

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

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

por

Marcelo SEGOVIA PIREZ

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2007

Tesis aprobada por:

Director: _____
Ing. Agr. Alvaro Roel

Ing. Agr. Guillermo Siri

Ing. Agr. Mario García

Fecha: _____

Autor: _____
Marcelo Segovia Pirez

AGRADECIMIENTOS

Al director de tesis Ing. Agr. Alvaro Roel por sus recomendaciones y apoyo incondicional.

Al grupo técnico de arroz, al personal de campo, laboratorio, biblioteca y secretaria de la Estación Experimental INIA Treinta y Tres por su colaboración y amable voluntad.

Al Ing. Agr. Federico Molina, por la ayuda brindada para la realización de los análisis estadísticos del presente experimento, por su disponibilidad y sus acertados consejos.

A mi familia, novia y amigos, que han colaborado de una u otra forma en la realización de este trabajo.

A la Facultad de Agronomía, por todo lo brindado.

TABLA DE CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| APROBACIÓN..... | II |
| AGRADECIMIENTOS..... | III |
| LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES..... | VIII |
| | |
| 1. <u>INTRODUCCIÓN</u> | 1 |
| 2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> | 3 |
| 2.1 <u>CARACTERÍSTICAS DE INIA OLIMAR</u> | 3 |
| 2.1.1 <u>Origen</u> | 3 |
| 2.1.2 <u>Características agronómicas</u> | 3 |
| 2.1.3 <u>Rendimiento</u> | 3 |
| 2.1.4 <u>Calidad de grano</u> | 4 |
| 2.2 <u>EFFECTOS CLIMÁTICOS EN LA PRODUCCIÓN DE ARROZ</u> | 4 |
| 2.2.1 <u>Efectos de la temperatura</u> | 5 |
| 2.2.1.1 Efectos de bajas temperaturas..... | 5 |
| 2.2.1.2 Efectos de altas temperaturas..... | 7 |
| 2.2.2 <u>Efectos de la humedad relativa</u> | 7 |
| 2.2.3 <u>Efectos climáticos en el rendimiento y en</u> <u>componentes del rendimiento</u> | 8 |
| 2.3 <u>EFFECTOS DEL DRENAJE EN EL SUELO</u> | 9 |
| 2.3.1 <u>Características del suelo</u> | 9 |
| 2.3.1.1 Aireación..... | 9 |
| 2.3.1.2 Fertilidad..... | 9 |
| 2.4 <u>Desarrollo de especies forrajeras según el contenido</u> <u>de agua del suelo</u> | 10 |
| 2.5 <u>MOMENTO DE COSECHA</u> | 11 |
| 2.5.1 <u>Efecto del momento de cosecha</u> | 12 |
| 2.5.2 <u>Rendimiento de arroz cáscara y peso de mil</u> <u>granos</u> | 13 |
| 2.5.3 <u>Calidad industrial</u> | 15 |
| 2.5.3.1 Porcentaje de blanco total..... | 16 |
| 2.5.3.2 Porcentaje de grano entero..... | 18 |
| 2.5.3.3 Porcentaje de grano verde..... | 20 |
| 2.5.3.4 Contenido de yeso..... | 21 |
| 2.5.3.5 Contenido de humedad en el grano..... | 23 |
| 2.6 <u>MOMENTO DE RETIRO DE AGUA</u> | 24 |
| 2.6.1 <u>Efecto del momento de retiro de agua</u> | 27 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.6.2 | <u>Rendimiento de arroz cáscara y peso de mil granos</u> | 29 |
| 2.6.3 | <u>Calidad industrial</u> | 31 |
| 2.6.3.1 | Porcentaje de blanco total | 31 |
| 2.6.3.2 | Porcentaje de grano entero | 32 |
| 2.6.3.3 | Porcentaje de grano verde | 33 |
| 2.6.3.4 | Contenido de yeso | 34 |
| 2.6.3.5 | Contenido de humedad en el grano | 35 |
| 2.7 | COMPONENTES DEL RENDIMIENTO | 35 |
| 2.7.1 | <u>Número de panojas por metro cuadrado</u> | 35 |
| 2.7.2 | <u>Número de granos por panoja</u> | 36 |
| 2.7.3 | <u>Llenado de grano</u> | 37 |
| 2.8 | PARAMETROS FISIOLÓGICOS | 39 |
| 2.9 | REMOVILIZACIÓN DE CARBONO | 40 |
| 3. | <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> | 42 |
| 3.1 | UBICACIÓN | 42 |
| 3.2 | SUELO | 42 |
| 3.3 | CLIMA | 42 |
| 3.3.1 | <u>Heliofanía</u> | 43 |
| 3.3.2 | <u>Precipitaciones</u> | 44 |
| 3.3.3 | <u>Temperatura media</u> | 45 |
| 3.4 | DISEÑO EXPERIMENTAL | 45 |
| 3.5 | TRATAMIENTOS | 46 |
| 3.6 | MANEJO | 47 |
| 3.6.1 | <u>Laboreo</u> | 47 |
| 3.6.2 | <u>Siembra</u> | 47 |
| 3.6.3 | <u>Fertilización</u> | 47 |
| 3.6.4 | <u>Uso de herbicida</u> | 47 |
| 3.7 | DETERMINACIÓN | 47 |
| 3.7.1 | <u>A campo</u> | 47 |
| 3.7.2 | <u>En el laboratorio</u> | 48 |
| 3.8 | ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 50 |
| 4. | <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> | 52 |
| 4.1 | RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES | 52 |
| 4.1.1 | <u>Efecto del momento de cosecha</u> | 52 |
| 4.1.1.1 | Rendimiento | 53 |
| 4.1.1.2 | Porcentaje de verde | 53 |
| 4.1.1.3 | Porcentaje de humedad | 54 |
| 4.1.1.4 | Número de panojas por metro cuadrado | 54 |
| 4.1.1.5 | Número de granos llenos por panoja | 56 |
| 4.1.1.6 | Número de granos vacíos por panoja | 56 |

| | | |
|---------|---|----|
| 4.1.1.7 | Peso de mil granos | 56 |
| 4.1.2 | <u>Efecto del momento de drenaje</u> | 56 |
| 4.1.2.1 | Rendimiento | 57 |
| 4.1.2.2 | Porcentaje de verde | 58 |
| 4.1.2.3 | Porcentaje de humedad | 58 |
| 4.1.2.4 | Número de panojas por metro cuadrado | 59 |
| 4.1.2.5 | Número de granos llenos por panoja | 59 |
| 4.1.2.6 | Número de granos vacíos por panoja | 60 |
| 4.1.2.7 | Peso de mil granos | 60 |
| 4.1.3 | <u>Interacción entre los momentos de cosecha y los de drenaje</u> | 60 |
| 4.2 | CALIDAD DE GRANO | 60 |
| 4.2.1 | <u>Efecto del momento de cosecha</u> | 61 |
| 4.2.1.1 | Porcentaje de blanco total | 61 |
| 4.2.1.2 | Porcentaje de grano entero | 62 |
| 4.2.1.3 | Porcentaje de yeso | 65 |
| 4.2.1.4 | Porcentaje de manchado | 65 |
| 4.2.2 | <u>Efecto del momento de drenaje</u> | 65 |
| 4.2.2.1 | Porcentaje de blanco total | 66 |
| 4.2.2.2 | Porcentaje de grano entero | 67 |
| 4.2.2.3 | Porcentaje de yeso | 68 |
| 4.2.2.4 | Porcentaje de manchado | 69 |
| 4.2.3 | <u>Interacción entre los momentos de cosecha y los de drenaje</u> | 69 |
| 4.2.3.1 | Porcentaje de granos enteros | 69 |
| 4.3 | EVOLUCIÓN DEL LLENADO DE GRANO | 70 |
| 4.3.1 | <u>Efecto del momento de cosecha</u> | 71 |
| 4.3.1.1 | Número de granos llenos por panoja | 72 |
| 4.3.1.2 | Número de granos vacíos por panoja | 72 |
| 4.3.1.3 | Peso de mil granos | 72 |
| 4.3.2 | <u>Efecto del momento de drenaje</u> | 72 |
| 4.3.2.1 | Número de granos llenos por panoja | 73 |
| 4.3.2.2 | Número de granos vacíos por panoja | 73 |
| 4.3.2.3 | Peso de mil granos | 73 |
| 4.3.3 | <u>Interacción entre los momentos de cosecha y los de drenaje</u> | 73 |
| 4.4 | CARACTERIZACIÓN MICROCLIMÁTICA DE LOS TRATAMIENTOS | 74 |
| 4.4.1 | <u>Temperatura</u> | 74 |
| 4.4.1.1 | Evolución de la temperatura | 74 |
| 4.4.1.2 | Evolución de las temperaturas, máximas y mínimas | 76 |
| 4.4.1.3 | Evolución de la temperatura para dos días con temperatura extrema | 77 |

| | |
|--|----|
| 4.4.1.4 Evolución de la amplitud térmica..... | 79 |
| 4.4.2 <u>Humedad relativa</u> | 80 |
| 4.4.2.1 Evolución de la humedad relativa..... | 80 |
| 4.4.2.2 Evolución de la humedad relativa y heliofanía | 82 |
| 4.4.2.3 Precipitaciones..... | 83 |
| 5. <u>CONCLUSIONES</u> | 85 |
| 6. <u>RESUMEN</u> | 87 |
| 7. <u>SUMMARY</u> | 89 |
| 8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> | 91 |
| 9. <u>ANEXOS</u> | 99 |

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

| Cuadro No. | Página |
|--|--------|
| 1. Resultados de análisis de suelo..... | 42 |
| 2. Calendario de actividades..... | 46 |
| 3. Resultados del análisis estadístico realizado para el rendimiento y sus componentes, según el momento de cosecha y drenaje, y la interacción de ambos. | 52 |
| 4. Efecto del momento de cosecha sobre el rendimiento y sus componentes. | 53 |
| 5. Efecto del momento de retiro de agua sobre el rendimiento y sus componentes. | 57 |
| 6. Resultados del análisis estadístico realizado para las características de calidad según los dos tratamientos y la interacción de ambos. | 61 |
| 7. Efecto del momento de cosecha sobre la calidad del grano. | 61 |
| 8. Efecto del momento de cosecha sobre el porcentaje de humedad y de entero. | 64 |
| 9. Efecto del momento de retiro de agua sobre la calidad del grano. | 65 |
| 10. Efecto del momento de retiro de agua sobre el porcentaje de humedad y de granos enteros. | 67 |
| 11. Resultados estadísticos de la interacción del momento de retiro de agua y momento de cosecha sobre el porcentaje de granos enteros. | 70 |
| 12. Resultados del análisis realizado para las características del llenado de grano, según los dos tratamientos y la interacción de ambos. | 71 |
| 13. Efecto del momento de cosecha sobre la evolución de llenado del grano. | 71 |
| 14. Efecto del momento de retiro de agua sobre la evolución de llenado del grano. | 73 |
| 15. Información de la temperatura del período 1o. al 28 de marzo registrada por los sensores. | 76 |
| 16. Información de la humedad relativa del período 1o. al 28 de marzo registrada por los sensores. | 82 |

Figura No.

| | |
|---|----|
| 1. Horas de sol decádicas correspondientes a los años 2005-2006 y a la serie histórica 1973-2006. | 43 |
| 2. Precipitaciones decádicas correspondientes a los años 2005-2006 y a la serie histórica 1972-2006. | 44 |
| 3. Temperatura media decádicas correspondientes a los años 2005-2006 y a la serie histórica 1971-2006. | 45 |
| 4. Porcentaje de humedad y de verde según el momento de cosecha. | 54 |
| 5. Número de panojas por metro cuadrado según el momento de cosecha. | 55 |
| 6. Efecto del momento de retiro de agua sobre el rendimiento de arroz cáscara y el contenido de humedad. | 59 |
| 7. Efecto del momento de cosecha sobre el porcentaje de blanco total. | 62 |
| 8. Amplitud térmica de la primera quincena de marzo. | 63 |
| 9. Efecto del momento de cosecha sobre el porcentaje de entero y de verde. | 64 |
| 10. Efecto del momento de retiro de agua sobre el porcentaje de blanco total. | 66 |
| 11. Efecto de la época de drenaje sobre el porcentaje de entero y de yeso. | 68 |
| 12. Efecto de la época de drenaje sobre el porcentaje de yeso. | 69 |
| 13. Evolución de la temperatura promedio en parcelas con y sin agua, y en la casilla agrometeorológica, durante el período 1o. al 28 de marzo de 2006. | 75 |
| 14. Temperaturas máximas y mínimas registradas en parcelas con y sin agua durante el período 1o. al 28 de marzo de 2006. | 77 |
| 15. Evolución horaria de la temperatura durante el 16 de marzo, día de mayor registro de temperatura del período analizado (1 al 28 de marzo de 2006). | 78 |
| 16. Evolución horaria de la temperatura durante el 11 de marzo, día de menor registro de temperatura del período analizado (1 al 28 de marzo de 2006). | 79 |
| 17. Amplitud térmica de las parcelas con y sin agua durante el período 1o. al 28 de marzo de 2006. | 80 |

18. Evolución de la humedad relativa de las parcelas con y sin agua, y en la casilla agrometeorológica, durante el período 1o. al 28 de marzo de 2006.81
19. Evolución de la humedad relativa y heliofanía, durante el período 1o. al 28 de marzo de 2006.83
20. Precipitaciones ocurridas durante el período 1o. al 28 de marzo de 2006.84

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo las dos especies de arroz comercialmente cultivadas provienen de *Oriza sativa* y de *Oriza glaberrina*. Esta última sólo se cultiva en África. *Oriza sativa* es la que se produce en Uruguay, se presume que es originaria de Asia. Es de los cereales más cultivados del mundo, constituyendo el alimento principal de la población mundial, junto con el trigo y el maíz.

El cultivo de arroz en Uruguay comenzó en el año 1920 y desde ese momento el área se ha ido incrementando, pero en esta última década se ha evidenciado un estancamiento en el crecimiento de la superficie (con altibajos) y un descenso en el número de productores. En la actualidad es la cosecha de granos más voluminosa en el país (1292 millones de toneladas de arroz seco y limpio) y la producción se destina principalmente a la exportación (más del 90%). La evolución del cultivo se ha hecho con una expansión geográfica desde la cuenca arrocerá "tradicional" de la zona este del país (en la que en la zafra 2005/06 se siembran 119300 hectáreas), hacia las zonas centro y nortelitoral oeste (con 19500 y 38500 hectáreas respectivamente) (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2006).

La expansión hacia las zonas no tradicionales es causada principalmente por la llegada de productores brasileros, con nuevas técnicas de producción que se adaptan a topografías de mayor pendiente. La producción de arroz se ve favorecida por dicha expansión debido a las mejores condiciones edáficas, climáticas y campos vírgenes. Otro factor que intervino en el incremento de la producción (aunque descendió la calidad), fue la introducción de un nuevo material genético uruguayo, El Paso 144, que provocó el menor interés de los productores por Bluebelle, variedad que ocupaba casi la totalidad del área sembrada.

La sustentabilidad económica de los productores está siendo amenazada por la variación de precios, y ellos se caracterizan por su habilidad de adoptar nuevas técnicas o prácticas de producción, con el objetivo de aumentar el margen de ganancias mejorando los rendimientos y la calidad de su producción. Tanto el momento de cosecha como el

momento de retiro de agua se destacan entre los distintos manejos que afectan el rendimiento y la calidad del arroz.

La cosecha es una de las etapas más importantes del proceso de producción de arroz y cuando ésta es mal conducida, ocasiona pérdidas de granos y producto de bajo valor industrial. Cosechas realizadas de manera anticipada o tardía, afectan el rendimiento de arroz cáscara y la calidad del mismo. Cuando el arroz es cosechado con contenido de humedad de grano muy alto, la productividad es perjudicada por la elevada ocurrencia de granos verdes, yesados y malformados, que no completaron su desarrollo. Granos menos resistentes se quiebran más fácilmente durante el procesamiento (descascarado y pulido), disminuyendo la calidad del producto final. Si la cosecha se realiza muy tardíamente, los granos presentarán humedad muy baja, lo que ocasiona pérdidas por desgrane natural y el acamado de plantas; y en término de calidad industrial, el producto es afectado por la reducción del rendimiento de granos enteros.

Mientras que el momento de retiro de agua anticipado es una práctica importante desde el punto de vista de la economía del agua y para mejorar las condiciones del suelo durante la cosecha, pero cuando se realiza muy anticipadamente puede afectar la producción y la calidad de los granos. Por otro lado el atraso en el retiro de agua puede causar dificultades de operación en la cosecha aumentando las pérdidas.

Este trabajo tiene el objetivo de determinar el momento ideal de cosecha y de retiro de agua en la variedad INIA Olimar (*Oriza sativa* L. sp. *índica*), para obtener un mayor rendimiento de arroz cáscara y mejor calidad de producto.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE INIA OLIMAR

2.1.1 Origen

INIA Olimar proviene del cruzamiento entre una línea introducida en viveros internacionales (CIAT) y una línea local, hermana de INIA Cuaró, realizado en INIA Treinta y Tres en 1991. Ingresó en evaluación preliminar en 1997/98, identificada como L3000, por lo que se cuenta con abundante información sobre su comportamiento. La purificación y multiplicación de semillas fueron iniciadas en 1999/2000 (Blanco et al., 2004).

2.1.2 Características agronómicas

Según Blanco et al. (2004), INIA Olimar posee un tipo de planta similar a El Paso 144, con una altura levemente inferior y hojas pilosas erectas. La nueva variedad 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. Además presenta abundante macollaje y un tamaño moderado de panoja (553 panojas/m², con 82 granos totales), características muy similares a la de El Paso 144 (498 panojas/m², con 83 granos totales). INIA Olimar presenta un ciclo de 98 días de siembra a floración, intermedio entre los de INIA Tacuarí y El Paso 144. Esta característica le ha permitido, en varios ensayos de siembra tardía en Treinta y Tres, alcanzar rendimientos muy superiores a El Paso 144, 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), observaron en 53 ensayos realizados en cuatro zafras, entre los que se incluyen ensayos internos del programa de mejoramiento así como de la Red Nacional de Evaluación de Cultivares, que INIA Olimar presentó un promedio general de 8853 Kg./ha,

mientras que INIA Tacuarí y El Paso 144 rindieron 8056 y 7881 Kg./ha respectivamente. Se destaca la estabilidad de rendimiento de la nueva variedad, así como mejor comportamiento, frente a El Paso 144, en siembras tardías y en ensayos que sufrieron tormentas a final del ciclo, lo cual es explicado por su mayor precocidad y resistencia al desgrane.

2.1.4 Calidad de grano

Blanco et al. (2004), indican que los granos de INIA Olimar tienen glumas pilosas, de color pajizo, y sus dimensiones son superiores a las de las demás variedades comerciales, promediando 6,64mm procesado con molino experimental Satake y 7,30mm descascarado, frente a 6,32 y 7,09mm de El Paso 144, respectivamente. El peso de sus mil granos (26,8g) tampoco es superado por ninguna de las variedades comerciales. Si bien la calidad molinera de INIA Olimar no alcanza los buenos niveles de calidad americana, como INIA Tacuarí, su porcentaje de grano entero es similar o levemente superior al de El Paso 144. En 53 ensayos realizados en cuatro zafras, la nueva variedad mostró una incidencia de yesado inferior a la del resto de las variedades comerciales (4,1% frente a 5,9 de INIA Tacuarí y 10,1% de El Paso 144). Esta diferencia en el porcentaje de grano yesado es aún mayor en la zona norte, donde El Paso 144 alcanza valores muy altos (14,6%) e INIA Olimar solamente 4,6%. La calidad culinaria de la nueva variedad es típica de los materiales tropicales, como El Paso 144, con contenido de amilosa 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.

2.2 EFECTOS CLIMÁTICOS EN LA PRODUCCIÓN DE ARROZ

En muchas regiones, el momento de cosecha del cultivo de arroz coincide con la temporada de lluvias. En áreas lluviosas, la temporada de cosecha de arroz está determinada por el período de lluvias. En muchos países de clima templado donde se cultiva arroz, la cosecha está determinada primariamente por la temperatura, y la misma se realiza en la mayoría de las chacras con agua. El cultivo

con agua, adopta la ventaja de las condiciones climáticas favorables, así como la temperatura óptima y la alta radiación solar (De Datta, 1981).

2.2.1 Efectos de la temperatura

Chebataroff (1983), sostiene que la temperatura en la etapa de maduración influye en la calidad industrial del arroz. Las temperaturas altas en ese período pueden promover mala calidad (incremento de granos con zonas tizosas) y posteriormente incrementar el nivel de granos quebrados, sobre todo si son contrastantes entre el día y la noche. Durante el período de maduración las temperaturas frescas prolongan el período de llenado de granos lo cual favorece el peso de éstos. 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 pueden aumentar el desgrane. 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.

Períodos de temperatura extrema, influyen no solo en la duración del desarrollo, sino también en el crecimiento de la planta (Moomaw y Vergara, citados por De Datta, 1981).

2.2.1.1 Efectos de bajas temperaturas

Evans (1975), indica que el daño causado por temperaturas inferiores a 17°C en el momento de la iniciación de la panoja, división reduccional o floración; provoca una limitación de traslocación o almacenamiento de almidón y azúcares, y esto provoca una mayor reducción en la capacidad de rendimiento que en el suministro de compuestos orgánicos.

En regiones de clima templado y tropical, las bajas temperaturas provocan daño en las plantas de arroz. Kenada, citado por De Datta (1981), encontró en varios países, principalmente en áreas de bajas latitudes, donde confirmo

el daño por frío en arroz. En regiones de clima templado, el daño por bajas temperaturas es la principal limitante del crecimiento en área de producción de arroz y del largo en la estación de crecimiento.

En California en cultivos comerciales, esta citado desde 1912 que los dos mayores tipos de problema provocado por bajas temperaturas, son:

- vigor y establecimiento de plantas jóvenes con agua fría (18°C o por debajo).
- esterilidad causada por bajas temperaturas nocturnas (por debajo de 15°C) 10 a 14 días antes de primordio.

Satake, citado por De Datta (1981), encontró que la temperatura para inducir la esterilidad es de 15-17°C en variedades más tolerantes a temperaturas bajas, mientras que variedades más sensibles al frío la temperatura mínima se sitúa entre 17-19°C.

Peterson et al., citados por Alvarado (2002), indican que el tiempo frío puede causar esterilidad en las panojas por interferir en la formación del grano del polen. Tinarelli, citado por Alvarado (2002), estableció que la temperatura crítica para inducir la esterilidad en las espiguillas varía desde 10 a 15°C. Ante la presencia de más de 3 o 4 días de frío incrementó la posibilidad de esterilidad en las espiguillas Tinarelli, citado por Alvarado (2002). Alvarado afirma, que temperaturas promedio inferior a 20°C por cinco días durante la floración, incrementa la probabilidad de obtener esterilidad en las espiguillas mayor a 10 o 12%, valores considerados normales en la producción de arroz.

Pérez de Vida et al. (2002), afirman que la fase reproductiva en el crecimiento del arroz, incluyendo desarrollo de la panoja y antesis, es muy susceptible a bajas temperaturas y causa esterilidad en los granos. En Uruguay en la fase reproductiva es común que ocurran períodos de frío, donde se identifica como la principal razón de inestabilidad de rendimientos. Los meses del verano, enero y febrero, tienen en promedio 10 y 9,6 días respectivamente, con temperaturas por debajo de 15°C.

Blanco et al. (2003), sostienen que en el este del Uruguay los meses más cálidos, enero y febrero; tienen en promedio 10 noches cada uno con temperaturas mínimas inferiores a 15°C. En marzo, el promedio es de 15 noches por debajo de 15°C. Temperaturas nocturnas inferiores a 17°C, en el período de 10 días previos a la floración, resultaron en un incremento de la esterilidad de los cultivares susceptibles. En las menores temperaturas del rango (12-13°C), la esterilidad de estos fue superior a 70% e inferior a 25% en INIA Tacuarí.

2.2.1.2 Efectos de altas temperaturas

En Uruguay como no existen daños causados por altas temperaturas, a este punto no se le dará la importancia que se le dio al anterior.

Kobata y Uemuki (2004), indican que temperaturas elevadas durante el período de llenado de granos incrementan la proporción de materia seca del grano, pero por otro lado reducen el período de llenado, este incremento en materia seca es insuficiente para contrarrestar, la concomitante reducción del período de llenado de grano y ésto resulta en la disminución del rendimiento de grano.

Lei y Mackill (2002), observaron que temperaturas superiores a 35°C en la fase reproductiva causan descensos en la fertilidad y significativas pérdidas de rendimiento.

2.2.2 Efectos de la humedad relativa

Generalmente la humedad relativa antes de la cosecha presenta una tendencia opuesta a los valores de la radiación solar. Por lo tanto, esta importancia no se atribuye a la gran correlación negativa entre la humedad relativa y el rendimiento de grano. Sin embargo, la frecuencia con largos períodos con rocío causa incrementos en la incidencia de enfermedades. En algunos casos los efectos de la humedad relativa son frecuentemente confundidos con los regímenes de temperatura nocturna, que favorecen a un período de rocío más extenso (De Datta, 1981).

Thompson y Mutters (2006), estudiando la variedad M202 en California concluyen que bajo condiciones ambientales normales con baja humedad relativa durante el día y formación de sereno en la noche, se redujo el rendimiento cuando la humedad del arroz medida al mediodía, fue inferior al 21%. Condiciones con vientos secos durante la cosecha provocan descenso en la humedad del arroz, predisponiendo a pérdidas en rendimientos significativas. La cosecha bajo condiciones meteorológicas secas y de rehidratación explican en gran parte la variación de calidad del grano medio de arroz.

2.2.3 Efectos climáticos en el rendimiento y en componentes del rendimiento

El clima directamente influye en los procesos fisiológicos que afectan el crecimiento de la planta, el desarrollo, y la formación del grano. Indirectamente el clima influye en la incidencia de los insectos en los cultivos y en enfermedades, por lo tanto en el rendimiento de grano (Yoshida y Parao, citados por De Datta, 1981). Estudios primarios de Murata, citado por De Datta (1981), concluye que las diferencias de productividad de arroz en Japón, fue varias veces explicada por diferencias en radiación solar y temperatura durante el llenado.

Según el autor los rendimientos en arroz son influenciados por muchos factores internos, variaciones ambientales y factores biológicos, con esto resulta difícil separar dichos factores. La principal etapa del cultivo es cuando se determina el número de panojas, y las condiciones climáticas es lo que afecta más fuertemente al número de panojas. Altas temperaturas diurnas y radiación solar, y temperaturas nocturnas bajas son aparentemente conducentes de producir más panojas sin mucha reducción en el número de espiguillas.

Durante el estado reproductivo la radiación solar afecta al número de espigas por metro cuadrado, y durante la maduración afecta el llenado de los granos (Yoshida y Parao, citados por De Datta, 1981). Aumentos o descensos progresivos de la radiación solar y alta radiación en

cualquier estado después de la iniciación de la panoja, estuvo asociado con altos rendimientos en variedades modernas y tradicionales.

Buenas condiciones de luminosidad veinte días antes y veinte después de la floración aumenta la eficiencia del uso del nitrógeno y consecuentemente contribuyen en un mayor rendimiento de granos. La duración del período de formación y de llenado de los granos oscila entre 30 y 40 días. Esa diferencia depende, principalmente de la variación de la temperatura del aire, habiendo poca influencia entre cultivares. Los granos pasan por las etapas de granos lechosos, granos pastosos y en masa dura hasta alcanzar la madurez fisiológica. Se considera que el grano tiene madurez fisiológica cuando presenta un máximo acúmulo de masa seca (Congreso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2005).

2.3 EFECTOS DEL DRENAJE EN EL SUELO

2.3.1 Características del suelo

2.3.1.1 Aireación

El volumen de aire del suelo varía inversamente con el contenido de agua del suelo y es muy baja en suelos inundados. Cuando el suelo esta permanentemente inundado el oxígeno desaparece en pocos días. En suelos bien drenados es opuesto que otro con escaso drenaje, el aire no solo penetra hasta los estratos más profundos, sino que el volumen de aire en las capas superficiales es mucho mayor. Se encontró que con mayor difusión del oxígeno en la profundidad del suelo, el crecimiento de las plantas se vio fuertemente favorecida (Van de Goor, 1972).

2.3.1.2 Fertilidad

Carámbula (2004), indica que respecto al uso del nitrógeno en suelos con excesos de agua las pérdidas registradas por distintos procesos pueden llegar a ser muy importantes. En cuanto al fósforo, se debe tener en cuenta que la disponibilidad de fósforo en el suelo es incrementada cuando se registran situaciones de

anaerobiosis (falta de oxígeno). Bajo estas condiciones se produce una disminución en la inmovilización del fósforo del fertilizante mediante la reducción de los compuestos de hierro.

Este comportamiento del nitrógeno y fósforo permite realizar la siembra de pasturas en base al componente leguminosa, ya que hace un mejor uso del fósforo, y la necesidad de aplicar fertilizaciones fosfatadas son bajas, aspecto importante sobre el cual se basa la tecnología de bajo costo en rotaciones arroz-pasturas (Carámbula, 2004).

2.4 DESARROLLO DE ESPECIES FORRAJERAS SEGÚN EL CONTENIDO DE AGUA DEL SUELO

Se propuso un estudio de cómo influye la profundidad del agua en el rendimiento de las pasturas, y se observó que la producción disminuye a mayor profundidad. Se observó que en períodos donde las precipitaciones exceden a la evaporación los mayores rendimientos se encontraron en las parcelas drenadas, mientras que en períodos con déficit hídrico el resultado fue contrario. Se presenció de las variedades analizadas que la *Festuca pratensis* y *Phleum pratensis* son las que más resisten en condiciones de peor drenaje, *Trifolium repens* se adapta a situaciones intermedias, mientras que *Lolium perenne* es la más exigente en drenar el suelo (Hudson et al., citados por Van de Goor, 1972). En general con un drenaje adecuado la producción de forraje comenzó más temprano y permaneció por más tiempo.

Arechavaleta y Bervejillo (1980), llegan a la conclusión de que el agua en exceso favoreció a la depresión de la pastura, tanto por disminución de viabilidad de semillas como pérdidas de plántulas en el período siembra-emergencia. Es pues de suma importancia la realización de labores como nivelación y drenaje para lograr una exitosa instalación de la pastura.

En suelos saturados de agua y en consecuencia pobremente aireados, la falta de oxígeno a nivel de las raíces provoca decrementos en el movimiento del agua dentro de las plantas y en su crecimiento (Ferry y Ward, citados por Carámbula, 2004). El principal efecto nocivo del exceso

de agua en el suelo es el desplazamiento del aire de sus poros y por lo tanto del oxígeno de los mismos. Cabe señalar que el oxígeno es vital para que las raíces de las plantas forrajeras puedan absorber los nutrientes disueltos en el agua del suelo, ya que este proceso requiere de energía la cual debe proceder de la respiración de las raíces.

2.5 MOMENTO DE COSECHA

Acosta (1988), sostiene que el momento de cosecha debe realizarse cuando los granos descascarados de la porción superior de las panojas estén claros y firmes, y la mayoría de los de la base se encuentren en las etapas de endurecimiento, en esa época al menos el 80% de los granos tienen un color paja. La determinación del momento de cosecha no debe efectuarse automáticamente al cabo de un número fijo de días después de la siembra puesto que el período de cada variedad cambia con las diferencias estacionales de temperaturas, precipitación pluvial, luz solar disponible y las prácticas de cultivo.

Chebataroff (1983), indica que el momento de cosecha se podría determinar por medidas de humedad del grano y por número de días después de la floración. En ese momento el peso de mil granos debería ser el máximo. Una definición de época óptima de cosecha podría ser: período donde se consigue el máximo rendimiento por hectárea de grano entero.

Blanco y Méndez (1986), sostienen que la época de cosecha conviene que sea lo más temprana posible, según la humedad del grano y el porcentaje de verde, ya que de esta forma se evitan pérdidas de rendimiento, por caída de grano y vuelco.

Darfman y Rosa, citados por Guimaraes y Machado (1996), indican que el punto ideal para la cosecha de arroz es determinado básicamente por el aspecto de la panoja, por la duración del estadio de desarrollo del cultivo y por el contenido de agua de los granos. La época de cosecha varía de región en región, con el ciclo del cultivar, con

características genéticas de la planta, con condiciones climáticas y con experiencia personal del productor.

El cultivo es muy susceptible a pérdidas y serios problemas de calidad si la cosecha se realiza por un período muy extenso. Por otra parte, el contenido de humedad normal del grano a la cosecha, permite obtener buen rendimiento de grano entero cuando va al molino. La humedad ideal para realizar la cosecha es alrededor de 20%(Quick, 2003).

Lago et al. (1991), concluyen que el mejor período de cosecha con el fin de semilla o consumo para el cultivar IAC-4440, fue entre los 36 y 43 días después del florecimiento cuando las semillas presentaron índices superiores de viabilidad, peso seco, peso hectolítrico, rendimiento de granos enteros, producción y almacenamiento, con humedades de cosechas entre 24,5 y 27,2%.

2.5.1 Efecto del momento de cosecha

La cosecha anticipada o tardía afecta la producción de granos y la calidad del producto. Cosecha anticipada proporciona elevada ocurrencia de granos verdes, yesados y mal formados, que no completaron su desarrollo. Por otro lado si la cosecha se realiza tardíamente, cuando los granos presenten grados de humedad muy bajos pueden ocurrir: aumento de desgrane natural, acamado, ataque de insectos, pájaros, roedores y reducción del rendimiento de granos enteros en el molino (EMBRAPA, citado por Ribeiro et al., 2004).

En un experimento realizado por Blanco y Méndez (1986), observaron en Bluebelle que las épocas de cosecha afectaron la mayoría de las características estudiadas (peso de 1000 granos, porcentaje de verde, porcentaje de quebrado, porcentaje de panza blanca y porcentaje de germinación), siendo la mejor la primer época de cosecha (50 días post-floración).

2.5.2 Rendimiento de arroz cáscara y peso de mil granos

Acosta (1988), afirma que para alcanzar el máximo rendimiento de arroz cáscara es necesario que exista un número mínimo de granos inmaduros y que el peso de mil granos maduros llegue al máximo. De acuerdo a esto la humedad óptima del grano a la cosecha es variable, pero generalmente fluctúa entre 18 y 21% en condiciones tropicales y entre 22 y 25% en condiciones subtropicales (Have, De Datta et al., citados por Acosta, 1988).

Chebataroff (1983), Roel (1999), observaron que el rendimiento de arroz cáscara coincide con la disminución del porcentaje de verde (lo que indicaría en los menores rendimientos la presencia de granos inmaduros) y con el porcentaje de humedad. El descenso del rendimiento en cosechas atrasadas se debió a desgrane y quebrado de tallos.

Pedroso (1978), encontró que el rendimiento de granos en los cultivares EEA-406 e IRGA-407, no presentaron diferencias significativas cuando se cosecharon en diferentes momentos de maduración, pero presenta una tendencia en producir más cuando la humedad de los granos está en torno del 20% y esto ocurre entre los 40 y 50 días post-floración. El cultivar IAS 12-9 Formosa presentó mejores rendimientos cuando fue cosechado con humedad de grano inferior a 22%, o sea 40 días después de floración. Los cultivares CICA-4 e IRGA 408, los rendimientos en arroz cáscara fueron mayores cuando la cosecha se realizó después 50 días post-floración, con humedad en torno de 17%.

Romanini et al. (2005), en siete momentos de cosecha (20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 días después del 50% de floración) verifican que el momento de la cosecha influye en el rendimiento, presentando un aumento de la productividad a medida que pasan los días después del 50% de floración, alcanzando el máximo valor cuando la cosecha se realiza entre 30 y 35 días después del 50% de floración. La otra variable estudiada el peso de 100 granos no fue significativamente afectado por los distintos momentos de cosecha, probablemente por que los granos ya habían alcanzado la madurez fisiológica.

Tanto Huber (1977), Chebataroff (1983), Blanco y Méndez (1996), Méndez (1997), Roel (1999), encontraron en distintas zafras, en diferentes localidades y en diversas variedades (Bluebelle, Lebonnet, EEA 404, Japonés 32, INIA Caraguatá, INIA Tacuarí, El Paso 144) que existen diferencias significativas entre distintos momentos de cosecha obteniéndose los mayores rendimientos de arroz cáscara entre los 35 y 55 días después del 50% de floración, ese período coincide con contenido de humedad de grano comprendido entre 21 y 24%.

Mientras que en otros ensayos se han observado resultados diferentes a los antes mencionados, ya que los rendimientos máximos se obtienen entre los 50 y 65 días después del 50% de floración, esto es en INIA Tacuarí e INIA Caraguatá; Roel y Blanco (1997), Gaggero y Marmo (1999).

Sin embargo Pedroso (1978), Blanco y Méndez (1986), Bica y Graña (1991), Lavecchia et al. (1997), Lavecchia et al. (1999) observaron otros resultados donde evaluaron a IAS 12-9 Formosa, EEA-406, IRGA-407 Bluebelle, El Paso 144, INIA Tacuarí e INIA Olimar y el momento de cosecha no afectó de manera significativa al rendimiento de arroz cáscara.

Para el peso de mil granos Huber (1977), afirma que a medida que se cosecha con menor contenido de humedad, el peso de los granos aumenta gradualmente hasta alcanzar un máximo.

Blanco y Méndez (1986), Bonomo y Marella (1988), sostienen que el aumento de peso de los granos es atribuido a la acumulación constante de materia seca durante el período de maduración. Cuando se alcanza el peso máximo no hay más transporte de reservas hacia los granos, los que estarían sufriendo un proceso de secado. Cuando esto ocurre se considera que se ha llegado a la madurez fisiológica. Luego de la cual comenzarían a caer de la espiga los granos más pesados, a esto hay que sumarle el daño de pájaros a los granos más pesados ubicados en la punta de la panoja, provocando una disminución en el peso de 1000 granos.

Los trabajos realizados por Huber (1977), Blanco y Méndez (1986), Bica y Graña (1991), indican en Bluebelle, El Paso 144, Lebonnet, EEA 404 y Japonés 32, que el máximo peso de mil granos se alcanza entre los 45 y 55 días después del 50% de floración. El contenido de humedad del grano en este momento estuvo comprendido entre 19 y 22%.

Sin embargo García y Pintos (1997), observan en INIA Caraguatá, INIA Tacuarí, INIA Yerbál y en El Paso 144, que el mayor peso de mil granos se registró a los 40 días post 50% de floración, alcanzando 22,8; 21,0; 23,5 y 23,1 gr. respectivamente.

Gaggero y Marmo (1999), indican que en INIA Caraguatá y en El Paso 144 el mayor registro se obtuvo a los 75 días post 50% de floración, donde los mayores valores obtenidos fueron 24,5 y 25,3 gr. respectivamente.

Acosta (1988), a diferencia de lo observado encontró que el peso de mil granos no estuvo afectado por los distintos momentos de cosecha, coincidiendo con el resultado obtenido por Gaggero y Marmo (1999), en que la variedad INIA Tacuarí no presentó diferencias significativas entre cosechas, registrándose un valor promedio de 21,2 gr.

2.5.3 Calidad industrial

Por calidad industrial se entiende la proporción de los productos obtenidos del arroz con cáscara durante el proceso de molido, así como también la calidad de los granos pulidos. Se incluye la recuperación de arroz blanco total, porcentaje de quebrado, rendimiento de entero y porcentaje de granos con diferentes grados de zonas tizosas (panza blanca y yesosos, Gaggero y Marmo, 1999).

Hoy en día la industria demanda niveles bases para los diferentes productos obtenidos durante el proceso en el molino: 70% de blanco, 58% de entero, 13% de humedad, 3% de granos verdes, 0,25% de granos manchados, 1% de yesoso y 5% de panza blanca (en base cáscara). En base a estos parámetros, la industria aplica una serie de castigos y

bonificaciones que repercuten sobre el resultado económico final del productor.

La calidad física y fisiológica de los granos de arroz (*Oryza sativa* L.), depende del cultivar, estado de maduración, grado de humedad y daños mecánicos que pueden ocurrir durante la cosecha, secado, molino y almacenamiento (Lago et al., 1991).

Según Have, citado por Gonnet (1976), es deseable que el contenido de humedad del grano tenga un descenso lento para obtener mayor rendimiento en el molino. El rápido secado del grano conduce a un mayor número de granos fisurados lo que puede provocar roturas en el posterior proceso de recolección, secado e industrialización. Cosechando antes de la fecha óptima el quebrado aumenta debido a la mayor cantidad de grano inmaduro que tiende a romperse durante el pulido y el blanqueo. Luego de la madurez óptima disminuyen estos granos pero en menor proporción que lo que aumenta la cantidad de granos rotos por lo que el rendimiento de molino es menor. La conclusión final según Have, citado por Gonnet (1976), es que para variedades de arroz de grano largo en Surinam el mejor tiempo para la cosecha es cuando el grano posee de 21 a 19 % de humedad, temprano en la tarde y con tiempo seco.

Adair et al., citados por Webb et al. (1972), indican que la calidad molinera del arroz esta basada en el rendimiento de arroz entero obtenido, por lo que el arroz entero es usualmente el producto industrial de mayor valor económico. De ahí que el objetivo del moliado es remover la cáscara, el afrechillo y el germen con el mínimo quebrado de endosperma.

2.5.3.1 Porcentaje de blanco total.

Cómo blanco total se considera a la suma de los granos enteros y quebrados obtenidos del proceso de molienda (URUGUAY. MGAP, 1987).

El porcentaje de blanco total presenta los menores valores en las primeras cosechas (25 a 35 días después del 50% de floración), coincidiendo con el máximo contenido de

humedad de los granos y porcentajes de granos verdes. A medida que el grano madura se obtiene un incremento en el rendimiento de arroz blanco total hasta alcanzar un máximo, la causa del menor rendimiento es debido a que en cosechas tempranas no se alcanza el llenado de grano necesario, según (Gonnet 1976, Huber 1977, Roel 1999).

Huber (1977), Lavecchia et al. (1997), Roel (1998), Roel (1999), Lavecchia et al. (2004), al evaluar el contenido de blanco en: El Paso 144, INIA Olimar, INIA Caraguatá, INIA Tacuarí, Bluebelle y Lebonnet, encontraron diferencias significativas entre las distintas fechas de cosecha registrándose los máximos valores (68-70% de blanco) entre los 45 y 50 días después del 50% de floración.

Sin embargo en otros ensayos, donde se evaluó Bluebelle, El Paso 144, el porcentaje de blanco fue similar a los resultados ante mencionados, en cambio lograron esos rendimientos entre los 55 y 65 días después del 50% de floración según Bonomo y Marella (1988), Bica y Graña (1991). Mientras que Huber (1977), encontró el mayor rendimiento en blanco en EEA 404 y Japonés 32; a los 75 días post 50% de floración.

Blanco y Méndez (1986), no encontraron efecto de los distintos momentos de cosecha, en el rendimiento de arroz cómo blanco total, que resultó ser 65,8 %. Blanco y Méndez (1996), Méndez (1997), observaron que las distintas fechas de cosecha no influyeron en el rendimiento de blanco en INIA Tacuarí.

Granos cosechados con un contenido de humedad más elevado, se les observó mayor manchado que aquellos que presentaban menor humedad. Los granos que contenían 20% de humedad presentaron mayor retención de afrechillo, que aquellos con 13% de humedad. El mayor contenido de humedad podría permitir que el afrechillo se adhiera con más firmeza al grano en el proceso de descascarado y así presenten mayor número de granos manchados y menor contenido de blanco (Parker et al., 2007).

2.5.3.2 Porcentaje de grano entero

El grano entero es aquel grano no quebrado y a los granos quebrados grandes cuyo largo es igual o superior a los tres cuartos de la longitud media de los granos no quebrados (URUGUAY. MGAP, 1987).

El rendimiento de grano entero varía sensiblemente, dependiendo de las condiciones ambientales (el mojado del grano por lluvia o rocío y por rápida deshidratación, favorece al quebrado) la variedad, el tipo de grano, las prácticas culturales y otros factores de desarrollo, y las condiciones de secado, almacenaje y elaboración. Si el arroz es cosechado con una humedad superior a 20-25%, se encuentran muchos granos inmaduros en la porción inferior de la panoja que van a ser yesosos y quiebran en el molino. Cuando la cosecha se realiza con un contenido de humedad menor a 18%, los granos son susceptibles de quebrarse o agrietarse, resultando de un menor rendimiento de granos enteros (Have, citado por Acosta, 1988).

Bienvenido (2003), indica que todos los granos de arroz con 16% de contenido de humedad son resistentes a fisuras, lo cual explica porque un rápido secado de granos con 18% de humedad no se fisuran. Por debajo de 14% de humedad, el rendimiento de granos tiende a decrecer progresivamente (existiendo diferencias varietales).

Los niveles de quebrado se ven altamente favorecidos por amplitudes de temperatura iguales o superiores a 15°C (Desikachar y Subrahmanyam, Marshall y Wadsworth, citados por Roel, 1997, 1998).

Jodari y Linscombe (2002), indican que la absorción de humedad por granos de arroz relativamente secos, es la primera causa de fisura durante, pre y poscosecha. Ellos encontraron en trabajos anteriores, que existen genotipos que presentan menor absorción de humedad y deshumedecimiento, por lo tanto estos genotipos más rústicos son más resistentes a que se fisuren los granos.

Castro et al., citados por Fonseca et al. (2004), concluyen que cuando el arroz permanece en el campo esta sujeto a rehumedecerse, y cuando esto ocurre con una humedad de grano inferior al límite crítico, en torno al 15-16%, se crean diferencias internas de tensión en el grano, resultando en granos quebrados en el molino. Este fenómeno puede ocurrir con períodos de alta humedad relativa, principalmente lluvias. De esa forma, en cosechas con menor proporción de granos por debajo del mencionado límite crítico, menor frecuencia de granos quebrados se espera obtener, por lo tanto el rendimiento de grano entero aumenta.

Los resultados obtenidos de diferentes estudios indican que el momento de cosecha afectó significativamente el porcentaje de entero en Bluebelle, Lebonnet, EEA 404, Japonés 32, INIA Caraguatá, INIA Tacuarí, El Paso 144, INIA Yerbal obteniéndose los mejores resultados 60-63% a los 45-55 días después del 50% de floración (Huber 1977, Chebataroff 1983, Lavecchia et al. 1997, Méndez 1997, Roel y Blanco 1997).

Roel (1999), estudiando el efecto de los distintos momentos de cosecha en tres variedades distintas, encontró diferencias significativas con las diferentes fechas de cosecha en INIA Tacuarí e INIA Caraguatá, donde el máximo valor se registró a los 65 días después del 50% de floración. En cambio la variedad El Paso 144 no presentó efectos en el porcentaje de entero con los distintos momentos de cosecha.

Los ensayos realizados por Blanco y Méndez (1986), Bica y Graña (1991), donde se estudio la característica de rendimiento de grano entero, esta no se vio afectada por los distintos momentos de cosecha.

Lavecchia et al. (1999), observaron en la variedad INIA Tacuarí, que los distintos períodos de cosecha no afectaron de manera significativa los valores de grano entero, la misma presentó un promedio general de 56,7%, pero la tendencia fue a aumentar en la segunda y tercer cosecha. En las variedades INIA Caraguatá y El Paso 144 se presencié efectos significativos por los distintos momentos de

cosecha, donde los rendimientos más elevados de entero se registraron en la tercer y cuarta cosecha.

Fonseca et al. (2004), determinaron para tres cultivares de arroz (BRS Lideranca, BRS Talento y BRSMG Curinga) que existieron diferencias significativas, entre las épocas de cosecha en los tres cultivares. En BRS Lideranca, los mayores valores de granos enteros ocurrieron a los 32 y 39 días después del 50% de floración. En BRS Talento el rendimiento de granos enteros también presentó variación, y los mejores resultados se alcanzaron entre los 25 y 46 días después del 50% de floración. Y para BRSMG Curinga, los mayores rendimientos de molino fueron obtenidos, cuando se cosechó entre los 32 y 46 días después del 50% de floración.

Lavecchia et al. (2004), encontraron que existió incidencia por los diferentes momentos de cosecha en el rendimiento de grano entero. Las cosechas más tempranas presentaron los valores más altos, el cuál fue 60 y 52%, para INIA Olimar y El Paso 144 respectivamente, la diferencia observada fue de 12-13 puntos porcentuales.

Guimaraes y Machado (1996), estudiando el efecto del momento de cosecha y humedad de granos en el rendimiento de entero, en las variedades IAC-100, IAC-101 e IAC-4440; concluyen que cosechas realizadas entre 37 y 44 días post-floración resulta en mayores rendimientos de granos enteros; y este mayor rendimiento de granos enteros se correlaciona cuando el contenido de humedad de granos se encuentra entre 20 y 29%.

2.5.3.3 Porcentaje de grano verde

Los granos verdes son granos inmaduros enteros o quebrados que presentan su superficie de color verdoso, (URUGUAY. MGAP, 1987).

Se indica que existen diferencias significativas, entre los momentos de cosecha, los materiales genéticos y la interacción de variedad * época de cosecha. Las primeras fechas de cosechas comienzan con los máximos valores de verde, luego el porcentaje desciende en forma continua a

medida que se reduce el contenido de humedad del grano, hasta alcanzar valores mínimos (cercaos al 0%) en las últimas fechas de cosecha (55-60 días después del 50% de floración), (Gonnet 1976, Huber 1977, Blanco y Méndez 1996, Lavecchia et al. 1997, Roel 1998).

2.5.3.4 Contenido de yeso

La expresión de carácter yesoso se da cómo un área blanca opaca (como yeso o tiza), que se manifiesta en forma parcial o total en el grano de arroz y que es influenciado por factores genéticos y ambientales (Srinivas et al., citados por Gaggero y Marmo, 1999). Así cuando la zona tizosa se ubica en la zona central del grano, se define como centro blanco. Si la parte yesosa se presenta sobre el lado ventral de los granos estos son llamados panza blanca (Srinivas et al., citados por Gaggero y Marmo, 1999). El carácter yesoso afecta adversamente la apariencia física y contribuye a un mayor quebrado en el molino.

Webb, citado por Acosta (1988), por su parte reporta que el tipo y cantidad de granos yesosos es un carácter altamente heredable, siendo orientada por lo tanto la selección hacia la obtención de variedades con los menores porcentajes de yesosos que sea posible.

Según Huber (1977), la proporción de granos con zonas tizosas afectó la calidad del grano cuando era cosechado con contenidos de humedad mayores al óptimo (20-23%). Para todas las variedades utilizadas, el porcentaje de granos panza blanca y yesoso fue mayor a los más altos contenidos de humedad y porcentaje de granos verdes.

Respecto al contenido de yeso Acosta (1988), Blanco et al. (1996), García y Pintos (1997), Lavecchia et al. (1997), mencionan que en las variedades INIA Tacuarí, INIA Caraguatá, Bluebelle y El Paso 144 se encontraron diferencias significativas entre los distintos momentos de cosecha y en la interacción de época * variedad. Los mayores valores de granos yesosos se encuentran en las cosechas realizadas a los 35 días post floración, disminuyendo en cosechas realizadas posteriormente. Siendo

INIA Caraguatá la variedad más sensible de las estudiadas, INIA Tacuarí intermedia y El Paso 144 la menos sensible.

Según Gonnet (1976), Bonomo y Marella (1988), Gaggero y Marmo (1999), el contenido de yesado en Bluebelle, INIA Tacuarí y El Paso 144 no fue afectado significativamente por los diferentes momentos de cosecha. Los valores obtenidos por Gonnet (1976), Bonomo y Marella (1988), se ubican en un rango entre 0,3 y 0,08 % y los de Gaggero y Marmo (1999), entre 3,7 y 2,9%.

Méndez (1997), observó que las distintas fechas de cosecha no afectaron fuertemente a esta característica. El contenido de yeso expresado en porcentaje disminuye a medida que se atrasa la cosecha en las tres variedades estudiadas. Este resultado es lógico ya que el yeso es un grano inmaduro que no terminó de llenar y a medida que se atrasa la cosecha los granos inmaduros completan su desarrollo.

Roel y Blanco (1997), observaron que los distintos momentos de cosecha incidieron de manera significativa en los valores de yesado en INIA Caraguatá, en cambio los otros materiales estudiados (INIA Tacuarí y El Paso 144) no se registraron diferencias estadísticamente significativas. En INIA Caraguatá el contenido de yeso aumentó en las últimas dos cosechas, a los 65 y 75 días post-floración.

Roel (1998), al estudiar el porcentaje de yesado encontró que la única variedad que fue afectada de forma significativa fue INIA Tacuarí, donde la primer cosecha (15 días después del 50% de floración), presentó un valor muy superior (5,5 vs. 1,5) frente a los otros momentos de cosecha.

Roel (1999), no encontró diferencias significativas en el contenido de yeso por los distintos momentos de cosecha en El Paso 144. Sin embargo, el yesado de las variedades INIA Caraguatá e INIA Tacuarí si estuvieron influenciadas por las diferentes cosechas. En INIA Tacuarí el mayor valor se observó en la primera cosecha, a diferencia de INIA Caraguatá que los valores más altos fue en las últimas cosechas (65 y 75 días después del 50 % de floración).

Lavecchia et al. (2004), establecieron un ensayo en el que estudiaron las variedades El Paso 144 e INIA Olimar, y determinaron que los distintos momentos de cosecha afectaron de manera significativa el contenido de yeso. El porcentaje de yeso se incrementó en cosechas más tardías. Cabe señalar que el momento de cosecha interaccionó con el momento de retiro de agua (el otro tratamiento que presentaba el ensayo), de manera significativa en El Paso 144.

2.5.3.5 Contenido de humedad en el grano

El equilibrio en el contenido de humedad es afectado por la variedad, humedad relativa y la temperatura. Si el secado se realiza a la sombra resultara en un mayor contenido de humedad que si se seca al sol 14 y 12% respectivamente. También, es mayor en condiciones ambientales (14% con 75% de humedad relativa), que con ambiente controlado (12% contenido de humedad, según Bienvenido, 2003).

Guimaraes y Machado (1996), indican que cosechas realizadas con valores de humedad por encima de 29% no es aconsejada, pues con ese valor habrá más espigas vacías y granos inmaduros en cantidades elevadas, y por debajo de 20% provocará un aumento de granos quebrados en el molino, y si se destina a semilla afectará el vigor de la misma.

Al comienzo de la cosecha la humedad promedio fue de 25%, luego desciende gradualmente y esta disminución es cada vez menor. El contenido final de humedad en el grano a la cual se llega después de la maduración, depende fundamentalmente de la temperatura y de la humedad relativa, esta se mantiene fluctuando entre 15-18% al final de la cosecha. Las diferencias encontradas entre los diferentes momentos de cosecha, entre variedades y la interacción entre variedades * época de cosecha son significativos según (Huber 1977, Méndez 1997, Lavecchia et al. 1997, Roel 1998, Lavecchia et al. 1999).

Según García y Pintos (1997), existieron diferencias significativas entre cultivares y muy significativas entre

momentos de cosecha e interacción cultivar * momento de cosecha. El contenido de humedad promediado de los diferentes momentos de cosecha para los distintos cultivares, resalta el hecho de que INIA Tacuarí e INIA Yermal presentan mayores porcentajes que INIA Caraguatá y El Paso 144 (25,0 y 24,0 frente a 21,8 y 22,0% respectivamente). Durante el proceso de maduración, el grano pierde humedad. La disminución de la humedad del grano no es tan brusca dado que es afectada por factores ambientales, entre otros y no a factores puramente fisiológicos como ocurre con el porcentaje de verde.

Romanini (2005), plantea un ensayo, con siete momentos de cosecha (20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 días después del 50% de floración). Donde se verifica que el grado de humedad de los granos, sufren efecto significativo por la época de cosecha. Se observa una reducción del grado de humedad hasta los 40 días después del 50% de floración y posteriormente aumenta su valor. La reducción del grado de humedad de los granos se debe a la pérdida de humedad de las semillas después de la maduración fisiológica y el aumento probablemente de los factores climáticos, ya que estos pueden influenciar la humedad de cosecha de los granos.

La humedad del grano de arroz a la cosecha no es por si mismo un buen predictor del rendimiento del cultivo. En condiciones meteorológicas normales con baja humedad relativa durante el día y formación de rocío en la noche; ocurrieron descensos en el rendimiento cuando la humedad del grano medida al mediodía no alcanzó el 21%. Condiciones atmosféricas que causan el secado del arroz y no permiten una completa rehidratación de los granos con 15% de humedad provocan pérdidas de rendimiento (Thompson y Mutters, 2006).

2.6 MOMENTO DE RETIRO DE AGUA

En el Congreso Brasileiro de Arroz Irrigado (2005), se sugiere como regla general que el corte del agua se debe realizar cuando la mayoría de los granos han alcanzado el estado pastoso. Si el suelo posee buen drenaje, la supresión puede ser realizada después del completo llenado

de los granos. En suelos arcillosos, de difícil drenaje, se sugiere drenar la chacra de arroz diez días después de haber alcanzado el pleno florecimiento de las plantas (aproximadamente el 80%) para cultivares de tipo intermedio y quince días para variedades modernas.

Siete a diez días antes de la recolección cuando el grano se encuentra en la etapa de endurecimiento, el agua del arrozal debe drenarse gradualmente para facilitar la recolección (IRRI, citado por Acosta, 1988).

Según Adair et al. (1962), la chacra debería ser drenada cuando las panojas están dobladas hacia abajo y los granos del extremo superior de las panojas estén maduros y los de la base en un estado pastoso. Este estado es aproximado a dos semanas antes de la maduración del cultivo. Cuando se drena en este estado usualmente la humedad del suelo es suficiente para que los granos de arroz maduren normalmente y entre dos semanas el suelo está con la firmeza para soportar la maquinaria para la cosecha.

Stone y Fonseca (1980), estudiaron en dos variedades (IAC 435 e IR 841-63-5-L-9-33), seis momentos de retiro de agua (7, 14, 21, 28 y 35 días después de floración y drenaje con maduración completa). Al considerar la conjunción de la producción, rendimiento de molino y ahorro de agua, recomiendan que el drenaje de la chacra se fije a los 30 días después de la floración, para ambos cultivares.

Acosta (1988), concluye que el momento óptimo para realizar el drenaje final a nivel de chacra comercial, logrando los máximos valores de arroz base y sin problema de atascamiento en la maquinaria a la cosecha, se ubica a los 25 y 35 días post-floración.

Wilson (2003), recomienda drenar la chacra de arroz cuando se pasó la madurez fisiológica para prevenir stress hídrico durante el llenado de grano. Normalmente 25 días después del 50% de floración para variedades de grano largo, 35 días para variedades de grano medio, y para variedades de grano corto 40 días después del 50% de floración. La decisión de cortar más temprano el suministro de agua debería basarse por las condiciones individuales de

cada chacra, ya que algunas se secan más rápido (suelos arenosos), y otras más lento (suelos arcillosos).

Dependiendo de los tipos de suelos, las chacras son drenadas de dos a tres semanas antes de la cosecha. El suministro de agua se suprime de siete a diez días antes del retiro del agua, para evitar pérdidas por evaporación, percolación y filtración. Suelos de textura arenosa usualmente se drenan dos semanas antes de la cosecha, y suelos arcillosos requieren al menos tres semanas. El estado de madurez de la panoja también es usado como indicador para el drenaje. En suelos que se secan rápido, como los arenosos, el agua es retirada cuando las dos terceras y tres cuartas partes superiores de la panoja se tornan amarillas y se doblan hacia abajo. En suelos que presentan un secado más lento (suelos arcillosos), el agua se retira cuando la mitad superior de la panoja se dobla y vuelve amarilla (Street y Bollich, 2003).

Según Counce (2005), diversas consideraciones se deberían tener a la hora de drenar una chacra de arroz, así como el tipo de suelo, profundidad radicular, estado de desarrollo y demanda atmosférica; y otras como dificultades en la cosecha. Cuando el agua disponible es igual o superior, a la cantidad de agua a usar, es un momento seguro para drenar la chacra de arroz. Consecuentemente, para la situación y el suelo en que se encontraba el cultivo, el autor encontró que el estado R6 (al menos un cariópse en la panoja del tallo principal se ha elongado hasta el ápice de la cáscara) era muy temprano para retirar el agua, pero R7 (al menos un grano en la panoja del tallo principal tiene la cáscara amarilla) sería una fase segura para realizar el drenaje.

Duarte et al. (2006), sostienen que se puede detener el riego a los treinta días de inicio de la floración, drenar la chacra diez días después y cosechar a los diez días de drenada.

2.6.1 Efecto del momento de retiro de agua

El manejo del agua tiene una gran importancia para el éxito del cultivo. El cultivo necesita agua durante todo el ciclo. Pero los momentos más exigentes son durante el establecimiento del cultivo, macollaje y la fase desde el inicio de diferenciación de la panoja hasta el llenado de los granos. Esto significa que la falta de agua en estos tres períodos causa daños significativos en el cultivo reflejándose en la productividad y en la calidad de los granos (Lima et al., 2005).

La cosecha del cultivo de arroz con agua de inundación sobre el suelo es una práctica corriente. El rastreo queda con muchas huellas de cosechadoras, tractores y trineos, configurando un micro-relieve muy irregular. En estas condiciones la salida de agua superficial se ve dificultada, perjudicando la siembra de praderas en cobertura o la siguiente preparación de tierras, según (Blanco y Méndez, 1986).

Los mismos autores sostienen que la cosecha en seco tiene las siguientes ventajas:

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.

8) No es necesario la presencia de equipamiento especial como el caso de orugas.

Según Lima et al. (2005), el drenaje cuando se realiza anticipadamente puede afectar la producción y la calidad de los granos, que esta asociado con la reducción de la humedad del suelo y consecuentemente con una menor absorción de agua y nutrientes por la planta. Esta reducción de humedad del suelo depende, entre otros factores, de la textura del suelo y de la topografía, de las condiciones climáticas y de la época de siembra. La época ideal de drenar la chacra para obtener altos rendimientos y buena calidad de granos, varían de año a año y de un lugar a otro. También se observa, que los genotipos se comportan de manera distinta en función de las condiciones edafoclimáticas y del manejo adoptado.

Uno de los riesgos que se corre con retirar el agua antes de la cosecha es que ocurra una invasión de *Eutheola humilis* o *Lygirus humilis* (nombre anterior), conocido vulgarmente como "cascarudo negro", el mismo pertenece al orden Coleoptera y a la familia Scarabaeidae. Este insecto puede provocar daño en el estado larval o adulto (este es el más problemático) y en cualquier fase del cultivo. Se observan tanto en suelos arcillosos como arenosos y existe una gran variación entre años. Los mismos muerden la planta en la parte subterránea y provocan amarillamiento y muerte de las mismas, o lo que también pueden provocar en plantas maduras es la caída de las mismas (Ferreira y Freitas, 2004).

En la Estación Experimental del Este, Blanco (1984), realizó cinco retiros de agua desde los 20 y hasta los 60 días post-floración, observando que de las características de rendimiento y calidad industrial estudiadas, solamente el porcentaje de entero (promedio 62,5%) se vio afectado por la época de drenaje, este aumentó de 20 días post-floración hasta 40, y luego desciende.

Estudios realizados por Have, citado por Bica y Graña (1991), demostró que el drenaje efectuado al inicio de la floración puede provocar la muerte de las panículas mal formadas y determinar un mayor porcentaje de yesoso. Según el mismo autor la época más propicia para el drenaje final fue cerca de los 21 días después del inicio de floración.

2.6.2 Rendimiento de arroz cáscara y peso de mil granos

Ferraz et al. (1977), estudiando el efecto del momento de drenaje, concluyeron que las producciones registradas en las cuatro fechas de drenaje (20, 25, 30 y 35 días después del inicio de floración) no fueron estadísticamente diferentes. Sobre el cultivar De Abril en condiciones de campo, las épocas estudiadas no ejercieron influencia en el peso de mil granos.

En un experimento conducido por Stone y Fonseca (1980), con dos cultivares (IAC 435 e IR 841-63-5-L-9-33) donde la chacra de arroz fue drenada a los 7, 14, 21, 28 y 35 días después de inicio de floración y drenaje con maduración completa. El análisis mostró que no hay diferencias significativas entre las épocas de drenaje final estudiadas, con relación a la producción de granos, al número de granos llenos por panoja y al peso de cien granos. Por otro lado el análisis de regresión mostró que para el cultivar IR 841-63-5-L-9-33, cuanto más tarde se drenó la chacra mayor fue la producción. Esto puede ser explicado a que el período de emisión de panojas es más largo que del cultivar IAC 435, por lo tanto el cultivar IR 841-63-5-L-9-33 necesita de un período de irrigación mayor, para que no se afecte la emisión de panojas, lo que concuerda con Have, citado por Stone y Fonseca (1980), que afirma que el drenaje prematuro puede provocar la muerte de panojas mal formadas.

Pauletto et al. (1981), Acosta (1988), Roel (1998), Gaggero y Marmo (1999), Lavecchia et al. (1999), observan en Bluebelle, INIA Tacuarí, INIA Caraguatá y El Paso 144 que las diferencias obtenidas en el rendimiento de arroz cáscara por los distintos momentos de drenaje (desde los 15 hasta los 55 días después del 50 % de floración), así como la interacción de época de drenaje por momento de cosecha, no fueron significativos.

El análisis del peso de los mil granos realizado por Acosta (1988), de los distintos momentos de drenaje, se detectó que existieron diferencias significativas. Al comparar las medias de los distintos momentos de drenaje, se observa que el mayor peso de mil granos le correspondió

al testigo (sin realizarle drenaje) y que no difiere estadísticamente con el realizado a los 25 días post-floración. Cabe destacar que los valores observados se encuentran entre los 24 y 25 gr. para los mil granos.

Gaggero y Marmo (1999), al comparar el peso de mil granos, entre los distintos momentos de drenaje no se registró diferencia significativa donde el promedio resultó ser 21,75; 23,3 y 23,9 gr., para INIA Tacuarí, INIA Caraguatá y El Paso 144 respectivamente.

Roel (1999), encontró en la variedad INIA Tacuarí que el rendimiento de arroz cáscara fue afectado significativamente por los distintos momentos de drenaje. Se constató que el peor rendimiento se obtuvo al retirar el agua a los 25 días después del 50% de floración. El rendimiento de arroz en INIA Caraguatá y El Paso 144 no fue afectado por los distintos momentos de drenaje.

Lavecchia et al. (2004), observaron que en las variedades INIA Tacuarí e INIA Olimar no existieron diferencias significativas en el rendimiento de arroz cáscara para las distintas fechas de drenaje, pero si encontraron incidencias de retiros de agua en El Paso 144. El mejor resultado se obtiene en el segundo retiro de agua (35 días después del 50-75 % de floración), la explicación de esto es que en el primer retiro de agua (25 días después del 50-75 % de floración) falta llenado de granos y en el último existe un mayor desgrane afectando a los granos más llenos.

Yang et al. (2003), presentó tres tratamientos en el período post-antesis (sin déficit de agua, con déficit moderado y con déficit severo). Observaron que el rendimiento varió con los tratamientos y con los experimentos. Se estudian el porcentaje de granos maduros, peso de granos y el rendimiento de granos. En las plantas con stress moderado respecto a las sin déficit se incrementó de 4,4 a 5,1%; 4,3 a 5,2%; y 9,5 a 10%, respectivamente para el experimento en macetas; y 3,9 a 4,4%; 4,3 a 4,7%; y 8,2 a 8,3%, respectivamente, para el experimento a campo, en las plantas que se someten a un ligero déficit hídrico, el beneficio es mayor ya que se

acelera el llenado de grano, por ende se acorta el período de llenado. En las plantas con una restricción hídrica severa, en macetas el rendimiento de grano decreció de un 9,4 a un 9,0%, y fue menor que las plantas sin déficit hídrico. Sin embargo, la diferencia en el rendimiento de grano entre el tratamiento con déficit severo y sin déficit, en el ensayo a campo no presentó diferencias significativas.

Lima et al. (2005), instalaron tres experimentos, dos en el mismo lugar pero en distintos años y un tercero en otra localidad, con el cultivar IRGA 417 e IRGA 418. Los tratamientos constituyen supresión y retiro de agua, en cinco momentos diferentes (0, 8, 16, 24 y 32 días después del florecimiento).

El resultado del trabajo, evidencia que el manejo del riego en la fase final del cultivo varía en función del genotipo y del año ya que existen variaciones climáticas entre los años. La supresión del riego no afecta el rendimiento y la calidad de los granos, y por esta razón la supresión del riego en pleno florecimiento y luego de este estadio de desarrollo retirar el agua es la mejor estrategia para realizar la cosecha en mejores condiciones, ahorrar agua y en términos productivos (Lima et al., 2005).

2.6.3 Calidad industrial

2.6.3.1 Porcentaje de blanco total

Acosta (1988), detecta diferencias significativas al 5%, en el rendimiento de grano expresado en blanco total, para los distintos momentos de drenaje, así como para la interacción época de cosecha por época de drenaje. La parcela testigo (sin retiro de agua) fue la que presentó mayor porcentaje de blanco total (68,5%), aunque esta no difirió de manera significativamente con la segunda fecha de drenaje (25 días post-floración).

Roel (1998, 1999), Lavecchia et al. (1999), observaron que los distintos momentos de retiro de agua, tendieron a incrementar el porcentaje de blanco, a medida que se

retraso la fecha de drenaje, pero el aumento observado no presentó diferencias estadísticamente significativas.

Lavecchia et al. (2004), indican que en INIA Tacuarí no existieron diferencias significativas en el rendimiento de blanco total, mientras que en INIA Olimar se observó interacción entre retiros de agua y momentos de cosecha, pero no existieron diferencias significativas entre los diferentes momentos de retiro de agua. Para la variedad El Paso 144, los resultados obtenidos estuvieron influenciados por las fechas de drenaje y además existió interacción con los momentos de cosecha.

2.6.3.2 Porcentaje de grano entero

El análisis de regresión realizado por Stone y Fonseca (1980), mostró que el rendimiento de molino y de granos entero del cultivar IR 841-63-5-L-9-33 presentó correlaciones cuadráticas con las épocas de drenaje, asumiendo valores más altos cuanto más tarde fue drenada la chacra. El rendimiento de granos enteros del cultivar IAC 435 también presentó una correlación cuadrática con las épocas de drenaje aumentando a medida que el drenaje fue retardado.

Blanco y Méndez (1986), para el caso de las características de calidad industrial, solamente el porcentaje de entero presentó diferencias significativas, viéndose afectada al 10% por los distintos momentos de drenaje, donde el mayor valor (63,2 %), se obtuvo en la tercera fecha de retiro de agua.

Acosta (1988), obtuvo el mismo resultado que el encontrado por Chebataroff et al. (1983), donde los diferentes momentos de drenaje no afectaron de manera significativa el rendimiento de grano entero, aunque si encontró diferencias muy significativas para la interacción momento de cosecha * época de drenaje. El observó que la tendencia de cada drenaje fue diferente, cuando más se demoró el retiro definitivo de agua, el máximo porcentaje de grano entero se obtuvo en épocas de cosecha más tardías.

Gaggero y Marmo (1999), en el ensayo planteado obtuvieron que las variedades INIA Tacuarí y El Paso 144, no se registraron diferencias significativas en el rendimiento de grano entero, para los distintos momentos de drenaje. En cambio el porcentaje de grano entero de INIA Caraguatá si fue afectado por las fechas de drenaje en retiros efectuados a los 55 días después del 50% de floración, se obtuvo el mayor porcentaje de entero 55,8 %, respecto a 49,1% obtenido a los 35 días post 50% de floración.

Roel (1999), Lavecchia et al. (1999), constataron en INIA Tacuarí, que los distintos momentos de retiro de agua afectaron significativamente al rendimiento de grano entero. Los mayores niveles de entero se registraron con retiro de agua más tardíos.

Lavecchia et al. (2004), encontraron que el rendimiento de grano entero se vio muy afectado por los efectos de retiros de agua. Las mayores diferencias entre retiros de agua se dieron para El Paso 144 con 16,8 puntos porcentuales, en cambio en INIA Tacuarí se registraron las menores diferencias 7,9 puntos porcentuales. A medida que los retiros de agua se retrasaron el porcentaje de entero ascendió.

2.6.3.3 Porcentaje de grano verde

Acosta (1988), indica que los distintos momentos de retiro de agua no afectaron de manera significativa, al porcentaje de granos verdes.

Gaggero y Marmo (1999), al estudiar el efecto del momento de drenaje en INIA Tacuarí, INIA Caraguatá y El Paso 144, encontraron los mismos resultados obtenidos por otros autores, de que el porcentaje de verde no fue afectado por las diferentes fechas de drenaje.

Roel (1998, 1999), Lavecchia et al. (1999), Lavecchia et al. (2004), establecieron distintos ensayos, con tratamientos similares, en zonas diferentes, con distintas variedades (El Paso 144, INIA Tacuarí, INIA Olimar e INIA

Caraguatá) y determinaron que el porcentaje de grano verde no se vio modificado por los distintos momentos de drenaje.

2.6.3.4 Contenido de yeso

El análisis realizado por Acosta (1988), demuestra que los distintos momentos de drenaje afectaron muy significativamente el porcentaje de yesoso. Observándose que los drenajes realizados a los 15 y 35 días post-floración presentaron mayor porcentaje de yesoso (0,19 %), que el realizado a los 25 días post-floración (0,16 %) y que el ensayo sin drenar (0,12 %).

Roel (1998), observó en todos los parámetros de calidad y en las tres variedades estudiadas que no existieron diferencias significativas entre los distintos momentos de retiro de agua, a excepción del contenido de yeso en INIA Tacuarí que presentó un valor significativamente superior, en el retiro de agua más temprano (15 días después del 50 % de floración).

Gaggero y Marmo (1999), indican para las tres variedades estudiadas, que el contenido de yeso no presentó diferencias significativas entre las distintas épocas de drenaje. Los autores sostienen que los resultados obtenidos son causados por las condiciones climáticas, que favorecieron a mantener el contenido de humedad del suelo.

Lavecchia et al. (1999), encontraron que el porcentaje de yeso fue afectado significativamente por los diferentes momentos de retiro de agua y su interacción con los momentos de cosecha. A medida que nos retrasamos en los retiros de agua, los porcentajes de yeso disminuyen.

Lavecchia et al. (2004), estudiaron el contenido de yeso en INIA Olimar y El Paso 144 en distintas épocas de drenaje. En la variedad INIA Olimar no existen diferencias significativas entre distintas fechas de drenaje. En El Paso 144 se observa una reducción en el porcentaje de yeso al retrasar los retiros de agua acentuándose en la primera cosecha.

2.6.3.5 Contenido de humedad en el grano

Acosta (1988), encontró diferencias significativas en el contenido de humedad entre los momentos de drenaje. Se observa que los drenajes tempranos, (15 y 25 días post-floración), presentan menos contenido de humedad del grano a la cosecha (17,4 a 18,2%) en todas las épocas, en relación con el drenaje tardío (35 días post-floración) y el testigo con agua (18,9 a 19,7%).

Gaggero y Marmo (1999), observaron que las fechas de drenaje afectaron de manera significativa el contenido de humedad, únicamente en la variedad El Paso 144. La tendencia del porcentaje de humedad, aumentó a medida que se retrasa la época de drenaje, en retiros de agua realizados a los 35 días después de floración se obtuvo el menor porcentaje de humedad (18,7 %).

Según Lavecchia et al. (1999), el porcentaje de humedad fue afectado significativamente por las distintas fechas de retiro de agua. En los tratamientos con fechas de drenaje más retrasadas, se registraron los mayores porcentajes de humedad (23% de promedio).

2.7 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

El rendimiento de un cultivo de arroz está determinado por: número de panojas por metro cuadrado, número de granos por panoja y peso de granos.

2.7.1 Número de panojas por metro cuadrado

Roel (1998), afirma que en INIA Tacuarí los distintos momentos de cosecha afectaron significativamente el número de panojas por metro cuadrado, donde la primer y última cosecha (35 y 75 días después del 50% de floración, respectivamente) se registró el menor valor, el promedio para INIA Tacuarí fue de 694 panojas por metro cuadrado.

Gaggero y Marmo (1999), indican que el número de panojas por superficie no se vio afectada por los distintos momentos de drenaje, debido a las condiciones climáticas ocurridas en este período. Sin embargo ocurrieron

diferencias significativas entre los distintos momentos de cosecha y este interactuó con las variedades. En INIA Caraguatá no se encontraron diferencias entre las distintas cosechas. En cambio El Paso 144 e INIA Tacuarí si presentaron diferencias, registrándose los menores valores a los 55 y 65 días después del 50% de floración, respectivamente.

Nuevamente Roel (1999), encontró que la única variedad que sufrió impacto significativo por los distintos momentos de cosecha fue INIA Tacuarí, donde en las últimas dos cosechas el número de panojas por metro cuadrado fue menor. Para los distintos momentos de retiro de agua, el número de panojas por metro cuadrado no fue afectado en términos significativos, para las variedades estudiadas (El Paso 144, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá).

2.7.2 Número de granos por panoja

Durante la diferenciación del primordio es un momento crítico del desarrollo de la planta, por que esta siendo formado el número de granos por panoja. Por eso, es importante que durante este período la planta no sufra stress, principalmente los causados por bajas temperaturas (inferior a 17°C) y deficiencias de nutrientes. El subperíodo que antecede a la floración conocido como embarrigado, que inicia 7 a 10 días antes de la floración. Este momento es el más susceptible a las temperaturas bajas. Otros factores que disminuyen el número de granos son; vientos calientes, secos o húmedos (ya que afectan seriamente la fecundación de las estigmas), por otro lado bajas temperaturas del agua o del aire causan un efecto similar (Congreso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2005).

Bica y Graña (1991), estudiando el número de granos por panoja en Bluebelle y en El Paso 144, observan que estos disminuyen al atrasar la época de cosecha, ya que la misma se realiza tarde y las pérdidas por desgrane corresponden a los granos de mayor peso.

Pedroso (1994), planteó un ensayo donde estudia el efecto del momento de cosecha en dos variedades de arroz (BR-IRGA 409 e IRGA 416). El indica, que el atraso de la

época de cosecha provocó mayor desgrane natural constatado por el menor número de granos por panoja, la primera cosecha fue cuando se obtuvo el mayor valor (86 granos por panoja).

Roel (1998), encontró que los granos totales por panoja, presentaron un valor significativamente superior, en cosechas ocurridas a los 35 días después del 50% de floración en INIA Tacuarí. En El Paso 144 e INIA Caraguatá los valores más altos ocurrieron a los 35 y 55 días después del 50% de floración.

Roel (1999), determinó en las variedades INIA Tacuarí e INIA Caraguatá que el número de granos por panojas presentó una significativa reducción en las dos últimas cosechas. Sin embargo El Paso 144 permaneció sin variar el número de granos por panojas durante los distintos momentos de cosecha. El otro tratamiento del ensayo (época de retiro de agua), no afectó de manera significativa el número de granos por panoja en ninguna de las tres variedades estudiadas.

García y Pintos (1997), al observar la evolución del número de granos por panoja para los distintos cultivares durante los seis momentos de cosecha. Encontraron diferencias muy significativas entre cultivares y entre momentos de cosecha. Se observa un máximo en el número de granos por panoja a los 30 días post-floración en los cuatro cultivares, ocurriendo luego una tendencia marcada a la disminución en el número de granos para INIA Tacuarí e INIA Caraguatá. El Paso 144 e INIA Yerbal no presentan síntomas de desgrane, manteniéndose constante el número de granos por panoja a lo largo de los distintos momentos.

2.7.3 Llenado de grano

El número de granos llenos está determinado por las condiciones ambientales y culturales en la fase reproductiva, según Angladette, citado por Bonomo y Marella (1988). Luego de haber llegado a un máximo, éstos comienzan a disminuir y paralelamente aumentan los vacíos debido a la sobremaduración que provoca la caída de los granos, según Yoshida, citado por Bonomo y Marella (1988).

Bonomo y Marella (1988), al estudiar la evolución del número de granos llenos, observaron un paulatino aumento al retrasar la cosecha, hasta el máximo logrado en la tercera etapa.

Según Roel (1998), el momento de cosecha afectó significativamente el llenado de granos en INIA Caraguatá y en El Paso 144, cabe destacar que los valores menores (56 y 59 granos llenos por panojas, para El Paso 144 e INIA Caraguatá, respectivamente) se dieron en las últimas cosechas y se debió fundamentalmente a que esta última cosecha fue posterior a un fuerte temporal lo que provocó una pérdida muy grande de granos.

Gaggero y Marmo (1999), determinaron en INIA Tacuarí, INIA Caraguatá y en El Paso 144, que las distintas fechas de drenaje no afectaron de manera significativa al llenado de grano. Los resultados obtenidos pueden ser explicados por las precipitaciones ocurridas entre los drenajes y por la baja demanda atmosférica. Además de esto se produjo un fuerte ataque de cascarudo, lo que no permitió obtener registro en los dos primeros tratamientos de drenaje. Sin embargo los distintos momentos de cosecha afectó de manera significativa al llenado de grano, el mismo aumenta sostenidamente desde los 25 días después del 50% de floración, hasta registrar su máximo a los 55 días después del 50% de floración, para estabilizarse en cosechas posteriores.

Roel (1999), observó que los distintos momentos de cosecha afectaron significativamente el llenado de granos, los momentos de mayor valor de granos llenos fue de los 45 a 55 días después del 50% de floración, en INIA Tacuarí y de los 35 a 55 días después del 50% de floración, en INIA Caraguatá. Sin embargo el llenado de granos en El Paso 144 no se vio afectado. Los distintos momentos de drenaje y la cosecha en agua, no modificaron los valores de llenado de grano, en las tres variedades estudiadas.

García y Pintos (1997), encontraron que la máxima tasa de acumulación de carbohidratos en los granos se da entre los 10 y los 30 días post-floración para los dos cultivares

precoces (INIA Tacuarí e INIA Yerbal), mientras los cultivares de ciclo vegetativo largo (INIA Caraguatá y El Paso 144) presentan tasas de llenado significativas desde el comienzo del período. Luego de los 30 días después de floración los cuatro cultivares siguen acumulando a tasas inferiores, hasta llegar al máximo peso de mil granos a los 40 días post-floración.

Yang et al. (2003), encontraron que los tratamientos con déficit de agua aceleraron el llenado de grano. Los manejos de mayor déficit de agua, presentaron un período de llenado de grano más corto y una mayor proporción de granos llenos. Al comparar plantas con déficit moderado y extremo, respecto a las testigo (sin déficit), concluyen que el período activo de llenado de grano se acortó de 5 a 6 días para las plantas con déficit moderado, y de 12 a 17 días para las plantas con déficit extremo, comparándolas con las plantas testigo en experimentos en macetas y a campo.

Ramírez et al. (2005), plantean un experimento con supresión del riego y drenaje después de la floración en dos zafras, y realizados en ocho épocas dentro de cada manejo. Los resultados obtenidos es que el tiempo de acumulación de materia seca, durante el período de llenado de grano fue hasta 25 días después de la anthesis, tanto para las parcelas con drenaje del agua como para aquellas en que no se retiró el agua, independientemente del año de realización del experimento. La curva de acumulación de materia seca durante el período de llenado de granos no presentó diferencias entre drenaje y supresión final de agua de riego.

2.8 PARAMETROS FISIOLÓGICOS

Yang et al. (2003), observaron que el potencial de agua en hojas, medido al amanecer y al mediodía, presentó una tendencia similar en ambas líneas híbridas, y en ensayos a campo y en macetas. Para plantas sin restricción de agua, el potencial de agua en hojas medido al mediodía decreció gradualmente durante el llenado y en tratamientos con déficit de agua disminuyó sustancialmente. Las diferencias de potencial de agua en hojas al amanecer en los tres tratamientos a campo o en macetas, no presentaron

diferencias, indicando que las plantas se rehidratan en la noche. El potencial de agua en hojas, en plantas con déficit severo fue significativamente menor que los otros tratamientos, desde los 18 días después de haber retirado el agua, esto sugiere a la pérdida de habilidad en rehidratarse en la noche por estas plantas.

El contenido de clorofila en las hojas bandera de las plantas sin stress disminuye levemente al envejecer las hojas. La proporción que disminuye fue incrementada después de exponer a las plantas a déficit de agua. El mayor déficit de agua se correlacionó, con el descenso de clorofila más rápido, indicando que el stress hídrico promueve la senescencia de las hojas. La senescencia temprana inducida por el déficit de agua, podría estar relacionada con la reducción del N tomado desde el suelo y por el incremento en la síntesis de ácido abscísico (Davies et al., citados por Yang et al., 2003). Se supone que el déficit de agua reduce significativamente durante el llenado de grano la tasa fotosintética en la hoja bandera. Esta reducción de fotosíntesis en los tratamientos con restricción del agua, podría estar atribuida a la pérdida de clorofila y a la senescencia temprana.

2.9 REMOVILIZACIÓN DE CARBONO

Yang et al. (2002), observan que la removilización de reservas de C presenta un incremento del 47 al 61%, al pasar sin restricciones hídricas a déficit de agua en la post anthesis. O sea que el déficit de agua incrementó significativamente la contribución de C al grano. El período activo de llenado de grano se redujo en un rango de 2,7 a 8,7 días y la proporción de llenado se incrementó de 0,14 a 0,36 mg./día/grano por el déficit de agua comparado con el tratamiento sin stress hídrico. Los autores concluyen que el déficit hídrico aplicado durante la post-anthesis induce a la senescencia y la fotosíntesis no es severamente inhibida, los granos incrementan la removilización de reservas, se disminuyen las pérdidas fotosintéticas y principalmente se acelera el llenado de grano y aumenta el rendimiento del grano.

Yang et al. (2003), encontraron que los tratamientos con déficit de agua facilitaron la redistribución de asimilados desde los tallos a los granos en pre-antesis. Al comienzo de haber retirado el agua (9 días después de antesis), cerca del 75% del C_{14} fue encontrado en los tallos, y cerca del 8% en los granos. Luego de 24 días (33 días después de antesis), el C_{14} de los tallos se redujo a un 35-37% en plantas con stress moderado, 17-19% con stress severo y 58-59% en plantas sin stress hídrico. Contrario a lo observado en los tallos, el C_{14} de los granos se incrementó de 45-46% en plantas con déficit moderado, 62-66% con déficit severo y solo 19-22% en las plantas sin stress.

Muy similar a la distribución del C_{14} los carbohidratos no estructurales de los tallos disminuyeron más rápido en plantas con déficit moderado y severo, que en aquellas sin déficit. Con déficit de agua más severo, se redujo más el contenido de carbohidratos no estructurales en el tallo. La removilización de las reservas de carbono hacia el grano fue incrementada de 10,3 a 12,8% en plantas con déficit moderado, y 15,1 a 17,3% con déficit mayor, comparándolas con las plantas sin stress hídrico. En contraste, los residuos de carbohidratos no estructurales en los tallos a la madurez fue reducidamente marcado por los déficit de agua. La mejora de la removilización por el déficit de agua conduce a índices de cosecha mayores.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

Esta investigación se realizó 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 2005/06. La U.E.P.L. se encuentra ubicada en la primera sección judicial del departamento a 28 Km. 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 al Solod-Melánico.

A continuación se presentan los resultados de los análisis de suelo en el cuadro No. 1.

Cuadro No. 1. Resultados de análisis de suelo.

| pH (H ₂ O) ¹ | Mat. Org. ² (%) | P ³ Bray I (ppm) | K ⁴ (meq./100gr.) |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 5,9 | 2,34 | 1,1 | 0,25 |

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

3.3 CLIMA

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

A continuación se presentan los datos de heliofanía (horas de luz), precipitaciones y temperatura media de la serie histórica (1972-2006), y del año en el cual se desarrolló el experimento (2005-2006). Los mismos corresponden al período setiembre-abril, y son los siguientes.

3.3.1 Heliofanía

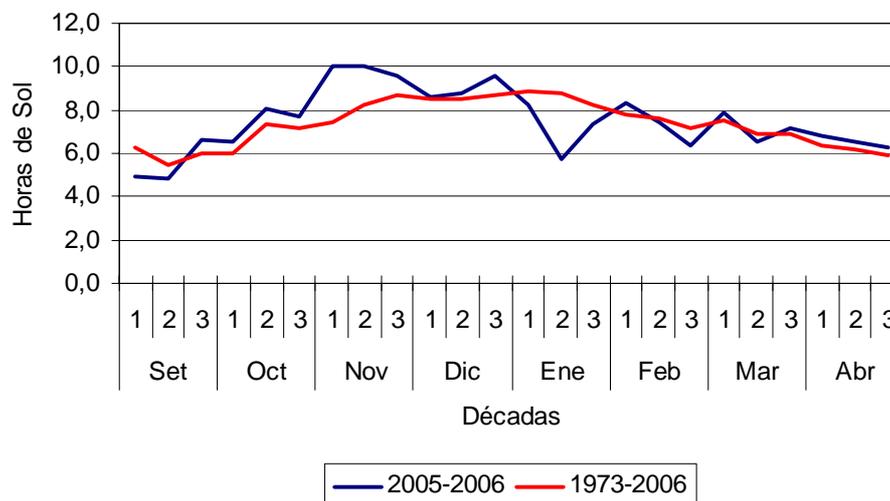


Figura No. 1. Horas de sol decádicas correspondientes a los años 2005-2006 y a la serie histórica 1973-2006.

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

Se observa que en las etapas iniciales del cultivo (octubre-noviembre) los registros estuvieron por encima de las horas de luz normales. Sin embargo en la segunda década de enero y tercera de febrero se observaron valores inferiores a los normales.

3.3.2 Precipitaciones

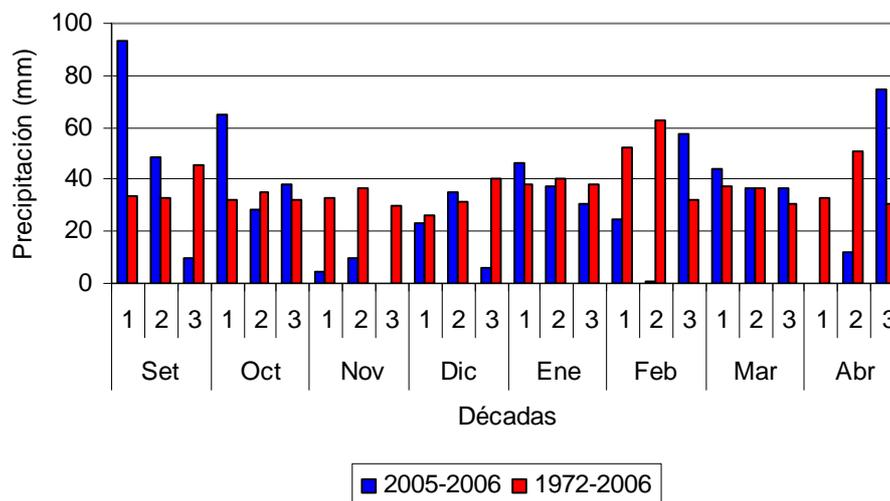


Figura No. 2. Precipitaciones decádicas correspondientes a los años 2005-2006 y a la serie histórica 1972-2006.

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

En la figura no. 2 se aprecia que durante el mes de noviembre, tercera década de diciembre, primera y segunda de febrero, y primera y segunda de abril se obtuvieron registros pluviométricos significativamente inferiores a los valores promedios. Sin embargo en la primera década de setiembre, primera de octubre, tercera de febrero y tercera de abril los valores observados estuvieron por encima del promedio histórico.

3.3.3 Temperatura media

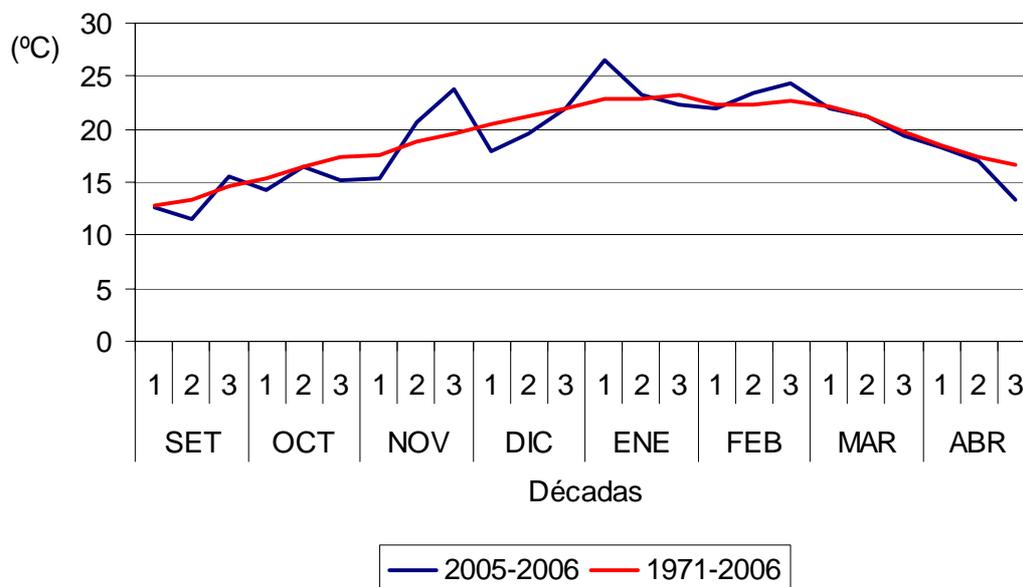


Figura No.3. Temperatura media decádicas correspondientes a los años 2005-2006 y a la serie histórica 1971-2006.

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

La temperatura media registrada en la tercera década de octubre y primera de noviembre fue 2-3°C inferior a la serie histórica. En cambio en la segunda y tercera década de noviembre los valores estuvieron por encima de los valores promedio, de la misma forma que se presentó en la dos primeras décadas de enero y en las dos últimas de febrero.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental es de parcelas divididas en bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela grande de 55 m² (12,5 m x 4,4 m) correspondió a los diferentes manejos de agua y en las parcelas chicas de 3,4 m² se realizaron cuatro momentos de cosechas.

3.5 TRATAMIENTOS

El cultivar estudiado fue INIA Olimar. Se utilizó dicho material por la escasa información que existe y porque el área de producción (del material en estudio) está en aumento.

Los tratamientos estudiados fueron los siguientes:

Retiros de agua: 15 días después del 50% de floración.
 25 días después del 50% de floración.
 35 días después del 50% de floración.
 50 días después del 50% de floración.
 Sin drenar.

Momentos de cosecha: 35 días después del 50% de floración.
 45 días después del 50% de floración.
 55 días después del 50% de floración.
 70 días después del 50% de floración.

Cuando el 50% de las plantas han florecido se considera que corresponde al 50% de floración, es decir que ha emergido de la mitad del total de las plantas toda la panoja de la vaina.

Cuadro No. 2. Calendario de actividades.

| <i>Retiros de agua</i> | <i>Cortes de panoja</i> | <i>Cosechas</i> |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 ^{er} 21-febrero | 1 ^{er} 03-marzo | 1 ^{ra} 13-marzo |
| 2 ^{do} 03-marzo | 2 ^{do} 13-marzo | 2 ^{da} 23-marzo |
| 3 ^{er} 13-marzo | 3 ^{er} 23-marzo | 3 ^{ra} 03-abril |
| 4 ^{to} 28-marzo | 4 ^{to} 03-abril | 4 ^{ta} 17-abril |
| | 5 ^{to} 17-abril | |

3.6 MANEJO

Se realizó un manejo habitual característico de la zona en cuanto al laboreo, siembra, fertilizaciones y uso de herbicidas.

3.6.1 Laboreo

A fines del otoño se rompieron las taipas y en la primavera se realizó un laboreo convencional para afinar el suelo y obtener una buena cama de siembra.

3.6.2 Siembra

La siembra se realizó el 20 de octubre del 2005, con una densidad de 160 Kg. de semilla/ha a una distancia entre hilera de 0,15m.

3.6.3 Fertilización

La fertilización basal fue de 120 Kg./ha de 18-46-0 y dos coberturas con urea, a razón de 60 Kg./ha, una al macollaje (21 de noviembre) y otra al primordio (6 de enero).

3.6.4 Uso de herbicida

Para el control de las malezas se utilizó una mezcla compuesta por 1,5 l/ha de Facet + 3,5 l/ha de Propanil + 0,8 l/ha de Comand + 250 gr./ha de Cyperux, aplicada el 16 de noviembre.

3.7 DETERMINACIÓN

3.7.1 A campo

Todas las medidas realizadas en las parcelas se tomaron en un área efectiva, ésta es una reducción de medio metro en las cabeceras y de dos o tres hileras (dependiendo del estado) en los laterales, para evitar efectos diferentes al resto de la parcela.

La evolución del llenado de grano se comenzó 25 días después del 50% de floración (3-marzo-06) y luego cada diez días hasta 70 días después del 50% de floración (17-abril-06). Ésta se realizó cortando 10 panojas con similar estado fenológico por parcela y por fecha de corte.

Durante el seguimiento de los componentes del rendimiento en cada cosecha se recogió en medio metro por parcela diez panojas al azar y se contaba el número total de panojas.

En la cosecha se evaluó el rendimiento de chacra, se midió el peso de la muestra y el porcentaje de humedad. La misma consistió en el corte con hoz de un área de 3,4 m²; esta tarea se realizaba sobre el mediodía para evitar el humedecimiento de los granos por el rocío. Lo cosechado de cada parcela se trillaba en una trilladora estacionaria Almaco. Luego se tomaba una sub-muestra de aproximadamente 50 gr. para medir el grado de humedad.

Por último se utilizaron dos sensores HOBO para observar la evolución de la humedad relativa y temperatura desde el 28-feb-06 al 28-mar-06. Los mismos estaban ubicados a la altura de la panoja en dos parcelas (uno de ellos en la parcela que se drenó primero y el otro en la parcela que se mantuvo con agua). En el momento deseado se recogía la información que contenía cada sensor, cuanto más seguida dicha recolección menos posibilidades de perder datos por cualquier desperfecto que pudieran tener los sensores.

3.7.2 En el laboratorio

Las panojas recolectadas para observar la evolución del llenado de grano fueron secadas en estufa durante 24 horas hasta perder toda la humedad. A continuación se pesaban y se desgranaban, estos granos se pasaban por un clasificador marca Kiya Seisakusho 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. Con esta información se calculó el peso por panoja, el número de granos por panoja (llenos, vacíos y totales) y peso de mil granos.

Para estudiar los componentes del rendimiento, se sometieron a las panojas recolectadas con dicho fin al mismo tratamiento explicado anteriormente (evolución del llenado de grano).

Las muestras obtenidas en la cosecha de aproximadamente 1 Kg., se secaron con un secador marca Satake hasta alcanzar un contenido de humedad de 13-14%, y de esta forma hallar la diferencia entre peso húmedo y seco para corregir el rendimiento de chacra.

De las muestras de 1 Kg. se extrajeron sub-muestras de 100 gr. de arroz cáscara seco y limpio para los análisis de calidad industrial. Cada sub-muestra se pasaba por el descascarador Satake para eliminar lema, pálea, raquilla y lemas estériles, obteniendo el arroz cargo.

De una de las muestras de 100 gr. de arroz cargo se determinó el porcentaje de granos verdes, los mismos se separaban y luego se pesaban.

También se determinó el porcentaje de arroz blanco total, el que se obtuvo a partir de otra muestra de 100 gr. que se pasaba primero por el descascarador Satake, y luego por pulidor Satake durante 1'15''. El peso del arroz pulido se denomina arroz blanco total y se expresa como porcentaje de arroz cáscara.

El arroz blanco total fue puesto durante un minuto en un cilindro alveolado del separador Satake con el objetivo de distinguir los granos enteros de los quebrados. Se pesó la porción de granos enteros y se expresó el rendimiento de grano entero como porcentaje de arroz cáscara. El porcentaje de grano quebrado surge de la diferencia entre el porcentaje de blanco total y el de grano entero. Se considera grano entero o quebrado según supere o no dos tercios del largo promedio.

Se determinó el porcentaje de yeso extrayendo de 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.

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.

3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los ensayos de varianza se realizaron utilizando el software M-STATC. El ensayo se diseñó como un arreglo factorial, donde se estudian: momento de retiro de agua, momento de cosecha y la interacción de ambas.

Factor A: momento de retiro de agua.

- a1: 15 ddf¹.
- a2: 25 ddf.
- a3: 35 ddf.
- a4: 50 ddf.
- a5: sin drenar.

Factor B: momento de cosecha.

- b1: 35 ddf.
- b2: 45 ddf.
- b3: 55 ddf.
- b4: 70 ddf.

¹ días después del 50% de floración.

Diseño: bloques completos al azar con 4 repeticiones y 20 tratamientos (4*5).

Agrupamiento de las parcelas: cada bloque se dividió en cinco parcelas que recibieron diferentes manejos de drenaje cada una. Mediante un sorteo se determinó la ubicación correspondiente a cada parcela dentro de cada bloque. Luego se asignaron los cuatro momentos de cosecha dentro de cada parcela.

Diseño experimental: parcelas divididas en bloques completos al azar.

Parcela grande: retiro de agua.

Parcela chica (sub-parcela): momento de cosecha.

Hipótesis:

Ho: Los efectos de los tratamientos son iguales.

Ha: Existe una (o más) diferencias entre efectos.

Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + B_k + D_i + P_{ik} + C_j + (DC)_{ij} + E_{ijk}$$

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

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

$$k = 1, 2, 3, 4$$

μ = media

B_k = efecto del k-ésimo bloque

D_i = efecto del i-ésimo momento de drenaje

P_{ik} = error experimental asociado a la parcela grande

C_j = efecto del j-ésimo momento de cosecha

$(DC)_{ij}$ = efecto de la interacción i-ésimo momento de drenaje y j-ésimo momento de cosecha

E_{ijk} = error experimental asociado a las parcelas pequeñas

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para visualizar mejor el comportamiento de cada variable en estudio se consideró necesario puntualizar los resultados por: rendimiento y sus componentes, calidad y evolución del llenado de grano. Dentro de cada uno de éstos se detalla: el efecto momento de cosecha, retiro de agua y la interacción de ambos.

4.1 RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES

El efecto de los distintos momentos de cosecha, fechas de drenaje y la interacción de los dos tratamientos, sobre el rendimiento y sus componentes se presentan en el cuadro no. 3.

Cuadro No. 3. Resultados del análisis estadístico realizado para el rendimiento y sus componentes, según el momento de cosecha y drenaje, y la interacción de ambos.

| <i>Efecto</i> | <i>Rend.¹ Kg./ha</i> | <i>% de verde</i> | <i>% de humedad</i> | <i>Nº de panojas /m²</i> | <i>Nº de granos llenos/ panoja</i> | <i>Nº de granos vacíos/ panoja</i> | <i>Peso de 1000 granos gr.</i> |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------|---|--|--|--|
| Cosecha | n.s. ⁴ | 0 | 0 | 0,001 | n. s. | 0,0004 | n. s. |
| Drenaje | 0 | n. s. | 0,0001 | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| Inter. ² | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| Media | 9091 | 3,7 | 16,5 | 622 | 63,8 | 12,4 | 27,7 |
| C.V. ³ (%) | 7,6 | 42,4 | 8,8 | 15,8 | 24,8 | 60,2 | 11,4 |

¹Rendimiento ²Interacción ³Coefficiente de variación ⁴No significativo.

4.1.1 Efecto del momento de cosecha

En el cuadro no. 4 se presentan los resultados obtenidos para el rendimiento, porcentaje de humedad, porcentaje de verde y los componentes del rendimiento según los distintos momentos de cosecha.

Cuadro No. 4. Efecto del momento de cosecha sobre el rendimiento y sus componentes.

| Momento de cosecha | Rend. ¹ Kg/ha | % de verde | % de humedad | Nº de panojas /m ² | Nº de granos llenos/panoja | Nº de granos vacíos/panoja | Peso de 1000 granos gr. |
|-----------------------|-----------------------------|------------|--------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 35 ddf ² | 9049 | 8,2 a | 20,3 a | 531 c | 69,5 | 15,3 a | 27,9 |
| 45 ddf | 9042 | 5,1 b | 20,3 a | 665 ab | 66,1 | 17,1 a | 26,7 |
| 55 ddf | 9174 | 1,0 c | 15,7 b | 605 b | 60,4 | 8,8 b | 28,2 |
| 70 ddf | 9100 | 0,2 c | 9,7 c | 685 a | 59,2 | 8,3 b | 27,9 |
| Sign. ³ | n.s. ⁶ | 0 | 0 | 0,001 | n. s. | 0,0004 | n. s. |
| M.D.S. ⁴ | ---- | 1,1 | 1,1 | 73,2 | ---- | 5,5 | ---- |
| Media | 9091 | 3,7 | 16,5 | 622 | 63,8 | 12,4 | 27,7 |
| C.V. ⁵ (%) | 7,6 | 42,4 | 8,8 | 15,8 | 24,8 | 60,2 | 11,4 |

¹Rendimiento ²Días después del 50% de floración ³Significancia ⁴Mínima diferencia significativa con una probabilidad de 0,05 ⁵Coficiente de variación ⁶No significativo. La(s) media(s) seguida(s) por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí al 5%.

4.1.1.1 Rendimiento

En el análisis de varianza se observa la inexistencia de efectos significativos en las diferentes épocas de cosecha. Resultados similares obtuvieron Blanco y Méndez (1986), Lavecchia et al. (1997), entre otros. A pesar de que estadísticamente se obtuvo el mismo rendimiento, la cosecha realizada a los 55 días después del 50% de floración fue levemente superior alcanzando 9174 Kg./ha, y el rendimiento promedio fue 9091 Kg./ha. Sin embargo, resultados de otros estudios indican que las diferentes fechas de cosecha afectan significativamente al rendimiento.

4.1.1.2 Porcentaje de verde

El porcentaje de granos verdes obtenido en las distintas épocas de cosecha fue afectado significativamente, apreciándose mejor la evolución del mismo en la figura no. 4. Se constata una disminución en forma continua a medida que se reduce el contenido de humedad del grano, el descenso observado es de 0,13% por día hasta los 55 días después del 50% de floración. En las dos últimas cosechas el porcentaje de verde se estabiliza

con valores cercanos a 0%. Similar resultado al obtenido por numerosos autores, entre los que se encuentran Gonnet (1976), Roel (1998), Lavecchia et al. (2004), entre otros.

4.1.1.3 Porcentaje de humedad

Este parámetro se vio afectado por los diferentes momentos de cosecha. Entre las dos primeras fechas de cosecha no se registraron diferencias en la humedad del grano. Posterior a los 45 días después del 50% de floración descendió significativamente, pasando de 20,3 a 9,7% de humedad, lo que corresponde a 0,42% por día. Según Junior et al. (2005), la reducción de la humedad del grano se debe a la pérdida de humedad de las semillas después de la madurez fisiológica. En la figura no. 4 se presenta la gráfica correspondiente a esta característica.

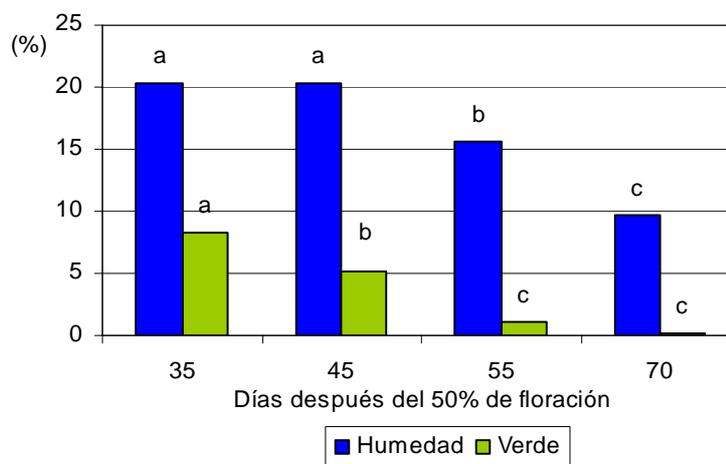


Figura No. 4. Porcentaje de humedad y de verde según el momento de cosecha.

4.1.1.4 Número de panojas por metro cuadrado

El análisis estadístico muestra diferencias significativas entre las épocas de cosecha. El número de panojas por metro cuadrado aumentó a medida que se cosechaba más tarde, aunque no existieron diferencias significativas entre la segunda (45 días después del 50% de

floración) y la última fecha de cosecha (70 días después del 50% de floración), como lo refleja la figura no. 5.

El menor valor se registró a los 35 días y el máximo a los 70 días después del 50% de floración. El número de panojas por metro cuadrado registrado fue 532 y 686 respectivamente; incrementándose 4,4 panojas por día. El promedio entre las 4 cosechas fue de 622 panojas por metro cuadrado.

Esto en parte concuerda con lo hallado por Roel (1999), para el primer momento de cosecha (35 días después del 50% de floración) en ambos ensayos se obtuvieron los mismos resultados. En cambio Roel (1998), en la última cosecha (75 días después del 50% de floración) encontró que el número de panojas disminuía, que difiere con los resultados alcanzados por nuestro ensayo en el que (70 días después del 50% de floración) alcanzó el máximo número de panojas.

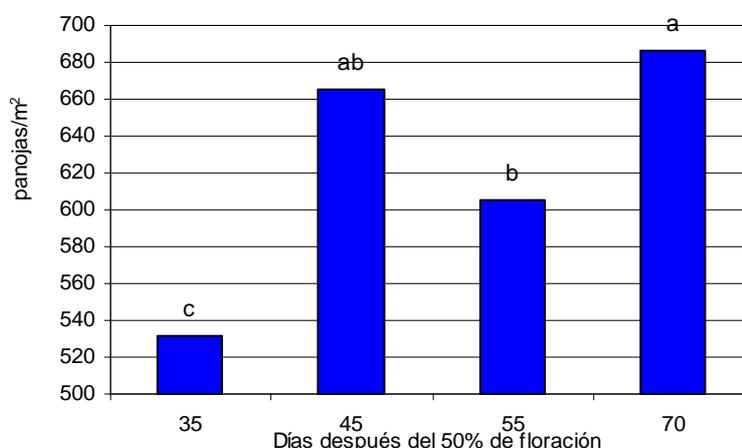


Figura No. 5. Número de panojas por metro cuadrado según el momento de cosecha.

4.1.1.5 Número de granos llenos por panoja

Al observar la evolución del número de granos llenos por panoja para los cuatro momentos de cosecha, no se encontraron diferencias significativas. A los 35 días después del 50% de floración se observa un máximo en el número de granos por panoja, tendiendo luego a la disminución; resultado similar a diversos ensayos. Este fenómeno se debe al desgrane natural. Durante las distintas fechas de cosecha se obtuvo un promedio de 63,8 granos llenos por panoja.

4.1.1.6 Número de granos vacíos por panoja

Para la variable en estudio, el análisis de varianza manifestó diferencias significativas entre los momentos de cosecha. Los granos vacíos presentaron su máximo valor en las cosechas más tempranas, 15 y 17 por panoja a los 35 y 45 días después del 50% de floración respectivamente. Para las cosechas realizadas a los 55 y 70 días después del 50% de floración se obtuvieron 8,8 y 8,3 respectivamente.

4.1.1.7 Peso de mil granos

Este parámetro, no se vio influenciado estadísticamente por las distintas épocas de cosecha, similar resultado al alcanzado por Acosta (1988), Gaggero y Marmo (1999). El peso de mil granos alcanzó un valor promedio de 27,7 gramos.

4.1.2 Efecto del momento de drenaje

En el cuadro no. 5 se presentan los resultados obtenidos para el rendimiento, porcentaje de humedad, porcentaje de verde y los componentes del rendimiento según las diferentes fechas de retiro de agua. Se drenó a los 15, 25, 35 y 50 días después del 50% de floración y se estableció un tratamiento sin remoción del agua.

Al estudiar el efecto de la supresión de agua se debe tener en cuenta que, las parcelas a las que se les retiró el agua a los 15, 25, y 35 días después del 50% de floración sufrieron un intenso ataque de "cascarudos"

Eutheola humilis o *Lygirus humilis* (nombre anterior). El daño causado por dicho insecto fue a nivel del tallo y de las raíces provocando el vuelco de las plantas.

Las plantas al sufrir deterioro a nivel de las raíces y/o tallo disminuye la traslocación de asimilados hacia la parte aérea, no permitiendo la maduración necesaria, provocando ésto menor rendimiento y valores inferiores en la calidad del grano.

Cuadro No. 5. Efecto del momento de retiro de agua sobre el rendimiento y sus componentes.

| Retiro de agua | Rend. ¹ Kg./ha | % de verde | % de humedad | Nº de panojas /m ² | Nº de granos llenos/panoja | Nº de granos vacíos/panoja | Peso de 1000 granos gr. |
|-----------------------|------------------------------|-------------------|--------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 15 ddf ² | 7175 c | 3,4 | 13,9 c | 557 | 63 | 13 | 27,2 |
| 25 ddf | 8840 b | 3,3 | 15,7 b | 614 | 63 | 10 | 28,3 |
| 35 ddf | 9258 b | 3,4 | 16,7 b | 620 | 64 | 12 | 27,8 |
| 50 ddf | 9961 a | 4,2 | 17,8 ab | 672 | 66 | 12 | 28,1 |
| S. d. ³ | 10222 a | 4,0 | 18,4 a | 648 | 60 | 12 | 27,0 |
| Sign. ⁴ | 0 | n.s. ⁷ | 0,0001 | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| M.D.S. ⁵ | 734,1 | ---- | 1,3 | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Media | 9091 | 3,7 | 16,5 | 622 | 63,8 | 12,4 | 27,7 |
| C.V. ⁶ (%) | 7,6 | 42,4 | 8,8 | 15,8 | 24,8 | 60,2 | 11,4 |

¹Rendimiento ²Días después del 50% de floración ³Sin drenar ⁴Significancia ⁵Mínima diferencia significativa con una probabilidad de 0,05 ⁶Coefficiente de variación ⁷No significativo. La(s) media(s) seguida(s) por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí al 5%.

4.1.2.1 Rendimiento

El resultado del análisis de varianza demuestra que existe un incremento significativo al realizar el retiro de agua más retrasado, o cosechar con agua. El mayor rendimiento se obtuvo cuando se cosechó sin retirarle el agua, aunque no presentó diferencias significativas cuando se drenó a los 50 días después del 50% de floración, logrando 10222 y 9961 Kg./ha respectivamente.

Esto puede ser explicado como se destacó en párrafos anteriores por el ataque de cascarudos o porque el número de panojas por metro cuadrado es levemente inferior en las primeras fechas de retiro de agua; por lo tanto, es

necesario un período de irrigación mayor para que no se vea afectada la emisión de panojas, lo que concuerda con lo presentado por Stone y Fonseca (1980).

En la figura no. 6 se aprecia la evolución del efecto de las diferentes fechas de retiro de agua sobre el rendimiento y sobre la humedad. Se puede observar en la figura mencionada que ambas variables poseen similar evolución, y que el mejor rendimiento se obtuvo con valores de humedad entre 17,8 y 18,4%. Esto concuerda con Pedroso (1978), Acosta (1988), y otros autores; donde mencionan que los mejores resultados de rendimiento coinciden cuando la humedad del grano oscila entre 17 y 21% dependiendo del cultivar de arroz.

4.1.2.2 Porcentaje de verde

Este parámetro permaneció durante los distintos tratamientos de manejo del agua sin presentar diferencias significativas, concordando con ensayos realizados por Roel (1998, 1999), Lavecchia et al. (2004), entre otros, resultando el valor promedio de granos verdes de 3,7%.

4.1.2.3 Porcentaje de humedad

En la figura no. 6 se observa que sí existió efecto significativo en el contenido de humedad del grano entre los momentos de drenaje. En retiros de agua tempranos (15, 25 y 35 días después del 50% de floración), el contenido de humedad del grano a la cosecha fue menor (13,9; 15,7 y 16,7% respectivamente). En el último retiro de agua (50 días después del 50% de floración) no existieron diferencias significativas con respecto al segundo y tercer momento de drenaje, aunque el contenido de humedad fue superior. Al observar el tratamiento con agua, fue similar en términos estadísticos sólo con la cuarta fecha de retiro de agua presentando 18,4 y 17,8% de humedad respectivamente.

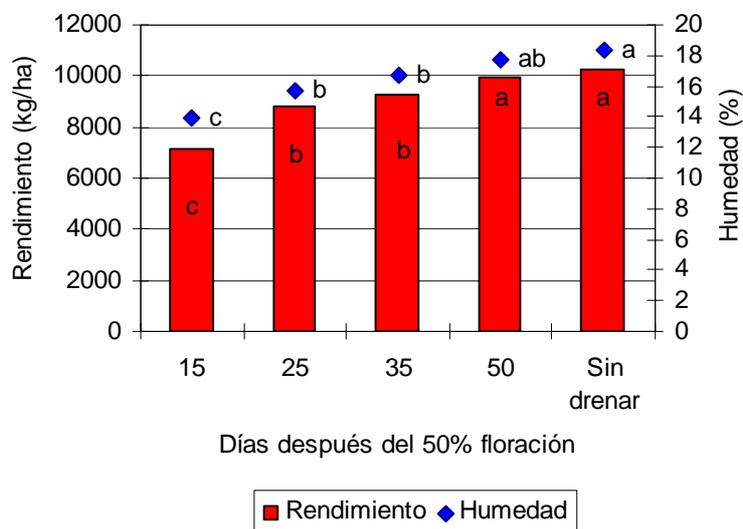


Figura No. 6. Efecto del momento de retiro de agua sobre el rendimiento de arroz cáscara y el contenido de humedad.

4.1.2.4 Número de panojas por metro cuadrado

Esta característica no es influida significativamente por las diferentes fechas de drenaje, resultado semejante al que obtuvo Roel (1999). El mayor valor se registró a los 50 días después del 50% de floración, y el valor promedio fueron 622 panojas por metro cuadrado.

4.1.2.5 Número de granos llenos por panoja

Se encontró que los distintos momentos de retiro de agua no afectaron a esta variable, siendo el número de granos llenos por panoja promedio 64.

Ramírez et al. (2005), mencionan que el período de llenado de grano fue hasta 25 días después de la anthesis, tanto para las parcelas con drenaje del agua como para aquellas en que no se retiró el agua, independientemente del año de realización del experimento. La curva de acumulación de materia seca durante el período de llenado de granos no presentó diferencias entre drenaje y supresión final de agua de riego.

4.1.2.6 Número de granos vacíos por panoja

Para la variable en estudio, el análisis de varianza detectó la inexistencia de los efectos de retiro de agua, alcanzando un valor promedio de 12,4 granos vacíos por panoja.

4.1.2.7 Peso de mil granos

En el cuadro no. 5 se aprecia que las distintas fechas de remoción del agua no influyeron significativamente sobre el peso de mil granos, el cual se mantuvo en el eje de 27,7 gramos. Ésto coincide con el ensayo realizado por Gaggero y Marmo (1999), que no registraron diferencias significativas al comparar las distintas fechas de drenaje en tres cultivares de arroz.

4.1.3 Interacción entre los momentos de cosecha y los de drenaje

Al analizar el resultado estadístico de la interacción entre los dos tratamientos sobre el rendimiento y sus componentes, presentado en el cuadro no. 3, se observa que el efecto momento de cosecha junto con la época de retiro de agua no afectó significativamente a ninguna variable estudiada.

4.2 CALIDAD DE GRANO

En este punto se enfatizará en las variables que la industria tiene en cuenta para castigar o bonificar a los productores. Los parámetros evaluados son: blanco total, grano entero, porcentaje de yeso y porcentaje de manchado; todos ellos en base seca.

Cuadro No. 6. Resultados del análisis estadístico realizado para las características de calidad según los dos tratamientos y la interacción de ambos.

| <i>Efecto</i> | <i>% de blanco total</i> | <i>% de entero</i> | <i>% de yeso</i> | <i>% de manchado</i> |
|------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| Cosecha | 0,0160 | 0 | n. s. ² | n. s. |
| Drenaje | 0,0002 | 0,0001 | 0 | n. s. |
| Interacción | n. s. | 0,0023 | n. s. | n. s. |
| Media | 64,4 | 60,0 | 3,3 | 0,03 |
| C. V. ¹ (%) | 2,4 | 4,0 | 41,5 | 181,2 |

¹Coefficiente de variación ²No significativo.

4.2.1 Efecto del momento de cosecha

En el cuadro no. 7 se presentan los resultados obtenidos del análisis de varianza de los distintos momentos de cosecha sobre las variables que caracterizan a la calidad del grano.

Cuadro No. 7. Efecto del momento de cosecha sobre la calidad del grano.

| <i>Momento de cosecha</i> | <i>% de blanco total</i> | <i>% de entero</i> | <i>% de yeso</i> | <i>% de manchado</i> |
|---------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| 35 ddf ¹ | 63,4 b | 56,7 c | 3,4 | 0,01 |
| 45 ddf | 64,6 ab | 62,0 a | 3,8 | 0,03 |
| 55 ddf | 64,9 a | 61,4 ab | 2,9 | 0,05 |
| 70 ddf | 64,8 a | 60,0 b | 3,4 | 0,04 |
| Sign. ² | 0,016 | 0 | n. s. ⁵ | n. s. |
| M. D. S. ³ | 1,155 | 1,803 | ---- | ---- |
| Media | 64,4 | 60,0 | 3,3 | 0,03 |
| C. V. ⁴ (%) | 2,4 | 4,0 | 41,5 | 181,3 |

¹Días después del 50% de floración ²Significancia ³Mínima diferencia significativa con una probabilidad de 0,05 ⁴Coefficiente de variación ⁵No significativo. La(s) media(s) seguida(s) por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí al 5%.

4.2.1.1 Porcentaje de blanco total

El resultado del análisis estadístico muestra que existieron diferencias significativas entre los momentos de cosecha, aumentando este parámetro a medida que se cosecha más tarde. La tercera y cuarta cosecha presentaron valores superiores a la primera cosecha; 64,9; 64,8; y 63,4% respectivamente. La causa del menor rendimiento de blanco

total fue que en cosechas tempranas no se alcanza el llenado de grano necesario.

Como se ve el porcentaje de blanco total (granos enteros y quebrados), no superó en ningún tratamiento el nivel exigido por la industria (70% de blanco total).

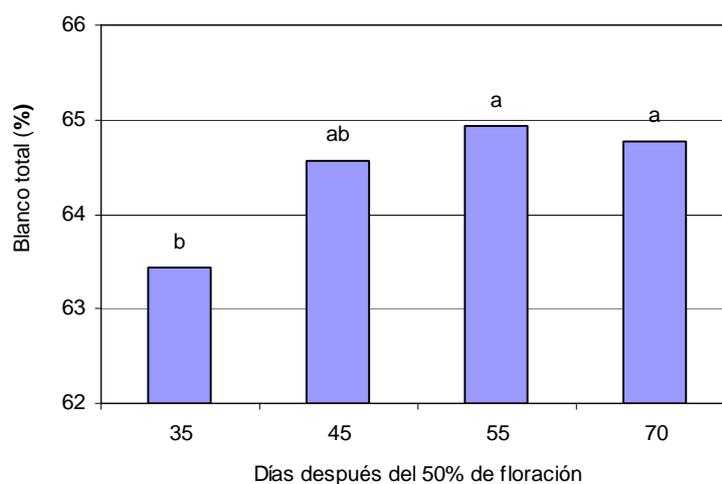


Figura No. 7. Efecto del momento de cosecha sobre el porcentaje de blanco total.

4.2.1.2 Porcentaje de grano entero

Las distintas épocas de cosecha afectaron el rendimiento de granos enteros, como lo refleja el análisis de varianza detallado en el cuadro no. 7, visualizándose mejor en la figura no. 9.

Cuando se cosecha a los 45 días después del 50% de floración se obtuvo el mejor resultado, a pesar de que no presenta diferencias significativas con la cosecha siguiente (55 días después del 50% de floración) alcanzando 62 y 61,4% de granos enteros respectivamente.

El escaso rendimiento de entero obtenido en la primer cosecha 56,7% (valor inferior al demandado por la industria, 58%) posiblemente es explicado según la

literatura citada, por amplitudes térmicas que superen los 15°C, que se registraron días próximos a la cosecha y durante la misma.

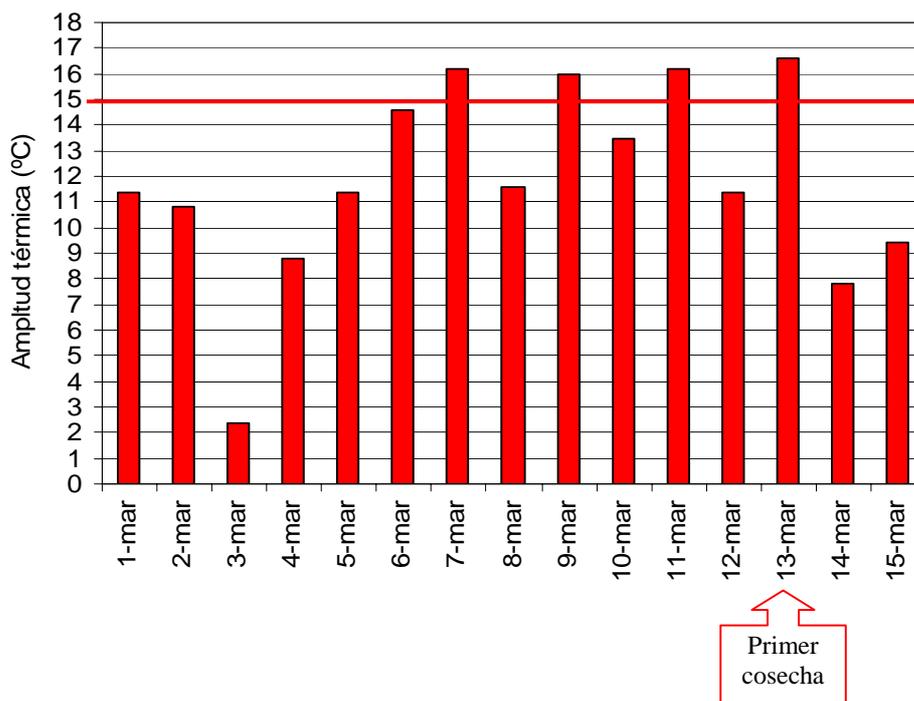


Figura No. 8. Amplitud térmica de la primera quincena de marzo.

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

El descenso del rendimiento de entero posterior a los 45 días después del 50% de floración, es provocado por el bajo porcentaje de humedad del grano, como se aprecia en el cuadro no. 8. Según Have, citado por Acosta (1988), sostiene que cuando la cosecha se realiza con un contenido de humedad menor a 18%, los granos son susceptibles a quebrarse o agrietarse, resultando en un menor rendimiento de granos enteros.

Cuadro No. 8. Efecto del momento de cosecha sobre el porcentaje de humedad y de entero.

| Momento de cosecha | % de entero | % de humedad |
|---------------------|-------------|--------------|
| 35 ddf ¹ | 56,7 c | 20,3 a |
| 45 ddf | 62,0 a | 20,3 a |
| 55 ddf | 61,4 ab | 15,7 b |
| 70 ddf | 60,0 b | 9,7 c |

¹Días después del 50% de floración. La(s) media(s) seguida(s) por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí al 5%.

Otra característica a destacar, es que el porcentaje de granos enteros disminuyen a medida que el porcentaje de granos verdes aumenta. Esto se debe a que los granos verdes son aquellos que no han terminado de formarse, y son más susceptibles al quebrado; y esto resulta en mayor porcentaje de quebrado y menor de granos enteros.

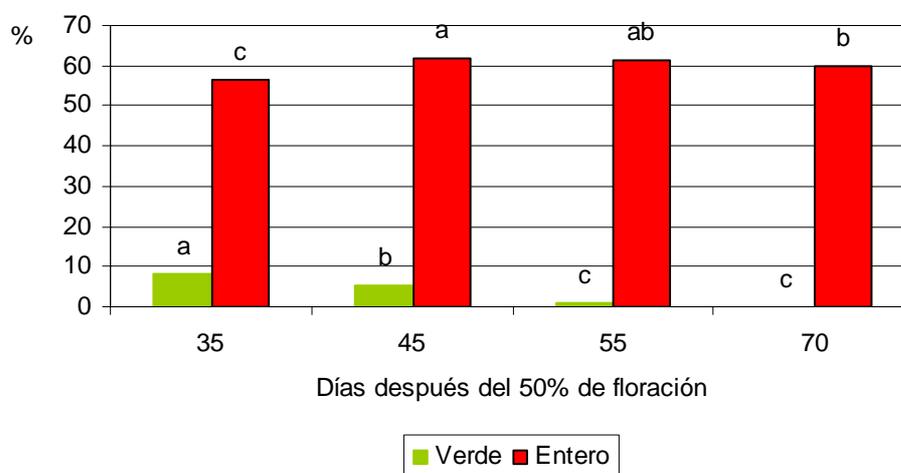


Figura No. 9. Efecto del momento de cosecha sobre el porcentaje de entero y de verde.

4.2.1.3 Porcentaje de yeso

Se observa que las distintas fechas de cosecha no incidieron significativamente en esta característica. El porcentaje de yeso presentó un valor promedio de 3,3%, siendo apenas inferior al valor (4,1%) logrado en 53 ensayos realizados en cuatro zafras por Blanco et al. (2004).

4.2.1.4 Porcentaje de manchado

El análisis estadístico presenta la inexistencia de efectos significativos entre las diferentes épocas de cosecha sobre el manchado, el valor promedio durante las cuatro cosechas fue de 0,03%.

4.2.2 Efecto del momento de drenaje

En el cuadro no. 9 se presentan los resultados estadísticos de los distintos momentos de retiro de agua sobre los componentes que determinan la calidad del grano.

Cuadro No. 9. Efecto del momento de retiro de agua sobre la calidad del grano.

| Momento de drenaje | % de blanco total | % de entero | % de yeso | % de manchado |
|------------------------|-------------------|-------------|-----------|--------------------|
| 15 ddf ¹ | 61,0 b | 53,4 b | 7,0 a | 0,02 |
| 25 ddf | 65,2 a | 60,5 a | 3,1 b | 0,03 |
| 35 ddf | 65,8 a | 62,7 a | 1,9 b | 0,05 |
| 50 ddf | 65,1 a | 62,0 a | 2,3 b | 0,04 |
| Sin drenar | 65,1 a | 61,5 a | 2,4 b | 0,02 |
| Sign. ² | 0,0002 | 0,0001 | 0 | n. s. ⁵ |
| M. D. S. ³ | 1,7 | 2,7 | 1,2 | ---- |
| Media | 64,4 | 60,0 | 3,3 | 0,03 |
| C. V. ⁴ (%) | 2,4 | 4,0 | 41,5 | 181,3 |

¹Días después del 50% de floración ²Significancia ³Mínima diferencia significativa con una probabilidad de 0,05 ⁴Coficiente de variación ⁵No significativo. La(s) media(s) seguida(s) por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí al 5%.

4.2.2.1 Porcentaje de blanco total

En el análisis estadístico se observa que las diferentes fechas de drenaje afectaron significativamente el rendimiento de blanco total. En la parcela que se drenó a los 15 días después del 50% de floración, el porcentaje de blanco fue significativamente inferior al de las demás, 61 frente a 65,4% (promedio de los otros momentos de drenaje). El porcentaje de blanco en aquellas drenadas a los 25, 35 y 50 días después del 50% de floración y en la parcela sin drenar no tuvieron diferencias significativas.

El resultado obtenido puede deberse a dos causas: el daño provocado por los cascarudos a los tallos y/o raíces, que limitan la traslocación influyendo en la maduración del grano y de esta manera reduciendo el blanco total y que el retiro del agua a los 15 días después del 50% de floración no permite que se produzca la maduración del grano total, ya que a medida que el grano madura se obtiene un incremento en el rendimiento de arroz blanco total. Este retiro de agua temprano pudo haber favorecido el mayor ataque de los cascarudos.

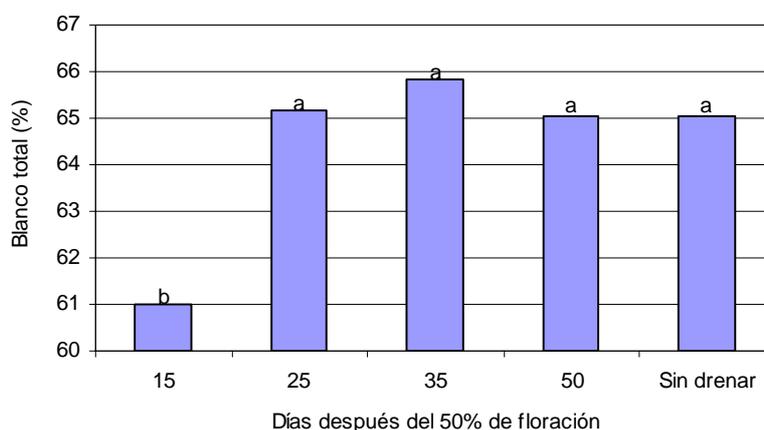


Figura No. 10. Efecto del momento de retiro de agua sobre el porcentaje de blanco total.

4.2.2.2 Porcentaje de grano entero

En la figura no. 11 se observa que las épocas de drenaje influyeron significativamente en los valores del parámetro estudiado. El rendimiento de grano entero fue menor en el primer retiro de agua, aumentando 7,1 puntos porcentuales de los 15 a los 25 días después del 50% de floración. En los próximos drenajes no hubo diferencias significativas.

En el cuadro no. 10 se constata lo que indica la bibliografía, que rangos de 17-20% de humedad causan un mejor rendimiento en entero. Según Castro et al., citados por Fonseca et al. (2004), indican que cuando el grano presenta un contenido de humedad inferior al límite crítico (en torno al 15-16%) se crean diferencias internas de tensión en el grano, resultando ésto en granos quebrados en el molino.

Cuadro No. 10. Efecto del momento de retiro de agua sobre el porcentaje de humedad y de granos enteros.

| <i>Momento de drenaje</i> | <i>% de entero</i> | <i>% de humedad</i> |
|---------------------------|--------------------|---------------------|
| 15 ddf ¹ | 53,4 b | 13,9 c |
| 25 ddf | 60,5 a | 15,7 b |
| 35 ddf | 62,7 a | 16,7 b |
| 50 ddf | 62,0 a | 17,8 ab |
| Sin drenar | 61,5 a | 18,4 a |

¹Días después del 50% de floración. La(s) media(s) seguida(s) por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí al 5%.

El porcentaje de entero está relacionado con el porcentaje de yesado; la variable en estudio aumenta a medida que el contenido de yeso disminuye. Este resultado es lógico ya que el yeso es un grano inmaduro que no se terminó de llenar, y es más propenso al quebrado según Méndez (1997).

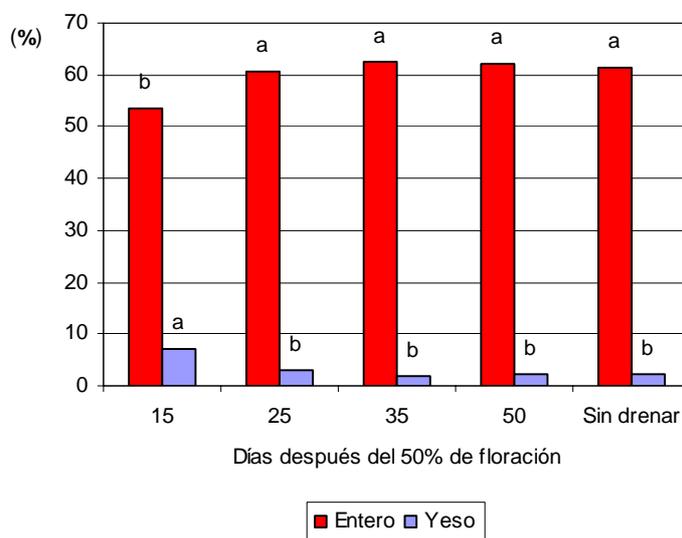


Figura No. 11. Efecto de la época de drenaje sobre el porcentaje de entero y de yeso.

4.2.2.3 Porcentaje de yeso

El análisis realizado demuestra que los distintos momentos de retiro de agua afectaron muy significativamente el porcentaje de yesoso, al pasar del primer retiro de agua (15 días después del 50% de floración) al segundo (25 días después del 50%) 7,0 a 3,1% respectivamente. Después de la segunda fecha de drenaje el porcentaje de yesoso se estabilizó. Similares resultados obtuvieron Acosta (1988), Roel (1998), Lavecchia et al. (1999).

El alto porcentaje de yeso observado en la parcela que primero se le retiró el agua, se pudo deber al ataque de los cascarudos y a la falta de agua, ya que ambos no permiten que el grano logre la maduración completa; y en granos inmaduros mayor es el contenido de yeso.

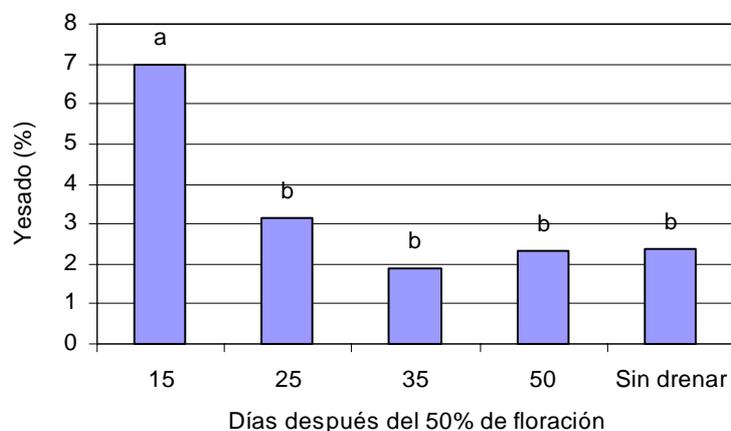


Figura No. 12. Efecto de la época de drenaje sobre el porcentaje de yeso.

4.2.2.4 Porcentaje de manchado

Se observa que esta variable no se vio afectada por los distintos momentos de retiro de agua y se mantuvo durante todo el período entre 0,02 y 0,04%.

4.2.3 Interacción entre los momentos de cosecha y los de drenaje

La única característica afectada por la interacción del momento de cosecha y de drenaje fue el porcentaje de granos enteros.

4.2.3.1 Porcentaje de granos enteros

En el cuadro no. 11 se observa que el primer retiro de agua (15 días después del 50% de floración) resultó en el menor porcentaje de granos enteros, sin presentar influencia por las diferentes fechas de cosecha. También se observa que en cosechas tempranas (35 días después del 50% de floración) el porcentaje de entero se ve atenuado.

Al retrasar el momento de cosecha, el porcentaje de entero aumenta a medida que se mantiene el agua por más tiempo; no ocurriendo esto en la última fecha de cosecha

sin remoción del agua en la que el porcentaje de entero disminuye.

Obtenemos el mismo resultado manifestado por Acosta (1988), donde también encontró diferencias significativas para la interacción momento de cosecha y época de drenaje.

Cuadro No. 11. Resultados estadísticos de la interacción del momento de retiro de agua y momento de cosecha sobre el porcentaje de granos enteros.

| Drenaje(ddf ¹) | Cosecha(ddf) | Entero (%) |
|----------------------------|--------------|------------|
| 15 | 35 | 53,6 f |
| 15 | 45 | 53,9 f |
| 15 | 55 | 53,3 f |
| 15 | 70 | 53,0 f |
| 25 | 35 | 56,4 ef |
| 25 | 45 | 63,8 a |
| 25 | 55 | 61,7 ac |
| 25 | 70 | 60,2 bd |
| 35 | 35 | 58,0 de |
| 35 | 45 | 64,3 a |
| 35 | 55 | 63,6 ab |
| 35 | 70 | 64,8 a |
| 50 | 35 | 56,0 ef |
| 50 | 45 | 64,1 a |
| 50 | 55 | 63,6 ab |
| 50 | 70 | 64,3 a |
| Sin drenar | 35 | 59,4 ce |
| Sin drenar | 45 | 64,0 a |
| Sin drenar | 55 | 64,6 a |
| Sin drenar | 70 | 57,9 de |
| Significancia | | 0,0023 |
| M. D. S. ² | | 3,5 |
| Media | | 60,0 |
| C. V. ³ (%) | | 4,0 |

¹Días después del 50% de floración ²Mínima diferencia significativa con una probabilidad de 0,05 ³Coficiente de variación. La(s) media(s) seguida(s) por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí al 5%.

4.3 EVOLUCIÓN DEL LLENADO DE GRANO

El estudio de la evolución del llenado de grano comenzó a partir de los 25 días después del 50% de floración y continuó durante cuatro cosechas más cada diez días, coincidiendo con los momentos de cosecha. En el cuadro no. 12 se presenta el análisis de varianza de dicha variable.

Cuadro No. 12. Resultados del análisis realizado para las características del llenado de grano, según los dos tratamientos y la interacción de ambos.

| <i>Efecto</i> | <i>Nº de granos llenos/panoja</i> | <i>Nº de granos vacíos/panoja</i> | <i>Peso de mil granos gr.</i> |
|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Cosecha | 0 | 0 | 0 |
| Drenaje | n. s. ² | n. s. | n. s. |
| Interacción | n. s. | n. s. | n. s. |
| Media | 81,4 | 16,7 | 27,4 |
| C. V. ¹ (%) | 11,5 | 28,1 | 3,9 |

¹Coefficiente de variación ²No significativo.

El único efecto que influyó en las variables estudiadas fue el momento de cosecha. También se observa que no existe efecto de las distintas fechas de retiro de agua y de la interacción de éstas con los diferentes momentos de corte de panoja.

4.3.1 Efecto del momento de cosecha

En el cuadro no. 13 se muestra el resultado del análisis estadístico de los distintos momentos de cosecha sobre la evolución de llenado del grano.

Cuadro No. 13. Efecto del momento de cosecha sobre la evolución de llenado del grano.

| <i>Momento de cosecha</i> | <i>Nº de granos llenos/panoja</i> | <i>Nº de granos vacíos/panoja</i> | <i>Peso de mil granos gr.</i> |
|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 25 ddf ¹ | 67,5 c | 31,0 a | 24,6 c |
| 35 ddf | 72,4 bc | 17,7 b | 27,3 b |
| 45 ddf | 78,1 b | 12,3 c | 29,3 a |
| 55 ddf | 93,7 a | 11,3 c | 27,8 b |
| 70 ddf | 95,2 a | 11,5 c | 27,9 b |
| Sign. ² | 0 | 0 | 0 |
| M. D. S. ³ | 6,3 | 3,2 | 0,7 |
| Media | 81,4 | 16,7 | 27,4 |
| C. V. ⁴ (%) | 11,5 | 28,1 | 3,9 |

¹Días después del 50% de floración ²Significancia ³Mínima diferencia significativa con una probabilidad de 0,05 ⁴Coefficiente de variación. La(s) media(s) seguida(s) por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí al 5%.

Cómo se observa en los cuadros no. 12 y 13 al realizar la cosecha en distintos momentos afectó significativamente

al número de granos llenos y vacíos por panoja, y al peso de mil granos, que a continuación se describirá.

4.3.1.1 Número de granos llenos por panoja

Este parámetro aumenta a medida que pasan los días después del 50% de floración; en la cuarta cosecha se alcanza el máximo (94 granos) y en la próxima continúa en ascenso pero sin presentar diferencias significativas.

4.3.1.2 Número de granos vacíos por panoja

Se observa que los distintos tratamientos presentaron efecto sobre la variable a analizar; a medida que se retrasaba la fecha de cosecha el número de granos vacíos disminuía hasta la tercer cosecha (mientras que en la primera se registraron 31 granos chusos por panoja, a los 45 días después del 50% de floración se obtuvieron 12,3 granos vacíos), luego se mantuvo constante.

4.3.1.3 Peso de mil granos

En el cuadro no. 13 se observa la existencia de efectos significativos para las épocas de cosecha, siendo el valor promedio 27,4 gramos. El peso de los mil granos aumenta hasta la tercera cosecha (45 días después del 50% de floración) y luego disminuye.

El aumento al comienzo es lógico, ya que coincide con el momento de mayor tasa de acumulación de carbohidratos en los granos. El descenso en la etapa final es confuso, suponemos que debe estar ocasionado por la pérdida de granos con mayor desarrollo.

4.3.2 Efecto del momento de drenaje

A continuación, en el cuadro no. 14 se presenta el análisis de varianza de los distintos momentos de retiro de agua sobre los componentes que caracterizan la evolución de llenado del grano.

Cuadro No. 14. Efecto del momento de retiro de agua sobre la evolución de llenado del grano.

| Momento de drenaje | Nº de granos llenos/panoja | Nº de granos vacíos/panoja | Peso de mil granos gr. |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| 15 ddf ¹ | 80,7 | 17,7 | 27,3 |
| 25 ddf | 81,8 | 18,5 | 27,0 |
| 35 ddf | 83,4 | 16,9 | 27,3 |
| 50 ddf | 79,9 | 15,6 | 27,7 |
| Sin drenar | 81,1 | 15,1 | 27,6 |
| Sign. ² | n. s. | n. s. | n. s. |
| M. D. S. ³ | ---- | ---- | ---- |
| Media | 81,4 | 16,7 | 27,4 |
| C. V. ⁴ (%) | 11,5 | 28,1 | 3,9 |

¹Días después del 50% de floración ²Significancia ³Mínima diferencia significativa con una probabilidad de 0,05 ⁴Coefficiente de variación ⁵No significativo. La(s) media(s) seguida(s) por la(s) misma(s) letra(s) no difieren significativamente entre sí al 5%.

4.3.2.1 Número de granos llenos por panoja

Se encontró que las diferentes fechas de retiro de agua no influyeron en esta característica. La misma presentó un comportamiento similar al peso de 10 panojas, ya que se registró un pequeño incremento hasta la tercer fecha de drenaje (35 días después del 50% de floración) y luego un leve descenso.

4.3.2.2 Número de granos vacíos por panoja

El análisis estadístico indica que no hubo efectos significativos de los distintos momentos de remoción del agua sobre el número de granos vacíos.

4.3.2.3 Peso de mil granos

En el cuadro no. 14 se observa que el peso de mil granos no fue afectado por las diferentes épocas de drenaje, siendo el peso promedio 27,4 grs. cada mil granos.

4.3.3 Interacción entre los momentos de cosecha y los de drenaje

Al estudiar el análisis de varianza de la interacción entre los dos tratamientos sobre la evolución de llenado

del grano, presentado en el cuadro no. 12, observamos que el efecto momento de cosecha junto con la época de retiro de agua no afecta significativamente a ninguna variable estudiada (número de granos llenos y vacíos por panoja y peso de mil granos).

4.4 CARACTERIZACIÓN MICROCLIMÁTICA DE LOS TRATAMIENTOS

La caracterización microclimática se realiza para observar si existe efecto de la presencia o ausencia del agua sobre la temperatura y humedad relativa, que son dos factores que tienen gran influencia en la calidad del grano.

4.4.1 Temperatura

En la figura no. 15 se presenta la evolución de la temperatura durante el 10. y 28 de marzo. En la misma se exhibe la información registrada en la estación agroclimática y en el ensayo (en una parcela sin agua y en otra con agua).

4.4.1.1 Evolución de la temperatura

Se observa que por lo general, los picos de mayor temperatura se registraron en la parcela sin agua (2, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20 de marzo). En determinadas fechas como: 3, 14 y 23 de marzo, la evolución de la temperatura es diferente a los demás días y, la explicación de esto es que en esas fechas ocurrieron precipitaciones, como lo refleja la figura no. 13.

Se ve que durante el período estudiado, en los días 11 y 26 de marzo se registraron las menores temperaturas, y en los días 13 y 16 los máximos valores térmicos.

Los días tanto con mínima como con máxima temperatura se analizarán más detalladamente en próximos puntos.

En el cuadro no. 15, se comprueba que la temperatura promedio para la fase en estudio alcanzó los 21°C, sin presentar diferencias entre tratamientos; de igual manera se comportaron los registros para los valores máximos y

mínimos promedio. Donde sí se presenció una diferencia, fue en la cantidad de horas por encima de 28°C (83 y 63 horas para la parcela sin agua y con agua respectivamente).

Se constata que la cantidad de horas por debajo de 15°C no manifestaron diferencias entre tratamientos, temperaturas consideradas perjudiciales durante la floración del cultivo según la literatura citada, debido a que pueden afectar el llenado de granos, aumentando la cantidad de granos vacíos.

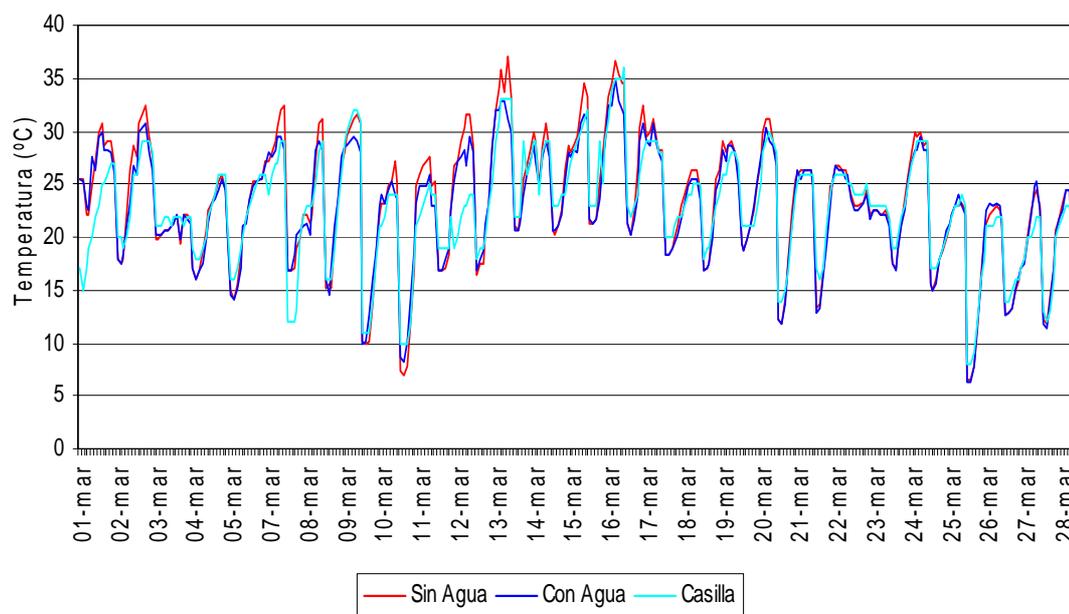


Figura No. 13. Evolución de la temperatura promedio en parcelas con y sin agua, y en la casilla agrometeorológica, durante el período 1o. al 28 de marzo de 2006.

Cuadro No. 15. Información de la temperatura del período 1o. al 28 de marzo registrada por los sensores.

| | <i>Sin agua</i> | <i>Con agua</i> |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| Media (°C) ¹ | 21,1 | 20,7 |
| Máxima (°C) | 28,8 | 27,8 |
| Mínima (°C) | 14,7 | 14,8 |
| Desvío estándar | 5,8 | 5,3 |
| Varianza | 33,5 | 28,3 |
| Nº ² de horas > 28° | 83 (12,9%) | 63 (9,8%) |
| Nº de horas 15-28° | 467 (72,6%) | 487 (75,7%) |
| Nº de horas < 15° | 93 (14,5%) | 93 (14,5%) |
| Total de horas | 643 (100%) | 643 (100%) |

¹ grados centígrados, ² número

4.4.1.2 Evolución de las temperaturas, máximas y mínimas

El comportamiento de la temperatura mínima en la parcela sin agua es muy similar al de la temperatura de la parcela con agua; sin embargo, con respecto a la conducta de la temperatura máxima se observó que la parcela sin agua presentó desde el 7 al 21 de marzo un valor superior al otro tratamiento, ésto demuestra que el agua tiene una acción "buffer".

En la figura no. 14 se observa que existen momentos (3, 14 y 23 de marzo) en que la máxima tiene escasa diferencia con la mínima, o sea una menor amplitud térmica, ésto puede estar explicado por la presencia de precipitaciones.

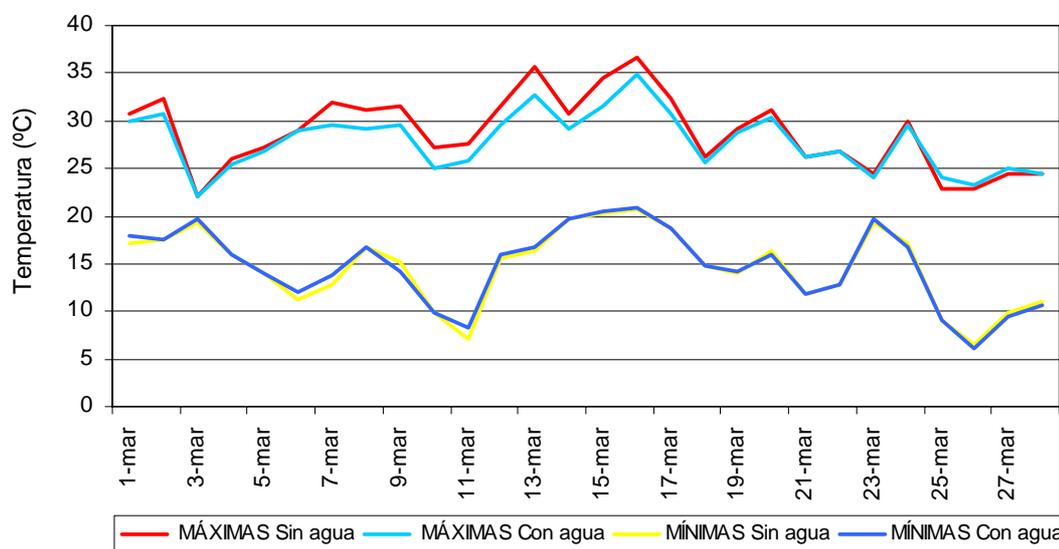


Figura No. 14. Temperaturas máximas y mínimas registradas en parcelas con y sin agua durante el período 1o. al 28 de marzo de 2006.

4.4.1.3 Evolución de la temperatura para dos días con temperatura extrema

En el día que aconteció el máximo valor de temperatura, se observa lo que se indicó anteriormente; el agua tuvo un efecto "buffer", ya que en el horario de mayor temperatura (12 a 17 horas) la parcela drenada presentó de 2 a 3 °C por encima a lo medido en la parcela con agua.

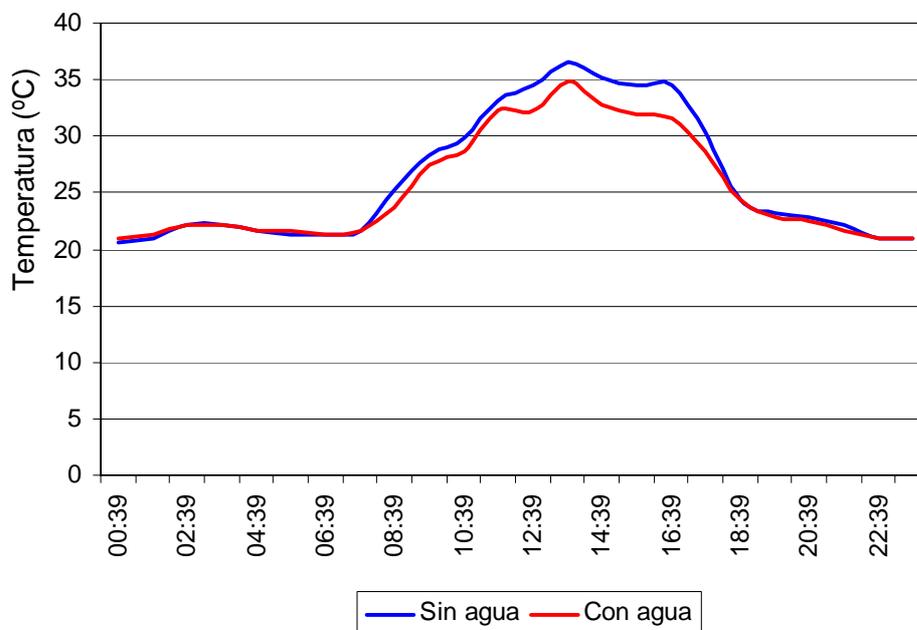


Figura No. 15. Evolución horaria de la temperatura durante el 16 de marzo, día de mayor registro de temperatura del período analizado (1 al 28 de marzo de 2006).

En la figura no. 16 nuevamente se observa que en los momentos del día que se dan los picos de mayor y menor temperatura, estos son más acentuados en la parcela a la que se le retiró el agua, lo que aumenta las probabilidades a que se incremente la amplitud térmica perjudicando la calidad del grano.

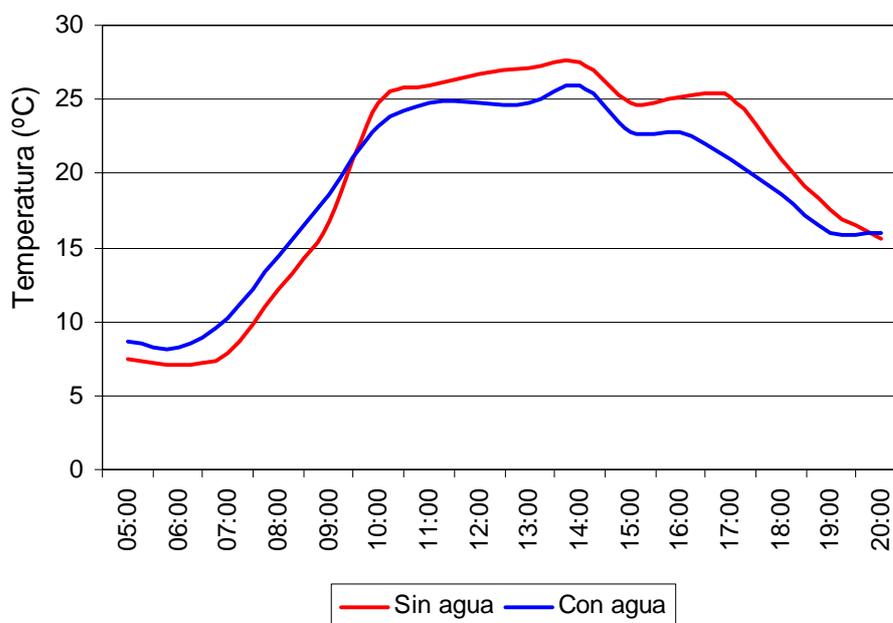


Figura No. 16. Evolución horaria de la temperatura durante el 11 de marzo, día de menor registro de temperatura del período analizado (1 al 28 de marzo de 2006).

4.4.1.4 Evolución de la amplitud térmica

Durante los veintiocho días en que los sensores registraron información, se observó en la parcela sin agua veintiún días con amplitud térmica superior al tratamiento con agua, en este tan solo cuatro días la amplitud fue superior.

La literatura indica que amplitudes por encima de 15°C favorecen al quebrado o agrietado de los granos, disminuyendo de esta manera el rendimiento del grano entero. Respecto a esto se registraron en el tratamiento sin agua diez días con amplitudes térmicas por encima de 15°C y 9 días en la sin drenar. Entonces, el mantener la chacra con agua, favorece a que el cultivo sufra menor impacto por altas amplitudes térmicas, mejorando el porcentaje de grano entero.

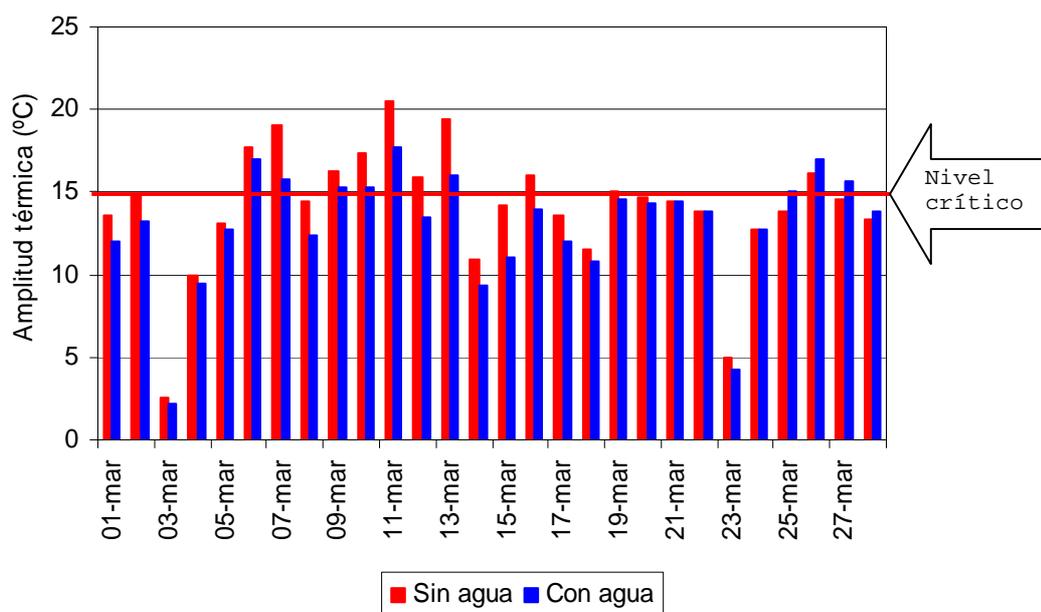


Figura No. 17. Amplitud térmica de las parcelas con y sin agua durante el período 1o. al 28 de marzo de 2006.

4.4.2 Humedad relativa

Se cree necesario estudiar la humedad relativa en la fase de maduración del cultivo, ya que la intermitencia entre secado y rehidratación, explican en gran parte la variación de calidad del grano de arroz.

4.4.2.1 Evolución de la humedad relativa

En la figura no. 18 se observa que los valores máximos de la humedad relativa son 4 o 5% superiores a los obtenidos por los sensores, que los registrados en la casilla.

Al observar los datos entre sensores se aprecia una diferencia muy importante cerca del mediodía, que es cuando el parámetro estudiado alcanza los valores más bajos. En la

parcela con agua es donde la disminución de la humedad relativa es menos acentuada, y en el tratamiento sin agua la misma se comporta similar a la observada en la casilla, logrando valores en torno del 40-50%.

La conducta de la humedad relativa frente a la parcela con agua es similar a la que se observa con la temperatura, ésta ejerce un efecto "amortiguador" creando un ambiente con condiciones más estables.

Durante el período analizado hay momentos en que la variable en estudio tiene una conducta algo imprecisa, la causa de ésta son las precipitaciones ocurridas en esos momentos.

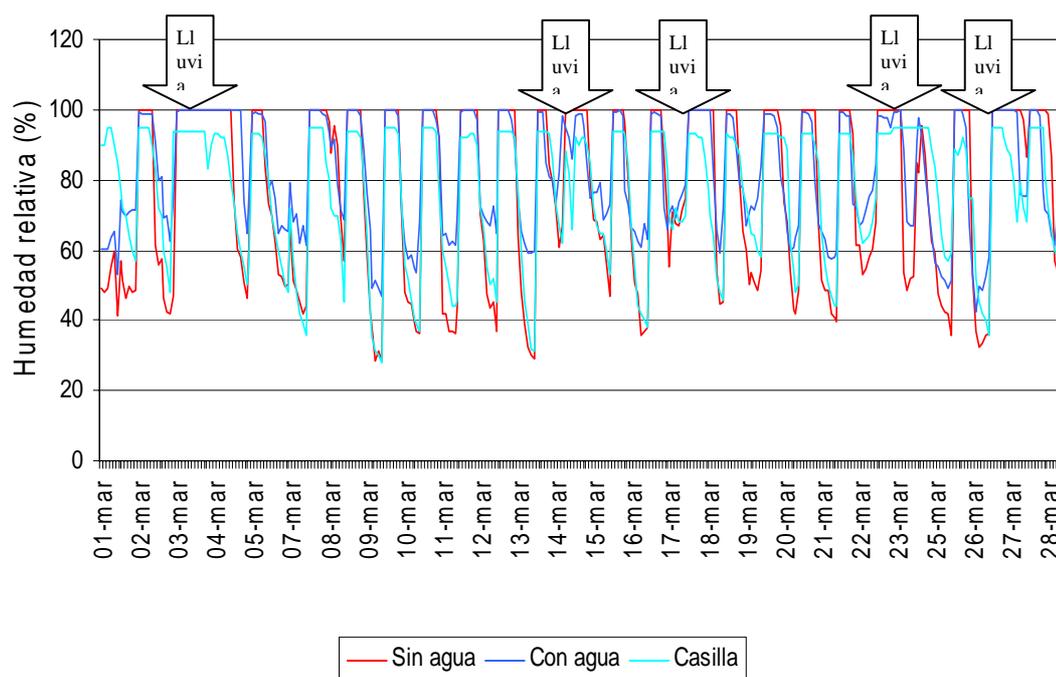


Figura No. 18. Evolución de la humedad relativa de las parcelas con y sin agua, y en la casilla agrometeorológica, durante el período 1o. al 28 de marzo de 2006.

En el cuadro no. 16 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo. La humedad relativa promedio de la parcela con agua fue superior al tratamiento drenado, 88,2 y 82,6% respectivamente.

Se constata lo observado en el gráfico no. 20, el tratamiento con agua es menos variable que la parcela sin agua, permaneciendo con humedad relativa entre 45-90% durante 241 y 199 horas respectivamente.

Cuadro No. 16. Información de la humedad relativa del período 1o. al 28 de marzo registrada por los sensores.

| | <i>Sin agua</i> | <i>Con agua</i> |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| Media (%) ¹ | 82,6 | 88,2 |
| Máxima (%) | 100,0 | 99,5 |
| Mínima (%) | 48,9 | 63,2 |
| Desvío estándar | 23,0 | 14,9 |
| Varianza | 529,3 | 221,4 |
| Nº ² de horas > 90% | 385 (59,8%) | 402 (62,4%) |
| Nº de horas 45-90% | 199 (30,9%) | 241 (37,4%) |
| Nº de horas < 45% | 60 (9,3%) | 1 (0,2%) |
| Total de horas | 644 (100%) | 644 (100%) |

¹ porcentaje, ² número

4.4.2.2 Evolución de la humedad relativa y heliofanía

El comportamiento del parámetro en estudio presenta una tendencia opuesta a los valores de radiación solar, a medida que la humedad relativa aumenta la radiación solar disminuye y viceversa, tal cómo lo cita De Datta (1981). Esto se debe a que en los días de mayor humedad relativa aumenta la nubosidad, por ende disminuye la heliofanía.

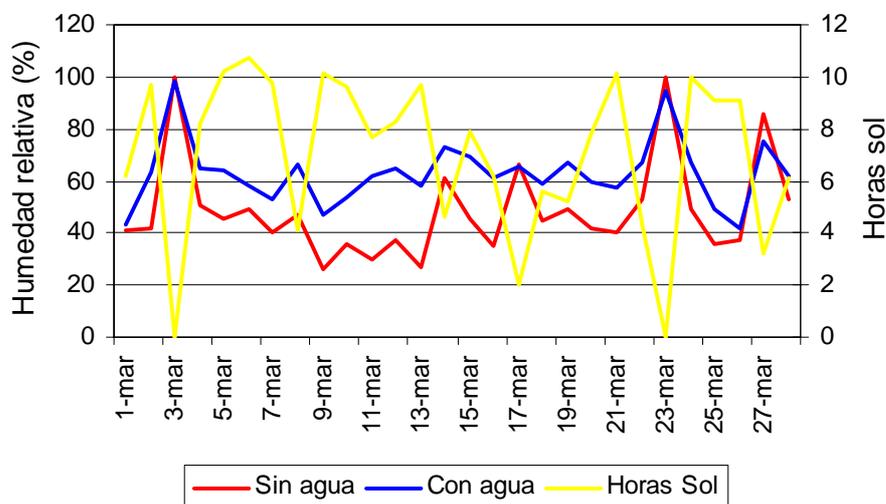


Figura No. 19. Evolución de la humedad relativa y heliofanía, durante el período 1o. al 28 de marzo de 2006.

4.4.2.3 Precipitaciones

Se consideró importante hacer mención sobre los registros pluviométricos, porque los mismos en esta fase del cultivo tienen gran influencia en la calidad del grano, aumentando el porcentaje de quebrado según Castro et al. (1999), entre otros autores. Además, también afecta el desarrollo del ensayo al humedecer las parcelas drenadas.

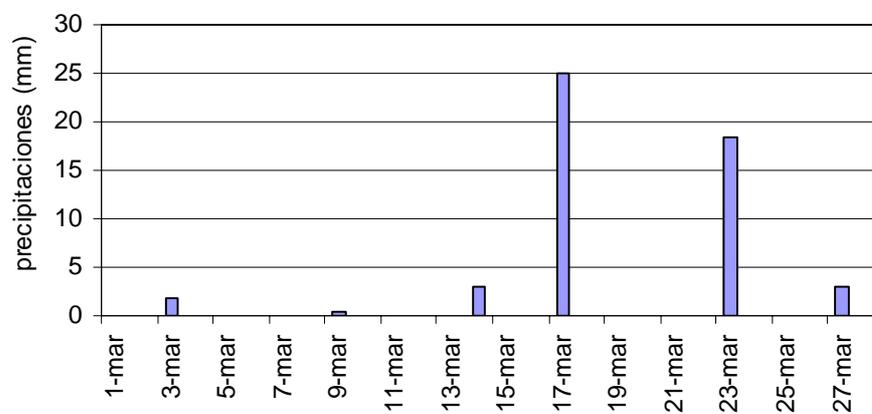


Figura No. 20. Precipitaciones ocurridas durante el período 1o. al 28 de marzo de 2006.

5. CONCLUSIONES

El retiro de agua de la chacra de arroz previo a la cosecha es una práctica recomendable en los últimos años cuando se realiza en tiempo y forma, excepto en zafras que hay invasión de cascarudos en la cual se aconseja cosechar con agua.

De acuerdo al trabajo realizado, podemos concluir que las épocas de drenaje tuvieron influencia sobre los parámetros de calidad del grano y en el rendimiento de arroz cáscara. Respecto a las variables de calidad (porcentaje de blanco, de entero y de yeso) el mejor momento para drenar la chacra es a partir de los 25 días después del 50% de floración. Con relación al rendimiento, el momento óptimo para retirar el agua es posterior a los 50 días después del 50% de floración o no drenar.

Al realizar la cosecha entre los 45 y 55 días después del 50% de floración se obtuvieron los mejores resultados en lo que concierne a: porcentaje de verde, porcentaje de humedad, número de panojas por metro cuadrado, granos vacíos por panoja, porcentaje de blanco total y porcentaje de entero. Respecto al rendimiento, éste no fue afectado por los distintos momentos de cosecha, el mismo presentó un valor promedio de 9091 kg/ha.

Si observamos la interacción del momento de retiro del agua y de la fecha de cosecha, encontramos que la única variable afectada es el porcentaje de entero. Realizando el drenaje a partir de los 25 días después del 50% de floración y cosechando posteriormente al segundo momento de cosecha, se logra el mejor porcentaje de entero. La variable mencionada disminuye significativamente cuando se cosecha con agua y en la última fecha de cosecha.

Si comparamos la información extraída por los sensores podemos observar que las parcelas que se mantuvieron con agua presentan más estabilidad en los factores climáticos (como humedad relativa y amplitud térmica) que aquellas parcelas drenadas.

Al observar el comportamiento de la temperatura registrada por los dos sensores, ésta presenta gran similitud entre la parcela con agua y la parcela sin agua. Sin embargo, si se estudia en determinados días y en momentos del día específicos (como los de mayor y menor temperatura) se deduce que las parcelas drenadas presentan mayor variabilidad, confirmando que el agua ejerce un efecto "buffer".

6. RESUMEN

En el año agrícola 2005-2006 se instaló un ensayo en la Unidad Experimental "Paso de la Laguna" de INIA Treinta y Tres. El objetivo del mismo fue determinar el momento ideal de cosecha y de retiro de agua, para obtener un mayor rendimiento de arroz cáscara y mejor calidad de producto en la variedad INIA Olimar (*Oryza sativa* L. sp. *índica*). Se utilizó el diseño de parcelas divididas en bloques al azar con cuatro repeticiones, con distintos momentos de drenaje (15, 25, 35 y 50 días después del 50% de floración, (dpf) y sin drenar) en las parcelas grandes y diferentes épocas de cosecha (35, 45, 55 y 70 dpf) en las parcelas chicas. En el ensayo se colocaron dos sensores a la altura de la panoja (uno en una parcela con primer momento de retiro de agua y otro en una parcela con agua permanente), con el objetivo de analizar la evolución de la humedad relativa y de la temperatura. Se registró el rendimiento, la calidad industrial y la evolución del llenado de grano. El rendimiento en grano no fue afectado por los distintos momentos de cosecha, mientras que en las distintas épocas de retiro de agua sí se encontraron diferencias, lográndose el máximo rendimiento en el último retiro de agua y en la parcela sin drenar. En la calidad industrial la época de drenaje afectó el porcentaje de blanco total, porcentaje de entero y el porcentaje de yeso, obteniéndose los mejores resultados a partir de los 25 (dpf) y en el tratamiento con agua. Mientras que los distintos momentos de cosecha afectaron al porcentaje de blanco y al porcentaje de entero, llegando a la conclusión que luego de la segunda fecha de cosecha (45 dpf) es la óptima para lograr una mejor calidad de grano. Cabe mencionar que el porcentaje de entero fue la única variable que estuvo afectada por la interacción de ambos tratamientos, alcanzando mayores porcentajes luego del segundo drenaje (25 dpf) y de la segunda cosecha (45 dpf), disminuyendo nuevamente con la última fecha de cosecha y en la parcela con agua. Con respecto a la información de los sensores, se observó que la presencia del agua resultó ser un componente necesario para que la humedad relativa no presente valores bajos (menores a 45%) y para que en días y momentos del día donde se registran temperaturas extremas éstas no sean tan rigurosas, o sea tiene un efecto "amortiguador" o "buffer".

Palabras clave: *Oryza sativa* L.; arroz; momento de cosecha; momento de drenaje; rendimiento; calidad industrial.

7. SUMMARY

In the 2005-2006 agricultural year, an experiment was conducted in the "Paso de la Laguna" INIA Experimental Unit, located in the department of Treinta y Tres. The aim of the experiment was to determine when would be the ideal moment to harvest and to drain the rice crops, in order to improve the yield and the quality of the INIA Olimar rice variety (*Oryza sativa* L. sp. *índica*). The pattern selected for the study was to split plots in randomized blocks with four repetitions; in preparation for the harvest they were drained at specific times (15, 25, 35 and 50 days after 50% of the flowering and without drainage) in the bigger plots and (35, 45, 55 and 70 days after 50% of the flowering) in the small plots. As per the experiment, two sensors were installed at the same height as the panicle (one on a plot where the water was drained and the other on a plot with permanent water). The purpose was to analyse the relative humidity and temperature evolution. The yield of the crop, milled quality and filled grain evolution, were registered. The results showed that the grain yield was not affected by the different moments of the harvest, however, the variation in the time of drainage did it, achieving the highest yield in the plot where the water was drained at the last time and in the plot with where the water was not removed. The milled quality was affected by the timing of the drainage, were the total white percentage, the whole percentage and the chalk percentage, obtaining the best results 25 days after the 50% of the flowering and where the water was not removed. Since the different timing for the harvest affected the white percentage and the whole percentage, we can conclude that the optimal moment to obtain the best grain quality is after the second date of harvest (45 days after 50% of the flowering). It has to be said that the whole percentage was the only variable affected by the interaction in both procedures, reaching the highest percentages after the second drainage date (25 days after 50% of the flowering) and the second harvest date (45 days after 50% of the flowering) decreasing again in the last time of harvest and in the plot where the water was not removed. Regarding the information collected by the sensors, it was noticed that the presence of water turn out to be a necessary component for the relative moisture

values not to reach levels too low (45% or less) and acted as a "buffer", reducing extreme temperatures in days and during moments of the day when they may reach harmful values.

Keywords: *Oryza sativa* L.; rice; moment to harvest; moment to drainage; yield; milling quality.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. 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. 224 p.
2. ADAIR, C. R.; MILLER, M. D.; BEACHELL, H. M. 1962. Rice improvement and culture in the United States. *Advances in Agronomy*. 14: 61-108.
3. 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, Manila). Proceedings*. Los Baños, Philippines, IRRI. pp. 63-68.
4. ARECHAVALETA, E. J.; BERVEJILLO, P. E. 1980. Establecimiento y producción en el primer año de mezclas forrajeras sembradas sobre rastrojo de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 151 p.
5. 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. 136 p.
6. BIENVENIDO, O. J. 2003. Rice chemistry and quality; processing. Manila, Philippine Rice Research Institute. 480 p.
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.; MÉNDEZ, J. H. 1996. Arroz, resultados experimentales 1995-1996; momento de cosecha. In: Jornada de Resultados Experimentales de Arroz (1996, Tacuarembó). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 1-13 (Actividades de Difusión no. 107).
10. _____.; GAGGERO, M.; PEREZ DE VIDA, F.; ÁVILA, S.; ZORRILLA, G.; LAVECCHIA, A.; MARCHESI, C.; CAPDEVIELLE, F.; CASTILLO, A. 2003. Desarrollo de cultivares en el programa de mejoramiento genético de arroz INIA-URUGUAY. In: Conferencia Internacional de Arroz de Clima Templado (3ª., 2003, Punta del Este, Uruguay). Trabajos presentados. s. n. t. 1 disco compacto, 8mm.
11. _____.; MOLINA, F.; PEREZ DE VIDA, F.; ÁVILA, S.; LAVECCHIA, A.; MARCHESI, C.; DEAMBROSI, E.; MÉNDEZ, R.; SALDAIN, N.; ROEL, A.; ZORRILLA, G.; ACEVEDO, A. 2004. INIA OLIMAR; características y comportamientos en la zafra 2003/04. Arroz no. 38: 41-48.
12. BONOMO, J. R.; MARELLA, S. C. 1988. Momentos de retiro de agua y época de cosecha en el cultivo de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 128 p.
13. CARÁMBULA, M. 2004. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. 413 p.
14. 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. 159 p.
15. COUNCE, P. 2005. When's best time? Draining rice question of dollars. (en línea). s.l., Delta Farm. Consultado 16 mar. 2007. Disponible en http://deltafarmpress.com/mag/farming_whens_best_time/

16. CHEBATAROFF, N. 1983. Factores que afectan el momento de cosecha, los rendimientos y la calidad industrial del arroz. Arroz no. 2: 17-26.
17. DE DATTA, S. K. 1981. Principles and practices of rice production. New York, Wiley. 618 p.
18. DUARTE, O. C.; DÍAZ, E. L.; LENZI, L. M.; VALENTI, R. A.; BENAVIDEZ, R. A. 2006. El arroz; su cultivo y sustentabilidad en Entre Ríos. Entre Ríos, UNER. 716 p.
19. EVANS, L. T. 1975. Crop physiology; rice. London, Cambridge University Press. 374 p.
20. FERRAZ, E.; 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(único): 11-26.
21. FERREIRA, E.; FREITAS, J. A. 2004. Cultivo do arroz irrigado no estado do Tocantes; manejo dos principais insetos fitófagos. (en línea). Santo Antonio de Goias, EMBRAPA. Arroz e Feijao Consultado feb. 2006. Disponible en http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoTocantins/manejo_insetos_fitofagos.htm
22. FONSECA, J. R.; DA MAIA DE CASTRO, E.; PFEILSTIKER, F. J.; DOS ANJOS, V. 2004. Ponto de colheita dos cultivares de arroz de terras altas BRS Lideranca, BRS Talento e BRSMG Curinga. Ceres. 51(296): 536-540.
23. 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. 93 p.

24. GARCIA, J.; PINTOS, A. 1997. Momentos de cosecha en cuatro variedades de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 91 p.
25. GONNET, M. 1976. Correlación entre la humedad de cosecha y el rendimiento de molino en la variedad Bluebelle. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 246 p.
26. 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 (429): 6-8.
27. HUBER, E. 1977. Efecto de la época de cosecha y temperatura de secado sobre el rendimiento, calidad industrial y germinación de la semilla en cuatro variedades de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 94 p.
28. JODARI, F.; LINScombe, S. 2002. Grain moisture exchange rate and fissuring resistance relationship in rice. In: Temperate Rice Conference (2nd., 2002, Manila). Proceedings. Manila, IRRI. p. 659.
29. KOBATA, T.; UEMUKI, N. 2004. High temperatures during the grain-filling period do not reduce the potential grain dry matter increase of rice. Agronomy Journal. 96: 406-414.
30. LAGO, A.; VIEIRA, O.; ANDREUCETTI, J.; FERNANDES, L.; TISSELLI, O.; SANTOS DE OLIVEIRA, L. 1991. Época de colheita e qualidade das sementes da cultivar de arroz irrigado "IAC-4440". Pesquisa Agropecuária Brasileira. 26(2): 263-268.
31. LAVECCHIA, A.; ROEL, A.; MÉNDEZ, J. H. 1997. Retiros de agua y momentos de cosecha. In: Arroz, resultados experimentales 1996-1997. Montevideo, INIA. pp. 1-22. (Actividades de Difusión no. 143).

32. _____.; ROEL, A.; MÉNDEZ, J. H. 1999. Momentos de retiros de agua y cosechas. In: Arroz, resultados experimentales 1998-1999. Montevideo, INIA. pp. 1-28. (Actividades de Difusión no. 199).
33. _____.; MARCHESI, C.; MENDEZ, J. H. 2004. Supresión del riego en dos fechas de cosecha. In: Arroz, resultados experimentales 2003-2004. Montevideo, INIA. pp. 1-22. (Actividades de Difusión no. 375).
34. LEI, X-M.; MACKILL, D. J. 2002. Potential for high-temperature tolerance in California rice. In: Temperate Rice Conference (2nd., 2002, Manila). Proceedings. Manila, IRRI. p. 664.
35. LIMA, A. L.; RAMÍREZ, H. V.; MENEZES, V. G.; PAIM, 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 (21a., 2005, Santa Maria). Anais. Santa Maria, Orium. pp. 354-356.
36. MÉNDEZ, J. H. 1997. Momento de cosecha para arroz. Arroz. no. 9: 34-36.
37. PARKER, A. M.; PROCTOR, A.; EASON, R. L.; JAIN, V. 2007. Effects of rice harvest moisture on kernel damage and milled rice surface free fatty acid levels. Journal of Food Science. 72(1): c10-c15.
38. PAULETTO, E. A.; GOMES, A. DA S.; TURATTI, A. L. 1981. Períodos de drenagem em lavoura de arroz por niveis de nitrógeno. In: Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado (11a., 1981, Pelotas). Anais. Pelotas, UEPAE. pp. 213-217.
39. PEDROSO, B. A. 1978. Ponto ideal para colheita do arroz. Lavoura Arrozeira. 31 (304): 4-10.
40. _____. 1994. Efeito do ponto de colheita de duas cultivares do arroz irrigado em quatro densidades de semeadura. Lavoura Arrozeira. 47 (415): 3-5.

41. 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, Manila). Proceedings. Manila, IRRI. pp. 687-688.
42. QUICK, G. 2003. Products and product processing; rice harvesting. In: Smith, C. W.; Dilday, R. H. eds. Rice, origin, history, technology, and production. s. l., Wiley. pp. 491-544.
43. RAMIREZ, H. V.; MENEZES V. G.; PAIM, 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 (21a., 2005, Santa Maria). Anais. Santa Maria, Orium. pp. 305-306.
44. RIBEIRO, G. J.; ALVES, A.; SOUZA, M. DE; OIVEIRA, V. M. DE. 2004. Efeitos do atraso na colheita e do período de arazenamento sobre o rendimento de graos inteiros de arroz de terras altas. Ciencia Agrotécnica, Lavras. 28 (5): 1021-1030.
45. 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. pp. 1-16. (Actividades de Difusión no. 135.)
46. _____. 1998. Riego; retiros de agua y momentos de cosecha en tres cultivares de arroz. In: Arroz, resultados experimentales 1997-1998. Montevideo, INIA. pp. 1-32. (Actividades de Difusión no. 166).
47. _____. 1999. Riego; retiros de agua y momentos de cosecha en tres cultivares de arroz. In: Arroz, resultados experimentales 1998-1999. Montevideo, INIA. pp. 28-36. (Actividades de Difusión no. 194).
48. 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 aspersão. In: Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado (21a., 2005, Santa Maria). Anais. Santa Maria, Orium. pp. 313-315.

49. STONE, L. F.; FONSECA, J. R. 1980. Épocas de drenagem final em duas cultivares de arroz irrigado. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 15(2): 171-174.
50. STREET, J. E.; BOLLIICH, P. 2003. Production; rice production. In: Smith, C. W.; Dilday, R. H. eds. Rice, origin, history, technology, and production. s. l., Wiley. pp. 271-296.
51. THOMPSON, J. F.; MUTTERS, R. G. 2006. Effect of weather and rice moisture at harvest on milling quality of California medium-grain rice. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 49 (2): 435-440.
52. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. 1987. Decreto 544/987 Arroz-Cáscara; se establecen normas específicas de calidad para su comercialización. In: Registro Nacional de Leyes y Decretos. Montevideo, IMPO. pp. 417-423.
53. _____. DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS. 2006. Encuesta arroceras zafra 2005/06. Montevideo. 34 p.
54. VAN DE GOOR, G. A. W. 1972. Drainage principles and applications; plant growth in relation to drainage. In: International Course on Land Drainage (1a., 1972, Agadir, Morocco). Lecture notes. s.n.t. s.p.
55. WEBB, B. D.; BOLLIICH, C. N.; JOHNSTON, T. H.; BOWMAN, D. H. 1972. Evaluating the milling, cooking, and processing characteristics required of rice varieties in the United States. New Orleans, Luisiana, U. S. Department of Agriculture. Agricultural Research Service Southern Region. 7 p.

56. WILSON, C. E. 2003. When should you drain rice for harvest? (en línea). Stuttgart, Arkansas University. Consultado 16 mar. 2007. Disponible en http://deltafarmpress.com/news/farming_drain_rice_harvest/
57. YANG, J.; ZHANG, J.; LIU, L.; WANG, Z.; ZHU, Q. 2002. Carbon remobilization and grain filling in japonica/indica hybrid rice subjected to postanthesis water deficits. *Agronomy Journal*. 94: 102-109.
58. _____.; _____.; WANG, Z.; LIU, L.; ZHU, Q. 2003. Post-anthesis water deficits enhance grain filling in two-line hybrid rice. *Crop Science*. 43: 2099-2108.

9. ANEXOS

9.1 DATOS CLIMÁTICOS

Anexo No. 1. Información climática diaria de enero de 2006.

| ENERO | | | | | | |
|-------|------------------|--------|----------|----------------------------|--------------------------|--------------|
| Día | Temperatura (°C) | | | Humedad relativa (%) | Precipitaciones (mm.) | Horas Sol |
| | Máxima | Mínima | Promedio | | | |
| 1 | 30,6 | 15,0 | 22,8 | 67 | 0 | 12,1 |
| 2 | 30 | 17 | 23,5 | 69 | 0 | 12,3 |
| 3 | 30,8 | 14,6 | 22,7 | 69 | 0 | 7,6 |
| 4 | 28 | 12,4 | 20,2 | 70 | 16,8 | 9,1 |
| 5 | 28,8 | 11 | 19,9 | 71 | 0 | 9,9 |
| 6 | 34,4 | 15 | 24,7 | 65 | 0 | 10,9 |
| 7 | 38,8 | 19,4 | 29,1 | 63 | 0 | 10 |
| 8 | 33,2 | 20,6 | 26,9 | 97 | 0 | 1,3 |
| 9 | 31 | 19 | 25,0 | 82 | 23,4 | 4,3 |
| 10 | 33,8 | 22,4 | 28,1 | 85 | 6,2 | 4 |
| 11 | 28,6 | 19,4 | 24,0 | 85 | 2,1 | 2,5 |
| 12 | 37,2 | 22 | 29,6 | 75 | 0 | 6,3 |
| 13 | 24,4 | 19,3 | 21,9 | 88 | 1,5 | 0,2 |
| 14 | 30 | 19 | 24,5 | 86 | 0 | 4,1 |
| 15 | 32 | 21,2 | 26,6 | 80 | 0,5 | 8,9 |
| 16 | 28,2 | 15,5 | 21,9 | 90 | 30,9 | 0,0 |
| 17 | 23,4 | 11,2 | 17,3 | 71 | 1,6 | 11,5 |
| 18 | 24,2 | 11,2 | 17,7 | 74 | 0 | 8,4 |
| 19 | 28 | 16,8 | 22,4 | 85 | 0,6 | 6,4 |
| 20 | 30,8 | 19 | 24,9 | 76 | 0 | 9,0 |
| 21 | 26,4 | 19,8 | 23,1 | 83 | 21,2 | 3,2 |
| 22 | 27,2 | 18,4 | 22,8 | 82 | 2,9 | 4,3 |
| 23 | 26,6 | 16,4 | 21,5 | 79 | 0 | 7,9 |
| 24 | 28 | 17,8 | 22,9 | 85 | 0 | 5,5 |
| 25 | 27,6 | 17,3 | 22,5 | 80 | 4 | 6,1 |
| 26 | 25,6 | 13,4 | 19,5 | 70 | 0,9 | 12 |
| 27 | 28,2 | 10,6 | 19,4 | 69 | 0 | 11,7 |
| 28 | 31 | 15,4 | 23,2 | 72 | 0 | 11,9 |
| 29 | 34,2 | 18 | 26,1 | 70 | 0 | 9,9 |
| 30 | 25,4 | 13,3 | 19,4 | 97 | 0 | 5 |
| 31 | 27 | 10,2 | 18,6 | 74 | 1,8 | 10,7 |
| Media | 29,5 | 16,5 | 23,0 | 78 | 114,4 | 7,3 |

Fuente: Elaborado en base a datos de la Estación Agrometeorológica de la U. E. P. L.

Anexo No. 2. Información climática diaria de febrero de 2006.

| FEBRERO | | | | | | |
|---------|------------------|--------|----------|----------------------|-----------------------|-----------|
| Día | Temperatura (°C) | | | Humedad relativa (%) | Precipitaciones (mm.) | Horas Sol |
| | Máxima | Mínima | Promedio | | | |
| 1 | 29,4 | 12,6 | 21,0 | 74 | 0 | 10,7 |
| 2 | 28,6 | 18 | 23,3 | 76 | 0 | 7,7 |
| 3 | 30,2 | 19,6 | 24,9 | 78 | 0 | 1,7 |
| 4 | 25,6 | 20 | 22,8 | 97 | 0,7 | 0,4 |
| 5 | 31,6 | 19,6 | 25,6 | 71 | 24,3 | 12,6 |
| 6 | 27,6 | 16,6 | 22,1 | 67 | 0 | 12,1 |
| 7 | 26,6 | 12,2 | 19,4 | 74 | 0 | 10 |
| 8 | 26 | 12 | 19,0 | 70 | 0 | 8,4 |
| 9 | 27,9 | 11,4 | 19,7 | 70 | 0 | 10,2 |
| 10 | 27,2 | 11 | 19,1 | 74 | 0 | 9,5 |
| 11 | 23,8 | 10,6 | 17,2 | 84 | 0 | 0,9 |
| 12 | 26,8 | 13,9 | 20,4 | 77 | 0,3 | 7,3 |
| 13 | 29 | 11,4 | 20,2 | 75 | 0 | 11,8 |
| 14 | 32 | 15 | 23,5 | 71 | 0 | 10,3 |
| 15 | 31,4 | 12,8 | 22,1 | 74 | 0 | 6,8 |
| 16 | 31,6 | 16,6 | 24,1 | 78 | 0 | 2,6 |
| 17 | 33,8 | 20,2 | 27,0 | 70 | 0 | 7,8 |
| 18 | 31,4 | 18,4 | 24,9 | 76 | 0,4 | 9 |
| 19 | 31,2 | 17,2 | 24,2 | 77 | 0 | 10,5 |
| 20 | 31,2 | 20,8 | 26,0 | 78 | 0 | 7,4 |
| 21 | 31,4 | 17,3 | 24,4 | 71 | 0 | 8,4 |
| 22 | 31,4 | 13,4 | 22,4 | 73 | 0 | 10,6 |
| 23 | 27,4 | 18,4 | 22,9 | 76 | 0 | 3,3 |
| 24 | 21,6 | 20 | 20,8 | 98 | 6,2 | 0 |
| 25 | 25,2 | 16,8 | 21,0 | 87 | 46,8 | 5,4 |
| 26 | 27,6 | 14 | 20,8 | 77 | 0,5 | 9,7 |
| 27 | 30,8 | 14,6 | 22,7 | 73 | 0 | 7,7 |
| 28 | 30,2 | 17,8 | 24,0 | 83 | 3,6 | 6,1 |
| Media | 28,9 | 15,8 | 22,3 | 77 | 82,8 | 7,5 |

Fuente: Elaborado en base a datos de la Estación Agrometeorológica de la U. E. P. L.

Anexo No. 3. Información climática diaria de marzo de 2006.

| MARZO | | | | | | |
|-------|------------------|--------|----------|----------------------|-----------------------|-----------|
| Día | Temperatura (°C) | | | Humedad relativa (%) | Precipitaciones (mm.) | Horas Sol |
| | Máxima | Mínima | Promedio | | | |
| 1 | 27,2 | 15,8 | 21,5 | 80 | 3 | 6,2 |
| 2 | 29,2 | 18,4 | 23,8 | 80 | 0 | 9,7 |
| 3 | 22,6 | 20,2 | 21,4 | 94 | 0,4 | 0 |
| 4 | 25,6 | 16,8 | 21,2 | 80 | 5,8 | 8,2 |
| 5 | 26,4 | 15 | 20,7 | 77 | 0 | 10,2 |
| 6 | 26,8 | 12,2 | 19,5 | 77 | 0 | 10,7 |
| 7 | 29,4 | 13,2 | 21,3 | 74 | 0 | 9,8 |
| 8 | 29,2 | 17,6 | 23,4 | 76 | 0 | 4,1 |
| 9 | 31 | 15 | 23,0 | 66 | 0,4 | 10,1 |
| 10 | 23,8 | 10,3 | 17,1 | 72 | 0 | 9,6 |
| 11 | 24,4 | 8,2 | 16,3 | 79 | 0 | 7,7 |
| 12 | 28,4 | 17 | 22,7 | 73 | 0,5 | 8,3 |
| 13 | 33,8 | 17,2 | 25,5 | 69 | 0 | 9,7 |
| 14 | 28,6 | 20,8 | 24,7 | 87 | 0 | 4,6 |
| 15 | 30,8 | 21,4 | 26,1 | 79 | 3 | 7,9 |
| 16 | 36 | 21 | 28,5 | 71 | 0 | 6,2 |
| 17 | 28,8 | 20,6 | 24,7 | 85 | 0 | 2 |
| 18 | 25,2 | 16,8 | 21,0 | 74 | 26,2 | 5,6 |
| 19 | 27,8 | 14,6 | 21,2 | 80 | 0 | 5,2 |
| 20 | 29 | 17,8 | 23,4 | 76 | 0 | 7,8 |
| 21 | 26,2 | 12,6 | 19,4 | 77 | 0 | 10,1 |
| 22 | 26,6 | 14,6 | 20,6 | 84 | 0 | 4,3 |
| 23 | 24,2 | 19,5 | 21,9 | 97 | 0 | 0 |
| 24 | 28,6 | 18 | 23,3 | 80 | 18,8 | 10 |
| 25 | 23 | 10,8 | 16,9 | 72 | 0 | 9,1 |
| 26 | 21,4 | 7,2 | 14,3 | 70 | 0 | 9,1 |
| 27 | 22,4 | 10,6 | 16,5 | 86 | 3 | 3,2 |
| 28 | 23,2 | 12 | 17,6 | 84 | 0,5 | 6,1 |
| 29 | 21,8 | 8,2 | 15,0 | 75 | 0 | 9,7 |
| 30 | 25,4 | 7,2 | 16,3 | 69 | 0 | 10,2 |
| 31 | 25,6 | 8,4 | 17,0 | 74 | 0 | 7,3 |
| Media | 26,9 | 14,8 | 20,8 | 78 | 61,6 | 7 |

Fuente: Elaborado en base a datos de la Estación Agrometeorológica de la U. E. P. L.

Anexo No. 4. Información climática diaria de abril de 2006.

| ABRIL | | | | | | |
|-------|------------------|--------|----------|----------------------|-----------------------|-----------|
| Día | Temperatura (°C) | | | Humedad relativa (%) | Precipitaciones (mm.) | Horas Sol |
| | Máxima | Mínima | Promedio | | | |
| 1 | 25 | 13,8 | 19,4 | 86 | 0 | 3,5 |
| 2 | 26,2 | 14,9 | 20,6 | 78 | 0 | 6,5 |
| 3 | 25,8 | 10,4 | 18,1 | 83 | 0 | 8,3 |
| 4 | 29,8 | 20,8 | 25,3 | 79 | 0 | 8,9 |
| 5 | 27 | 16,6 | 21,8 | 80 | 0 | 8,7 |
| 6 | 25,4 | 16,2 | 20,8 | 79 | 0 | 7,9 |
| 7 | 27 | 12,6 | 19,8 | 78 | 0 | 7,4 |
| 8 | 27,2 | 17,3 | 22,3 | 80 | 0 | 6,4 |
| 9 | 26 | 13,4 | 19,7 | 77 | 0 | 7,9 |
| 10 | 24,4 | 15,2 | 19,8 | 94 | 0 | 2,8 |
| 11 | 25,6 | 13,8 | 19,7 | 79 | 4,2 | 6,7 |
| 12 | 26,8 | 13,6 | 20,2 | 83 | 0 | 2,4 |
| 13 | 26 | 16,4 | 21,2 | 79 | 0 | 6,5 |
| 14 | 20,6 | 14,2 | 17,4 | 98 | 0 | 0 |
| 15 | 20,4 | 8,2 | 14,3 | 75 | 7,4 | 9,2 |
| 16 | 19,8 | 5,2 | 12,5 | 71 | 0 | 9,3 |
| 17 | 20,2 | 4,6 | 12,4 | 74 | 0 | 9,5 |
| 18 | 23,2 | 3 | 13,1 | 74 | 0 | 9,5 |
| 19 | 24,8 | 8,6 | 16,7 | 77 | 0 | 5,9 |
| 20 | 26,8 | 14 | 20,4 | 74 | 0 | 5,6 |
| 21 | 20,4 | 7,1 | 13,8 | 84 | 65,8 | 8,3 |
| 22 | 22 | 6 | 14,0 | 66 | 0 | 5 |
| 23 | 21,6 | 8,8 | 15,2 | 70 | 0 | 9,8 |
| 24 | 26,4 | 4,6 | 15,5 | 65 | 0 | 9,8 |
| 25 | 20,8 | 11 | 15,9 | 95 | 5,4 | 0,2 |
| 26 | 23,6 | 12,3 | 18,0 | 77 | 3,4 | 7 |
| 27 | 25,4 | 9,8 | 17,6 | 74 | 0 | 9,4 |
| 28 | 19,4 | 10 | 14,7 | 93 | 0 | 1,5 |
| 29 | 22,6 | 10,8 | 16,7 | 86 | 0 | 3 |
| 30 | 17,2 | 10 | 13,6 | 70 | 0 | 9,1 |
| Media | 23,9 | 11,4 | 17,7 | 79 | 86,2 | 6,5 |

Fuente: Elaborado en base a datos de la Estación Agrometeorológica de la U. E. P. L.

Anexo No. 5. Información de la temperatura diaria registrada por los sensores.

| TEMPERATURA (marzo) | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------|--------------------|---------|-------|----------|-------|------------------|-------|
| Día | Máximas | | Mínimas | | Promedio | | Amplitud térmica | |
| | S. a. ¹ | C. a. ² | S. a. | C. a. | S. a. | C. a. | S. a. | C. a. |
| 1 | 31,0 | 30,0 | 17,0 | 18,0 | 24,0 | 24,0 | 14,0 | 12,0 |
| 2 | 32,0 | 31,0 | 17,0 | 18,0 | 24,5 | 24,5 | 15,0 | 13,0 |
| 3 | 22,0 | 22,0 | 20,0 | 19,8 | 21,0 | 20,9 | 2,0 | 2,2 |
| 4 | 26,0 | 25,5 | 16,0 | 16,0 | 21,0 | 20,8 | 10,0 | 9,5 |
| 5 | 25,5 | 26,7 | 14,0 | 14,0 | 19,8 | 20,4 | 11,5 | 12,7 |
| 6 | 29,0 | 29,0 | 11,3 | 12,0 | 20,2 | 20,5 | 17,7 | 17,0 |
| 7 | 32,0 | 29,5 | 12,9 | 13,7 | 22,5 | 21,6 | 19,1 | 15,8 |
| 8 | 31,0 | 29,1 | 16,0 | 16,7 | 23,5 | 22,9 | 15,0 | 12,4 |
| 9 | 31,5 | 29,5 | 15,2 | 14,2 | 23,4 | 21,9 | 16,3 | 15,3 |
| 10 | 27,1 | 25,1 | 9,8 | 9,8 | 18,5 | 17,5 | 17,3 | 15,3 |
| 11 | 27,5 | 25,9 | 7,0 | 8,2 | 17,3 | 17,1 | 20,5 | 17,7 |
| 12 | 31,5 | 29,5 | 15,6 | 16,0 | 23,6 | 22,8 | 15,9 | 13,5 |
| 13 | 35,7 | 32,7 | 16,3 | 16,7 | 26,0 | 24,7 | 19,4 | 16,0 |
| 14 | 30,7 | 29,0 | 19,8 | 19,8 | 25,3 | 24,4 | 10,9 | 9,2 |
| 15 | 34,4 | 31,5 | 20,0 | 20,5 | 27,2 | 26,0 | 14,4 | 11,0 |
| 16 | 36,1 | 34,9 | 20,6 | 20,9 | 28,4 | 27,9 | 15,5 | 14,0 |
| 17 | 32,3 | 30,7 | 20,1 | 20,1 | 26,2 | 25,4 | 12,2 | 10,6 |
| 18 | 26,1 | 25,6 | 18,2 | 18,7 | 22,2 | 22,2 | 7,9 | 6,9 |
| 19 | 29,1 | 28,7 | 14,0 | 14,0 | 21,6 | 21,4 | 15,1 | 14,7 |
| 20 | 31,1 | 30,8 | 18,7 | 18,7 | 24,9 | 24,8 | 12,4 | 12,1 |
| 21 | 26,3 | 26,8 | 11,8 | 11,8 | 19,1 | 19,3 | 14,5 | 15,0 |
| 22 | 26,9 | 26,7 | 12,9 | 12,9 | 19,9 | 19,8 | 14,0 | 13,8 |
| 23 | 24,9 | 24,0 | 19,4 | 19,8 | 22,2 | 21,9 | 5,5 | 4,2 |
| 24 | 29,9 | 29,5 | 17,1 | 16,7 | 23,5 | 23,1 | 12,8 | 12,8 |
| 25 | 22,8 | 24,0 | 9,0 | 9,0 | 15,9 | 16,5 | 13,8 | 15,0 |
| 26 | 22,4 | 23,2 | 6,6 | 6,2 | 14,5 | 14,7 | 15,8 | 17,0 |
| 27 | 24,4 | 25,1 | 9,8 | 9,4 | 17,1 | 17,3 | 14,6 | 15,7 |
| 28 | 24,4 | 24,4 | 11,0 | 10,6 | 17,7 | 17,5 | 13,4 | 13,8 |
| Media | 28,7 | 27,9 | 14,9 | 15,1 | 21,8 | 21,5 | 13,8 | 12,8 |

¹ sin agua, ² con agua

Anexo No. 6. Información de la humedad relativa diaria registrada por los sensores.

| HUMEDAD RELATIVA (marzo) | | | | |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Día | Máxima | | Mínima | |
| | Sin agua | Con agua | Sin agua | Con agua |
| 1 | 100 | 97 | 41 | 53 |
| 2 | 100 | 99 | 41 | 62 |
| 3 | 100 | 100 | 100 | 98 |
| 4 | 100 | 100 | 46 | 64 |
| 5 | 100 | 99 | 45 | 64 |
| 7 | 100 | 103 | 40 | 61 |
| 8 | 100 | 99 | 46 | 66 |
| 9 | 100 | 100 | 25 | 47 |
| 10 | 100 | 100 | 36 | 53 |
| 11 | 100 | 100 | 36 | 61 |
| 12 | 100 | 100 | 37 | 64 |
| 13 | 100 | 100 | 29 | 59 |
| 14 | 100 | 99 | 60 | 73 |
| 15 | 100 | 99 | 45 | 68 |
| 16 | 100 | 99 | 35 | 61 |
| 17 | 100 | 100 | 55 | 65 |
| 18 | 100 | 100 | 44 | 59 |
| 19 | 100 | 99 | 50 | 67 |
| 20 | 100 | 99 | 41 | 59 |
| 21 | 100 | 99 | 39 | 57 |
| 22 | 100 | 99 | 52 | 66 |
| 23 | 100 | 100 | 100 | 95 |
| 24 | 100 | 100 | 48 | 66 |
| 25 | 100 | 99 | 35 | 49 |
| 26 | 100 | 100 | 32 | 42 |
| 27 | 100 | 100 | 86 | 75 |
| 28 | 100 | 100 | 53 | 61 |
| Media | 100 | 100 | 48 | 64 |

9.2 RESULTADOS DE LAS VARIABLES ANALIZADAS

Anexo No. 7. Resultados del rendimiento y sus componentes.

| d.d.f. ¹ | Rend. ² (Kg/ha) | % de verde | % de humedad | Panojas /m ² | Nº de granos llenos por espiga | Nº de granos vacíos por espiga | Peso de mil granos (gr.) |
|--------------------------------|-------------------------------|---------------|-----------------|----------------------------|--|--|-----------------------------------|
| MOMENTO DE COSECHA | | | | | | | |
| 35 | 9049 | 8,2 | 20,3 | 531,8 | 69,5 | 15,3 | 27,9 |
| 45 | 9042 | 5,1 | 20,3 | 665,3 | 66,1 | 17,1 | 26,7 |
| 55 | 9174 | 1,0 | 15,7 | 605,3 | 60,4 | 8,8 | 28,2 |
| 70 | 9099 | 0,2 | 9,7 | 685,9 | 59,2 | 8,3 | 27,9 |
| MOMENTO DE DRENAJE | | | | | | | |
| 15 | 7175 | 3,4 | 13,9 | 557 | 63,3 | 13,6 | 27,2 |
| 25 | 8840 | 3,3 | 15,7 | 614 | 63,5 | 10,4 | 28,3 |
| 35 | 9259 | 3,4 | 16,7 | 620 | 64,8 | 12,5 | 27,8 |
| 50 | 9961 | 4,2 | 17,8 | 672 | 66,7 | 12,9 | 28,1 |
| s. d. ³ | 10222 | 4,0 | 18,4 | 648 | 60,5 | 12,4 | 27,0 |
| INTERACCIÓN (Drenaje* Cosecha) | | | | | | | |
| 15*35 | 7220 | 6,4 | 18,8 | 394 | 69,3 | 17,8 | 27,2 |
| 15*45 | 6709 | 4,5 | 16,5 | 635 | 76,5 | 15,3 | 28,6 |
| 15*55 | 7753 | 1,5 | 12,3 | 582 | 55,5 | 10,3 | 26,9 |
| 15*70 | 7018 | 1,1 | 8,1 | 615 | 52,0 | 11,0 | 26,2 |
| 25*35 | 8819 | 7,6 | 20,4 | 580 | 67,8 | 15,5 | 28,0 |
| 25*45 | 8589 | 4,6 | 19,4 | 647 | 75,3 | 11,3 | 28,7 |
| 25*55 | 9268 | 1,1 | 14,5 | 562 | 56,5 | 8,3 | 28,3 |
| 25*70 | 8683 | 0,0 | 8,4 | 668 | 54,5 | 6,8 | 28,0 |
| 35*35 | 9553 | 8,4 | 21,6 | 512 | 76,5 | 14,0 | 27,5 |
| 35*45 | 9474 | 4,6 | 20,6 | 609 | 60,8 | 18,8 | 26,8 |
| 35*55 | 8650 | 0,5 | 15,3 | 635 | 62,5 | 9,0 | 28,8 |
| 35*70 | 9358 | 0,0 | 9,4 | 724 | 59,5 | 8,3 | 28,1 |
| 50*35 | 9546 | 10,5 | 20,3 | 594 | 67,5 | 15,8 | 27,7 |
| 50*45 | 10085 | 5,6 | 22,8 | 732 | 69,3 | 19,5 | 27,2 |
| 50*55 | 10026 | 0,9 | 18,2 | 644 | 64,0 | 8,8 | 28,8 |
| 50*70 | 10188 | 0,0 | 9,8 | 718 | 66,0 | 7,8 | 28,6 |
| s.d.*35 | 10106 | 8,4 | 20,4 | 580 | 66,3 | 13,5 | 29,0 |
| s.d.*45 | 10356 | 6,4 | 22,4 | 703 | 48,8 | 20,8 | 22,4 |
| s.d.*55 | 10172 | 1,3 | 18,1 | 603 | 63,3 | 7,5 | 28,2 |
| s.d.*70 | 10252 | 0,0 | 12,7 | 706 | 63,8 | 7,8 | 28,4 |

¹ días después del 50% de floración, ² rendimiento, ³ sin drenar

Anexo No. 8. Resultados de la calidad del grano.

| MOMENTO DE COSECHA | | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------|-----------|---------------|
| d. d. f. ¹ | % de blanco | % de entero | % de yeso | % de manchado |
| 35 | 63,4 | 56,7 | 3,4 | 0,0 |
| 45 | 64,6 | 62,0 | 3,8 | 0,0 |
| 55 | 64,9 | 61,4 | 2,9 | 0,0 |
| 70 | 64,8 | 60,0 | 3,4 | 0,0 |
| MOMENTO DE DRENAJE | | | | |
| 15 | 61,0 | 53,4 | 7,0 | 0,0 |
| 25 | 65,2 | 60,5 | 3,1 | 0,0 |
| 35 | 65,8 | 62,7 | 1,9 | 0,1 |
| 50 | 65,1 | 62,0 | 2,3 | 0,0 |
| s. d. ² | 65,1 | 61,5 | 2,4 | 0,0 |
| INTERACCIÓN (Drenaje* Cosecha) | | | | |
| 15*35 | 60,9 | 53,6 | 7,5 | 0,0 |
| 15*45 | 59,7 | 53,9 | 8,0 | 0,0 |
| 15*55 | 61,4 | 53,3 | 5,5 | 0,0 |
| 15*70 | 62,1 | 53,0 | 7,0 | 0,1 |
| 25*35 | 63,2 | 56,4 | 3,3 | 0,0 |
| 25*45 | 66,5 | 63,8 | 3,2 | 0,0 |
| 25*55 | 65,7 | 61,7 | 2,8 | 0,1 |
| 25*70 | 65,4 | 60,2 | 3,3 | 0,0 |
| 35*35 | 65,2 | 58,0 | 1,6 | 0,0 |
| 35*45 | 65,6 | 64,3 | 2,2 | 0,1 |
| 35*55 | 65,6 | 63,6 | 1,6 | 0,1 |
| 35*70 | 66,9 | 64,8 | 2,3 | 0,0 |
| 50*35 | 63,9 | 56,0 | 2,4 | 0,0 |
| 50*45 | 65,5 | 64,1 | 2,5 | 0,0 |
| 50*55 | 65,8 | 63,6 | 2,0 | 0,1 |
| 50*70 | 65,1 | 64,3 | 2,5 | 0,1 |
| s.d.*35 | 64,1 | 59,4 | 2,1 | 0,0 |
| s.d.*45 | 65,7 | 64,0 | 3,0 | 0,0 |
| s.d.*55 | 66,1 | 64,6 | 2,5 | 0,0 |
| s.d.*70 | 64,4 | 57,9 | 1,9 | 0,1 |

¹ días después del 50% de floración, ² sin drenar

Anexo No. 9. Resultados de la evolución del llenado de grano.

| d. d. f. ¹ | Peso de 10 espigas (gr.) | Nº de granos llenos por espiga | Nº de granos vacíos por espiga | Peso de mil granos (gr.) |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| CORTE DE PANOJA | | | | |
| 25 | 19,3 | 67,5 | 31,0 | 24,6 |
| 35 | 22,7 | 72,4 | 17,7 | 27,3 |
| 45 | 24,9 | 78,1 | 12,3 | 29,3 |
| 55 | 27,9 | 93,7 | 11,3 | 27,8 |
| 70 | 28,4 | 95,2 | 11,5 | 27,9 |
| MOMENTO DE DRENAJE | | | | |
| 15 | 24,3 | 80,7 | 17,7 | 27,3 |
| 25 | 24,8 | 81,8 | 18,5 | 27,0 |
| 35 | 25,0 | 83,4 | 16,9 | 27,3 |
| 50 | 24,5 | 79,9 | 15,6 | 27,7 |
| s. d. ² | 24,7 | 81,1 | 15,1 | 27,6 |
| INTERACCIÓN (Drenaje* Cosecha) | | | | |
| 15*25 | 19,7 | 69,5 | 27,8 | 25,0 |
| 15*35 | 21,7 | 67,3 | 21,0 | 27,9 |
| 15*45 | 23,9 | 77,0 | 16,0 | 28,1 |
| 15*55 | 28,0 | 94,3 | 11,8 | 27,6 |
| 15*70 | 28,3 | 95,3 | 12,0 | 27,7 |
| 25*25 | 18,7 | 62,5 | 40,5 | 23,6 |
| 25*35 | 23,2 | 74,3 | 17,8 | 27,2 |
| 25*45 | 24,6 | 79,3 | 11,8 | 28,5 |
| 25*55 | 28,7 | 96,3 | 11,0 | 27,9 |
| 25*70 | 28,8 | 96,8 | 11,3 | 27,8 |
| 35*25 | 18,6 | 65,8 | 29,8 | 24,7 |
| 35*35 | 23,4 | 75,3 | 19,0 | 27,2 |
| 35*45 | 24,6 | 76,0 | 11,5 | 29,7 |
| 35*55 | 30,0 | 102,5 | 12,5 | 27,3 |
| 35*70 | 28,7 | 97,3 | 11,5 | 27,7 |
| 50*25 | 20,0 | 69,5 | 29,5 | 25,0 |
| 50*35 | 23,9 | 75,3 | 16,8 | 27,6 |
| 50*45 | 24,9 | 76,5 | 11,5 | 29,9 |
| 50*55 | 25,8 | 85,0 | 9,8 | 28,2 |
| 50*70 | 27,8 | 93,3 | 10,5 | 27,9 |
| s.d.*25 | 29,8 | 70,0 | 27,3 | 24,9 |
| s.d.*35 | 21,2 | 69,8 | 14,0 | 26,5 |
| s.d.*45 | 26,8 | 81,8 | 10,8 | 30,3 |
| s.d.*55 | 27,3 | 90,5 | 11,3 | 28,1 |
| s.d.*70 | 28,4 | 93,3 | 12,3 | 28,4 |

¹ días después del 50% de floración, ² sin drenar

9.3 ANÁLISIS DE VARIANZA

9.3.1 Resultados del rendimiento y sus componentes

Anexo No. 10. Peso de mil granos.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor F | Pr>F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|---------|--------|
| Bloque | 3 | 52,266 | 17,422 | 2,0325 | 0,1631 |
| Retiro de agua | 4 | 19,078 | 4,77 | 0,5564 | |
| Error | 12 | 102,862 | 8,572 | | |
| Momento de cosecha | 3 | 24,930 | 8,310 | 0,8326 | |
| Retiro*Momento | 2 | 117,228 | 9,769 | 0,9788 | |
| Error | 45 | 449,129 | 9,981 | | |
| C. V. (%) | 11,42 | | | | |

Anexo No. 11. Número de granos llenos por panoja.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor F | Pr>F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|---------|--------|
| Bloque | 3 | 1347,737 | 449,246 | 1,9709 | 0,1722 |
| Retiro de agua | 4 | 329,175 | 82,294 | 0,3610 | |
| Error | 12 | 2735,325 | 227,944 | | |
| Momento de cosecha | 3 | 1414,638 | 471,546 | 1,8812 | 0,1463 |
| Retiro*Momento | 12 | 2885,925 | 240,494 | 0,9594 | |
| Error | 45 | 11279,688 | 250,660 | | |
| C. V. (%) | 24,83 | | | | |

Anexo No. 12. Número de granos vacíos por panoja.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor F | Pr>F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|---------|--------|
| Bloque | 3 | 475,737 | 158,579 | 3,8633 | 0,0381 |
| Retiro de agua | 4 | 87,925 | 21,981 | 0,5355 | |
| Error | 12 | 492,575 | 41,048 | | |
| Momento de cosecha | 3 | 1212,537 | 404,179 | 7,2885 | 0,0004 |
| Retiro*Momento | 12 | 252,275 | 21,023 | 0,3791 | |
| Error | 45 | 2495,438 | 55,454 | | |
| C. V. (%) | 61,85 | | | | |

Anexo No. 13. Número de granos por panoja.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor F | Pr>F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|---------|--------|
| Bloque | 3 | 12806,837 | 4268,946 | 0,2288 | |
| Retiro de agua | 4 | 120474,125 | 30118,531 | 1,6142 | 0,2341 |
| Error | 12 | 223901,475 | 18658,476 | | |
| Momento de cosecha | 3 | 287153,938 | 95751,313 | 9,8958 | 0,0000 |
| Retiro*Momento | 12 | 84408,375 | 7034,031 | 0,7270 | |
| Error | 45 | 435417,938 | 9675,954 | | |
| C. V. (%) | 15,81 | | | | |

Anexo No. 14. Rendimiento en grano de arroz.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor F | Pr>F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|---------|--------|
| Bloque | 3 | 2808113,500 | 936037,833 | 1,1930 | 0,3539 |
| Retiro de agua | 4 | 92763355,825 | 23190838,956 | 29,5571 | 0,0000 |
| Error | 12 | 9415352,875 | 784612,74 | | |
| Momento de cosecha | 3 | 221200,300 | 73733,433 | 0,2003 | |
| Retiro*Momento | 12 | 6335848,575 | 527987,381 | 1,4343 | 0,1861 |
| Error | 45 | 16565343,125 | 368118,736 | | |
| C. V. (%) | 6,67 | | | | |

Anexo No. 15. Porcentaje de humedad.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor F | Pr>F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------|--------|
| Bloque | 3 | 4,793 | 1,598 | 0,5006 | |
| Retiro de agua | 4 | 200,909 | 50,227 | 15,7406 | 0,0001 |
| Error | 12 | 38,291 | 3,191 | | |
| Momento de cosecha | 3 | 1533,477 | 511,159 | 240,5547 | 0,0000 |
| Retiro*Momento | 12 | 72,897 | 6,075 | 2,8588 | 0,0053 |
| Error | 45 | 95,621 | 2,125 | | |
| C. V. (%) | 8,84 | | | | |

Anexo No. 16. Porcentaje de granos verdes.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor F | Pr>F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------|--------|
| Bloque | 3 | 10,470 | 3,490 | 1,3140 | 0,3153 |
| Retiro de agua | 4 | 12,373 | 3,093 | 1,1647 | 0,3742 |
| Error | 12 | 31,872 | 2,656 | | |
| Momento de cosecha | 3 | 835,533 | 278,511 | 115,7209 | 0,0000 |
| Retiro*Momento | 12 | 40,648 | 3,387 | 1,4074 | 0,1980 |
| Error | 45 | 108,304 | 2,407 | | |
| C. V. (%) | 42,47 | | | | |

9.3.2 Resultados de la calidad del grano

Anexo No. 17. Porcentaje de blanco total.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor F | Pr>F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|---------|--------|
| Bloque | 3 | 23,667 | 7,889 | 1,8501 | 0,1919 |
| Retiro de agua | 4 | 241,764 | 60,441 | 14,1740 | 0,0002 |
| Error | 12 | 51,171 | 4,264 | | |
| Momento de cosecha | 3 | 27,633 | 9,211 | 3,8201 | 0,0160 |
| Retiro*Momento | 12 | 35,985 | 2,999 | 1,2437 | 0,2848 |
| Error | 45 | 108,504 | 2,411 | | |
| C. V. (%) | 2,41 | | | | |

Anexo No. 18. Porcentaje de granos enteros.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor F | Pr>F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|---------|--------|
| Bloque | 3 | 37,475 | 12,492 | 0,9025 | |
| Retiro de agua | 4 | 902,289 | 225,572 | 16,2977 | 0,0001 |
| Error | 12 | 166,089 | 13,841 | | |
| Momento de cosecha | 3 | 341,045 | 113,682 | 19,3668 | 0,0000 |
| Retiro*Momento | 12 | 224,444 | 18,704 | 3,1864 | 0,0023 |
| Error | 45 | 264,146 | 5,870 | | |
| C. V. (%) | 4,04 | | | | |

Anexo No. 19. Porcentaje de yeso.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor F | Pr>F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|---------|--------|
| Bloque | 3 | 9,098 | 3,030 | 1,2281 | 0,3422 |
| Retiro de agua | 4 | 277,063 | 69,266 | 28,0772 | 0,0000 |
| Error | 12 | 29,604 | 2,467 | | |
| Momento de cosecha | 3 | 8,157 | 2,719 | 1,4145 | 0,2509 |
| Retiro*Momento | 12 | 11,276 | 0,940 | 0,4888 | |
| Error | 45 | 86,504 | 1,922 | | |
| C. V. (%) | 41,50 | | | | |

Anexo No. 20. Porcentaje de manchado.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor F | Pr>F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|---------|--------|
| Bloque | 3 | 0,001 | 0,000 | 0,2056 | |
| Retiro de agua | 4 | 0,011 | 0,003 | 1,2617 | 0,3378 |
| Error | 12 | 0,027 | 0,002 | | |
| Momento de cosecha | 3 | 0,014 | 0,005 | 1,4935 | 0,2291 |
| Retiro*Momento | 12 | 0,034 | 0,003 | 0,8766 | |
| Error | 45 | 0,144 | 0,003 | | |
| C. V. (%) | 181,25 | | | | |

9.3.3 Evolución del llenado de grano

Anexo No. 21. Número de granos vacíos por panoja.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor F | Pr>F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|---------|--------|
| Bloque | 3 | 71,720 | 23,907 | 0,8871 | |
| Retiro de agua | 4 | 156,940 | 39,235 | 1,4559 | 0,2757 |
| Error | 12 | 323,380 | 26,298 | | |
| Momento de cosecha | 4 | 5603,140 | 1400,785 | 63,4366 | 0,0000 |
| Retiro*Momento | 16 | 521,160 | 32,572 | 1,4751 | 0,1397 |
| Error | 60 | 1324,900 | 22,082 | | |
| C. V. (%) | 28,07 | | | | |

Anexo No. 22. Número de granos llenos por panoja.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor F | Pr>F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|---------|--------|
| Bloque | 3 | 663,070 | 221,023 | 3,0292 | 0,0711 |
| Retiro de agua | 4 | 137,700 | 34,425 | 0,4718 | |
| Error | 12 | 875,580 | 72,965 | | |
| Momento de cosecha | 4 | 12554,700 | 3138,675 | 36,1418 | 0,0000 |
| Retiro*Momento | 16 | 1073,100 | 67,069 | 0,7723 | |
| Error | 60 | 5210,600 | 86,843 | | |
| C. V. (%) | 11,46 | | | | |

Anexo No. 23. Peso de mil granos.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor F | Pr>F |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|---------|--------|
| Bloque | 3 | 1,779 | 0,593 | 0,2810 | |
| Retiro de agua | 4 | 7,307 | 1,827 | 0,8653 | |
| Error | 12 | 25,335 | 2,111 | | |
| Momento de cosecha | 4 | 233,269 | 58,317 | 50,4272 | 0,0000 |
| Retiro*Momento | 16 | 20,755 | 1,297 | 1,1217 | 0,3570 |
| Error | 60 | 69,388 | 1,156 | | |
| C. V. (%) | 3,93 | | | | |

9.4 CROQUIS DEL ENSAYO

Anexo No. 24. Croquis de manejo del agua.

