguillas vacías y reducir los rendimientos. Estos autores, estudiaron el efecto del tiempo húmedo en floración en 12 variedades indicas encontrando que el porcentaje de espiguillas fértiles se redujo con incremento en la humedad y reducción de la temperatura. El factor meteorológico mas importante fue la humedad relativa ($r= 0,96$), seguida por la temperatura media tres DDF.

Según Finassi et al. (2002), los días lluviosos alternados con días soleados causa un rápido cambio en la humedad del grano del arroz cáscara porque el agua absorbida de la lluvia o de la humedad de la noche no está ligada a las estructuras celulares y es por tanto rápidamente liberada al ambiente. Este ciclo de secado y mojado someten al grano a un estrés físico, que bajo ciertas condiciones pueden causar quiebre del endosperma, resultando en un aumento de granos quebrados durante el molineado.

2.3 MOMENTO DE COSECHA

Según Smiderle (2007), Smiderle y Días (2008), el arroz alcanza el punto de madurez adecuado cuando dos tercios de los granos de la panoja están maduros. Estos autores también afirman que cosechas anticipadas con humedades elevadas aumenta la proporción de granos malformados y yesosos y que el arroz cosechado tardíamente con muy baja humedad afecta la productividad por el desgrane natural, ocurriendo agrietado y quebrado de los granos y reducción de rendimiento de los granos enteros.

La cosecha de arroz tiene un punto óptimo de maduración que está en función de las características genéticas de los cultivares y de las condiciones climáticas. El arroz cunado más tiempo permanece en el campo tiende a bajar la humedad principalmente en el tramo de 20 a 40 DDF. Una baja humedad de grano facilita la operación de la maquinaria, economiza tiempo y energía del secador (Infeld, 1981).

La cosecha anticipada o tardía afecta la producción de grano y calidad de producto. Cosechas anticipadas proporcionan elevada ocurrencia de granos verdes, yesosos y mal formados que no completaron su desarrollo. Cuando las cosechas son realizadas tardíamente, con granos que presentan porcentajes de humedad muy bajos, puede ocurrir aumento de desgrane natural, acamamiento, ataque de insectos, pájaros roedores y reducción de rendimiento de granos enteros (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria-Embrapa, Ribeiro et al., citados por Romanini et al., 2005).

Según Chebataroff (1983), el momento de cosecha podría estar indicado por la de humedad de grano y por el número de días después de la floración. En ese momento el peso de mil granos debería ser el máximo. Según el autor una definición de época óptima de cosecha podría ser "el momento cuando se consigue el máximo rendimiento por hectárea de grano entero".

El grano de arroz debe ser cosechado con una humedad entre 21 % y 17 %, para optimizar el grano entero molineado (Mc Cauley y Way, 2001).

La época de cosecha conviene que sea lo más temprano posible, teniendo en cuenta la humedad del grano y el porcentaje de verde, ya que de esa forma se evitan pérdidas de rendimiento por caída de grano y vuelco. Para la variedad Bluebelle, se recomienda cosechar a los 50 DDF (Blanco y Méndez, 1986).

Smith et al., McNeal, Kester, citados por Adair et al. (1962), reportaron que el máximo rendimiento de arroz se obtiene cuando el contenido de humedad del grano se encuentra entre 18 y 24 %. Cosechas realizadas con una humedad mayor, resultaron en menores rendimientos y con reducción en la calidad industrial. Si el contenido de humedad de grano a la cosecha es menor a 18 %, la calidad industrial será afectada negativamente, por la alternancia de mojado (por rocío y lluvias) y secado del arroz maduro que puede resultar en un excesivo quebrado de grano cuando el arroz es industrializado.

La mayoría de los cultivares presentan reducción en el rendimiento de los granos enteros después que alcanzaron un determinado grado de maduración. Granos muy secos quedan sujetos a agrietarse en el campo lo que favorecen a su quiebre en las operaciones de cosecha y posterior procesamiento. Altos porcentajes de granos quebrados disminuyen sensiblemente el valor comercial del arroz (Faroni et al., citados por Smiderle y Días, 2008).

Pedroso (1978), observó en los cultivares EEA-406 y IRGA-407, que estos no presentaron diferencias significativas cuando se cosecharon en distintos estados de

maduración, pero hubo una tendencia a producir más, cuando se cosechó con humedades de grano entorno de 20 %, coincidiendo con 40 - 50 días después de completa floración. En la variedad IAS 12-9 Formosa, el autor encontró mejores rendimientos de grano cuando cosechó con humedad de grano menor a 22 % coincidiendo con 40 DDF. Bluebelle presentó rendimientos bajos cuando se cosechó con elevada humedad, superior a 25 %, observó lo mismo cuando cosechó por debajo de 18 % de humedad de grano lo que se dio después de 50 DDF. También reportó el mismo comportamiento para las variedades CICA-4 e IRGA-408.

Pedroso (1994), publica que el atraso en la época de cosecha provoca mayor desgrane natural constatado por el menor número de granos por panoja, menor peso de granos y como consecuencia menor productividad. Estudiando diferentes momentos de cosecha (30, 45, 60 y 75 DDF) en dos variedades BR-IRGA 409 e IRGA 416 concluyó que el punto de cosecha recomendado es entre 18 y 24 % de humedad, y que cosechas después de este momento causaron menor rendimiento de granos enteros.

2.3.1 Rendimiento de arroz cáscara

Chebataroff (1983), obtuvo el máximo rendimiento a los 45 DDF, disminuyendo un 10 % al atrasar la cosecha en 20 días y más de un 13 % de reducción por 30 días de atraso. Según el autor, estas pérdidas son debidas al desgrane y el quebrado de tallos.

Acosta (1988), publica que el rendimiento de arroz cáscara aumentó desde la primer época de cosecha (35 DDF), obteniéndose el máximo en las cosechas realizadas a los 45 y 55 DDF.

Smiderle (2007), evaluó seis momentos de cosecha: 22, 29, 36, 43, 50 y 57 DDF. La producción de grano a partir de los 29 días no se alteró hasta los 57 días pos floración. La cosecha realizada 22 días pos floración proporcionó productividades de grano significativamente menores que en los demás momentos de cosecha, a pesar de haber obtenido el mayor rendimiento de granos enteros. Las cosechas entre 29 y 43 días pos floración no tuvieron

diferencias significativas en rendimiento ni en proporción de granos enteros. El rendimiento en grano aumenta hasta 36 DDF (máximo) y luego disminuye.

Smiderle et al. (2007), encontraron que la producción de grano a partir de 29 DDF (cuando alcanzó 5705 kg/ha) hasta los 50 DDF prácticamente no se altera. El mejor tratamiento fue la cosecha a los 43 DDF donde se obtuvo mayor rendimiento, mayor peso de grano y mayor porcentaje de entero al igual que a los 50 días. En similares estudios el mismo autor afirma que no tuvo diferencias significativas entre cosechas realizadas entre 29 y 50 DDF y que los mayores rendimientos se obtuvieron a los 43 y 50 días. El rendimiento de cosecha a los 15 días pos floración fue significativamente menor al resto de los momentos de cosecha.

Blanco y Méndez (1996), estudiaron diferentes momentos de cosecha a partir de 35 días después de 70 % de floración y cada 10 días hasta los 75 DDF, con diferentes variedades. Tacuarí tuvo diferencias significativas en rendimientos en los diferentes momentos de cosecha. Para Caraguatá no se encontraron diferencias en rendimiento. Para El Paso 144, el mayor rendimiento se obtuvo en las cosechas de 55 y 65 DDF que tuvieron diferencia significativa con la última cosecha (75 DDF). Las cosechas de 65 y 75 DDF fueron significativamente menores a la de 55 DDF. De esta manera los autores concluyen que las variedades se comportan de manera diferente en cuanto a rendimiento de grano de arroz cáscara.

Lavecchia et al. (2004), evaluaron diferentes momentos de cosecha en INIA Olimar y El Paso 144; concluyendo que no afectaron significativamente el rendimiento de arroz cáscara.

Lavecchia et al. (1999), observaron en INIA Tacuarí, que el rendimiento de arroz cáscara no fue afectado significativamente por los momentos de cosecha, pero detectaron rendimientos más bajos en la primer y ultima cosecha (35 y 65 DDF respectivamente), lo que coincide con Acosta (1988). En cambio, para las variedades El Paso 144 e INIA Caraguatá las diferencias en rendimiento fueron

significativas. Para El Paso 144 se obtuvieron mayores rendimientos en las cosechas más tempranas.

Bica y Graña (1991), estudiaron tres momentos de cosechas (45, 55 y 65 DDF) en dos variedades de arroz (Bluebelle y El Paso 144). Observaron para ambas variedades que el rendimiento de arroz cáscara no fue afectado significativamente.

Romanini et al. (2005), evaluaron siete momentos de cosecha (desde 20 a 50 DDF, cada cinco días) en IAC 202, obteniendo el mayor rendimiento en la cosecha realizada entre 30 y 35 DDF. No observaron diferencias significativas en el peso de mil granos ni en la calidad industrial (porcentaje de entero).

Blanco (1987), evaluando diferentes momentos de cosecha (50, 60 y 70 DDF), no encontró diferencias significativas en rendimiento, aunque sí en la calidad industrial del grano. El peso de mil granos y el entero fueron mayores para el primer momento de cosecha.

Méndez (1997), estudió diferentes momentos de cosecha desde 35 días después de 70% de floración, cada 10 días en tres variedades de arroz, INIA Tacuarí, INIA Caraguatá y El Paso 144. Observó para El Paso 144 que los mayores rendimientos se dieron en las dos primeras épocas (35 y 45 DDF), luego de estas el rendimiento empezó a caer en forma importante. Para INIA Tacuarí observó que la mejor época para rendimiento de arroz cáscara es a los 45 DDF y para INIA Caraguatá no encontró diferencias entre las épocas de cosechas realizadas.

Segovia (2007), no observó efectos significativos sobre el rendimiento de arroz cáscara ni sobre el peso de los mil granos al estudiar diferentes momentos de cosecha (35, 45, 55 y 70 DDF) sobre la variedad INIA Olimar, pero observó mayores rendimientos en la cosecha realizada 55 DDF. El rendimiento promedio de arroz cáscara y del peso de mil granos fue de 9091 kg/ha y de 27.7 gr.

Molina et al. (2007), no encontraron efectos significativos de los diferentes momentos de cosechas

estudiados (35, 45, 55 y 65 DDF) sobre el rendimiento de arroz.

2.3.2 Componentes del rendimiento

La producción final del cultivo está determinada por los componentes del rendimiento que son: número de panojas por metro cuadrado, número de granos por panoja y peso de mil granos.

2.3.2.1 Número de panojas por metro cuadrado

Roel y Blanco (1997), observaron para INIA Tacuarí al realizar un ensayo de diferentes épocas de cosecha (35, 45, 55, 65 y 75 DDF) que, el número de panojas por metro cuadrado fue significativamente inferior en la cosecha realizada a los 65 DDF, coincidiendo con el momento que se registró el máximo rendimiento. INIA Caraguatá no presentó diferencias significativas en esta variable y su promedio fue de 558 panojas por metro cuadrado. El Paso 144 tuvo un promedio de 593 panojas por metro cuadrado y se vio afectado significativamente por los momentos de cosecha.

Roel (1998), observó que el número de panojas por metro cuadrado en INIA Tacuarí fue significativamente inferior en la primer y ultima cosecha (35 y 75 DDF, respectivamente), siendo el promedio de 594 panojas/m². En INIA Caraguatá y El Paso 144 no observó diferencias en el número de panojas en las diferentes cosechas, siendo el promedio 694 y 571 panojas/m² respectivamente para cada variedad.

Roel (1999), observó que el número de panojas por metro cuadrado en INIA Tacuarí fue significativamente inferior en las dos últimas cosechas (65 y 75 DDF). En INIA Caraguatá y El Paso 144 observó que los diferentes momentos de cosecha no afectaron a este componente.

Segovia (2007), encontró diferencias significativas en el número de panojas por metro cuadrado por el efecto de los diferentes momentos de cosecha. Los menores valores los observó en la primer cosecha (35 DDF), el cuál fue estadísticamente inferior a las cosechas realizadas

posteriormente. Obtuvo un incremento de 4,4 panojas por día a medida que se retrasaba la cosecha hasta 70 DDF.

2.3.2.2 Número de granos por panoja

En cuanto a los granos llenos por panoja, Roel y Blanco (1997), observaron para INIA Tacuarí que estos siguieron la misma tendencia que el rendimiento, siendo el mayor valor a los 55-65 DDF. Para El Paso 144 el número de granos llenos fue significativamente inferior en la primer y ultima cosecha (35 y 75 DDF). En INIA Caraguatá no observaron diferencias significativas para ese componente del rendimiento. En cuanto a los granos vacíos por panoja reportaron que para INIA Tacuarí hay una tendencia a disminuir con el retraso de la cosecha. Esta tendencia también la observaron para INIA Caraguatá y El Paso 144. Los granos totales por panoja en INIA Tacuarí e INIA Caraguatá no se vieron afectados significativamente por los momentos de cosecha. En El Paso 144 observaron una tendencia significativa de desgrane luego de la cosecha de 55 DDF.

Roel (1998), publicó que INIA Tacuarí el número de grano llenos por panoja no se vió significativamente afectado por los momentos de cosecha, observando el mayor número a los 55 DDF, que coincide con el máximo rendimiento. En INIA Caraguatá observó una significativa reducción en el último momento de cosecha (75 DDF) por la ocurrencia de un fuerte temporal. Lo mismo detectó en El Paso 144 por las mismas razones.

Sin embargo, en la zafra posterior, este autor, detectó que el número de granos llenos por panoja para INIA Tacuarí fue significativamente afectado por los momentos de cosecha, registrándose el mayor número a los 45 y 55 DDF. Para INIA Caraguatá observó una significativa reducción del número de granos llenos con el retraso de la cosecha, mientras que en El Paso 144 no encontró diferencias (Roel, 1999).

2.3.2.3 Peso de mil granos

Chebataroff et al. (1984), evaluando momentos de cosecha encontraron que el peso de mil granos fue afectado por la época de cosecha siendo mayor en la primera (50 DDF) y menor en la última (70 DDF).

Según Blanco y Méndez (1986), la evolución del peso de mil granos se vio afectado al 1% por la época de cosecha, decayendo desde la primer época estudiada (50 DDF) a la última época (70 DDF). Según los autores esto fue debido a que, después de los 50 DDF, comenzaron a caer los granos llenos, siendo estos los más pesados.

Roel y Blanco (1997), al igual que Roel (1998), al estudiar diferentes momentos de cosecha (35, 45, 55, 65 y 75 DDF) no encontraron diferencias significativas en el peso de mil granos en INIA Tacuarí. Sin embargo, Roel (1998), en INIA Caraguatá el peso de mil granos presentó una tendencia significativa a disminuir con el retraso de la cosecha, exactamente lo contrario a lo observado por Roel y Blanco (1997). En El Paso 144 no encontró diferencias en el peso de mil granos en los distintos momentos de cosecha, siendo el promedio para esta variedad de 28,6 gr.

Smiderle y Días (2008), estudiando seis momentos de cosecha (15, 22, 29, 36, 43 y 50 DDF), encontraron que el mayor peso de mil granos se dio a los 41 DDF, el cual permaneció estable hasta los 48 días. No hubo diferencia significativa entre los 30 y 48 DDF.

Bica y Graña (1991), encontraron diferencias significativas al 1% en los componentes del rendimiento (número de tallos por ha, peso de mil granos y número de granos por panoja) trabajando con Bluebelle y El Paso 144, en tres momentos de cosechas (45, 55 y 65 DDF). En la variedad Bluebelle observaron que el peso de mil granos fue afectado significativamente al 1 % por el momento de cosecha, siendo la segunda época (55 días pos floración) superior a la primera y tercer época coincidiendo a lo expuesto por Blanco y Méndez (1986). En cambio, para la variedad El Paso 144, encontraron mayor peso de mil granos

para la primer cosecha, estadísticamente superior a la segunda y tercer época.

Gaggero y Marmo (1999), observaron que el proceso de llenado de grano fue afectado por los momentos de cosecha. Según los autores, en INIA Tacuarí, la máxima acumulación de carbohidratos (máxima tasa de llenado de grano) se dio a los 55-65 DDF y en INIA Caraguatá y El Paso 144 entre los 25 y 35 DDF. En El Paso 144 el máximo peso de panoja y el mayor número de granos llenos por panoja se detectó a los 35 DDF, a pesar de esto observaron el mayor peso de mil granos a los 45 DDF. El máximo rendimiento en INIA Tacuarí fue a los 65 DDF, coincidiendo con el máximo número de granos llenos por panoja. En cambio, para INIA Caraguatá al igual que para El Paso 144 el máximo rendimiento se obtuvo en la cosecha 55 DDF.

2.3.3 Calidad industrial

La calidad física y fisiológica de los granos de arroz depende del cultivar, estado de maduración, grado de humedad y daños mecánicos que pueden ocurrir durante la cosecha, secado, molineado y almacenamiento (Lago et al., citados por Romanini et al., 2005).

Blanco y Méndez (1986), estudiando diferentes momentos de cosecha en la variedad Bluebelle, concluyeron que la época de cosecha afectó la mayoría de las características de calidad industrial (porcentaje de verde, porcentaje de quebrado y porcentaje de yeso) siendo la mejor época 50 DDF.

Molina et al. (2007), por su parte, encontraron que los únicos componentes de calidad afectados significativamente por el momento de cosecha fueron el porcentaje de manchado, el de yeso y el de verde.

2.3.3.1 Rendimiento de blanco total

El rendimiento de blanco total es el resultado del total de granos de arroz enteros y quebrados una vez extraída la cáscara y el afrechillo, expresado como el porcentaje de arroz cáscara inicial (Méndez, 1997).

Según Blanco y Méndez (1996), el porcentaje de blanco total en INIA Tacuarí no tiene diferencias en los primeras cuatro cosechas (35, 45, 55 y 65 DDF), en la cosecha 75 disminuye bruscamente. En El Paso 144 aumenta hasta la cosecha 65 y luego se mantiene y en el caso de INIA Caraguatá tiene un pico en la cosecha 65 y luego disminuye en la cosecha 75. Esta última variedad fue la que obtuvo mayor porcentaje de blanco (71 %).

Méndez (1997), observó al estudiar diferentes momentos de cosecha en tres variedades, que en INIA Tacuarí el blanco total se mantuvo prácticamente constante y bajó en la última época de cosecha. En INIA Caraguatá y El Paso 144 el blanco total aumentó a medida que se atrasó la cosecha, debido a un mayor llenado de grano y disminución de granos yesosos.

Lavecchia et al. (1999), observaron en INIA Tacuarí que los valores de blanco total fueron afectados significativamente por los momentos de cosecha: los valores de blanco aumentan desde cosechas tempranas a medida que se retrasa la cosecha y decaen nuevamente en cosechas muy tardías. En INIA Caraguatá se determinó el mismo comportamiento con la excepción de que los valores se mantienen en la última cosecha. En El Paso 144 el blanco total también fue afectado significativamente por el momento de cosecha, los valores más bajos se observaron en cosechas tempranas.

Lavecchia et al. (2004), evaluando el efecto del momento de cosecha, constataron que el rendimiento de blanco total en INIA Tacuarí no fue afectado, en cambio en INIA Olimar al igual que en El Paso 144 el blanco total se vio afectado por los momentos de cosecha.

Lavecchia et al. (1997), observaron mayores rendimientos de blanco total en cosechas realizadas 45 y 55 DDF y confirman que los diferentes momentos de cosecha afectaron significativamente el blanco total, en las variedades, INIA Tacuarí, INIA Caraguatá y el Paso 144. Para las tres variedades, los valores de blanco total son bajos en cosechas tempranas (35 DDF) y aumentan hasta la segunda

época de cosecha (45 DDF), lo que según los autores se explica por la continuación del llenado de grano hasta 45 DDF.

Acosta (1988), evaluando diferentes momentos de cosecha, observó que los menores porcentajes de blanco total se dieron en las primeras cosechas 25 y 35 DDF, asociado a la presencia de un alto porcentaje de granos livianos e inmaduros y se determinó un incremento del blanco total a medida que el grano madura.

Bica y Graña (1991), estudiando tres épocas de cosecha (45, 55 y 65 DDF) en la variedad Bluebelle, encontraron que el blanco total aumentó al atrasar la época de cosecha, observando diferencias significativas al 1% entre las tres épocas, explicado según los autores, a que en la primer cosecha hubo mayor cantidad de granos inmaduros. Para la variedad El Paso 144 observaron el mayor valor de blanco total en la segunda época de cosecha, estadísticamente significativo al 1% con respecto a las otras dos.

Roel (1999), observó que el rendimiento de blanco total en INIA Tacuarí fue afectado por los momentos de cosecha estudiados (35, 45, 55, 65 y 75 DDF), existiendo una tendencia al aumento de este con el retraso de la cosecha. En INIA Caraguatá el porcentaje de blanco fue significativamente menor en la primer cosecha (35 DDF). En el Paso 144 se observó el mayor valor de blanco en la cosecha 65 DDF y el menor a los 75 días, los cuáles fueron diferentes estadísticamente.

Segovia (2007), observó efectos significativos de los diferentes momentos de cosecha sobre el rendimiento de blanco total, donde los mayores valores se registraron en la tercera y cuarta cosecha (55 y 70 DDF), estadísticamente superiores a la primera (35 DDF).

2.3.3.2 Porcentaje de granos enteros

El valor económico del cultivo de arroz depende principalmente de la producción de grano entero. El porcentaje de grano entero depende de las condiciones de drenaje precosecha, de la humedad de grano a cosecha, del manejo pos cosecha y del manejo industrial. El porcentaje de grano entero es influenciado por las condiciones de secado pre cosecha, el secado pos cosecha y manipuleo y el tipo de proceso industrial usado (Mc Cauley y Way, 2001).

Según Infeld (1981), luego de la etapa de maduración del grano, la alternancia entre humedecimiento por rocío o lluvia y el secado por el sol es probablemente el principal factor responsable del quebrado del grano; esto cobra evidencia cuando se observa que el aumento del porcentaje de granos quebrados después de la maduración está relacionado directamente con el bajo porcentaje de humedad a la cosecha.

Según Kunze y Hall, citados por Finassi et al. (2002), el quiebre del endosperma es causado por la fuerza siguiendo el gradiente del contenido de humedad del grano entre la parte superficial e interna del grano. A su vez atribuyen el quebrado a la reabsorción de la humedad más que al rápido secado. Numerosos estudios afirman que el quebrado ocurre solo cuando la humedad de grano está por debajo de 15 %.

Smiderle y Días (2008), estudiando seis momentos de cosecha (15, 22, 29, 36, 43 y 50 DDF), observaron que el máximo rendimiento de grano entero se obtiene con humedades un poco por encima de las que se dan el máximo rendimiento, lo que coincide con lo reportado a su vez por Steffe et al., citados por Smiderle y Días (2008). Los autores encontraron que el rendimiento de grano entero aumentó desde los 15 hasta los 39 DDF, permaneciendo constante hasta los 43 DDF. Observaron los menores valores de entero entre 15 y 22 DDF, lo que es atribuido según Lago et al., Castro et al. a inmadurez, formación incompleta y granos yesosos. Los altos valores de quebrado encontrados por Smiderle y Días (2008), entre 43 y 50 DDF es justificado por Juliano y Duff, citados por Smiderle y Días (2008),

posiblemente por el tiempo excesivo que permanecieron los granos en el campo después de haber alcanzado la maduración completa, pudiendo ser atribuido al cultivar y a los procesos de pos cosecha.

Según Pedroso (1978), al evaluar el efecto de diferentes momentos de cosecha, afirman que el rendimiento de granos enteros mostró tendencias similares al rendimiento de grano, indicando que las cosechas muy precoces como las muy tardías perjudican esta variable. Observó que en los cultivares EEA-406 y IRGA-407 el atraso de la cosecha parece ser mas perjudicial que las cosechas tempranas con alta humedad de grano, en tanto en los cultivares IAS 12-9 Formosa, Bluebelle y CICA-4 observó los menores porcentaje de entero cuando el arroz se cosechó con humedades superiores al 20%, a pesar de que en estas variedades también detectó una tendencia a disminuir el rendimiento de entero en cosechas muy tardías.

Según Chebataroff (1983), posteriormente al momento óptimo de cosecha existe una depresión del porcentaje de entero por efecto de la expansión y contracción diaria del grano debido a temperaturas diurnas y nocturnas contrastantes agravándose sus efectos por rocíos o lluvias en ese período. Observó que el porcentaje de entero se incrementó desde las primeras cosechas (25 y 35 DDF) hasta la cosecha 55 DDF. Afirma que más de 20 días de atraso, tomando como fecha óptima de cosecha 45 DDF, deprimen mucho el rendimiento de grano entero. Los mayores rendimientos de entero a su vez se dieron con porcentajes de humedad de grano entre 21% y 23%.

Según Blanco y Méndez (1996), el mayor porcentaje de grano entero para Tacuarí, Caraguatá y El Paso 144 se da en la cosecha realizada 55 DDF. Para INIA Tacuari, el entero aumenta hasta 45 DDF y se mantiene hasta 55 DDF y luego disminuye. En INIA Caraguatá los máximos valores de enteros se dan en las cosechas 45 y 55 DDF y para El Paso 144 el mayor porcentaje de entero se da a los 55 DDF sin obtener datos de cosechas anteriores.

Smiderle (2007), encontró que el porcentaje de granos enteros varió de 71.23 % de la cosecha realizada a los 22

DDF a 64,6 % en la cosecha 57 DDF y que a partir de los 29 DDF hasta los 43 DDF el rendimiento de grano entero para el cultivar de arroz BRS JABURU no presentó diferencia significativa. El mismo autor en otro experimento observó diferencias entre las cosechas a los 15 y 22 DDF, a partir de la cosecha a los 29 días no se encontraron diferencias significativas.

Según Mc Cauley y Way (2001), en un experimento realizado durante cuatro años en Arkansas, el grano entero molineado aumentó desde la cosecha realizada con 35 % de humedad de grano hasta 15 % de humedad, pero no encontraron diferencias de entero en humedades de grano entre 18 y 20 %. Afirman que el grano entero molineado fue drásticamente afectado por el año.

Lavecchia et al. (1999), no encontraron diferencias significativas en el porcentaje de entero en los diferentes momentos de cosecha en INIA Tacuarí. Los valores mas bajos se registraron en la primera cosecha (35 DDF) y en la última (65 DDF), y el mas alto en la tercer cosecha (55 DDF). En cambio INIA Caraguatá si vio afectado su rendimiento de entero por los momentos de cosecha, donde los mayores valores se obtuvieron en las dos últimas cosechas (55 y 65 DDF). En El Paso 144, el entero también fue afectado por los momentos de cosecha.

En INIA Olimar y El Paso 144 el entero se vio afectado por momento de cosecha. Se obtuvieron altos valores de entero en cosechas tempranas y retiros de agua tardíos (Lavecchia et al., 2004).

Guimaraes y Machado (1996), estudiaron el efecto del momento de cosecha y el contenido de humedad de los granos sobre el rendimiento de grano entero en tres variedades de arroz: IAC-100, IAC-101 e IAC-4440, en Brasil. Observaron que las cosechas realizadas a los 37 y 44 DDF resultan en mayores rendimientos de grano entero perjudicándolo en cosechas tardías y tempranas. Los mayores rendimientos de grano entero fueron verificados cuando el contenido de humedad de los granos se encontró entre 20 y 29 %, coincidiendo con los momentos de cosecha antes mencionados.

Lavecchia et al. (1997), determinaron para las variedades El Paso 144, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá, que el rendimiento de grano entero fue afectado por el efecto conjunto de los momentos de cosecha con los momentos de retiro de agua. Los valores de entero fueron menores en la cosecha de 65 DDF. Cuando la cosecha se realizó a los 45 DDF el porcentaje de entero no se vio afectado por el momento de retiro de agua.

Acosta (1988), observó un menor rendimiento de granos enteros en las primeras épocas de cosecha (25 y 35 DDF), lo cuál estaba correlacionado con una mayor producción de granos verdes e inmaduros los que presentan mayor fragilidad en el procesamiento. En las últimas cosechas (65 y 75 DDF) el porcentaje de entero vuelve a disminuir, dándose el momento óptimo de cosecha para grano entero a los 45 y 55 DDF.

Bica y Graña (1991), observaron diferencias significativas al 1% al atrasar la época de cosecha en la variedad Bluebelle, en cambio para El Paso 144 encontraron que ese parámetro no fue afectado por el momento de cosecha.

Ribeiro et al. (2004), estudiaron diferentes momentos de cosecha (7, 14, 21 y 28 días después del momento óptimo de cosecha), en doce variedades de tierras altas (Guaraní, IAC 202, Primavera, Caiapó, Canastra, Confianza, Carisma, CNAs 8983, MG 1043, CNAs 8824, CNAs 8957 y CRO 97505). Observaron que a medida que se atrasó la cosecha en 7, 14, 21 y 28 días ocurrió un descenso continuo del rendimiento medio de entero de 5, 6, 8 y 6% respectivamente, para cada período. Con los datos obtenidos los autores concluyen que la cosecha debe ser realizada cuando el grano de arroz alcanza entre 20 y 22 % de humedad.

Méndez (1997), estudiando diferente momentos de cosecha encontró para El Paso 144 que en la cosecha realizada a los 45 DDF, el porcentaje de entero cae bruscamente con respecto a la realizada diez días atrás. En cambio en INIA Tacuarí el porcentaje de entero es bajo en la primer cosecha (35 DDF), luego aumenta y disminuye nuevamente en la última cosecha. En INIA Caraguatá el valor de entero se

ve afectado en cosechas muy tardías, aunque mostró mayor estabilidad en las diferentes cosechas frente a las otras dos variedades.

Segovia (2007), observó que las distintas épocas de cosecha afectaron el rendimiento de granos enteros, obteniendo el mejor resultado cuando se cosechó a los 45 DDF y en segunda instancia a los 55 DDF.

2.3.3.3 Porcentaje de granos verdes

Blanco y Méndez (1996), observaron que el porcentaje de verde a partir de la primer cosecha (35 DDF) disminuye a medida que se atrasa la cosecha. Para INIA Caraguatá e INIA Tacuarí el porcentaje de verde a partir de la cosecha 55 se mantiene estable o disminuye muy lentamente, con valores muy bajos de verde, menor al 1 %. Para El Paso 144 se da una disminución brusca de la cosecha 55 a la 65 DDF, pasando de 10 a 2 % de granos verdes aproximadamente.

Chebataroff et al. (1984), reportaron que el porcentaje de verde respondió a la época de cosecha, disminuyendo desde los 50 DDF a 70 DDF.

Acosta (1988), encontró que en cosechas posteriores a los 45 DDF el porcentaje de granos verdes fue inferior al 10 %.

Lavecchia et al. (1999), encontraron para las variedades El Paso 144, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá que el porcentaje de verde es afectado significativamente por los diferentes momentos de cosecha, siendo altos en cosechas tempranas y descendiendo al atrasar la cosecha. Los valores altos en las cosechas tempranas coincidieron con altos porcentajes de granos yesosos.

Lavecchia et al. (2004), determinaron diferencias significativas de diferentes momentos de cosecha sobre el porcentaje de granos verdes, aunque no hubo correlación con el rendimiento de grano (carga, blanco total, entero). Las dos variedades estudiadas fueron Inia Olimar y El Paso 144.

2.3.3.4 Porcentaje de yeso

Blanco y Méndez (1996), determinaron para INIA Caraguatá e INIA Tacuarí que el porcentaje de yeso disminuye mucho de 35 a 45 DDF, estabilizándose a partir de 55 DDF, en cambio para El Paso 144 disminuye fuertemente de 55 a 65 DDF y luego aumenta muy levemente en la última cosecha (75 DDF).

Según Chebataroff et al. (1984), el porcentaje de yeso fue afectado significativamente por las épocas de cosecha, siendo menor en la primer época de cosecha (50 DDF).

Lavecchia et al. (2004), encontraron diferencias significativas en dos momentos de cosecha para las variedades INIA Olimar y El Paso 144.

Lavecchia et al. (1999), observaron en la variedad INIA Tacuarí que los mayores valores de yeso se dieron en cosechas tempranas (35 DDF) y que los momentos de cosecha afectaron significativamente el porcentajes de granos yesosos. Lo mismo sucedió en la variedad INIA Caraguatá. Luego de la primer cosecha los valores disminuyen a medida que la misma se atrasa. En cambio en El Paso 144 observó que el porcentaje de yeso bajó significativamente de la primer cosecha a la segunda, luego de esta se mantuvieron prácticamente constante.

Acosta (1988), Méndez (1997), Molina et al. (2007), encontraron las mismas tendencias que los autores citados anteriormente, y el segundo autor afirma que esos resultados son lógicos ya que el yeso es un grano inmaduro, que no terminó de llenar y que a medida que se atrasa la cosecha los granos inmaduros completan su desarrollo.

Segovia (2007), por el contrario, no encontró diferencias en el valor de granos yesosos en las cuatro fechas de cosechas estudiadas.

2.3.4 Humedad de grano a cosecha y su efecto sobre la calidad

Ribeiro et al. (2004), estudiaron cuatro momentos de atraso en la cosecha (7, 14, 21 y 28 días después del momento óptimo de cosecha), observando que la mayor reducción de humedad ocurrió en el período comprendido entre el momento óptimo de cosecha y siete días después de esta, seguido por el período de 7 a 14 días después de la cosecha óptima. En el primer período mencionado fue de 3% y en el segundo 1,1%. Observaron que a medida que los cultivares permanecieron en el campo hubo una convergencia de la humedad tendiendo a estabilizarse en 14% cuando entra en equilibrio con la humedad del aire.

Smiderle y Días (2008), estudiaron seis momentos de cosecha (15, 22, 29, 36, 43 y 50 DDF) evaluando el cultivar BRS RORAIMA; observaron que el porcentaje de humedad fue afectado significativamente por los momentos de cosecha, presentando una reducción constante a lo largo de los períodos.

Mc Cauley y Way (2001), afirman que el secado del grano fue afectado por el momento de cosecha. Observaron que la humedad de grano declinó alrededor de 2,2 % por día por encima de 23 % de humedad, pero declinó solo alrededor de 0,6 % por día desde 23 % a 15 % de humedad de grano. Según los autores la pérdida de humedad de grano es dependiente de la temperatura ambiente, de la humedad y del cultivar. El arroz pierde humedad de grano rápidamente hasta alrededor de 25 %, luego se seca más lento desde 25 % hasta 20 %. Para una humedad de grano dada, hay una considerable variación en la humedad de los granos individuales. El mismo autor también observó una constante pérdida de humedad de grano desde la tercer semana hasta la sexta semana después de 50 % de floración de 1,5 % a 2 % por semana.

Dilday, citado por Mc Cauley y Way (2001), mostró que el grano entero molido decrece a medida que el contenido de humedad de grano a cosecha decreció de 20 % a 14 %.

Berrio y Cuevas - Perez, citados por Mc Cauley y Way (2001), observaron que retrasando la cosecha dos semanas después de una humedad de grano de 20 % a 25 %, reduce el grano entero molineado alrededor de 18 % en 16 cultivares testeados.

Nangju y De Datta, citados por Mc Cauley y Way (2001), reportan que en Filipinas, arroz transplantado produjo el máximo porcentaje de grano entero molineado entre 28 y 32 DDF, lo cuál correspondió entre 19 - 25 % de humedad de grano.

Smiderle (2007), reporta que la humedad de grano a cosecha se redujo de 27,03 % a los 22 DDF a 21.87 % a los 57 DDF. También observó en otro ensayo que la humedad a cosecha bajó de 37,12 % a los 15 DDF a 21,06 % a los 50 DDF y que a lo largo de los seis momentos de cosecha (22, 29, 36, 43, 50 y 57 DDF) se verifica la disminución de la humedad de los granos, lo que traía aparejado paralelamente aumento de la productividad, aumento del peso de granos y en la proporción de granos enteros.

Thompson y Muters (2001), reportan que el porcentaje de granos enteros fue constante y mayor que aproximadamente 92 % en humedades por encima de 20 % - 22 %. La pérdida en granos enteros estuvo correlacionada con la proporción de granos secados por debajo de 15 % de contenido de humedad durante el día y que fueron rehidratados en la noche. Estos autores observaron también, que bajo condiciones de ambiente que causaron completa rehidratación de los granos secos cada noche, el valor mas alto de entero fue obtenido en 24 % de contenido de humedad a cosecha. En condiciones de no rocío en la noche (no rehidratación) altos valores de arroz pueden ser obtenidos en contenidos de humedad a cosecha tan bajo como 17 %. A su vez bajo condiciones de completa rehidratación, el valor máximo fue obtenido en contenido de humedad a cosecha mas altos que 20 % y bajo condiciones de tiempo seco altos valores pudieron ser obtenidos por encima de 17 %. Los autores concluyen que el rendimiento total de arroz y porcentaje de grano entero son influenciados por la humedad del arroz en la cosecha y que, el óptimo contenido de humedad está relacionado a las condiciones del tiempo.

Jodari y Linscombe (2002), afirman que el rendimiento molinero del arroz puede decrecer drásticamente por el desarrollo de fisuras que ocurren antes de la cosecha. La absorción de humedad por los granos relativamente secos es la primera causa de fisura en las etapas de pre y pos cosecha. Indican que genotipos de arroz que tienen bajas tasas de absorción y pérdida de humedad del arroz cáscara son usualmente más resistentes al fisuramiento. Estudiando dos variedades observaron que el cultivar que recuperaba la humedad a una tasa más rápida y también perdía la humedad más rápidamente, era la menos resistente al fisuramiento. A su vez la variedad más resistente mantuvo por encima dos puntos porcentuales el contenido de humedad que la menos resistente, hasta que tuvieron un 8 % de humedad ambas variedades. Los resultados indican que, en la que se observó menor difusividad de humedad, posiblemente sea la principal causa de la resistencia al fisuramiento.

Lavecchia et al. (1999), observaron para INIA Tacuarí que el mayor porcentaje de humedad se registró en la primer cosecha (35 DDF), luego se mantuvo en el orden del 20 %. Para INIA Caraguatá determinaron valores altos de humedad en la primer cosecha y bajos en la ultima (65 DDF). En El Paso 144 el porcentaje de humedad también fue afectado significativamente por los momentos de cosecha. En esta variedad el porcentaje de humedad de los granos disminuye de 35 a 55 DDF, luego vuelve a aumentar.

Según Pozzolo y Pitter, citados por Arguissain (2006), la humedad de grano tiene una influencia directa sobre la eficiencia de cosecha; la tendencia es a aumentar el grado de quebrado a medida que se trilla con menor humedad. La humedad correcta de trilla depende de la variedad. Los autores consideran en forma genérica que dentro del intervalo del 19 al 24 % de humedad se produce un quebrado mínimo.

Acosta (1988), observó para los distintos momentos de cosecha que, el contenido de humedad del grano fue afectado significativamente y que disminuyó 0,39 % por día desde los 25 a 45 DDF y 0,14 % por día desde los 45 a 75 DDF.

2.4 MOMENTO DE RETIRO DE AGUA

El cultivo de arroz necesita agua durante todo su ciclo y la falta de agua durante los períodos de establecimiento del cultivo, macollaje, inicio de primordio hasta llenado de grano, causa daños significativos en el cultivo, asociado con una reducción de la humedad del suelo y consecuentemente con una menor absorción de agua y nutrientes para la planta, lo que se refleja en la productividad y calidad de los granos. Durante el período de llenado de grano de arroz ocurre la translocación de los carbohidratos acumulados en las hojas y vainas para las espiguillas. La falta de agua en ese período que va desde antésis hasta maduración fisiológica de los granos, puede reducir el rendimiento y la calidad de los mismos. El drenaje anticipado es una práctica importante del punto de vista de economía del agua y para mejorar las condiciones a cosecha; pero, por otro lado, el atraso en el drenaje del agua a cosecha puede causar dificultades en la operación de la misma aumentando las pérdidas y dañando el suelo. La época ideal de drenaje final para obtener altos rendimientos y buena calidad de grano varía con las condiciones edafoclimáticas, variedades de arroz cultivadas, época de siembra, y por lo tanto, varía de año a año y de un lugar a otro (Lima et al., 2005).

Según Adair et al. (1962), el agua debería ser drenada cuando la panoja esta doblada y los granos de la punta de la panoja están maduros y los de la base están en estado pastoso duro, este estado se da alrededor de dos semanas antes de que el cultivo este maduro. Cuando se drena en este estado usualmente deberá haber suficiente humedad en el suelo para que el cultivo madure normalmente y dentro de dos semanas el suelo deberá estar suficientemente firme como para soportar la maquinaria de la cosecha.

La Universidad Federal de Santa María en el 4° Congreso Brasileiro de Arroz Irrigado (2005), sugiere como regla general que la supresión del agua de riego debe hacerse cuando la mayoría de los granos hayan alcanzado el estado pastoso. Sostienen que si el suelo tiene buen drenaje el riego puede ser suprimido después de completado el llenado de los granos y en suelos arcillosos de difícil drenaje se

puede sugerir la supresión del agua 10 días después del completo florecimiento de las plantas (80% de las plantas florecidas) en cultivares de tipo intermedio y 15 días en cultivares de tipo moderno.

Según Blanco y Méndez (1986), el drenaje del agua de inundación de la chacra de arroz previa a la cosecha, es una práctica recomendable y con ella no se afecta el rendimiento ni la calidad industrial del cultivo y se obtienen las siguientes ventajas al cosechar en seco:

1) Menor costo de cosecha. Se reduce la tracción necesaria, al bajar el patinaje y, por consiguiente, el consumo de combustible y el gasto en reparaciones.

2) Ahorro de tiempo. Todas las máquinas (cosechadora, tractores y trineos) pueden circular más rápido.

3) El consumo de agua es menor. Al no tener que mantener el suelo inundado hasta el final, se evitan las últimas reposiciones.

4) Se conserva la nivelación. La sistematización de la chacra se mantiene y se mejora en años sucesivos.

5) Se permite el escurrimiento superficial, evitando los encharcamientos y la saturación del suelo.

6) Se facilitan las operaciones de laboreo. Al no existir excesos de agua, la preparación del suelo se puede realizar antes.

7) Siembra en época del próximo cultivo o pradera en cobertura.

2.4.1 Rendimiento de arroz cáscara

Stone y Fonseca (1980), estudiaron cinco momentos de drenaje a partir de siete DDF cada siete días hasta 35 DDF en dos variedades IAC 435 e IR841-63-5-L-9-33. En la primer variedad, la producción de grano no fue afectada significativamente por los drenajes, en cambio en la segunda variedad los autores observaron que el rendimiento aumentó a medida que se retraso el drenaje final, explicado por el período más largo de emisión de panojas que tiene esa variedad.

Chebataroff et al. (1984), evaluaron el efecto sobre rendimiento y calidad industrial de retirar el agua a los 20, 30, 40, 50 y 60 DDF. El rendimiento no tuvo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de drenaje.

Blanco (1987), evaluó el efecto del retiro de agua en diferentes etapas del cultivo y diferentes momentos de cosecha sobre rendimiento y calidad industrial. El tratamiento que tuvo mayor depresión en el rendimiento fue el que estuvo con ausencia de agua de riego desde primordio a floración. El tratamiento que le faltó agua desde floración a grano lechoso rindió menos que el que le faltó agua desde grano lechoso a madurez.

Lavecchia et al. (2004), estudiando diferentes momentos de drenaje observaron que en INIA Tacuarí y en INIA Olimar este no afectó el rendimiento de arroz cáscara. En cambio para El Paso 144 se encontró que el rendimiento si fue afectado por el momento de retiro, alcanzando el mayor valor cuando se retiró el agua a los 35 DDF.

Lavecchia et al. (1999), evaluando diferentes momentos de retiro de agua, observaron que el rendimiento de arroz cáscara en INIA Tacuarí no se vio afectado significativamente, pero observaron menores rendimientos en el retiro más temprano (15 DDF). En cambio en INIA Caraguatá el rendimiento se vio afectado por los retiros de agua y momentos de cosecha en forma interaccionada. En El Paso 144 el rendimiento se vio afectado por los momentos de retiro.

Duarte et al. (1977), evaluando cuatro momentos de retiro de agua final (20, 25, 30 y 35 DDF) determinaron que estos no tuvieron influencia en el rendimiento en ninguna de las dos variedades estudiadas; IAC 435 y De abril.

Lavecchia et al. (1997), estudiaron diferentes momentos de retiro de agua (15, 25, 35 y 45 DDF) y observaron que el rendimiento de arroz cáscara en la variedad INIA Tacuarí se vio afectado por el retiro mas temprano. Según los autores, esto se debe, a que el grano no logra llenarse completamente, lo que se refleja en un menor porcentaje de

arroz cargo en retiros tempranos de agua. En El Paso 144 el rendimiento se vio afectado por el momento de retiro mas temprano, cuando permaneció el agua hasta los 35 y 45 DDF se obtuvieron mayores rendimientos. En la variedad INIA Caraguatá no se vieron efectos significativos.

Acosta (1988), encontró que la maduración del grano fue más rápida en el cultivo drenado con respecto al que permaneció inundado. A su vez observó que el retiro definitivo del agua realizado en etapas tempranas de la maduración del cultivo provoca un enlentecimiento de la translocación de metabolitos hacia el grano, este efecto no se ve en momentos de drenaje posteriores. También afirma que no detectó diferencias significativas en el rendimiento de arroz cáscara al evaluar diferentes momentos de drenaje (15, 25, 35 y testigo sin retirar el agua); pero observó una tendencia que los máximos valores de arroz cáscara se presentaron en el drenaje realizado a los 35 DDF.

Pauletto et al. (1981), estudiaron varios momentos de drenaje, de los cuáles concluyen que los drenajes a partir de 85 días después de emergencia del cultivo no afecta el rendimiento de grano.

Lima et al. (2005), evaluaron dos cultivares: IRGA 417 e IRGA 418, en dos años, en cinco momentos de drenaje: en plena floración, 8, 16, 24 y 32 DDF. Observaron en el primer año de evaluación (2003-2004) que el rendimiento del cultivar IRGA 417 no fue afectado por los momentos de drenaje, mientras que en la zafra siguiente el rendimiento de grano se diferenció (menor valor) en el primer manejo de agua del resto de los drenajes, explicado ese resultado por los autores a que en el año 2005 hubo menor humedad relativa y mayor evapotranspiración. Para el cultivar IRGA 418 observaron que el rendimiento varió en función del drenaje, los menores rendimientos se registraron cuando se drenó en floración y 8 días después de la misma.

Roel (1999), realizó un ensayo con cinco tratamientos de retiro de agua (15, 25, 35, 45, 55 DDF y sin retiro de agua). En ese estudio publica que las plantas de las parcelas drenadas a los 15 días en la variedad INIA Tacuarí se secaron violentamente lo que determinó que volcaran y no

se pudiera cosechar, debido al largo período con ausencia de lluvias registrado enseguida de haber drenado las parcelas en ese momento. A diferencia de Roel y Blanco (1997), Roel (1998), observó que el rendimiento de arroz cáscara en INIA Tacuarí fue afectado por los retiros de agua, registrando el menor rendimiento en el retiro a los 25 días después de 50% de floración.

Segovia (2007), estudiando el efecto del retiro de agua en un ensayo, encontró que el rendimiento fue afectado por el momento de drenaje afirmando que el momento óptimo donde encontró mayor rendimiento es drenando a partir de 50 DDF. No encontró diferencias en el peso de mil granos.

Molina et al. (2007), al contrario de Segovia (2007), no encontraron efectos significativos de las épocas de drenaje sobre el rendimiento de arroz cáscara al realizar un ensayo de similares características.

Yang et al. (2003), estudiaron el efecto de diferentes niveles de potencial de agua en el suelo usando tres niveles de humedad, desde 9 días después de anthesis hasta maduración. Los tratamientos fueron: 1) sin déficit de agua, (bien regado), con profundidad de agua de 1-2 cm. 2) Déficit moderado, con $-0,025$ MPa y 3) déficit severo mantenido en $-0,05$ MPa. Observaron que el contenido de clorofila disminuyó a un ritmo más rápido cuando hubo déficit de agua. El tratamiento de déficit severo de agua tuvo una más rápida disminución del contenido de clorofila, indicando que el déficit de agua acelera la tasa de senescencia. Observaron también que los tratamientos de déficit de agua aceleraron en gran medida el llenado de grano. El tratamiento más severo de déficit de agua tuvo mayor tasa de llenado en un período más corto. El mayor rendimiento de grano se obtuvo en el tratamiento sin déficit de agua, y el tratamiento de déficit severo de agua fue estadísticamente menor al que no tuvo déficit, atribuido al menor peso de grano.

2.4.2 Componentes del rendimiento

Gaggero y Marmo (1999), observaron que el retiro de agua no afectó la evolución de llenado de grano ni el rendimiento ni sus componentes en INIA Tacuarí, en INIA Caraguatá y en El Paso 144. Los autores explican los resultados por la ocurrencia de precipitaciones normales y por la baja demanda atmosférica en épocas pos drenaje. Los momentos de drenaje se realizaron a partir de 15 DDF cada diez días hasta 55 días pos floración.

Roel y Blanco (1997), analizando diferentes momentos de retiro de agua, publican que ninguno de los momentos de drenaje (15, 25, 35, 45 y 55 DDF) afectó los componentes del rendimiento en las tres variedades estudiadas (INIA Tacuarí, INIA Caraguatá y El Paso 144).

Molina et al. (2007), Segovia (2007), no encontraron efectos significativos de los diferentes momentos de drenajes sobre los distintos componentes del rendimiento: número de panojas por metro cuadrado, número de granos llenos por panoja, número de granos vacíos por panoja y peso de mil granos.

2.4.2.1 Número de panojas por metro cuadrado

No se encontró información determinante o con efectos significativos sobre este componente en cuanto al efecto del retiro de agua.

2.4.2.2 Número de granos por panoja

Roel y Blanco (1997), a diferencia de Roel (1998), no detectaron efectos significativos de los momentos de retiro de agua sobre el número de granos llenos por panoja en INIA Tacuarí. Roel (1998), observó un menor número de granos llenos en el retiro más temprano (15 DDF). Siendo este el único componente del rendimiento afectado. Al igual que Roel y Blanco (1997), no encontró efectos significativos en ninguno de los componentes de rendimiento en las variedades INIA Caraguatá y El Paso 144.

2.4.2.3 Peso de mil granos

Chebataroff et al. (1984), detectaron el menor peso de mil granos en el tratamiento que se le retiró el agua a los 20 días pos floración y alcanzó el máximo peso a los 50 días.

Blanco (1987), observó que el peso de mil granos fue menor en todos los tratamientos, cualquiera haya sido el momento de drenaje, comparado al testigo (sin retiro de agua). Este fue afectado en mayor medida en los tratamientos que le faltó agua de macollaje a primordio y de primordio a floración.

Acosta (1988), obtuvo el máximo peso de mil granos a los 35 DDF independientemente del momento de drenaje.

Roel (1999), reporta que el peso de mil granos en INIA Tacuarí fue afectado por los retiros de agua, registrando el menor valor en el retiro a los 25 días después de 50% de floración; mientras que, en la variedad INIA Caraguatá, observó, al igual que Roel y Blanco (1997), Roel (1998), que no fue afectado significativamente ni el rendimiento ni los componentes del rendimiento. En la variedad El Paso 144 coincide con Roel (1998), en que los componentes del rendimiento no fueron afectados por el manejo del retiro de agua.

2.4.3 Calidad industrial

Gigena (1944), realizó un ensayo con la variedad Japonés y Blue Rose con el objetivo de averiguar cuál es el momento mas oportuno para retirar el agua al arroz antes de la cosecha con el fin de obtener mayor rendimiento industrial. El ensayo consistió en tres tratamientos a los que se le retiró el agua a los 18, 13 y 8 días antes de la madurez. Las diferencias medias no fueron significativas, lo que quiere decir que a los efectos del rendimiento industrial, resultó indiferente retirarle el agua al arroz con cualquiera de las anticipaciones mencionadas.

Blanco y Méndez (1986), estudiaron cuatro momentos de drenaje: 20, 30, 40 y 50 DDF. Concluyeron que, el

porcentaje de entero fue la única característica de calidad industrial afectada por las diferentes épocas de retiro de agua.

Duarte et al. (1977), observaron que los cuatro momentos de retiro de agua evaluados (20, 25, 30 y 35 días después de inicio de floración) afectaron la calidad de grano en la variedad De Abril y que el tratamiento de drenaje final realizado 25 días después de inicio de floración produjo grano de la mejor calidad molinera en la variedad IAC. 435. Esto último, no concuerda con lo publicado por Lavecchia et al. (1999), quienes encontraron mejor calidad molinera de grano en los retiros de agua más tardíos.

Segovia (2007), observó que los parámetros de calidad industrial del grano fueron influenciados por el momento de retiro de agua, reportando que el mejor momento para retirar el agua es a partir de los 25 DDF.

Molina et al. (2007), al estudiar el efecto de diferentes momentos de retiro de agua, observaron que ninguno de los componentes de calidad industrial fue afectado por el momento de drenaje.

2.4.3.1 Rendimiento de blanco total

Lavecchia et al. (1997), mencionan que, el porcentaje de blanco total se vio afectado por los momentos de retiro de agua en la variedad INIA Tacuarí, obteniéndose los mayores porcentajes cuando el riego permaneció hasta los 35 y 45 DDF. Las variedades INIA Caraguatá y El Paso 144 presentaron las mismas tendencias. Según estos autores, el rendimiento de blanco total se ve afectado por los retiros más tempranos (15 y 25 DDF) porque el grano sigue llenando hasta los 45 DDF.

Blanco (1987), encontró que los diferentes momentos de ausencia de agua afectaron significativamente la calidad industrial. El porcentaje de blanco total fue menor en todos los tratamientos comparado al testigo (sin retiro). Fue afectado en mayor medida en los tratamientos que le

faltó agua de macollaje a primordio y de primordio a floración.

Según Lavecchia et al. (2004), el retiro de agua no afectó el rendimiento de blanco total INIA Tacuarí y en INIA Olimar. En cambio, en El Paso 144 sí mostró una incidencia sobre esta variable, siendo mayor en el último retiro realizado a los 45 DDF.

Lavecchia et al. (1999), encontraron que el rendimiento de blanco total fue afectado por el momento de retiro de agua en la variedad El Paso 144, aunque no determinaron tendencias claras. Los retiros de agua realizados 15, 25 y 65 DDF no se diferenciaron estadísticamente, en cambio el retiro a los 35 DDF fue estadísticamente diferente al resto de los tratamientos, con valores más bajos de blanco total.

Acosta (1988), observó que los tratamientos tienden a mantener los valores de blanco total cuando se retira el agua a los 35 DDF y cuando no se drena; mientras que en los drenados tempranos (15 y 25 DDF) los valores decaen. Esto sucedió también en cosechas tardías.

Segovia (2007), estudiando diferentes momentos de drenaje observó el menor rendimiento estadístico de blanco total cuando se drenó a los 15 DDF. Drenajes realizados posteriormente (25, 35 y 50 DDF) no tuvieron diferencias significativas entre sí, pero fueron significativamente superiores al primero.

2.4.3.2 Porcentaje de granos enteros

Chebataroff et al. (1984), evaluando diferentes momentos de retiro de agua a los 20, 30, 40, 50 y 60 DDF concluyeron que el porcentaje de entero se vio afectado por los tratamientos de época de drenaje. El porcentaje aumentó desde los 20 hasta los 40 DDF y luego disminuye.

Blanco y Méndez (1986), sugieren, basándose en los valores de entero que encontraron al estudiar varios momentos de drenaje, que entre 30 y 40 DDF es el mejor momento de retirar el agua. Siendo el porcentaje de entero

la limitante para el retiro de agua, la mejor época (más temprana), es a los 30 DDF. Observaron que el porcentaje de entero se vio afectado al 10 % por las épocas de drenaje.

Mc Cauley y Way (2001), en un ensayo realizado durante cuatro años estudiaron diferentes fechas de retiro de agua donde las parcelas fueron drenadas con intervalos de 4 días desde 7 DDF hasta 27 DDF. La fecha de drenaje no afectó el rendimiento de grano entero.

Mc Cauley y Way (2001), en otro experimento, estudiando diferentes fechas de retiro de agua encontraron que la fecha de drenaje no afectó el rendimiento significativamente ni el grano entero. Los drenados a los 7 DDF redujeron el grano entero como mínimo 5 %. El porcentaje de entero fluctuó entre años, pero el impacto de las condiciones climáticas fue complejo. Drenajes realizados a las 2 y 4 semanas después de floración no afectó el grano entero molineado. El valor más bajo se encontró cuando el arroz fue drenado en 50 % de floración. El porcentaje de grano entero molineado fue mas afectado por el año que por la fecha de drenaje.

Según Counce et al. (2007), el uso del agua es un factor limitante en la producción de arroz y en la rentabilidad. Según los autores varias investigaciones previas realizadas en Arkansas revelaron que el arroz podría ser drenado más temprano de lo que era recomendado o a lo comúnmente practicado. Estos autores realizaron investigaciones en arroz, instalando ensayos en tres suelos diferentes de Arkansas y fueron drenados en floración y dos y cuatro semanas después de esta. Los drenados en floración resultaron en una disminución del rendimiento de grano entero, independientemente del suelo. Los drenados a las 2 semanas después de floración, comparada con los drenados a las 4 semanas, redujo el porcentaje de grano entero y rendimiento de grano.

Según Lavecchia et al. (2004), el rendimiento de entero se vio muy afectado por los retiros de agua en INIA Tacuarí, al igual que en INIA Olimar y El Paso 144. Los retiros tempranos afectaron hasta en 7,9 puntos en INIA Tacuarí. En Inia Olimar se observó una fuerte interacción

entre los efectos de retiro de agua y momentos de cosecha obteniéndose los valores más bajos en retiros realizados a los 35 DDF y en cosechas tardías.

Roel (1999), al realizar distintos tratamientos de retiro de agua (15, 25, 35, 45 y 55 DDF) en tres variedades, únicamente encontró diferencias en el porcentaje de entero en INIA Tacuarí, observando mayores valores con el retraso del retiro de agua. En las otras dos variedades estudiadas (INIA Caraguatá y El Paso 144) no obtuvieron diferencias para los componentes de calidad industrial.

Roel y Blanco (1997), estudiando diferentes momentos de retiro de agua, publican que en las variedades INIA Tacuarí y El Paso 144 no se afectaron significativamente ninguno de los componentes de calidad industrial; en cambio para INIA Caraguatá observaron que el momento de retiro de agua afectó significativamente el porcentaje de entero y quebrado, disminuyendo el entero a medida que se adelantaba el retiro de agua.

Lavecchia et al. (1999), no determinaron diferencias significativas en el rendimiento de entero en la variedad INIA Tacuarí en los diferentes momentos de retiro, aunque apreciaron una tendencia de aumentar el valor de entero con los retiros de agua más tardíos. En INIA Caraguatá el rendimiento de entero fue afectado por los momentos de retiro en interacción con los de cosecha, los diferentes drenajes no lo afectó significativamente en forma individual. En El Paso 144 se presenta una tendencia general de que el retiro de agua perjudica el porcentaje de entero, se obtuvo el mayor valor en el retiro 35 DDF (57,43 %).

Lavecchia et al. (1997), observaron que el porcentaje de arroz entero en la variedad INIA Tacuarí fue afectado por el efecto conjunto del momento de retiro con el momento de cosecha, siendo retiros de agua temprano con cosechas tardías la combinación que lo afecta más. El contenido de arroz entero es menor en el retiro de agua más temprano (15 DDF). Cuando el agua permaneció durante más tiempo se observaron mayores valores de entero. Esto se repite para

las otras dos variedades estudiadas, El Paso 144 e INIA Tacuarí.

Acosta (1988), evaluando tres momentos de drenaje final (15, 25, 35 DDF y sin retiro de agua) observó que el máximo valor de entero se dio en cosechas más tardías. El retiro de agua efectuado a los 15 y 25 DDF afectó significativamente el porcentaje de granos enteros, obteniéndose menores valores de entero; los valores máximos observados de entero se dieron en los drenados a los 35 DDF y en el que permaneció con agua.

Gaggero y Marmo (1999), observaron que el porcentaje de entero para INIA Tacuarí no se afectó significativamente, siendo las parcelas drenadas 55 DDF las que presentaron el menor valor de quebrado. En INIA caraguatá observaron que el valor de entero si fue afectado significativamente por el retiro de agua, obteniéndose los mayores valores cuando se drenó a los 55 DDF. En El Paso 144 el retiro de agua no tuvo efectos significativos en el porcentaje de entero, pero observaron una tendencia de que a medida que se atrasa el drenaje el grano presenta mayores valores de entero.

Segovia (2007), reporta en un ensayo estudiando diferentes épocas de drenaje que estas influyeron significativamente sobre el rendimiento de grano entero, registrando el menor valor en el drenaje realizado a los 15 DDF. De los 15 días hasta los 25 DDF observó un incremento de 7,1 % en el valor de entero por cada día que se atrasaba el drenaje. También reporta que los drenajes realizados 25, 35 y 50 DDF fueron significativamente superiores al realizado a los 15 DDF pero estadísticamente iguales entre si.

Stone y Fonseca (1980), estudiando diferentes momentos de drenaje final (7, 14, 21, 28 y 35 días después del inicio de floración) en dos variedades (IAC 435 e IR 841-63-5-L-9-33) observaron que el rendimiento fue afectado y que tuvo valores más altos cuanto más tarde fue drenado.

2.4.3.3 Porcentaje de granos verdes

Lavecchia et al. (2004), observaron en INIA Tacuarí que los retiros de agua mas tempranos tuvieron menor número de granos verdes. En INIA Olimar, el porcentaje de verde también fue afectado por el momento de retiro de agua, observando una interacción entre los efectos de retiro de agua y momento de cosecha.

Blanco y Méndez (1986), evaluando diferentes momentos de retiro de agua, publican que el porcentaje de verde no fue afectado significativamente por los distintos momentos de drenaje (20, 30, 40 y 50 DDF).

Acosta (1988), encontró que para los cuatro momentos de drenaje estudiados, la disminución promedio en el porcentaje de granos verdes fue de 3% por día desde los 25 a 45 DDF; desde los 45 días hasta los 85 DDF, la disminución promedio fue de 0,2% por día.

2.4.3.4 Porcentaje de yeso

Roel (1998), no encontró diferencias significativas sobre los componentes de calidad industrial al evaluar momentos de drenaje de 15, 25, 35, 45 y 55 DDF, en ninguna de las tres variedades estudiadas (INIA Tacuarí, INIA Caraguatá y El Paso 144); con la excepción de que en INIA Tacuarí el porcentaje de yeso fue significativamente mayor en el primer momento de retiro de agua.

Lavecchia et al. (2004), observaron que el contenido de yeso en INIA Olimar tuvo una gran incidencia por el efecto de los diferentes retiros de agua, y hubo una interacción de este tratamiento con el de cosecha. En El Paso 144 también encontraron interacción entre momento de cosecha y retiro en la cantidad de granos yesosos. Observaron una reducción en el porcentaje de yeso al retrasar los retiros de agua.

Según Lavecchia et al. (1999), el porcentaje de yeso en INIA Tacuarí se vio afectado significativamente por el momento de retiro. Los mayores valores se observaron en el

primer retiro (15 DDF). En INIA Caraguatá el porcentaje de yeso fue afectado por la interacción de los efectos de momento de retiro de agua y momento de cosecha, donde se observa que a medida que se atrasan las cosechas los mayores valores de yeso se dan en los retiros más tempranos.

Acosta (1988), publica que los drenajes realizados a los 15 y 35 DDF presentaron mayor porcentaje de yeso que el drenado a los 25 DDF y el testigo (sin drenar).

2.4.4 Contenido de humedad de grano

Mc Cauley y Way (2001), realizando drenajes con diferentes fechas de retiro de agua con intervalos de 4 días desde 7 DDF hasta 27 DDF afirman que el momento de drenaje influenció el patrón de secado, principalmente para los drenados 7 y 11 DDF, en donde el grano se secó a una tasa más lenta. Drenajes realizados a las 2 y 4 semanas después de floración no afectó el patrón de secado. Hubo una constante pérdida de humedad de grano desde la tercer semana hasta la sexta semana después de 50 % de floración de 1,5 % a 2,0 % por semana. Los drenados en floración aceleraron el proceso de secado del grano. Determinaron que la humedad del arroz drenado a 50 % de floración fue 6 % menor en todos los momentos de cosecha respecto al arroz drenado de 2 a 4 semanas más tarde

Según Lavecchia et al. (1999), el momento de retiro de agua afectó significativamente el porcentaje de humedad del grano en la variedad INIA Tacuarí, dándose los valores más altos cuando el agua se retuvo hasta la cosecha. En INIA Caraguatá la humedad de grano fue afectado por la interacción de los efectos de retiro de agua y momento de cosecha, observándose que a medida que se atrasan las cosechas los valores mas altos de humedad se dan en los tratamientos de retiro de agua más tardíos.

Según Molina et al. (2007), Segovia (2007), existieron efectos significativos en el contenido de humedad del grano entre los momentos de drenajes estudiados (15, 25, 35 y 50 DDF). Los retiros de agua más tempranos presentaron menores

porcentajes de humedad de grano a cosecha, que los más tardíos.

2.5 LLENADO DE GRANO

Méndez et al. (2003), estudiaron durante varios años la evolución, la tasa y la duración de llenado de grano para las variedades El Paso 144, INIA Tacuarí, INIA Caraguatá e INIA Zapata en dos épocas de siembra en diferentes años. Los autores observaron en general una fase rápida de llenado dentro de los 30-35 DDF, y luego una tasa más lenta hasta la madurez fisiológica. Encontraron diferencias en la duración de llenado de grano en las distintas variedades. El Paso 144 presentó la menor duración promedio en acumulación térmica e INIA Tacuarí la mayor. Los determinaron también que la fase de más rápido llenado se da entre los 10 y 30 DDF, siendo posteriormente más lento hasta el peso máximo, por lo que concluyen que después de los 30 días posteriores al 50 % de floración podría interrumpir o retirar el agua de riego. Según estos autores la radiación solar fue el parámetro climático más importante en la tasa y duración de llenado de grano para El Paso 144 e INIA Tacuarí, y demostró una asociación positiva con el peso de mil granos en El Paso 144.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACIÓN

Este ensayo fue realizado en la Unidad Experimental "Paso de la Laguna" (U.E.P.L), perteneciente al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA Treinta y Tres) durante el año agrícola 2007/2008. La U.E.P.L está ubicada en la primera sección Judicial del Departamento de Treinta y Tres, a 28 km al este de la capital departamental.

3.2 SUELO

Los suelos pertenecen a la Unidad "La Charqueada" según la clasificación de la Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes, con un suelo que corresponde a un Brunosol subéutrico lúvico.

A continuación se presenta el resultado del análisis de suelo en el cuadro No. 1.

Cuadro No. 1. Resultado de análisis de suelo.

pH (H ₂ O) ¹	M.O (%) ²	P.Cítrico (µgP/g) ³	K (meq/100g) ⁴
6,1	2,34	1,1	0,25

¹pH agua, ²materia orgánica, ³fósforo, ⁴potasio.

3.3 CLIMA

La información climática fue proporcionada por la estación agro meteorológica instalada en la U.E.P.L.

A continuación se presentan los datos de heliofanía (horas de luz), precipitaciones, temperatura media y evaporación de la serie histórica (1972 - 2007), del año precedente al que se realizó el ensayo (2006 - 2007) y del año en que se desarrolló el mismo (2007 - 2008). Los datos corresponden al período setiembre - abril.

3.3.1 Heliofanía

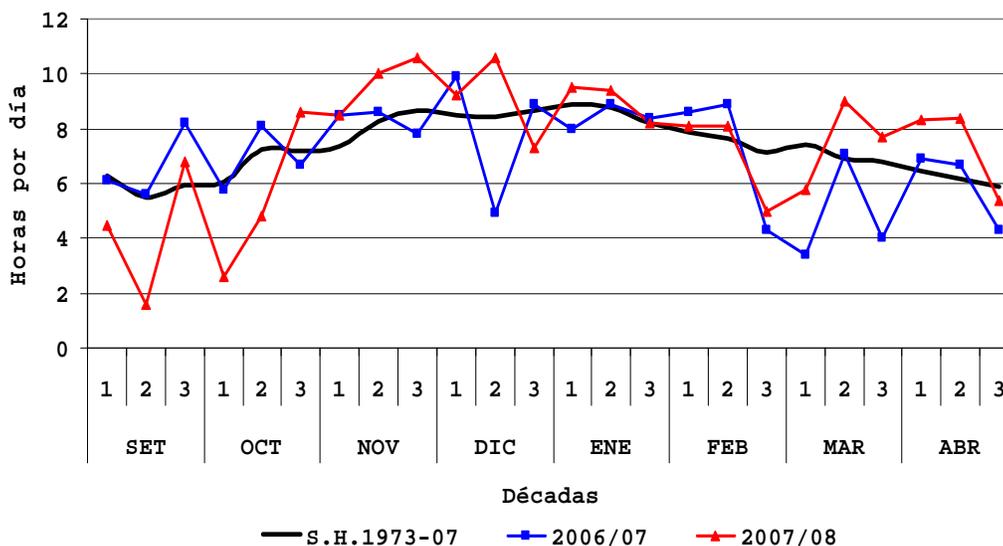


Figura No. 1. Horas de sol decádicas correspondientes a los años 2007/2008 y a la serie histórica 1973 - 2007.

Fuente: Elaborado en base a datos de la estación agrometeorológica de la U.E.P.L.

Durante el mes de noviembre y hasta la segunda década de diciembre la cantidad de horas de luz fueron mayores a las normales para estos meses. Esto coincidió con la fase vegetativa del cultivo.

Las horas de luz durante en el mes de enero y las dos primeras décadas de febrero fue muy similar a la serie histórica coincidiendo con los eventos fonológicos de primordio (4 de enero) y floración (1 de febrero).

En la tercera década de febrero y primera de marzo las horas de luz fueron menos que la media histórica, y nuevamente a partir de esta década las horas de luz de 2008 superan a las horas de luz de la serie histórica para ese período.

3.3.2 Temperatura



Figura No. 2. Temperatura media decádica correspondiente a los años 2006/07, 2007/08 y a la serie histórica 1971-2007.

Fuente: Elaborado en base a datos de la estación agrometeorológica de la U.E.P.L

El registro de las temperaturas de octubre 2007 está por encima de la serie histórica, en noviembre pasa lo contrario. La tercera década de diciembre y primera de enero la temperatura fue superior a la normal.

En la segunda década de enero los registros de temperatura fueron tres grados menos aproximadamente que la serie histórica, a partir de la tercera década de enero la temperatura siguió la misma tendencia que la serie histórica.

Por tanto la temperatura entorno al periodo crítico del cultivo (veinte días previos a veinte días post floración) se comporto de manera similar a la serie histórica.

3.3.3 Precipitaciones

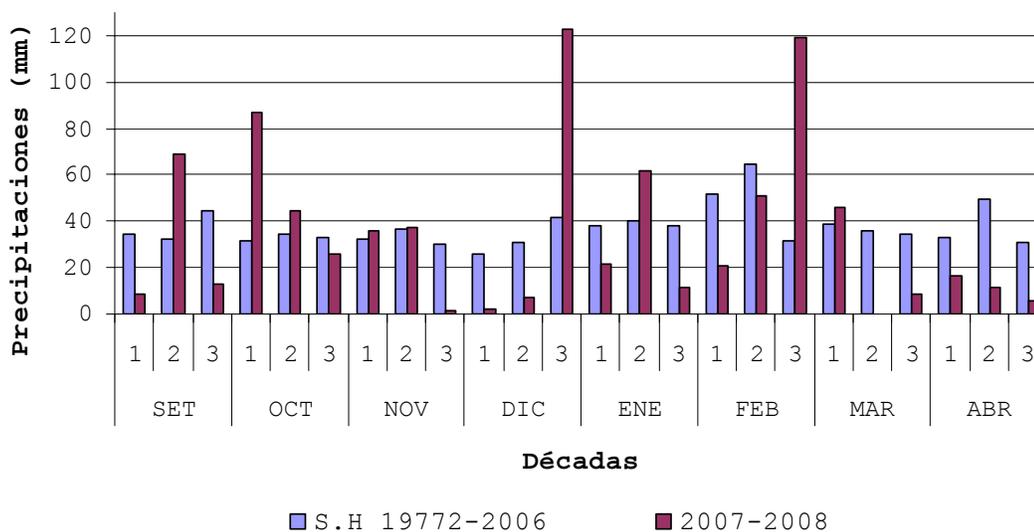


Figura No. 3. Precipitaciones decádicas correspondientes a los años 2007/08 y serie histórica 1973/74 a 2006/07.

Fuente: Elaborado en base a datos de la estación agrometeorológica de la U.E.P.L.

Se observa que durante la tercera década de noviembre hasta la segunda de diciembre, primera y tercera de enero, primera y segunda de febrero, segunda y tercera de marzo y todo abril se obtuvieron registros pluviométricos significativamente inferiores a los valores promedios. Por otra parte la tercera década de diciembre y de febrero presentaron precipitaciones muy por encima de la media, la segunda de enero también registro precipitaciones superiores a la media histórica.

3.3.4 Evaporación

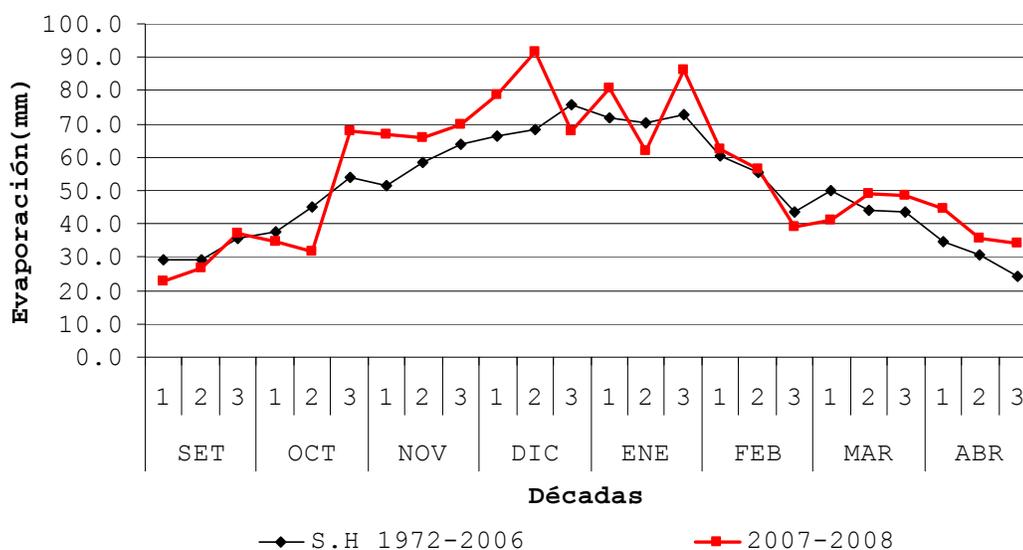


Figura No. 4. Evaporación decádica correspondiente a los años 2007/08 y serie histórica 1973/74 a 2006/07.

Fuente: Elaborado en base a datos de la estación agrometeorológica de la U.E.P.L.

Según se muestra en la figura No. 4 la evaporación fue superior a la serie histórica desde la tercera década de octubre hasta la segunda de diciembre, en la primera y tercera de enero y a partir de la segunda década de marzo hasta la tercera de abril. Sin embargo en la tercera década de diciembre, segunda de enero, tercera de febrero y primera de marzo la evaporación de la zafra en estudio fue menor que la serie histórica.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue de parcelas subdivididas en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Cada bloque constó de cinco parcelas grandes de 10 m de largo por 6,6 m de ancho y correspondió a los tratamientos de retiro de agua. A su vez, cada parcela fue dividida en cuatro (parcela chica), a las que se les asignó los tratamientos de momento de cosecha.

3.5 TRATAMIENTOS

Los tratamientos fueron los siguientes:

Momento de retiro de agua (MR):

A 50 % de floración (T0).
 15 días después de 50 % de floración (T15).
 30 días después de 50 % de floración (T30).
 45 días después de 50 % de floración (T45).
 Sin retiro de agua (TSR).

Momento de cosecha (MC):

30 días después de 50 % de floración.
 45 días después de 50 % de floración.
 60 días después de 50 % de floración.
 75 días después de 50 % de floración.

La determinación del 50 % de floración se realizó observando si la mitad de las plantas aproximadamente tenía su panoja fuera de la vaina.

En el cuadro 2 se presenta la fecha en que se registro los distintos eventos fonológicos y en el cuadro 3 las fechas en que se realizaron los tratamientos.

Cuadro No. 2. Fecha de eventos fonológicos.

Emergencia	Primordio	Floración
2 Nov	04-Ene	01-Feb

Cuadro No. 3. Calendario de actividades de los tratamientos momentos de retiro de agua y momentos de cosecha.

Momento de retiro de agua (DDF) ¹	Fecha	Momento de cosecha (DDF)	Fecha
0	01-Feb	30	03-Mar
15	15-Feb	45	17-Mar
30	03-Mar	60	01-Abr
45	17-Mar	75	16-Abr
SR ²	-----		

¹Días después del 50% de floración ²Tratamiento sin retiro de agua.

3.6 MANEJO

El manejo del experimento fue similar al manejo característico que se hace en la zona en cuanto a laboreo, siembra, fertilización y uso de herbicidas.

3.6.1 Laboreo

A fines de invierno se drenó el suelo, se aplicó glifosato, se realizó un laboreo convencional para nivelar el suelo, lográndose obtener una buena cama de siembra.

3.6.2 Siembra

La siembra se realizó el 21 de octubre de 2007 a una densidad de 160 kg/ha de semilla de la variedad INIA Olimar, a una distancia entre hileras de 17 cm.

3.6.3 Fertilización

A la siembra la fertilización basal fue de 140 kg/ha de 18-46/46-0 y se realizaron dos coberturas con urea; la primera a macollaje (30 de noviembre) previo a la inundación con 50 kg/ha y la segunda a primordio (4 de enero) con 60 kg/ha.

3.6.4 Uso de herbicida

Para el control de malezas, el 14 de noviembre se realizó una aplicación de una mezcla de herbicidas compuesta por: 1,4 l/ha de Quinclorac + 3,0 l/ha de Propanil + 0,8 l/ha de Clomazone + 200 gr de Cyperex.

3.6.5 Inundación

La inundación se realizó el 30 de noviembre (28 días después de emergencia)

3.7 DETERMINACIONES

3.7.1 Determinaciones a campo

Para cuantificar el efecto de la lámina de agua sobre el ambiente de los tratamientos, se colocaron sensores HOBO a nivel de la panoja y a nivel del suelo con el objetivo de medir la evolución de la humedad relativa, temperatura atmosférica, punto de rocío y temperatura del agua o suelo dependiendo del tratamiento. Estos sensores se colocaron en los tratamientos de retiro de agua T0, T30 y TSR en dos bloques únicamente, se colocaron a medida que se iniciaban los tratamientos de retiro de agua.

La información recabada de los sensores a través de un aparato llamado HOBO Shuttle se pasaba a la computadora con el mismo, y con el programa Boxcar Pro 4 se podía observar la información recabada y tener conocimiento de la evolución de la temperatura y humedad relativa de la parcela, y del período en que estuvo cada sensor.

La determinación del rendimiento de cada tratamiento se realizó en un área efectiva de ocho hileras de ancho por tres metros de largo dejando las tres hileras del borde de la parcela y medio metro en las cabeceras como forma de delinear el área a cosechar. La cosecha consistió en cortar con hoz en el área marcada.

El total de lo colectado en cada parcela se trilló con una cosechadora estacionaria marca Almaco, se colecto el total de los granos en un recipiente de plástico (latones) y se pesaba, también se tomó una muestra para medir porcentaje de humedad del grano con un equipo Dickey-john portatil.

Para determinar el número de panojas por hectárea se cortaron dos muestras en treinta centímetros de hilera elegidas al azar, estas se colectaban en bolsas de papel.

Para el número de granos por panoja se tomaron quince panojas al azar, se colocaron en bolsas de papel.

La materia seca a cosecha se determinó colectando cuatro muestras en treinta centímetros de hilera cada una, elegidas al azar, cortadas con hoz al ras del piso. Se colocaban en bolsas de nylon y se pesaban antes y después de ser secadas en estufa a 100° C.

Con el fin de determinar la curva de llenado de grano se realizó un seguimiento a partir de diez días después de 50 % de floración hasta sesenta DDF. Al momento de floración se marcaron con anillo de cable aproximadamente 132 panojas por parcela, tomando como criterio que se encuentren en un mismo estadio (panojas totalmente fuera de la vaina de la hoja bandera). Para la selección de las panojas se descartó los bordes de la parcela. Se tomaron muestras de los tratamientos de retiro de agua de 50 % de floración, 30 DDF y sin retiro. Se colectaron diez panojas anilladas por tratamiento cada cinco días desde el inicio del muestreo.

3.7.2 Determinaciones en laboratorio

De cada tratamiento cosechado se sacó una muestra (aproximadamente dos kilos), que fue secada en un secador marca Satake hasta alcanzar un contenido de humedad de entre 13 y 14%. Esta muestra se utilizó para determinar la calidad industrial y el peso de mil granos. Antes de ser secada, se midió la humedad de la muestra en laboratorio con un equipo electrónico marca Stenlite.

Las panojas recolectadas para determinar el número de panojas por hectárea fueron secadas en estufa a 60°C durante 24 horas, hasta perder toda la humedad. Se contó el número de panojas totales en el área de muestreo y luego se expresó el valor por hectárea.

Para calcular el número de granos por panoja y el porcentaje de esterilidad, se secaron las muestras colectadas en estufa a 60°C, se pesó y se desgranó las panojas, estos granos se pasaron por un clasificador marca Kiya Seisakusho para separar los granos llenos de los chusos y luego se volvían a pesar por separado (granos llenos y vacíos). Posterior a esto con un contador de granos, marca Kiya Seisakusho, se determinó la cantidad de granos vacíos y llenos.

Para la determinación del peso de mil granos, primero se sacó una sub muestra de la muestra seca de lo cosechado.

Se pasó la muestra tres veces por el descascarador Satake usando al aparato como ventilador, para eliminar posibles impurezas y asegurar que la muestra contenga solo granos llenos. Se usó un contador electrónico de granos marca Pfeuffer, y se pesaron tres mil granos.

De las muestras cosechadas se sacaron sub-muestras de 100 gr. de arroz cáscara seco y limpio para realizar los análisis de calidad industrial. Cada sub-muestra se pasó por el descascarador Satake para eliminar lema, pálea, raquilla y lemas estériles, obteniendo el arroz cargo.

Luego, el arroz se pulió (pulidor Satake) durante 30 segundos, obteniéndose el arroz blanco total, el cual se expresa como porcentaje de arroz cáscara.

Para determinar el porcentaje de grano entero, se colocó el arroz pulido (blanco total) durante un minuto en el separador Satake con el objetivo de separar los granos enteros de los quebrados. Luego pesó por separado y se expresó el rendimiento de grano entero como porcentaje del arroz cáscara. El porcentaje de grano quebrado surge de la diferencia entre el porcentaje de blanco total y el de grano entero. Se consideró grano entero si este supera dos tercios del largo promedio.

Se determinó el porcentaje de yeso extrayendo en forma manual, de las muestras de grano entero y de granos quebrados, aquellos que presentaron porciones de blanco opaco mayores a la mitad del grano. El peso total de granos yesosos se expresó como porcentaje del blanco total. De esta misma muestra se calculó el porcentaje de manchado. Si un grano era manchado y yesoso a la vez se lo clasifica como manchado. El porcentaje de mancha también se expresa en base al blanco total.

El porcentaje de arroz verde se determinó a partir de 100 gramos de arroz cargo; Se separó los granos verdes y se pesó, expresando en porcentaje.

3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados fueron evaluados usando modelos mixtos (PROC MIXED, SAS) (Littell et al., 1996).

En el modelo estadístico, los tratamientos y sus interacciones fueron considerados como efectos fijos y los bloques y sus interacciones, como efectos aleatorios. Fue establecido, a priori, un nivel de significancia de $P \leq 0.05$. El ensayo se diseñó como un arreglo factorial (5 x 4), en donde se estudió el efecto del momento de retiro de agua, del momento de cosecha y la interacción de ambos.

Diseño: bloques completos al azar con cuatro repeticiones y veinte tratamientos.

Unidad experimental: sub-parcela (combinación de MR x MC).

Agrupamiento de las parcelas: cada bloque se dividió en cinco parcelas grandes las cuales recibieron los diferentes manejos de drenaje. Las parcelas dentro de cada bloque se ubicaron al azar y se dejó un bloque ordenado. Los momentos de cosecha se agruparon en sub parcelas dentro de las parcelas grandes siendo elegidos al azar y al igual que el anterior se dejó un bloque ordenado.

Parcela grande: momento de retiro de agua

Parcela chica (sub-parcela): momento de cosecha

Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \epsilon(a) + \zeta_k + (\alpha\zeta)_{jk} + \epsilon(b)$$

$i = 1, 2, 3, 4,$

$j = 1, 2, 3, 4, 5$

$k = 1, 2, 3, 4$

- μ = media
- β_i = Efecto del i - ésimo bloque.
- α_j = Efecto del j - ésimo momento de retiro de agua.
- ζ_k = Efecto del k - ésimo momento cosecha.
- $(\alpha\zeta)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre el j - ésimo momento de retiro de agua y el k - ésimo momento de cosecha.
- $\epsilon(a)$ = Error asociado a la parcela grande.
- $\epsilon(b)$ = Error asociado a la sub-parcela.

3.8.1 Hipótesis

3.8.1.1 Hipótesis biológicas

- Ho: Los efectos de los tratamientos son iguales
- Ha: Existe al menos una diferencia entre efectos de los tratamientos.

- Ho: No existe diferencia entre los tratamientos de retiro de agua.

- Ha: Existe al menos una diferencia entre los tratamientos de retiro de agua.

- Ho: No existe diferencia entre los tratamientos de momento de cosecha.

- Ha: Existe al menos una diferencia entre los tratamientos de momento de cosecha.

- Ho: No existe interacción entre momento de retiro y momento de cosecha.

- Ha: Existe al menos una interacción entre retiro de agua y momento de cosecha.

3.8.1.2 Hipótesis estadísticas

1) Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{20}$

Ha: Existe al menos 1 $\mu_i \neq$.

2) Ho: $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_5$

Ha: Al menos 1 $\alpha_j \neq$

3) Ho: $\zeta_1 = \zeta_2 = \dots = \zeta_4$

Ha: Existe al menos 1 $\zeta_k \neq$.

4) Ho: $\alpha_1 \zeta_1 = \alpha_1 \zeta_2 = \dots = \alpha_5 \zeta_4$

Ha: Existe al menos 1 $\alpha_j \zeta_k \neq$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizará el efecto de las variables en estudio puntualizando en: rendimiento de grano y sus componentes, materia seca a cosecha, índice de cosecha, enfermedades, calidad industrial y evolución del llenado de grano. Se presentará también la caracterización microclimática generada por el efecto de los diferentes tratamientos de retiro de agua, por medio de las medidas registradas por los sensores.

4.1 RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES

El efecto de los momentos de drenaje, momentos de cosecha y la interacción de ambas variables sobre el rendimiento y sus componentes se muestran en el cuadro número 4.

Cuadro No. 4. Resultados del análisis estadístico realizado para el rendimiento y sus componentes, porcentaje de humedad y de verde según el momento de cosecha y drenaje y la interacción de ambos.

Efecto	Rend. ⁶ (Kg/há)	Humedad (%)	Verde (%)	Panojas /m ²	Granos tot./ panoja	Peso de 1000 granos	Esteril idad (%)
P ¹ .(MC) ²	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.s	<0,01	<0,01
P.(MR) ³	0,05	<0,01	n.s	n.s	<0,01	<0,01	0,03
P.(MC*MR) ⁴	n.s ⁵	<0,01	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Media	9617	18,6	5,7	670	90	27,9	15,7

¹Probabilidad ²Momento de cosecha ³Momento de retiro de agua

⁴Interacción entre tratamiento de retiro de agua y momento de cosecha

⁵No significativo ⁶Rendimiento.

La única variable que presentó interacción por los efectos del momento de cosecha y de drenaje fue el porcentaje de humedad.

4.1.1 Efecto del momento de cosecha

Los resultados obtenidos para rendimiento y sus componentes según los distintos momentos de cosecha, se presentan en el cuadro número 5.

Cuadro No. 5. Efecto del momento de cosecha sobre el rendimiento, sus componentes, porcentaje de humedad y porcentaje de verde.

Momento de cosecha (DDF) ¹	Rend. ³ (Kg/há)		Humedad (%)		Verde (%)		Panojas /m2		Granos tot./ panoja	Peso de 1000 granos		Esterilidad (%)	
30	9.640	b ⁴	23,8	a	17,7	a	692	ab	89	27,7	b	18,8	a
45	10.352	a	17,9	c	4,53	b	724	a	90	28,1	a	15	bc
60	9.560	b	18,3	b	0,34	c	649	bc	90	28	ab	13,8	c
75	8.916	c	14,3	d	0,03	c	617	c	92	27,9	b	15,2	b
Media Total	9.617		18,6		5,65		670		90	27,9		15,7	
P<0,05 ²	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		n.s ⁵	<0,01		<0,01	

¹Días después del 50 % de floración ²Valores menores a 0.05 son significativos con un 95 % de confianza ³Rendimiento ⁴Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05 ⁵No significativo.

4.1.1.1 Rendimiento

El rendimiento de grano de los diferentes tratamientos fue afectado significativamente por el momento de cosecha.

El rendimiento promedio del ensayo fue de 9617 Kg., reflejando las excelentes condiciones climáticas que presentó la zafra.

Desde el punto de vista de rendimiento de grano, el momento óptimo de cosecha para este ensayo fue a los 45 DDF, lográndose un rendimiento de 10352 Kg./ha, siendo significativamente superior a los momentos de cosecha previos y posteriores. Estos resultados coinciden con los encontrados por Chebataroff (1983), Acosta (1988), Méndez (1997), Smiderle et al. (2007), entre otros.

Por otra parte, el momento de cosecha realizado a los 75 DDF presentó un rendimiento de 8916 Kg./ha, significativamente inferior al resto de los tratamientos. Similares resultados encontraron Blanco y Méndez (1996); en cambio, Molina et al. (2007), Segovia (2007), no encontraron diferencias significativas.

4.1.1.2 Porcentaje de verde

El porcentaje de granos verdes fue afectado significativamente por el momento de cosecha. La figura número 5 permite visualizar esto gráficamente. Se comprueba una disminución del porcentaje de verde desde las cosechas más tempranas hasta los dos últimos momentos de cosechas, donde el porcentaje de verde se estabiliza con valores cercanos a 0 %. Se constata un acompañamiento en la disminución del verde con la humedad de grano; similar resultado fue obtenido por numerosos autores, entre los que se encuentran Acosta (1988), Blanco y Méndez (1996), Lavecchia et al. (1999, 2004), Molina et al. (2007), Segovia (2007).

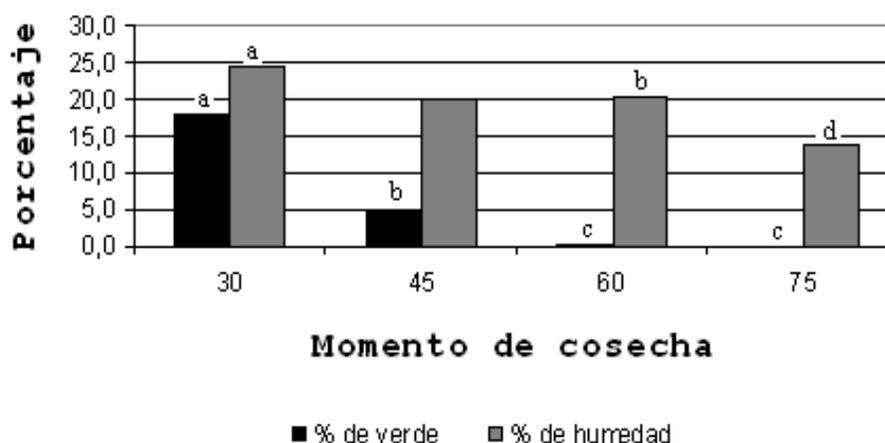


Figura No. 5. Porcentaje de humedad y de verde según el momento de cosecha. Letras diferentes entre si son estadísticamente diferentes.

4.1.1.3 Número de panojas por metro cuadrado

En cuanto al número de panojas por metro cuadrado se ven diferencias significativas entre los diferentes momentos de cosecha.

Hay una significativa menor cantidad de panojas por metro cuadrado en la cosecha más atrasada, 75 DDF (617 panojas/m²). Por otra parte, el mayor número de panojas por metro cuadrado se dio a los 45 DDF (724 panojas/m²),

coincidiendo con el mayor rendimiento de grano. El promedio de panojas por metro cuadrado fue de 670. En la figura número 6 se puede apreciar la evolución de este componente.

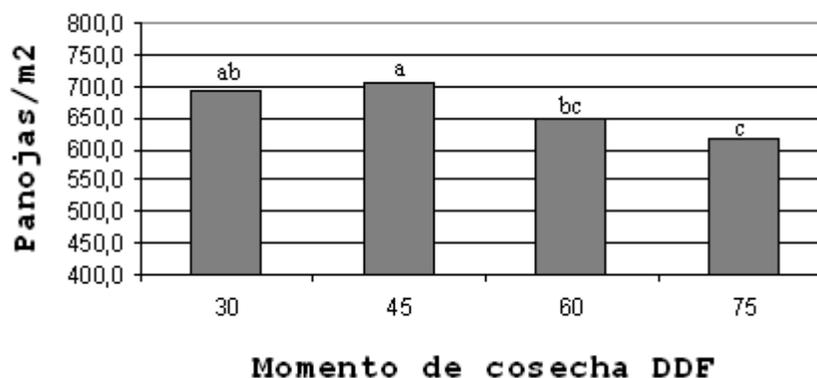


Figura No. 6. Número de panojas por metro cuadrado según el momento de cosecha.

Resultados similares a estos fueron reportados por Roel y Blanco (1997), Roel (1999), Molina et al. (2007), quienes encontraron un menor número de panojas por metro cuadrado en las cosechas mas atrasadas, de 65 a 75 DDF. Segovia (2007), encontró también diferencias significativas en esa variable pero con tendencias contrarias a las mencionadas anteriormente.

4.1.1.4 Número de granos totales por panoja

No se encontraron diferencias significativas en cuanto al número de granos por panojas en los diferentes momentos de cosecha. Esto coincide con lo encontrado por Roel y Blanco (1997), quienes observaron que los granos totales por espiga en INIA Tacuarí e INIA Caraguatá no se vieron afectados significativamente por los momentos de cosecha. Por el contrario Molina et al. (2007), reporta diferencias significativas en esta variable por el efecto del momento de cosecha.

4.1.1.5 Peso de mil granos

Esta variable se vio afectada significativamente por el momento de cosecha, presentando un valor promedio de 27,9 gramos las mil semillas.

Los menores pesos de granos se registraron en la cosecha más temprana, 30 días después de floración y en la más atrasada, 75 días después de floración con 27,7 y 27,9 gramos respectivamente. La cosecha de 45 y 60 DDF son las que presentaron pesos de granos superiores con 28,1 y 28 gramos respectivamente; coincidiendo de esta manera el mayor peso de granos con el mayor rendimiento de arroz cáscara. Chebataroff et al. (1984), Blanco y Méndez (1986), publican resultados similares a los encontrados en este trabajo, estos autores encontraron el máximo peso de mil granos a los 50 DDF, disminuyendo en cosechas posteriores, (60 y 70 DDF), debido a que después de ese momento empiezan a caer los granos llenos, siendo los más pesados. Resultados similares, también son publicados por Smiderle et al. (2007), Smiderle y Díaz (2008), quienes reportan máximos valores de peso de mil granos entre los 41 y 50 DDF.

4.1.1.6 Porcentaje de esterilidad

Los momentos de cosecha incidieron significativamente sobre el porcentaje de esterilidad de los granos. La cosecha realizada a los 30 DDF presentó una esterilidad superior a los demás momentos de cosecha, mostrando una tendencia a menor esterilidad en las cosechas más tardías, con la excepción de que en la última cosecha el valor de esterilidad aumenta. Estos resultados son explicados por la bibliografía citada debido a que en cosechas tempranas (30 DDF) los granos no han terminado de llenar, y en cosechas muy tardías (75 DDF) los granos llenos caen, quedando en mayor proporción los granos vacíos.

4.1.1.7 Índice de cosecha y materia seca

Con el fin de determinar si existió efectos de los momentos de cosecha sobre la producción de materia seca y

sobre el índice de cosecha se realizó el análisis estadístico.

Cuadro No. 6. Efecto del momento de cosecha sobre la producción de materia seca a cosecha y el índice de cosecha.

Momento de cosecha (DDF) ¹	Materia seca a cosecha (kg)		Índice de cosecha	
30	19970	b ³	0.49	
45	22465	a	0.47	
60	19998	b	0.48	
75	20184	b	0.45	
Media Tot.	20654		0.47	
P<0,05²	0.013		n.s ⁴	

¹Días después de floración ²Valores menores a 0.05 son significativos con un 95 % de confianza ³Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05 ⁴No significativo.

De acuerdo al análisis estadístico que se presentó en el cuadro anterior, se observa que los momentos de cosecha afectaron significativamente la producción de materia seca a cosecha, siendo superior la obtenida a los 45 DDF, y no habiendo diferencias entre las demás. Esto coincide con el momento en que se registró mayor rendimiento de grano.

En cuanto al índice de cosecha, no se observaron efectos por el momento de cosecha.

4.1.2 Efecto del momento de retiro de agua

En el siguiente cuadro se presenta los resultados obtenidos por el efecto de los tratamientos de drenaje para rendimiento y sus componentes, el porcentaje de humedad y porcentaje de verde.

Cuadro No. 7. Resultados del análisis estadístico para porcentaje de humedad y verde, rendimiento y sus componentes, según momento de retiro.

Momento de retiro (DDF) ¹	Rend. ⁴ (kg/ha)		Humedad lab. (%)		Verde (%)	Panojas/m ²	Granos tot./panoja		Peso de 1000 granos		Esterilidad (%)	
0	8816	b	17,8	c ⁵	5.1	651	94	a	27,3	b	17,0	a
15	9734	a	18,1	bc	5.3	676	86	b	27,9	a	15,6	ab
30	9741	a	18,4	b	5.7	669	93	a	28,2	a	14,5	b
45	10060	a	19,1	a	6.6	677	92	a	28,1	a	16,7	a
SR ²	9734	a	19,5	a	5.5	677	87	b	28,1	a	14,5	b
Media Total	9617		18,6		5,7	670	90		27,9		15,7	
P<0,05 ³	0.052		<0,01		n.s ⁶	n.s	<0,01		<0,01		0.033	

¹Días después de floración ²Tratamiento sin retiro de agua ³Valores menores a 0.05 son significativos con un 95 % de confianza ⁴Rendimiento ⁵Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05 ⁶No significativo.

4.1.2.1 Rendimiento

El análisis de varianza muestra como el tratamiento de retiro de agua más temprano afecta el rendimiento de grano, siendo este estadísticamente inferior a los rendimientos obtenidos en los restantes tratamientos, lo que coincide a lo publicado por Lima et al. (2005), quien afirma que retiros de agua muy anticipados afectan la productividad.

A partir del retiro a 15 DDF los drenajes realizados no muestran diferencia significativa en el rendimiento, coincidiendo por lo reportado por Gaggero y Marmo (1999), Molina et al. (2007). En cambio, Segovia (2007), obtuvo diferencias significativas en el rendimiento, pero eso fue debido al ataque de cascarudo (*Eutheola humilis*) que hubo en esa zafra.

El menor rendimiento obtenido en el primer momento de retiro de agua está explicado por el alto porcentaje de esterilidad y menor peso de mil granos.

4.1.2.2 Porcentaje de verde

El porcentaje de verde no fue afectado significativamente por los momentos de retiro de agua, coincidiendo con Roel (1998, 1999), Lavecchia et al. (2004), Segovia (2007), Molina et al. (2007), aunque se observa que el menor valor de verde se registró en el retiro a 50% de floración.

Se observa una tendencia que a medida que se atrasan los retiros de agua el porcentaje de verde aumenta levemente, esto sucede hasta el retiro a los 45 DDF. Esta tendencia también se observa en el porcentaje de humedad, pero sigue en aumento hasta el tratamiento sin retiro.

Es importante remarcar que los autores citados anteriormente no realizaron retiros de agua en floración, sino que a partir de 15-20 DDF. En la siguiente figura se puede observar gráficamente lo expuesto anteriormente.

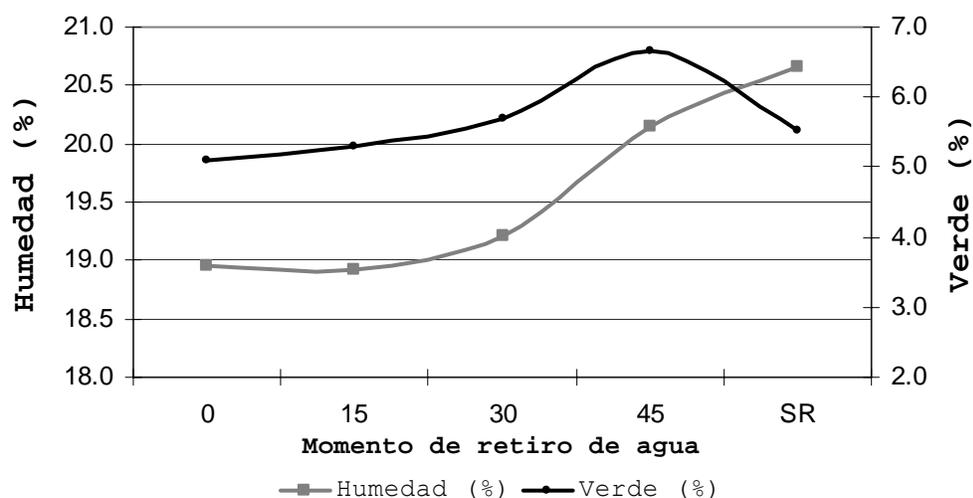


Figura No. 7. Efecto del retiro de agua sobre porcentaje de humedad y porcentaje de verde.

4.1.2.3 Número de panojas por metro cuadrado

El promedio de panojas por metro cuadrado para este ensayo fue de 670. Como se observó en el cuadro número 6, el momento de retiro de agua no afectó el número de panojas. Esto coincide con lo encontrado por Roel y Blanco (1997), Roel (1998, 1999), si comparamos el mismo período de evaluación, dado que estos ensayos no incluían un retiro tan drástico como en este caso a 50% de floración. En cambio, Molina et al. (2007), encontró efectos en esta variable.

4.1.2.4 Número de granos totales por panoja

El número total de granos por panoja incluye granos llenos y chuzos. Los diferentes tratamientos de retiro de agua afectaron significativamente al total de granos por panoja, aunque este efecto no es claro.

Los mayores valores, se observan en los retiros de 50 % de floración, a los 30 y 45 DDF, siendo estos mayores significativamente que el retiro a los 15 DDF y al tratamiento sin retiro de agua.

4.1.2.5 Peso de mil granos

El peso de mil granos fue afectado significativamente por el momento de retiro de agua más temprano (al 50% de floración), donde se registró el menor valor. El peso de mil granos a partir del drenaje realizado a los 15 DDF en adelante no tuvieron diferencias significativas, lo que coincide con Roel y Blanco (1997), Roel (1998, 1999), Gaggero y Marmo (1999), quienes no encontraron diferencias en el peso de mil granos al realizar retiros de agua a partir de 15 DDF. No se encontraron antecedentes en cuanto al retiro de agua en floración que reporten el efecto sobre el peso de mil granos.

4.1.2.6 Porcentaje de esterilidad

Esta característica fue afectada significativamente por los momentos de retiros y al igual que la característica anterior no muestra una clara tendencia.

El porcentaje de esterilidad alcanzó su mayor valor cuando se retiró el agua en floración. También se encontraron valores significativamente altos cuando se drenó a los 45 DDF.

El alto valor de esterilidad de las parcelas drenadas en floración coincide con lo reportado por Roel (1998), quien encontró menores valores de granos llenos en drenajes tempranos.

4.1.2.7 Índice de cosecha y materia seca

Cuadro No 8. Efecto del momento de retiro de agua sobre la producción de materia seca a cosecha y el índice de cosecha.

Momento de retiro (DDF) ¹	Materia seca a cosecha (Kg)	Índice de cosecha
0	19816	0.45
15	20388	0.49
30	19635	0.50
45	21968	0.47
SR	21464	0.46
Media Tot.	20654	0.47
P<0,05 ²	n.s ³	n.s

¹Días después de floración ²Valores menores a 0.05 son significativos con un 95 % de confianza ³No significativo.

El momento de retiro de agua no generó diferencias significativas en la producción de materia seca y el índice de cosecha.

4.1.3 Interacción entre los momentos de cosecha y drenaje

Al analizar el resultado estadístico de la interacción entre los dos efectos sobre el rendimiento y sus componentes (cuadro No. 4), se observa que únicamente existió interacción significativa para la humedad de grano.

4.1.3.1 Porcentaje de humedad de grano

Esta variable presentó una interacción significativa al cinco por ciento entre el momento de retiro de agua y el momento de cosecha. En el cuadro No 9 se presenta los resultados de la interacción.

Cuadro No 9. Resultado del análisis estadístico de la interacción entre los momentos de cosecha y retiro de agua para porcentaje de humedad.

Momento de cosecha (DDF) ¹	Momento de retiro de agua (DDF)									
	0		15		30		45		SR ⁴	
30	22,8	a ³	23,3	a	24,3	a	24,5	a	24,1	a
45	16,6	c	17,4	b	17,6	b	19,2	b	18,6	b
60	18,1	b	17,8	b	18,0	b	18,3	b	19,1	b
75	13,6	d	13,8	c	13,7	c	14,3	c	15,9	c
Media Total	17,8		18,1		18,4		19,1		19,4	
P<0,05 ²	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	

¹Días después de floración ²Valores menores a 0.05 son significativos con un 95 % de confianza ³Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05 ⁴Tratamiento sin retiro de agua.

Se dice que hay interacción dado que en todos los momentos de retiro de agua, los momentos de cosecha no se comportan de la misma manera. Para todos los momentos de retiros de agua los momentos de cosecha a los 30 DDF registraron porcentaje de humedad significativamente mayor que cosechas posteriores. La interacción queda en evidencia cuando se observa en el tratamiento de retiro de agua To, en las cosechas 45 y 60 DDF, donde la primera es estadísticamente inferior a la segunda, lo que es contrario a lo que sucede en resto de los retiros.

La alta humedad registrada en la cosecha a los 60 DDF se debe a las condiciones de alta humedad relativa ambiente

al momento de la cosecha, lo que se puede comprobar en la información registrada por los sensores.

Existe una tendencia a que momentos de retiros de agua tardíos (45 DDF y TSR) presenten mayor humedad que retiro anticipados, en todos los momentos de cosecha. Se observa en la media total como aumenta el porcentaje de humedad a medida que se retrasa el retiro de agua.

Los retiros de agua tempranos como T0 y T15 disminuyen mucho la humedad de grano en las cosechas más tardías (60 y 75 DDF), mientras que si se cosecha tarde y no se le retira (TSR) el agua la humedad se mantiene en 16 %, dos puntos por encima que si se le hubiese retirado el agua en T45.

Resultados similares son reportados por Lavecchia et al. (1999), Mc Cauley y Way (2001).

4.2 CALIDAD DE GRANO

En este apartado se tendrán en cuenta las variables que definen la calidad industrial del grano de arroz, estas son: blanco total, porcentaje de grano entero y quebrado, porcentaje de yeso y porcentaje de manchado. En función de dichas variables la industria premia o castiga según una base de comercialización.

Cuadro No. 10. Resumen del análisis estadístico para las características de calidad industrial según momento de cosecha y de retiro de agua, y la interacción de ambos.

Efecto	Blanco total (%)	Entero (%)	Quebrado (%)	Yeso (%)	Mancha (%)
P ¹ .(MC) ²	0,037	<0,01	<0,01	n.s	n.s
P.(MR) ³	n.s ⁶	<0,01	<0,01	n.s	n.s
P.(MC*MR) ⁴	n.s	<0,01	<0,01	n.s	n.s
Media	68,29	56,95	11,34	3,91	0,54
C.V (%) ⁵	1,71	6,01	5,59	1,48	0,25

¹Probabilidad ²Momento de cosecha ³Momento de retiro de agua ⁴Interacción entre tratamiento de retiro de agua y momento de cosecha ⁵Coefficiente de variación ⁶No significativo.

4.2.1 Efecto del momento de cosecha

A continuación se presenta los resultados estadísticos del análisis de varianza de los componentes de calidad industrial, según el efecto del momento de cosecha.

Cuadro No. 11. Efecto del momento de cosecha sobre los componentes de calidad industrial del grano.

Momento de cosecha (DDF) ¹	Blanco Total (%)		Entero (%)		Quebrado (%)		Yeso (%)	Mancha (%)
30	68,9	a ³	58,6	b	10,3	b	4,0	0,5
45	68,1	ab	62,2	a	5,8	c	3,7	0,4
60	68,5	a	57,1	b	11,4	b	4,1	0,5
75	67,4	b	49,7	c	17,7	a	3,7	0,6
Media Total	68,2		56,9		11,3		3,9	0,5
P<0,05²	0,037		<0,01		<0,01		n.s ⁴	n.s

¹Días después de floración ²Valores menores a 0.05 son significativos con un 95 % de confianza ³Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05 ⁴No significativo.

4.2.1.1 Rendimiento de blanco total

Como muestra el cuadro anterior el rendimiento de blanco total fue afectado significativamente por los distintos momentos de cosecha. El resultado obtenido no coincide con la bibliografía citada, ya que Méndez (1997), observó para una variedad de similares características a INIA Olimar como es El Paso 144, que los valores de blanco total aumentan al retrasar la cosecha y que los valores más bajos generalmente se registran en cosechas tempranas (30 DDF) debido a un menor llenado de grano.

El menor valor de blanco registrado en el último momento de cosecha coincide con Blanco y Méndez (1996), Lavecchia et al. (1999), ya que reportan que los valores de blanco disminuyen en cosechas muy tardías.

INIA Olimar se caracteriza por tener bajos valores de blanco total, lo que concuerda con los resultados encontrados en este trabajo. En la siguiente figura se

puede apreciar la evolución de Blanco total a medida que se atrasan las cosechas.

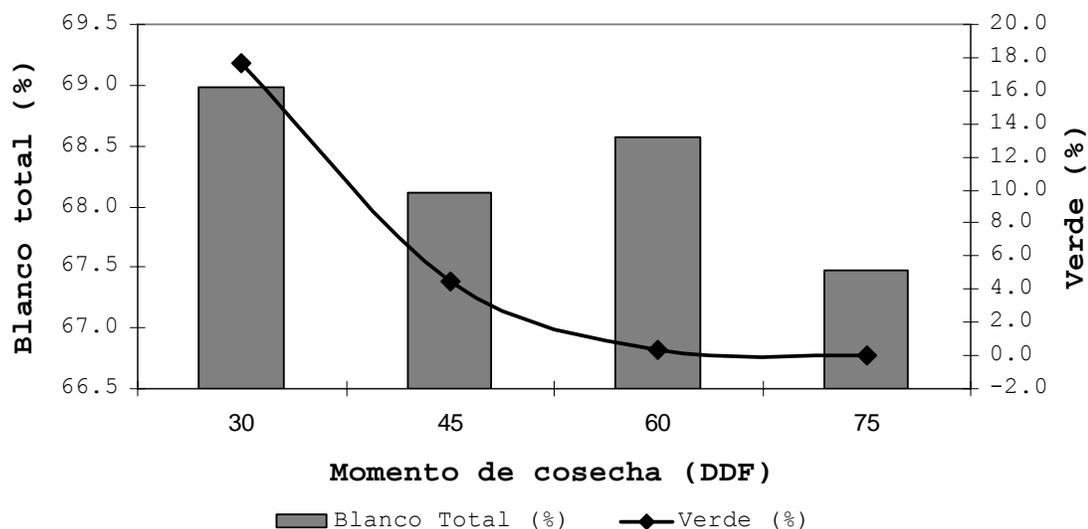


Figura No. 8. Evolución del porcentaje de blanco total y de verde en las diferentes cosechas.

4.2.1.2 Porcentaje de yeso

El porcentaje de yeso no fue afectado por el momento de cosecha. Los valores se mantienen relativamente constantes a lo largo de las diferentes cosechas. Estos resultados no coinciden con los resultados obtenidos por Blanco y Méndez (1996), Méndez (1997), Lavecchia et al. (1999, 2004), quienes publican que el porcentaje de yeso es afectado por el momento de cosecha, y que este disminuye a medida que esta se atrasa. Por otro lado, Segovia (2007), tampoco encontró efectos sobre el porcentaje de yeso trabajando con la misma variedad.

4.2.1.3 Porcentaje de manchado

El porcentaje de mancha al igual que la característica anterior no fue afectada por los momentos de cosecha. En la última cosecha se registró el mayor valor de mancha aunque no es significativamente diferente del resto. El promedio obtenido en el ensayo fue de 0,54 %, valor por encima del nivel exigido por la industria de 0,25 %.

4.2.2 Efecto del momento de retiro de agua

En este punto se analizará cómo fueron afectados los componentes de calidad industrial frente a los diferentes momentos de retiro de agua. Dichos resultados se presentan en el cuadro número 12.

Cuadro No. 12. Efecto del momento de retiro de agua sobre la calidad del grano.

Momento de retiro (DDF) ¹	Blanco total(%)	Entero (%)	Quebrado (%)	Yeso (%)	Mancha (%)
0	68,3	54,4	13,8	4,7	0,49
15	67,8	55,2	12,5	3,9	0,45
30	68,0	55,5	12,5	3,8	0,59
45	68,8	58,9	9,9	3,5	0,57
SR ²	68,3	60,5	7,8	3,6	0,60
Media Total	68,2	56,9	11,3	3,9	0,54
P<0,05 ³	n.s ⁴	<0,01	<0,01	n.s	n.s

¹Días después de floración ²Tratamiento sin retiro de agua ³Valores menores a 0.05 son significativos con un 95 % de confianza ⁴No significativo ⁵Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05.

4.2.2.1 Rendimiento de blanco total

Las diferentes fechas de drenaje no afectaron significativamente el rendimiento de blanco total, ni tampoco se observó una tendencia definida, coincidiendo con Lavecchia et al. (2004), quien trabajó con INIA Tacuarí e INIA Olimar. Sin embargo, estos resultados no concuerdan a los hallados por Lavecchia et al. (1997), quienes encontraron que, retiros tempranos de agua afectaron el rendimiento de blanco total, y retiros más tardíos

resultaron en mayores rendimientos de esta característica. Segovia (2007), trabajando con INIA Olimar, encontró efectos significativos sobre esta variable, con valores más bajos cuando fue drenando a los 15 DDF, en cambio, Molina et al. (2007), con la misma variedad no encontraron efectos.

4.2.2.2 Porcentaje de yeso

En cuanto al porcentaje de yeso, los momentos de retiro no causaron efectos significativos, lo que concuerda con Molina et al. (2007). El promedio del porcentaje de yeso fue de 3,91, valor que se aproxima a lo reportado por Blanco et al. (2004). Estos resultados difieren de los encontrados por Acosta (1988), Lavecchia et al. (1999), Lavecchia et al. (2004), Segovia (2007), ya que estos reportan efectos significativos del momento de drenaje sobre el porcentaje de yeso.

A pesar de no existir diferencias significativas entre los tratamientos, se observa una leve tendencia a disminuir el porcentaje de yesado a medida que se retrasan los retiros de agua, registrándose el mayor valor de granos yesosos en el primer retiro y menor a los 45 DDF.

4.2.2.3 Porcentaje de manchado

El porcentaje de mancha en los granos tampoco fue afectado por los tratamientos de retiro de agua, manteniéndose relativamente constantes en todos los tratamientos. Esto coincide con Molina et al. (2007), Segovia (2007), quienes tampoco observaron efectos trabajando con la misma variedad.

Es importante destacar que los valores de mancha encontrados son aproximadamente diez veces más altos que los encontrados por Segovia (2007), pero se asemeja al encontrado por Molina et al. (2007).

4.2.3 Interacción entre los momentos de cosecha y momentos de drenaje

La única variable de calidad industrial que presentó interacción por los efectos del momento de retiro y el de cosecha, fue el porcentaje de entero. En el siguiente cuadro se presenta los resultados del análisis estadístico de la interacción de los dos efectos.

Cuadro No 13. Resultados del análisis estadístico de la interacción por los efectos de retiro de agua y momento de cosecha para porcentaje de grano entero.

Momento de cosecha (DDF) ¹	Momento de retiro de agua (DDF)									
	0		15		30		45		SR ⁴	
30	59,5	a ³	58,8	a	59,0	a	57,0	c	58,9	b
45	62,3	a	61,8	a	59,5	a	64,0	a	63,9	a
60	51,8	b	54,2	b	55,6	a	61,7	b	62,4	a
75	44,3	c	46,3	c	48,1	b	53,0	d	57,0	b
Media Total	54,5		55,3		55,5		58,9		60,6	
P<0,05²	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	

¹Días después de floración ²Valores menores a 0.05 son significativos con un 95 % de confianza ³Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05. ⁴Tratamiento sin retiro de agua

Dentro de cada tratamiento de retiro de agua los momentos de cosecha afectaron significativamente al rendimiento de grano entero, lo que se observa en cada tratamiento de retiro de agua.

Se dice que hay interacción porque el efecto del momento de retiro de agua depende del momento en que se haya cosechado.

En la figura No 9 se presenta la evolución porcentaje de entero de cada momento de cosecha en los distintos tratamientos de retiro de agua.

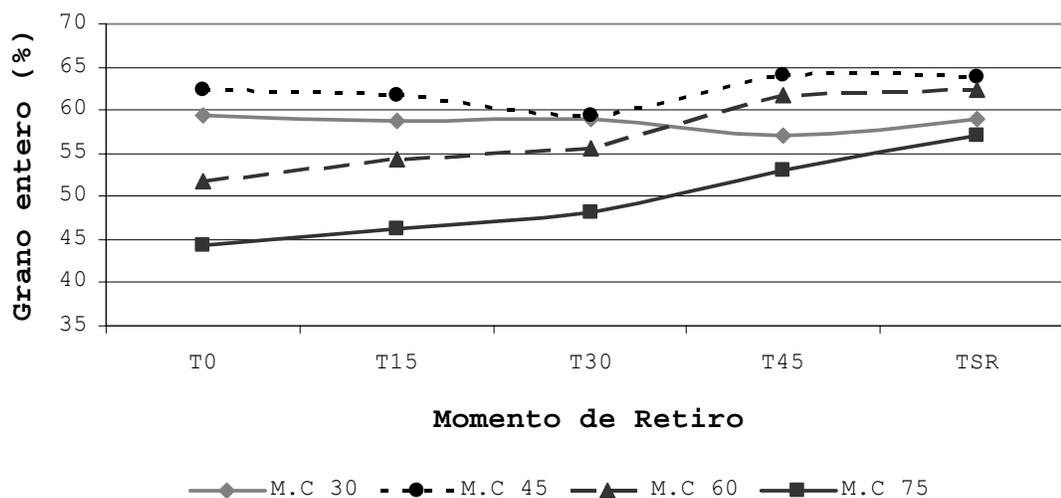


Figura No. 9. Porcentaje de entero de cada tratamiento de retiro de agua según los momentos de cosecha.

El porcentaje de entero es afectado por el momento de cosecha y por el de drenaje, pero sus efectos se ven agravados cuando se combinan los dos efectos en las situaciones más extremas, como por ejemplo cuando se drena muy temprano y se cosecha muy tarde. Resultados similares son reportados por Lavecchia et al. (1999, 2004), trabajando entre otras variedades con INIA Olimar, quienes obtuvieron mayores rendimientos de entero en cosechas tempranas y retiros tardíos y que en las cosechas tardías cuando estas permanecieron con agua el valor de entero se mantenía alto. Lavecchia et al. (1997), no obtuvo diferencias significativas en los diferentes momentos de retiro de agua cuando cosechó a los 45 DDF, señalando la importancia de cosechar en fecha.

En los retiros de agua T0, T15 y T30, a medida que se retrasa la cosecha el rendimiento de entero disminuye significativamente. En cambio en los tratamientos T45 y TSR se registran valores bajos de entero en el primer momento de cosecha (30 DDF), aumentando en la segunda cosecha y

posteriormente disminuye en las cosechas más retrasadas (60 y 75 DDF).

Se puede afirmar, según los resultados observados, que el momento óptimo de drenaje y cosecha para rendimiento de grano entero, se da manteniendo el agua y cosechando a los 45 DDF.

La cosecha 45 DDF registró mayores valores de entero en todos los momentos de retiro comparado con los demás momentos de cosecha.

4.2.4 Rendimiento corregido por calidad

La comercialización de arroz en Uruguay se realiza según el Decreto 321/988, que establece las bases de comercialización para este producto. En base a esto se castiga o premia, resultando en el rendimiento sano, seco y limpio.

En el cuadro No 14 y 15 se presenta la base de comercialización y los premios y castigos para cada variable, respectivamente.

Cuadro No. 14. Premios y castigos para cada variable de calidad industrial según decreto 321/988

Variable	Premio-Castigo	
Humedad	1% por 1%	
Basura	1% por 1%	
Verde	0,5% por 1%	
Blanco total	0,5% por 1%	
Entero	0,5% por 1%	
Yesado	0,5% por 1%	
Manchado	0,25-0,49 %	1,5 veces
	0,5-0,749	2 veces
	mas de 0,75	3 veces

Cuadro No. 15. Bases de comercialización para cada variable de calidad industrial.

	Humedad	Basura	Verde	Blanco tot.	Entero	Yesado	Mancha
	↓	↓	↓	↓↑	↓↑	↓	↓
Base	13 %	0,0 %	3 %	70,0 %	58 %	6 %	0,25 %

Referencias: Castigos ↓ Premios ↑

Se realizó el rendimiento corregido por calidad, para determinar si existieron diferencias en la calidad como para modificar el patrón encontrado para rendimiento de chacra.

En el cuadro No 16 se presenta los resultados de rendimientos sano, seco y limpio para los momentos de retiro y de cosecha.

Cuadro No. 16. Resultado del análisis estadístico para el rendimiento sano, seco y limpio, según momento de cosecha y retiro de agua.

Momento de retiro (DDF) ¹	Rend. SSL ⁵ (kg/hà)	
0	8.629	b ³
15	9.522	a
30	9.552	a
45	10.063	a
SR ⁴	9.808	a
Media Tot.	9.515	
P<0,05 ²	0,028	
Momento de cosecha (DDF)	Rend. SSL (kg/hà)	
30	9.616	b
45	10.503	a
60	9.491	b
75	8.45	c
Media Tot.	9.515	
P<0,05	<0,01	

¹Días después de floración ²Valores menores a 0.05 son significativos con un 95 % de confianza ³Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05. ⁴Tratamiento sin retiro de agua ⁵Rendimiento sano, seco y limpio.

Se observa que el mejor rendimiento sano, seco y limpio coincide con el mayor rendimiento de chacra, tanto para momento de cosecha como para momento de retiro.

Se puede decir que no existieron diferencias en las variables de calidad industrial como para cambiar el patrón del resultado obtenido para rendimiento de chacra.

El rendimiento sano, seco y limpio fue significativamente menor en el retiro T0, y en los demás no existió diferencia tal como ocurrió en el rendimiento de chacra; lo mismo sucedió para momento de cosecha, dónde también se mantuvo el orden de los resultados.

4.3 INCIDENCIA DE ENFERMEDADES

Con el fin de determinar si existieron efectos de los tratamientos de retiro de agua sobre la incidencia de enfermedades de tallo (*Rhizoctonia oryzae* y *Sclerotium oryzae*), y si estas afectaron el rendimiento se realizó el análisis estadístico a través del índice de severidad.

Cuadro No. 17. Resultados del análisis estadístico del índice de grado de severidad para *Rhizoctonia oryzae* y *Sclerotium oryzae* según los momentos de retiro de agua.

Momento de retiro (DDF) ¹	Rhizoctonia		Sclerotium	
0	44.4	a ³	9.1	b
15	26.6	d	8.3	b
30	18.7	e	7.7	b
45	35.6	c	23.4	a
SR ⁴	41.0	b	25.9	a
Media Tot.	33.2		14.9	
P<0,05 ²	<0,01		<0,01	

¹Días después de floración ²Valores menores a 0.05 son significativos con un 95 % de confianza ³Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05. ⁴Tratamiento sin retiro de agua

Si bien ambas enfermedades presentan diferencias significativas entre los tratamientos de retiro de agua, los valores del índice de grado de severidad alcanzados son bajos como para afectar el rendimiento. En *Rhizoctonia*, los valores tienen que ser mayores a 50 y en *Sclerotium* mayores a 30 para causar efectos en el rendimiento¹.

4.4 EVOLUCIÓN DEL LLENADO DE GRANO

El estudio de la evolución del llenado de grano se realizó sobre los tratamientos de retiro de agua más extremos, T0 y TSR.

La evolución del peso de 1000 granos llenos a partir de la floración hasta 60 días post floración para los tratamientos T0 y T SR se muestra en la figura No 10.

¹ Avila, S. 2008. Com. personal.

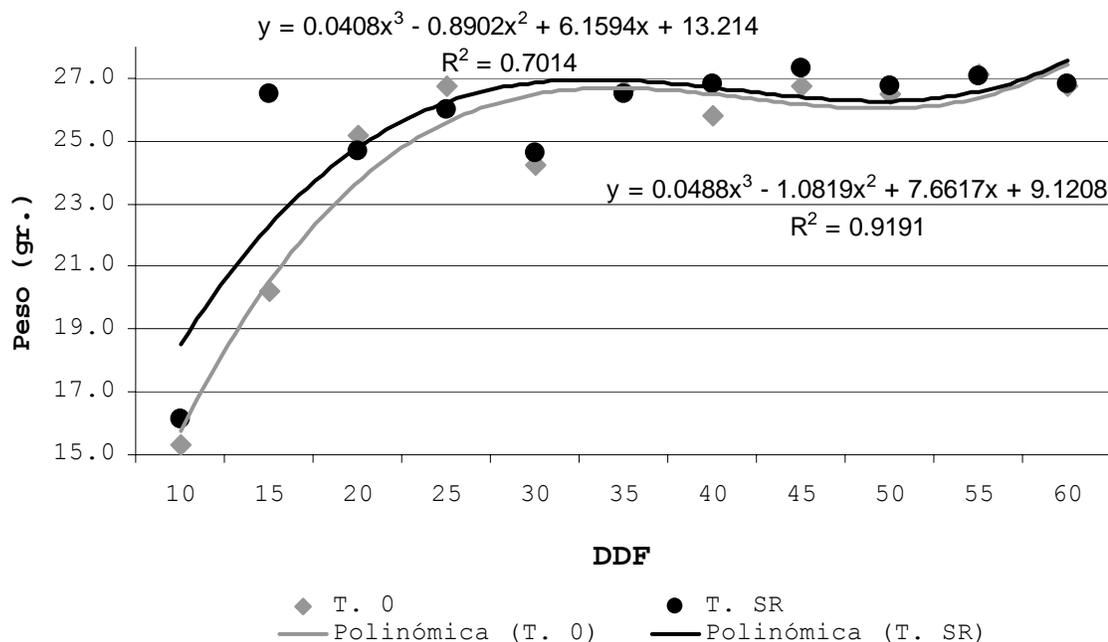


Figura No. 10. Evolución del peso de 1000 granos llenos en los 60 días después de floración, para los momentos de retiro T0 y T SR.

La evolución del peso de mil granos presenta dos etapas claramente distinguibles, un rápido aumento del peso hasta los 25-30 DDF y una segunda etapa entre los 30 a 60 DDF donde la curva de llenado se mantiene relativamente estable, siendo muy bajo el incremento de peso de los granos.

En la primera etapa se ve como se separan las curvas indicando que el peso de los granos llenos del tratamiento sin retiro de agua aumenta más rápidamente que el retiro anticipado, llegando de esta manera antes a la etapa siguiente. Esto coincide con lo reportado por Acosta (1988), que observó que el retiro de agua realizado en etapas tempranas del cultivo provoca un enlentecimiento en la translocación de metabolitos hacia el grano. En cambio, Yang et al. (2003) observaron tendencias contrarias; afirman que el tratamiento que tuvo déficit de agua presentó mayor tasa de llenado en un período más corto,

pero a su vez presentaron menor peso de grano que el tratamiento sin déficit de agua.

En la segunda etapa se aprecia una tendencia a que los granos de las panojas del tratamiento sin retiro de agua sean más pesados que los del tratamiento T0.

En la figura número 11 se observa la evolución del porcentaje de granos vacíos, para los tratamientos T0 y T SR, en los 60 días post floración.

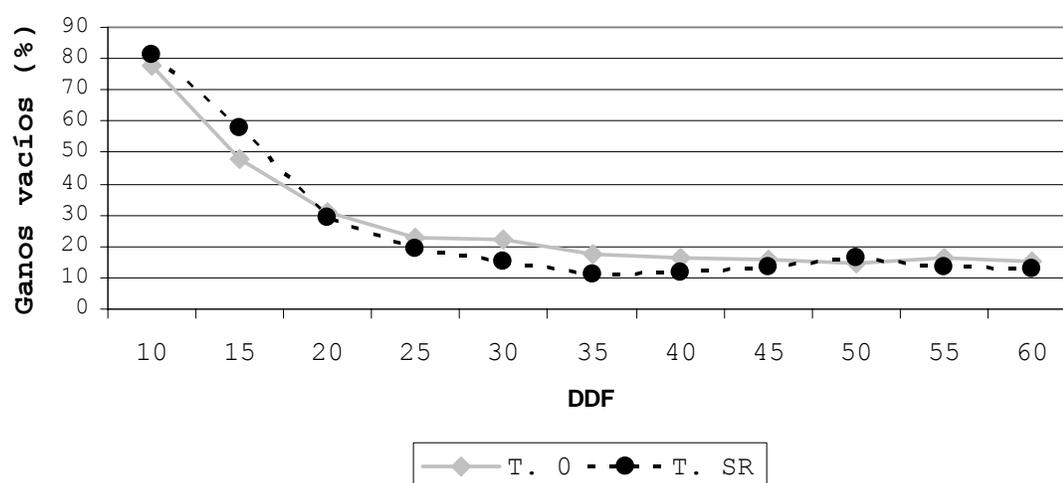


Figura No. 11. Evolución del porcentaje de granos vacíos en los 60 días después de floración, para los momentos de retiro T0 y T SR.

En los días inmediatamente posteriores a la floración, el porcentaje de granos vacíos sobre el total es muy alto. Esto se debe a que la masa del grano se encuentra aún en estado acuoso o lechoso, por tanto en el proceso de secado la gran mayoría de estos se deshidratan apareciendo como granos vacíos. Esta situación se da hasta 25 a 30 DDF; a partir de ahí los granos ya se encuentran en estado pastoso, por lo que los granos que aparecen como vacíos son los que realmente no llenan y van a ser granos chuzos.

Entre los 25 y 40 DDF se aprecia un mayor número de granos vacíos para el T0, esto podría ser un efecto de un retardo en la curva de llenado en el caso del retiro mas temprano. A pesar de que las diferencias son menores a

partir de los 45 DDF, estas se mantienen con significancia hasta la cosecha, donde la esterilidad del T0 es significativamente mayor a la del TSR, 17 % y 14,5 % respectivamente.

Momentos de drenaje muy tempranos entorno a 50 % de floración asociados con cosechas tempranas entorno a 30 DDF, ven resentido el rendimiento por alta esterilidad de granos, siendo esto coincidente con resultados encontrados por Roel (1998).

4.5. CARACTERIZACIÓN MICROCLIMÁTICA DE LOS TRATAMIENTOS

Se realizó una caracterización microclimáticas para observar si existe efecto diferencial de la presencia o ausencia de la lámina de agua sobre la temperatura y humedad relativa.

4.5.1 Temperatura

En la figura No 12 se presenta la evolución de la temperatura media en el período del 1° de febrero al 16 de abril, registrada por los sensores del primer retiro de agua (T0), del tratamiento sin retiro de agua y la temperatura registrada por la casilla agrometeorológica de la U.E.P.L.

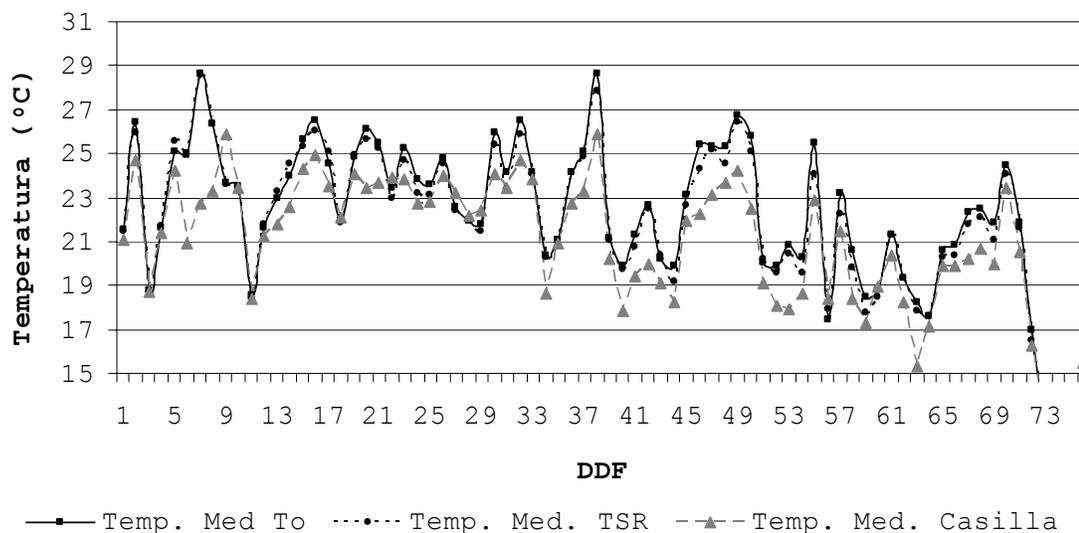


Figura No. 12. Evolución de la temperatura media en los tratamientos T0, TSR, y en la casilla agrometeorológica.

La temperatura media del período en estudio se ubicó entorno a los 22,5 °C, no presentando diferencias entre los tratamientos (Cuadro No 12). Las máximas y mínimas en cambio, si presentaron diferencias, siendo más acentuadas en los casos donde el agua se retiró en forma temprana, dando como resultado una mayor amplitud térmica en el tratamiento T0.

Resulta particularmente importante el mayor número de horas por encima de 28 °C y menores a 15 °C que se registran en el tratamiento T0. Este parámetro es muy importante ya que la bibliografía indica que temperaturas por debajo de 15 °C en período de floración aumentan el porcentaje de granos estériles y temperaturas altas aumentan la proporción de granos yesosos.

Cuadro No. 18. Efecto de los tratamientos en la temperatura media, máxima y mínima a nivel de la panoja en el período de 1° febrero-16 de abril.

Trat. ¹ (DDF) ²	Media Temp. ³ (°C)	Máx. Temp. (°C)	Mínima Temp. (°C)	Amplitud Temp. (°C)	Desvío Temp. (°C)	No de horas < 15 (°C)	No de horas > 28 (°C)
0	22,6	31,2	14,1	17,1	7,0	326	301
30	22,7	31,0	14,4	16,6	6,8	336	272
SR ⁴	22,5	29,9	14,8	15,4	6,3	315	233

¹Tratamiento ²Días después de floración ³Temperatura ⁴Tratamiento sin retiro de agua.

4.5.1.1 Amplitud térmica

La temperatura mínima se comporta de forma similar en el tratamiento T0 y TSR, igualmente siempre la temperatura mínima de este último tratamiento es menor.

Respecto a la temperatura máxima se observó que la parcela sin agua presentó un valor superior al tratamiento sin retiro de agua. Esto demuestra que el agua tiene una acción reguladora de la temperatura pero principalmente se expresa en las temperaturas máximas, lo que se puede observar en la figura 13.

En algunos días las temperatura máxima y mínima se acercan mucho, esto puede estar explicado por las precipitaciones ocurridas en esos días, esto se aprecia claramente en los días 28 y 29 después de floración, que corresponden a 28 y 29 de febrero donde se registraron precipitaciones cercanas a 100 mm.

Es destacable el hecho que luego de precipitaciones importantes como las ocurridas el 28 y 29 de febrero de 100 mm la amplitud térmica es menor. El suelo al quedar saturado produjo un efecto amortiguador en los días posteriores, aunque de menor magnitud respecto de una lámina de agua.

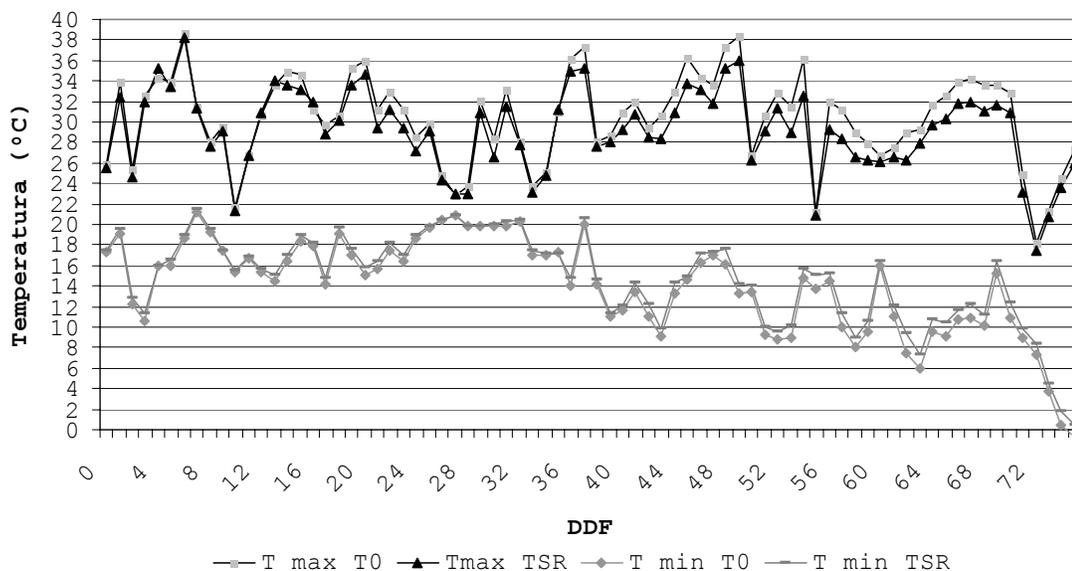


Figura No. 13. Temperaturas máximas y mínimas registradas en parcelas con y sin agua durante el período del 1° de febrero al 16 de abril de 2008.

Las temperaturas máximas que registra el T0 son mayores a las registradas por el TSR, lo mismo sucede con las temperaturas mínimas donde T0 siempre esta por debajo de las mínimas de TSR, lo que confirma el efecto de la presencia de la lámina de agua.

En la figura 14 se presentan los resultados de amplitud térmica para el período en estudio de los tratamientos T0 y TSR donde se observa el efecto de la lámina de agua.

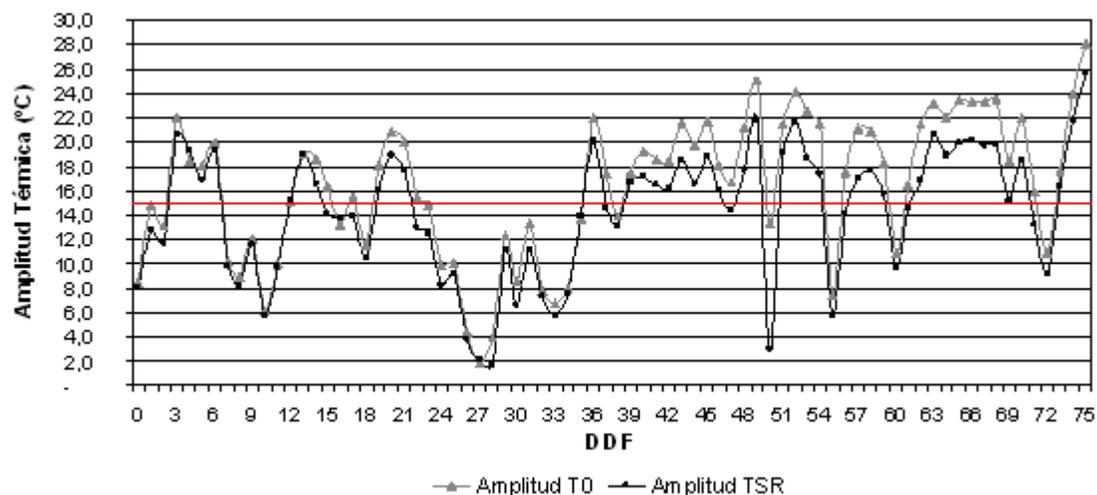


Figura No. 14. Amplitud térmica para el tratamiento T0 y TSR en el periodo desde 1° de febrero al 16 de abril del 2008.

La amplitud térmica promedio registrada en el período estudiado es alta, 17,1 y 15,4 para los tratamientos T0 y TSR respectivamente.

Como se aprecia en la figura anterior la amplitud térmica del tratamiento T0 es mayor a la del tratamiento TSR, por el efecto amortiguador que la lámina de agua ejerce sobre las temperaturas extremas.

A medida que el suelo del tratamiento T0 se seca, el efecto amortiguador se reduce, aumentando las diferencias en temperatura entre los tratamientos.

La literatura indica que amplitudes térmicas mayores de 15 °C, favorecen al quebrado o agrietado de los granos, disminuyendo de esta manera el rendimiento de grano entero.

La lamina de agua favorece entonces a que se de mayor rendimiento en grano entero.

4.5.1.2 Temperatura a nivel del suelo

En la figura 15 se aprecia el comportamiento de la temperatura a nivel del suelo y de la panoja para los

tratamientos con retiro de agua a 50% de floración y el tratamiento sin retiro de agua, en un día caluroso del período de 1° de febrero-16 de abril.

En la figura No. 15 se presenta la temperatura horaria del ambiente y del suelo para T0 y TSR para el día 06/02/08.

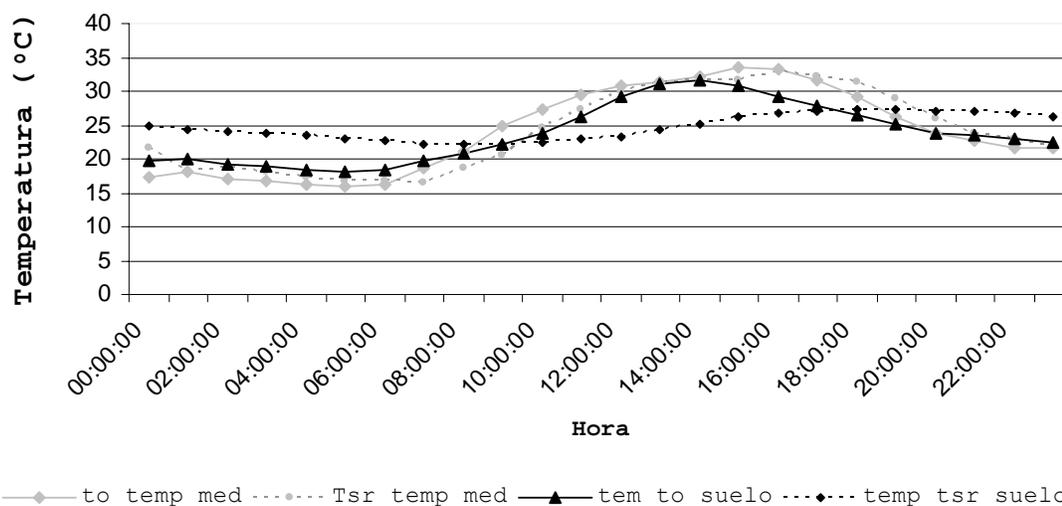


Figura No. 15. Evolución de la temperatura diaria a nivel del suelo y de la panoja para los tratamientos T0 y TSR en un día de elevada temperatura.

La temperatura a nivel de la panoja para los dos tratamientos presentan valores similares, lo destacable es que en el tratamiento sin retiro de agua la curva se retrasa, llega mas tarde a valores similares.

La evolución de la temperatura a nivel del suelo, es muy diferente en cada tratamiento; en el tratamiento TSR las variaciones en la temperatura son muy pequeñas y progresivas, y nunca alcanza los valores extremos que se registran a nivel de la panoja. Se observa que la temperatura del suelo con lámina de agua durante la noche se mantiene por encima (4-5° C) de la temperatura a nivel de panoja de los dos tratamientos y del suelo sin lámina de agua.

En el suelo seco la evolución de la temperatura es muy similar a la registrada a nivel de la panoja, pero con variaciones menores, principalmente en las temperaturas elevadas.

4.5.2 Humedad relativa

El estudio del comportamiento de la humedad relativa resulta relevante en la fase de maduración y pos maduración del cultivo, ya que la intermitencia entre procesos de humedecimiento y secado puede llevar a incrementos en el porcentaje de granos quebrados. A continuación se presentan los datos promedios obtenidos de los tres tratamientos estudiados.

Cuadro No. 19. Efecto de los tratamientos en la humedad relativa media, máxima y mínima en el período 1° de febrero-16 de abril.

Trat. ¹	H.R ³	H.R	H.R	H.R	H.R	No.de hrs.	No.de hrs.
	Med. ⁴ (%)	Max ⁵ . (%)	Min ⁶ . (%)	Amp ⁷ . (%)	Des-vío	<81% H.R	>99% H.R
0	80,5	100	56,0	48,9	20,3	1115	456
30	81,8	100	58,5	46,6	20,2	1125	458
SR ²	84,8	100	64,4	40,8	17,6	1168	404

¹Tratamiento ² Tratamiento sin retiro de agua ³Humedad relativa ⁴Media ⁵Máxima ⁶Mínima ⁷Amplitud.

Los tratamientos que permanecieron con agua tuvieron menor amplitud de la humedad relativa, demostrando como el agua ejerce un efecto amortiguador.

En la figura No 16 se presenta la amplitud de la humedad relativa registrada por los sensores a nivel de la panoja para el tratamiento T0 y TSR, la humedad relativa ambiente y precipitaciones registrada por la casilla agro meteorológica en el período de 1° de febrero al 16 de abril.

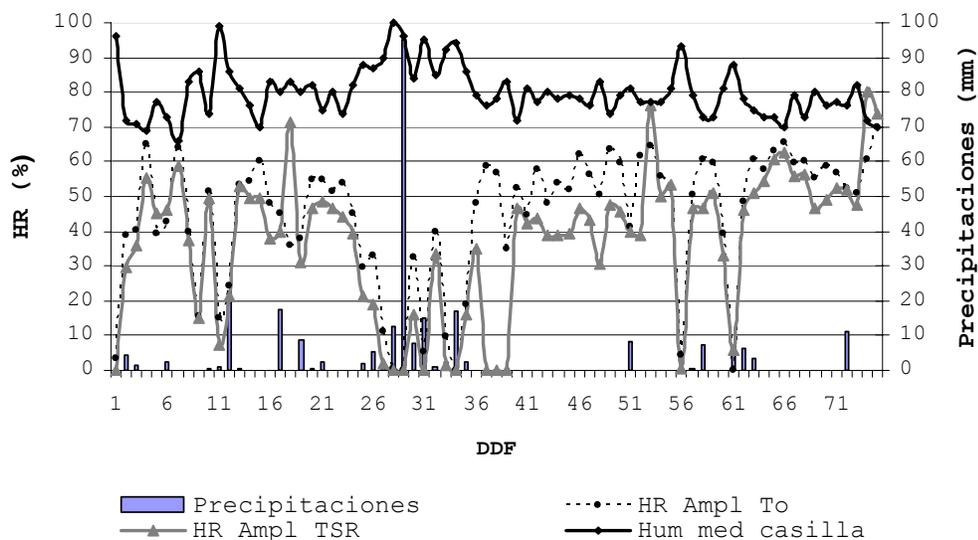


Figura No 16. Amplitud de la humedad para T0 y TSR, humedad media de la casilla y precipitaciones.

La menor amplitud de la humedad relativa que presenta el tratamiento sin retiro, está explicado por la acción amortiguadora de la lámina de agua, evitando variaciones bruscas.

En la grafica anterior se observa como la amplitud de la humedad relativa se hace minima en días que ocurren precipitaciones, además es de destacar como en esos días la amplitud de la humedad relativa del tratamiento T0 es muy similar a la del tratamiento sin retiro de agua, indicando que en los días de lluvia la lamina de agua o simplemente el suelo saturado ofician de amortiguador en la humedad relativa del tratamiento T0.

4.5.3 Precipitaciones

Las precipitaciones es otro factor altamente determinante de los niveles de quebrado, en el sentido que, una vez que el grano está pronto para su cosecha, lluvias esporádicas pueden provocar el continuo proceso de

hidratación y deshidratación del grano, finalizando en el quiebre del mismo (Roel y Blanco, 1997).

Precipitaciones ocurridas desde el 1° de febrero al 16 de abril, están por debajo de la media histórica, reflejando las buenas condiciones existentes para la cosecha. Los episodios de lluvia que se dieron luego de los 35 DDF (cuando el grano está seco), fueron muy pocos, por lo que se puede pensar que no influenciaron, en gran medida, en el porcentaje de quebrado.

En la siguiente figura se presenta la evolución de las precipitaciones en el período mencionado.

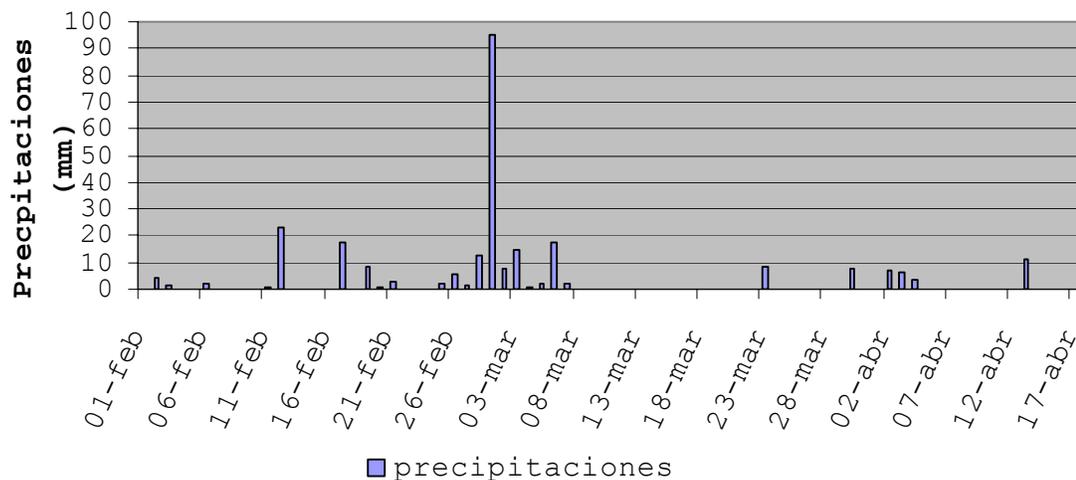


Figura No. 17. Precipitaciones diarias para el período 1° de febrero - 17 de abril.

5. CONCLUSIONES

En las condiciones en que se realizó el trabajo el momento de retiro de agua y de cosecha son prácticas de manejo que afectan significativamente el rendimiento de grano y la calidad industrial del mismo.

El drenaje realizado al 50 % de floración fue el único momento de retiro que afectó el rendimiento de arroz cáscara; drenajes realizados a partir de los 15 DDF no afectaron esta variable.

Los componentes del rendimiento que explican el menor rendimiento obtenido en el retiro de 50 % de floración es la significativa mayor esterilidad de granos y el menor peso de estos. La humedad de grano fue afectada significativamente por el momento de retiro, mostrando una clara tendencia a presentar mayor humedad con los retiros más tardíos.

Las variables de calidad industrial afectadas por el momento de retiro fueron el porcentaje de entero y de quebrado. Los drenajes realizados antes de los 45 DDF disminuyeron significativamente el rendimiento de grano entero.

Por otro lado, el momento de cosecha óptimo para obtener el máximo rendimiento de grano fue a los 45 DDF, cosechas previas y posteriores disminuyen el rendimiento significativamente, siendo el peor momento a los 75 DDF.

El máximo rendimiento obtenido está explicado por mayor peso de grano y número de panojas por metro cuadrado y una esterilidad media.

Se confirma que en cosechas tempranas (30 DDF) se obtienen altos valores de humedad de grano y porcentaje de verde.

Las variables de calidad industrial afectados significativamente por el momento de cosecha fueron el porcentaje de blanco total, entero y quebrado. El momento de cosecha que perjudico en mayor medida estas variables

fue el realizado a los 75 DDF, mientras que a los 45 DDF se encontraron los mejores resultados para estos componentes.

En cuanto a la evolución de llenado de grano se observó que el drenaje temprano (50 % de floración), afectó la tasa de llenado de grano, siendo más lenta en los primeros 25 días comparado con el que no se drenó, alcanzando el mismo peso de mil granos llenos al final de la etapa.

Se comprobó el efecto amortiguador que ejerce la presencia de la lámina de agua sobre la temperatura y humedad atmosférica, manteniendo estos dos factores más estables en las parcelas que permanecieron con agua frente a la que fue drenada en floración. Hubo menor amplitud térmica con la presencia de lámina de agua, la cual ejerció efecto buffer sobre las temperaturas extremas, y dentro de estas sobre las más calurosas.

6. RESUMEN

En el año agrícola 2007-2008 se instaló un ensayo en la Unidad Experimental "Paso de la Laguna" de INIA Treinta y Tres, con el objetivo de determinar el momento óptimo de cosecha y de retiro de agua para lograr el máximo rendimiento de arroz cáscara y calidad industrial del grano en la variedad INIA Olimar (*Oryza sativa* L. sp. Índica). El ensayo fue realizado en la Unidad de suelo "La Charqueada" sobre un Brunosol subeutrico lúvico. El manejo del cultivo fue similar al realizado en las chacras comerciales de la zona. Se utilizó el diseño de parcelas divididas en bloques al azar con cuatro repeticiones, siendo cinco momentos de drenajes en las parcelas grandes (50 % de floración, 15 DDF, 30 DDF, 45 DDF y sin retiro de agua) y cuatro de cosecha en las parcelas pequeñas (30 DDF, 45 DDF, 60 DDF y 75 DDF). Se colocaron sensores que midieron temperatura y humedad atmosférica en los tratamientos de drenaje (50 % floración, 30 DDF y sin retiro) con el objetivo de determinar la evolución de estos dos factores en los diferentes tratamientos. A través de sonda de neutrones se registró la evolución del contenido del agua del suelo en diferentes profundidades en todos los tratamientos de retiros a medida que estos comenzaban. Se obtuvo el mayor rendimiento cosechando 45 DDF, cosechas anteriores y posteriores fueron significativamente menores, mientras que cuando se drenó en 50 % de floración se obtuvo rendimientos significativamente más bajos que los realizados posteriormente. Los componentes de calidad industrial del grano afectados por los momentos de cosecha fueron Blanco total, porcentaje de entero y quebrado. Cosechando a los 45 DDF se obtuvieron los mejores rendimientos de estas variables. El momento de drenaje perjudica el porcentaje de grano entero si se drena antes de los 45 DDF. Esta variable presentó interacción entre los momentos de retiro y de cosecha, siendo la mejor combinación cosechar a los 45 DDF y dejar el agua hasta ese momento. La tasa de llenado de grano se vio afectado por el retiro de agua en 50 % de floración en los primeros 25 días, alcanzó el mismo peso de grano del que permaneció con agua 10-15 días después. Los sensores demostraron como la lámina de agua ejerce un efecto "amortiguador" o "buffer" sobre la temperatura y

humedad relativa, disminuyendo en los dos factores la amplitud entre los registros extremos.

Palabras clave: *Oryza sativa* L.; Arroz; Momento de cosecha; Momento de retiro de agua; Drenaje; Floración; Días después de floración; Calidad industrial; Contenido de humedad de grano; Quebrado.

7. SUMMARY

The experiment was carried out in the Experimental Unit "Paso de la Laguna", INIA Treinta y Tres, at 2007-2008 agricultural year, with the objective of determining the optimal time to harvest and removal of water to obtain maximum yield of paddy rice and industrial quality of grain in the variety INIA Olimar (*Oryza sativa* L. sp. Indica). The experiment was conducted at the Soil unit "La Charqueada" on a Brunosol subeutrico luvico soil. The crop management was similar to that in commercial farms in the area. It was used the split-plot design in randomized blocks with four replications, with five moments of drains in large parcels (50% flowering, 15 DAF, 30 DAF, 45 DAF and without removal of water treatment) and four harvest moment treatments in the small plots (30 DAF, 45 DAF 60 DAF and 75 DAF). Sensors were colocated to measure temperature and atmospheric humidity in the treatment of drainage (50% flowering, 30 DAF and without retirement) in order to determine the movement of these two factors in the different treatments. Through neutron probe recorded the evolution of soil water content at different depths in all treatments of withdrawals, as they began. It was obtained the best harvested 45 DAF performance, before and after harvest were significantly lower, whereas when it was drained in 50% flowering was obtained significantly lower yields than those made later. Industrial quality components of corn affected by harvest time were white, whole and broken percentage. Harvesting at 45 DAF, best yields were obtained for these variables. The drainage time harms the whole grain percentage if it is drained before 45 DAF. This variable had interaction between the moments of retreat and harvest, with the best combination at 45 DAF harvest and keeping the water until then. The grain filling rate was affected by the withdrawal of water at 50% flowering in the first 25 days, reached the same weight of grain from which water remained after 10-15 days. The sensors showed how the water layer exerts a "buffer" on the temperature and relative humidity, both factors decreasing the amplitude between the extreme registers.

Keywords: *Oryza sativa* L.; Rice; Rice harvest time; When Withdrawal of water drainage; Drainage; Flowering; Days

after flowering; Industrial quality; Grain moisture
content; Broken.

8. BIBLIOGRAFIA

1. ACA.2009.El cultivo en Uruguay.(en línea). Montevideo. Consultado 5 set.2009. Disponible en http://www.aca.com.uy/el_cultivo.html
2. ACOSTA, O. G. 1988. Efecto de distintos momentos de drenaje y épocas de cosecha sobre el rendimiento, calidad industrial y germinación del arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 115 p.
3. ADAIR, C. R.; MILLER, M. D.; BEACHELL, H. M. 1962. Rice improvement and culture in the United States. *Advances in Agronomy*. 14: 77- 83.
4. ALVARADO, J. R. 2002. Influence of air temperature on rice population, length of period from sowing to flowering, and spikelet sterility. In: *Temperate Rice Conference (2nd., 2002).Proceedings*. Los Baños, Philippines, IRRI. pp. 63-68
5. ARGUISSAIN, G. G 2006. Ecofisiología del cultivo de arroz. In: Benavidez, R. ed. *El Arroz, su cultivo y sustentabilidad en Entre Ríos*. Concepción del Uruguay, UNER. v. 1, pp. 80-84.
6. BICA, W.; GRAÑA, J. 1991. Efecto de la falta de riego en las distintas etapas fenológicas del cultivo de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. pp. 82-92.
7. BLANCO, F. 1984. Época de drenaje del cultivo de arroz. In: *Resultados de la experimentación regional en cultivos arroz-soja*. s. l., CIAAB. pp. 117-120.
8. _____.; MÉNDEZ, R. 1986. Época de drenaje y cosecha del cultivo de arroz (*Oriza sativa* L.). *Investigaciones Agronómicas (CIAAB)*. no. 7: 66-72.
9. BLANCO, P.; MENDEZ, J. H. 1996. Momento de cosecha. In: *Arroz; resultados experimentales 1995-96*. Montevideo, INIA. pp. 1 - 13 (Actividades de Difusión no. 107).

10. _____.; MOLINA, F.; PEREZ DE VIDA, F.; AVILA, S.; LAVECCHIA, A.; MARCHESI, C.; DEAMBROSI, E.; MENDEZ, R.; SALDAIN, N.; ROEL, A.; ZORRILLA, G.; ACEVEDO, A. 2004. Características y comportamiento en la zafra 2003/04. INIA Olimar; una variedad promisorio. Arroz. 10: 40-48.
11. COLA, G.; BOCCHI, S.; MARIANI, L. 2007. Modelling of water temperature in flooded rice. In: International Temperate Rice Conference (4th ., 2007, Arkansas). Proceedings. Arkansas, s.e. p.96
12. CONGRESO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO (4º, 2005, Santa Maria). 2005. Arroz irrigado; recomendaciones técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria. pp. 14-75.
13. COUNCE, P. A.; WATKINS, K. B.; BRYE, K. R.; SIEBENMORGEN, T. J. 2007. A model to predict safe rice field training dates and field tests of the model's prediction. In: International Temperate Rice Conference (4th., 2007, Arkansas). Proceedings. Arkansas, s.e. p. 114.
14. CHEBATAROFF, N. 1983. Factores que afectan el momento de cosecha, los rendimientos y la calidad industrial del arroz. Arroz. 2: 17-22.
15. CHUNHAI, S; and ZONGTAN, S. 1990. Effect of high humidity and low temperature on spikelet fertility in indica rice. International Rice Research Newsletter. 15 (3):10-11.
16. DEAMBROSI, E.; MÉNDEZ, R.; ROEL, A. 1997. Estrategia en la producción de arroz. Para un mejor aprovechamiento de las principales variables climáticas. Montevideo, INIA. 16 p. (Serie Técnica no. 89).
17. _____.; _____. 2007. Respuesta de cultivares de arroz de tipo indica a densidades de siembra y aplicaciones de nitrógeno en la zona este del Uruguay. Montevideo, INIA. 36 p. (Serie Técnica no. 167).

18. DE DATTA, S. K. 1981. Principles and practices of rice production. New York, Wiley. 618 p.
19. DUARTE, E. F.; DE SOUZA, R. L. P.; DE SOUZA, D. P. P.; DA COSTA, W. F. 1977. Epocas de drenagem final em cultura de arroz irrigado por inundacao por intermitente, na Baixada Fluminense. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 12: 11-26.
20. FINASSI, A.; NORIS, P.; VIDOTTO, F. 2002. The effect of weather on whole-kernel milling yield of selected cultivars of *Oryza sativa* L. grown in the Po Valley of Italy. In: Temperate Rice Conference (2nd., 2002, Sacramento). Proceedings. Manila, IRRI. pp. 471-479.
21. GAGGERO, M. R.; MARMO, M. S. 1999. Retiros de agua y momentos de cosecha en tres cultivares de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. pp. 66-69.
22. GIGENA, F. 1944. Resultados de la técnica experimental en el cultivo de arroz. Revista de la Facultad de Agronomía (Montevideo). 38: 185-189.
23. GUIMARAES, H. M. A.; MACHADO, J. R. 1996. Efeito do momento da colheita, sobre o teor de agua dos graos inteiros e rendimento no beneficiamento em diferentes épocas de sementeira de tres cultivares de arroz (*Oriza sativa*.). Lavoura Arrozeira. 49: 6-8.
24. GUNAWARDENA, T. A.; FARRELL, T. C.; FUKAI, S.; BLAMEY, F. P. C.; WILLIAMS, R. L. 2002. Research on cold tolerance in Australia; focusing on nitrogen-interactions and genotypic variation. In: Temperate Rice Conference (2nd., 2002, Sacramento). Proceedings. Manila, IRRI. pp. 195-200.
25. INFELD, J. A. 1981. Ponto de colheita para seis cultivares de arroz irrigado. In: Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado (11a., 1981, Pelotas). Anais. Pelotas, UEPAE. pp. 127-129.

26. ISLAM, M. S.; HAQUE, M. Z. 1989. Adaptability of rice varieties to low light intensity. *International Rice Research Newsletter*. 14: 11-12.
27. JODARI, F.; LINScombe, S. 2002. Grain moisture exchange rate and fissuring resistance relationship in rice. *In: Temperate Rice Conference (2nd., 2002, Sacramento)*. Proceedings. Manila, IRRI. p. 659.
28. LAVECCHIA, A.; ROEL, A.; MÉNDEZ, J. H. 1997. Retiros de agua y momentos de cosecha. *In: Arroz, resultados experimentales 1996-1997*. Montevideo, INIA. cap. 8, pp. 1-22 (Actividades de Difusión no. 143).
29. _____.; _____.; _____. 1999. Momentos de retiros de agua y cosechas. *In: Arroz, resultados experimentales 1998-1999*. Montevideo, INIA. cap. 8, pp. 1-28 (Actividades de Difusión no. 199).
30. _____.; MARCHESI, C.; MENDEZ, J. H. 2004. Supresión del riego en dos fechas de cosecha. *In: Arroz, resultados experimentales 2003-2004*. Montevideo, INIA. cap. 6, pp. 1-22 (Actividades de Difusión no. 375).
31. LEI, X-M.; MACKILL, D. J. 2002. Potential for high-temperature tolerance in California rice. *In: Temperate Rice Conference (2nd., 2002, Sacramento)*. Proceedings. Manila, IRRI. p. 664.
32. LIMA, A. L.; RAMÍREZ, H. V.; MENEZES, V. G.; MARIOT, C. H. 2005. Rendimiento e qualidade de graos de arroz irrigado em funcao do manejo da agua para colheita. *In: Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado (26a.)*, Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado (4^o., 2005, Santa Maria). Anais. Santa María, Orium. v. 1, pp. 354-356.
33. Mc CAULEY, G. N.; WAY, M. O. 2001. Drain and Harvest timing affects on rice grain drying and whole-milled grain. (en linea) *Field Crops Research*. 74: pp. 163-172. Consultado 18 ago. 2008. Disponible en

<http://biblioteca.fagro.edu.uy/refcia/referencia/20080910/701.pdf>

34. MÉNDEZ, J. H. 1997. Momento de cosecha para arroz. Arroz. no. 9: 34-36.
35. MÉNDEZ, R.; ROEL, A.; CASTERÁ, F. 2003. Características del llenado de grano para cuatro variedades de arroz en diferentes zafras y épocas de siembra. In: International Temperate Rice Conference (3rd., 2003, Punta del Este). Proceedings. s.n.t. p. irr.
36. MOLINA, F.; ROEL, A.; MUTTERS, R. Efecto del momento de retiro de agua y cosecha en INIA Olimar. In: Arroz, resultados experimentales 2006-2007. Montevideo, INIA. cap.2, pp. 11-21 (Actividades de Difusión no. 502).
37. PAULETTO, E. A.; GOMES, A. DA S.; TURATTI, A. L. 1981. Períodos de drenagem em lavoura de arroz x níveis de nitrogênio. In: Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado (11a., 1981, Pelotas). Anais. Pelotas, UEPAE. pp. 213-217.
38. PEDROSO, B. A. 1978. Ponto ideal para colheita do arroz. Lavoura Arrozeira. 31: 4-10.
39. _____.1994. Efeito do ponto de colheita de duas cultivares do arroz irrigado em quatro densidades de semeadura. Lavoura Arrozeira. 47: 3-5.
40. PÉREZ DE VIDA, F.; BLANCO, P.; ROEL, A.; FERREIRA, E.; MONTAUBAN, E. 2002. Cold tolerance of short-season rice cultivars in Uruguay. In: Temperate Rice Conference (2nd., 2002, Sacramento). Proceedings. Manila, IRRI. pp. 687-688.
41. RAMIREZ, H. V.; MENEZES V. G.; MARIOT, C. H. ; LIMA, A. L. 2005. Enchimento de graos de arroz irrigado em funcao do manejo da agua para a colheita. In: Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado (26a.), Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado(4°.2005, Santa Maria). Anais. Santa Maria, Orium. v. 1, pp. 305-306.

42. RIBEIRO, G. J.; SOARES, A.; REIS, M.; CORNELIO, V. M. 2004. Efeito do atraso na colheita e do período de armazenamento sobre o rendimento de graos inteiros de arroz de terras altas. *Ciência e Agrotecnología*. 28(5): 1021-1030.
43. ROEL, A.; BLANCO, F. 1997. Riego; retiros de agua y momentos de cosecha en tres cultivares de arroz. In: Arroz, resultados experimentales 1996-1997. Montevideo, INIA. cap. 12, pp. 1-16 (Actividades de Difusión no. 135.)
44. _____. 1998. Riego; retiros de agua y momentos de cosecha en tres cultivares de arroz. In: Arroz, resultados experimentales 1997-1998. Montevideo, INIA. cap. 12, pp. 1-14 (Actividades de Difusión no. 166).
45. _____. 1999. Retiros de agua y momentos de cosecha en tres cultivares de arroz. In: Arroz, resultados experimentales 1998-1999. Montevideo, INIA. cap. 5, pp. 28-36 (Actividades de Difusión no. 194).
46. ROMANINI, A.; FERREIRA da SILVA, F.; ARF, O.; KAMIMURA, K. M; SÁ, M. E. de. 2005. Influencia da epoca de colheita em arroz de terras altas irrigado por aspersao. In: Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado (26a.), Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado (4º., 2005, Santa María). Anais. Santa Maria, Orium. v. 1, pp. 313-315.
47. SEGOVIA, M. 2007. Efecto de momentos de retiros de agua y de cosecha en la variedad INIA Olimar (*Oriza sativa* L.). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 99 p.
48. SMIDERLE, O. J 2007. Epocas de colheita e qualidade de arroz irrigado BRS JABURU producido em RORAIMA. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado (5º.), Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado (27º., 2007, Roraima). Anais. s.n.t. v.2, pp. 552 - 555.
49. _____.; DIAS, C. T. 2008. Epoca de colheita e qualidade fisiológica de sementes em arroz

irrigado (*Oryza sativa* cv. BRS RORAIMA). Pesquisa Agropecuaria Tropical. 38(3): 188-194.

50. STONE, L. F.; FONSECA, J. R. 1980. Épocas de drenagem final em duas cultivares de arroz irrigado. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 15: 171-174.
51. THOMPSON, J. F.; MUTTERS, R. G. Optimum harvest moisture for Californian médium grain rice. In: International Temperate Rice Conference (4th; 2007, Arkansas). Proceedings. Arkansas, s.e. pp. 176-177.
52. YANG, J.; ZHANG, J.; WANG, Z.; LIU, L.; ZHU, Q. 2003. Post-anthesis water deficits enhance grain filling in two-line hybrid rice. Crop Science. 43: 2099-2108.
53. YUNBI, X.; ZONGTAN, S.; CHUNHAI, S. 1989. Effect of high temperature on rice spikelet fertility. International Rice Research Newsletter. 14: 13-14.