

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTOS DE MOMENTOS DE RETIROS DE AGUA Y DE COSECHA EN LAS  
VARIETADES EL PASO 144 Y PARAO

por

Eduardo DA FONSECA RAMOS  
Mauricio MARTÍNEZ DÍAZ

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2014

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Álvaro Roel

-----

Ing. Agr. Sara Ricetto

-----

Ing. Agr. Cristina Capurro

-----

Ing. Agr. Lucia Puppo

-----

Ing. Agr. Guillermo Siri

Fecha: 3 de Octubre de 2014

Autor: -----

Eduardo Da Fonseca Ramos

-----

Mauricio Martínez Díaz

## AGRADECIMIENTOS

A nuestro director de tesis, Álvaro Roel por el apoyo en lo profesional y como ser humano.

A Mario García quien nos acompañó en estos años tan importantes para nosotros, que hoy no está, pero perdurará en nuestra memoria por siempre.

A Maria Cristina Capurro.

A Sara Ricetto.

Al personal de riego de INIA Treinta y Tres.

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

A Sully Toledo de Facultad de Agronomía, por su amable atención.

A Lorena Ubiedo por su apoyo.

A nuestras familias, compañeros de Facultad y amigos que siempre nos apoyaron incondicionalmente.



2.4.3.4. Porcentaje de yeso.....	27
2.4.3.5. Humedad de grano a cosecha y su efecto sobre la calidad.....	27
2.5. MOMENTO DE RETIRO DE AGUA.....	29
2.5.1. <u>Rendimiento de arroz cáscara</u> .....	30
2.5.2. <u>Componentes del rendimiento</u> .....	32
2.5.2.1. Número de panojas por metro cuadrado.....	33
2.5.2.2. Número de granos por panojas.....	33
2.5.2.3. Peso de mil granos.....	33
2.5.3. <u>Calidad industrial</u> .....	34
2.5.3.1. Rendimiento de blanco total.....	34
2.5.3.2. Porcentaje de granos enteros.....	35
2.5.3.3. Porcentaje de granos verdes.....	37
2.5.3.4. Porcentaje de yeso.....	38
2.5.4. <u>Contenido de humedad de grano</u> .....	38
2.6. LLENADO DE GRANO .....	39
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	40
3.1. UBICACIÓN.....	40
3.2. SUELO.....	40
3.3. CULTIVARES UTILIZADOS.....	40
3.4. CLIMA.....	41
3.4.1. <u>Heliofanía</u> .....	41
3.4.2. <u>Temperatura</u> .....	42
3.4.3. <u>Precipitaciones</u> .....	43
3.4.4. <u>Evaporación</u> .....	44
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	44
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	45
3.6.1. <u>Hipótesis</u> .....	46
3.6.1.1. Hipótesis biológicas.....	46
3.6.1.2. Hipótesis estadísticas.....	47
3.7. TRATAMIENTOS.....	47
3.8. MANEJO.....	49
3.8.1. <u>Laboreo</u> .....	50
3.8.2. <u>Siembra</u> .....	50
3.8.3. <u>Fertilización</u> .....	50
3.8.4. <u>Uso de herbicida</u> .....	50
3.8.5. <u>Inundación</u> .....	50
3.9. DETERMINACIONES.....	51
3.9.1. <u>Determinaciones a campo</u> .....	51
3.9.2. <u>Determinaciones de laboratorio</u> .....	52
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	54
4.1. RESULTADOS EN LA VARIEDAD EL PASO 144.....	54
4.1.1. <u>Rendimiento y sus componentes</u> .....	54
4.1.2. <u>Efecto del momento de retiro de agua</u> .....	55

4.1.2.1. Rendimiento.....	55
4.1.2.2. Porcentaje de humedad .....	56
4.1.2.3. Porcentaje de verde.....	56
4.1.2.4. Número de panojas por metro cuadrado.....	57
4.1.2.5. Número de granos totales por panoja.....	57
4.1.2.6. Peso de mil granos.....	58
4.1.2.7. Porcentaje de esterilidad.....	58
4.1.2.8. Índice de cosecha y materia seca.....	58
4.1.3. <u>Efecto del momento de cosecha</u> .....	59
4.1.3.1. Rendimiento.....	59
4.1.3.2. Porcentaje de verde.....	60
4.1.3.3. Número de panojas por metro cuadrado.....	60
4.1.3.4. Número de granos totales por panoja.....	61
4.1.3.5. Peso de mil granos.....	61
4.1.3.6. Porcentaje de esterilidad .....	62
4.1.3.7. Índice de cosecha y materia seca .....	62
4.1.4. <u>Interacción entre los momentos de cosecha y drenaje</u> .....	63
4.1.4.1. Porcentaje de humedad de grano.....	63
4.2. CALIDAD INDUSTRIAL EL PASO 144.....	65
4.2.1. <u>Efecto del momento de retiro de agua</u> .....	66
4.2.1.1. Rendimiento de blanco total.....	67
4.2.1.2. Porcentaje de entero.....	67
4.2.1.3. Porcentaje de yeso.....	67
4.2.2. <u>Efecto del momento de cosecha</u> .....	68
4.2.2.1. Rendimiento de blanco total.....	68
4.2.2.2. Porcentaje de yeso.....	69
4.2.3. <u>Interacción entre los momentos de drenaje y momentos de cosecha</u> .....	69
4.2.4. <u>Rendimiento corregido por calidad</u> .....	72
4.2.4.1. Bases de comercialización para cada variable de calidad industrial según decreto 321/988.....	72
4.2.4.1. Bonificaciones y deducciones para cada variable de calidad industrial según decreto 321/988.....	73
4.3. INCIDENCIA DE ENFERMEDADES.....	75
4.4. EVOLUCIÓN DEL LLENADO DE GRANO .....	76
4.5. CONTENIDO DE AGUA DEL SUELO .....	78
4.6. RESULTADOS EN LA VARIEDAD PARA O.....	82
4.6.1. <u>Rendimiento y sus componentes</u> .....	82
4.6.2. <u>Efecto del momento de retiro de agua</u> .....	83
4.6.2.1 Rendimiento.....	83
4.6.4.2 Porcentaje de verde .....	83
4.6.2.3. Número de panojas por metro cuadrado.....	84
4.6.2.4. Número de granos totales por panoja.....	84
4.6.2.5. Peso de mil granos.....	84
4.6.2.6. Porcentaje de esterilidad.....	86
4.6.2.7. Índice de cosecha y materia seca .....	86
4.6.3. <u>Efecto del momento de cosecha</u> .....	86
4.6.3.1. Rendimiento.....	86

4.6.3.2. Porcentaje de verde.....	87
4.6.3.3. Número de panojas por metro cuadrado.....	87
4.6.3.4. Número de granos totales por panoja.....	88
4.6.3.5. Peso de mil granos.....	88
4.6.3.6. Porcentaje de esterilidad.....	88
4.6.3.7. Índice de cosecha y materia seca .....	89
4.6.4. <u>Interacción entre los momentos de drenaje y momentos de cosecha</u> .....	89
4.7. CALIDAD INDUSTRIAL PARA O.....	90
4.7.1. <u>Efecto del momento de retiro de agua</u> .....	91
4.7.1.1. Rendimiento de blanco total.....	91
4.7.1.2. Porcentaje de entero.....	91
4.7.1.3. Porcentaje de quebrado.....	91
4.7.1.4. Porcentaje de yeso.....	92
4.7.2. <u>Efecto del momento de cosecha</u> .....	92
4.7.2.1. Rendimiento de blanco total.....	92
4.7.2.2. Porcentaje de entero.....	93
4.7.2.3. Porcentaje de quebrado .....	93
4.7.2.4. Porcentaje de yeso.....	94
4.7.3. <u>Interacción entre los momentos de drenaje y momentos de cosecha</u> .....	94
4.7.4. <u>Rendimiento corregido por calidad</u> .....	94
4.8. ENFERMEDADES.....	96
4.9. EVOLUCIÓN DEL LLENADO DE GRANO PARA O.....	97
4.10. CARACTERIZACIÓN MICRO CLIMÁTICA.....	99
4.10.1. <u>Temperatura</u> .....	99
4.10.2. <u>Humedad relativa</u> .....	100
4.11. CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO .....	101
4.12. ANÁLISIS CONJUNTO DE LAS VARIEDADES.....	103
4.12.1. <u>Fenología comparada</u> .....	103
4.12.2. <u>Evolución de la materia seca</u> .....	104
4.12.3. <u>Evolución de altura de plantas</u> .....	105
4.12.4. <u>Momentos de retiro de agua para ambas variedades y precipitaciones</u> .....	106
4.12.5. <u>Rendimiento comparado en los diferentes momentos de cosecha</u> .....	107
4.12.6. <u>Rendimiento comparado sano seco y limpio en los diferentes momentos de cosecha</u> .....	108
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	111
6. <u>RESUMEN</u> .....	112
7. <u>SUMMARY</u> .....	113
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	114

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Análisis de suelo.....	40
2. Fecha de eventos fonológicos para las dos variedades.....	48
3. Calendario de actividades de los tratamientos momentos de retiro de agua para las dos variedades.....	48
4. Calendario de actividades de los tratamientos momentos de cosecha para las dos variedades.....	49
5. Manejo del cultivo.....	49
6. Resultados del análisis estadístico realizado con las interacciones de rendimiento y sus componentes, porcentaje de humedad de grano y porcentaje de verde, según momento de retiro de agua, momento de cosecha y la interacción de ambos, para la variedad El Paso 144.....	54
7. Efecto del momento de retiro sobre el rendimiento y sus componentes, porcentaje de humedad y porcentaje de verde para la variedad El Paso 144.....	55
8. Efecto del momento de retiro de agua sobre la producción de materia seca a cosecha y el índice de cosecha, para la variedad El Paso 144.....	58
9. Resultados del análisis estadístico para porcentaje de humedad y verde, rendimiento y sus componentes, según momento de cosecha para El Paso 144.....	59
10. Efecto del momento de cosecha sobre la producción de materia seca a cosecha y el índice de cosecha.....	62
11. Resultado del análisis estadístico de la interacción entre los momentos de cosecha y retiro de agua para porcentaje de humedad.....	64
12. Resumen del análisis estadístico para las características de calidad industrial según momento de cosecha y de retiro de agua, y la interacción de ambos.....	66
13. Efecto del momento de retiro de agua sobre la calidad del grano.....	66
14. Efecto del momento de cosecha sobre los componentes de calidad industrial del grano.....	68
15. Resultados del análisis estadístico de la interacción por los efectos de retiro de agua y momento de cosecha para porcentaje de grano entero.....	70
16. Resultados del análisis estadístico de la interacción por los efectos de retiro de agua y momento de cosecha para porcentaje de grano quebrado.....	71
17. Resultados del análisis estadístico de la interacción por los efectos de retiro de agua y momento de cosecha para porcentaje de yeso.....	72
18. Resultado del análisis estadístico para el rendimiento sano, seco y limpio, según momento de cosecha y retiro de agua.....	74
19. Resultados del análisis estadístico del índice de grado de severidad para <i>Rhizoctonia Oryzae</i> y <i>Sclerotium Oryzae</i> según los momentos de retiro de agua...	75
20. Resultados del análisis estadístico realizado para el rendimiento y sus componentes, porcentaje de humedad y de verde según el momento de retiro y cosecha y la interacción de ambos para la variedad Parao.....	82
21. Efecto del momento de retiro sobre el rendimiento, sus componentes, porcentaje de humedad y porcentaje de verde para Parao.....	83
22. Efecto del momento de retiro de agua sobre la producción de materia seca a	

	cosecha y el índice de cosecha, para la variedad Parao.....	85
23	Resultados del análisis estadístico para porcentaje de humedad y verde, rendimiento y sus componentes, según momento de cosecha para Parao.....	86
24	Efecto del momento de cosecha sobre la producción de materia seca a cosecha y el índice de cosecha, para la variedad Parao.....	89
25	Resumen del análisis estadístico para las características de calidad industrial según momento de cosecha y de retiro de agua y la interacción de ambos.....	90
26	Efecto del momento de retiro de agua sobre la calidad del grano.....	91
27	Efecto del momento de cosecha sobre los componentes de calidad industrial del grano.....	92
28	Resultado del análisis estadístico para el rendimiento sano, seco y limpio, según momento de cosecha y retiro de agua.....	95
29	Resultado del análisis estadístico del índice de grado de severidad para <i>Rhizoctonia Oryzae</i> y <i>Sclerotium Oryzae</i> , según los momentos de retiro de agua...	96
30	Efecto de los tratamientos 0 DDF y SR en el promedio de la temperatura atmosférica media, máxima y mínima desde el 10 de febrero hasta el 25 de abril...	99
31	Efecto de los tratamientos 0 DDF y SR en el promedio de la Humedad Relativa atmosférica media, máxima y mínima, desde el 10 de febrero hasta el 25 de abril..	100
32	Fenología comparada de las variedades El Paso 144 y Parao hasta su momento óptimo de cosecha.....	103
33	Rendimiento de grano comparado de las variedades El Paso 144 y Parao.....	107
34	Rendimiento sano, seco y limpio comparado de las variedades El Paso 144 y Parao.....	109

Figura No.

1	Horas de sol decádicas correspondientes a los años 2010/2011, 2011/2012 y serie histórica 1973/2012.....	41
2	Temperatura media decádica correspondiente a los años 2010/2011, 2011/2012 y a la serie histórica 1973-2012.....	42
3	Precipitaciones (mm) mensuales para las zafras 2010/2011, 2011/2012, Serie histórica 1973/2012.....	43
4	Evaporación de tanque “A” para las zafras 2010/2011, 2011/2012 y Serie Histórica 1973/84 a 2010/11.....	44
5	Efecto del retiro de agua sobre porcentaje de humedad y porcentaje de verde...	57
6	Porcentaje de humedad y de verde según el momento de cosecha. Letras diferentes entre sí son estadísticamente diferentes.....	60
7	Numero de panojas por metro cuadrado según el momento de cosecha. Letras diferentes entre sí son estadísticamente diferentes.....	61
8	Humedad del grano para los tratamientos de retiro de agua (0, 15, 30, 45 DDF Y SR), según momento de cosecha para la variedad El Paso 144.....	65
9	Evolución del porcentaje de blanco total y de verde en las diferentes cosecha..	69
10	Evolución del peso de 1000 granos llenos en los 45 días después de floración, para los momentos de retiro 0 DDF, 30 DDF y SR.....	76
11	Evolución del porcentaje de granos vacíos en los 71 días después de floración, para los momentos de retiro 0 DDF, 30 DDF y SR.....	77
12	Precipitaciones mensuales para la serie histórica y para la zafra 2011/12.....	78
13	Precipitaciones diarias para el periodo 10 de febrero- 3 de mayo.....	79

14	Evolución del contenido de agua gravimétrico (0-10 cm) para la variedad El Paso 144.....	80
15	Evolución del contenido de agua gravimétrico (10-20 cm) para la variedad El Paso 144.....	80
16	Evolución del contenido de agua gravimétrico (20-30 cm) para la variedad El Paso 144.....	81
17	Efecto del retiro de agua sobre porcentaje de humedad y porcentaje de verde...	84
18	Porcentaje de humedad y de verde según el momento de cosecha. Letras diferentes entre sí son estadísticamente diferentes.....	87
19	Evolución del porcentaje de blanco total y de verde en las diferentes cosecha...	93
20	Evolución del peso de 1000 granos llenos en los 45 días después de floración, para los momentos de retiro 0 DDF, 30 DDF y SR.....	97
21	Evolución del porcentaje de granos vacíos en los 55 días después de floración, para los momentos de retiro 0 DDF, 30 DDF y SR.....	98
22	Evolución de la amplitud térmica a nivel de panoja para los tratamientos 0 DDF y SR, desde floración hasta la última cosecha en la variedad Parao.....	100
23	Evolución del contenido de agua gravimétrico (0-10 cm) para la variedad El Paso 144.....	101
24	Evolución del contenido de agua gravimétrico (10-20 cm) para la variedad El Paso 144 .....	102
25	Evolución del contenido de agua gravimétrico (20-30 cm) para la variedad El Paso 144.....	102
26	Evolución del contenido de materia seca para la variedad El Paso 144 y Parao, hasta los 116 días después de emergencia (DDE).....	104
27	Evolución de la altura de planta para la variedad El Paso 144 y Parao, hasta los 133 días después de emergencia (DDE).....	105
28	Retiros de agua y precipitaciones (mm), para el periodo comprendido entre el primer y el último retiro de agua, para ambas variedades (Azul: El Paso 144, Verde: Parao).....	106
29	Efecto del momento de cosecha comparando el rendimiento entre El Paso 144 y Parao .....	108
30	Efecto del momento de cosecha comparando el rendimiento sano, seco y limpio entre El Paso 144 y Parao.....	109

## **1 INTRODUCCIÓN**

El origen del arroz se sitúa en el sur-este de Asia. Se han encontrado evidencias con una historia de 7000 años en China. En los inicios se hacía en zonas tropicales de este continente y desde allí se fue adaptando a otras zonas.

El grano de arroz es el segundo alimento más consumido en el mundo después del trigo, siendo el primero en Asia con mayor énfasis en China e India, así como también en algunos países de América Latina.

En cuanto a la producción mundial, se encuentra primero el maíz seguido del arroz, pero en lo que refiere al consumo humano, es de mayor importancia el arroz debido a los múltiples propósitos que tiene el grano de maíz.

En nuestro país, el cultivo de arroz se basa en un sistema de rotación con pasturas que integra la producción ganadera y le confiere al sector arrocero la posibilidad de aprovechar las rotaciones como una ventaja comparativa y diferenciarse a nivel mundial. Sumado a esto, el elevado uso de semilla de alta calidad en los sistemas de producción, el bajo uso de herbicidas, insecticidas y fertilizantes le otorga al sistema un alto nivel de sustentabilidad.

Como contrapartida a esta ventaja comparativa, nos encontramos con altos costos de producción por hectárea, ya que éste, dependiendo de la situación es de aproximadamente U\$S 2000. El costo ha venido en aumento en los últimos años y el precio no se acompañó con dicha suba, sino que se ha mantenido, provocando que sea necesario aumentar la productividad por hectárea para cubrir los costos.

Estudios realizados por MGAP.DIEA (2012) estimó para la zafra 2011-2012, una producción en 1.4 millones de toneladas de arroz seco y limpio, con un rendimiento promedio de 7.850 kilogramos por hectárea sembrada.

El mismo estudio mostró que la siembra total de arroz en Uruguay para esta misma zafra, fue de 181,4 mil hectáreas. Su distribución en el país fue de 71% en el este, 20% en el norte y el restante 9% para el centro del país.

Con referencia al origen del agua y las formas de riego, existen diferencias entre zonas. La Zona Centro es la que tiene mayor proporción de arroz regado con agua de represas (90%), con una gran predominancia del riego por gravedad. En la zona Norte-Litoral Oeste se riega el 78% de la superficie con agua de represa, pero con una mayor proporción de riego con levante eléctrico. En la Zona Este es la única en la que existe casi una paridad entre riego con agua proveniente de cauces y riego desde represas (MGAP. DIEA, 2012).

Si bien Uruguay es un país muy rico en recursos hídricos, los resultados de estas encuestas muestran que una de las variables que afecta directamente el área sembrada año a año, son las precipitaciones, esto provoca que varíe la superficie sembrada ya que en años con mayores precipitaciones el área aumenta y en años más secos esta disminuya. A esto se suma el costo del agua siendo estimado en 19,7 bolsas por hectárea.

En este escenario, de altos costos y de una superficie sembrada que se encuentra limitada por el recurso agua, cada vez cobra mayor importancia aumentar la eficiencia en el uso de este recurso.

El retiro de agua anticipado o previo a la cosecha, aparece como una medida de manejo de gran importancia para hacer un uso más eficiente de ésta, así como también para lograr buenas condiciones de piso a la cosecha y en la cama de siembra para la instalación de una pastura. Si el retiro de agua es temprano se puede ver afectado el rendimiento de grano, pero se obtienen buenas condiciones de piso para cosechar y para la implantación de pasturas. Con retiros de agua tardíos o sin retiros de agua, las condiciones de cosecha se hacen dificultosas, condicionando además la implantación de pasturas.

Por otra parte el momento de decidir cuándo cosechar el cultivo, es una de las medidas de manejo más importantes para lograr altos rendimientos, así como también, juega un rol muy importante en la calidad del grano. Cuando el arroz es cosechado de manera anticipada, la calidad se ve perjudicada por una elevada ocurrencia de granos verdes, yesados y mal formados. Si la cosecha se realiza tardíamente el cultivo queda expuesto más tiempo a eventos climáticos desfavorables, los granos presentarán humedades muy bajas, ocasionando pérdidas por desgrane natural y el acamado de plantas. En términos de calidad industrial se producen mermas en porcentaje de grano entero.

El objetivo de este trabajo consiste en determinar el momento óptimo de cosecha y el momento óptimo de retiro de agua, para la variedad Parao de (tipo japónica tropical), comparada con El Paso 144 (tipo índica), con el fin de lograr el mayor rendimiento de arroz cáscara, maximizar la calidad industrial del grano y optimizar el uso del agua.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 CARACTERIZACIÓN DE EL PASO 144**

#### **2.1.1 Características generales**

Es un cultivar seleccionado en el año 1978 en la estación experimental del este, a partir de la población segregante del CIAT, P-790-B4-4-1T, siendo su origen el cruzamiento de IR665-31-2-4 por IR 930-2 (Chebataroff, 2012). Es una variedad pública lanzada por el CIAAB, citado por ACA (2013).

Según Chebataroff (2012), es un genotipo semienano, de tipo indica, de alto rendimiento. Presenta alto macollaje, con hojas erectas, y alto peso de grano (26,4 gramos/1000 granos).

Este cultivar comparado con Tacuarí, se destaca por la eficiencia de acumulación de biomasa por unidad energética interceptada, sobre todo en la formación de tallos, presenta mayor índice de área foliar y mayor extracción de nitrógeno, característica de genotipos de alto rendimiento (Williams, citado por Ferreira y Montauban 1998, Chebataroff 2012).

Investigaciones de Blanco et al., citados por Segovia (2007), realizan una comparación entre El Paso 144 e INIA Olimar, los datos muestran que El Paso 144 presenta un buen vigor inicial lo que permite un buen establecimiento del cultivo y presenta panojas moderadas (498 panojas/m<sup>2</sup>, con 83 granos totales).

Según estudios realizados por INASE (s.f.), presenta un ciclo medio a floración de 95 días, y un ciclo a madurez de 141 días.

En experimentos realizados por Chebataroff en la zona este de la región arrocera, la capacidad de acortar el ciclo a floración depende de su fecha de siembra, variando desde 110 días en siembras de mediados de Octubre hasta un ciclo de 99 días en fechas de fines de noviembre (Chebataroff, 2012).

#### **2.1.2 Rendimiento**

“El Paso 144” es un cultivar de alto rendimiento; su producción promedio en ensayos en el campo experimental Paso de la Laguna y regionales varietales en 6 años fue de 8275 kilogramos por hectárea, 16% superior a Bluebelle, llegando en algunos casos a 11000 kilogramos por hectárea (Chebataroff et al., citados por Campos y Falero, 2012).

Según Chebataroff (2012), sus rendimientos pueden llegar a 12 toneladas/ha (240 bolsas) en buenas condiciones ambientales, superando a la mayoría de los genotipos de tipo índica similares evaluados.

### **2.1.3 Calidad de grano**

Cuando hablamos de calidad de grano es posible referirse a la calidad física, a la calidad nutricional, a la calidad culinaria pero también a la calidad molinera.

El grano es de glumas claras, pilosas y provistas de una arista pequeña de largo variable.

Es más largo y pesado que el de Bluebelle, y BR (IRGA) 409. Sus dimensiones, pulido con molino Mac Gill No. 1, son de 7,03 mm de largo y 3,21 de relación largo/ancho.

El peso de 1000 granos es de 26,5 gramos.

La calidad molinera es variable, promediando 58,9% de grano entero, y 7,9% de panza blanca (granos con mancha blanca independientemente de su dimensión con respecto al grano, base arroz cáscara), por lo que su grano es menos vítreo que el BR (IRGA) 409.

Las propiedades fisicoquímicas son diferentes de los granos largos americanos, si bien su contenido de amilosa es intermedio (23,4%), su temperatura de gelatinización es baja, similar a la EEA 404.

En siembras tardías o fertilización excesiva presenta manchado de glumas y granos, provocado por hongos secundarios (Chebataroff et al., 1987).

### **2.1.4 Fertilización nitrogenada**

#### **2.1.4.1 Respuesta a la fertilización nitrogenada en nuestras condiciones**

El nitrógeno es por excelencia el nutriente requerido en mayor cantidad por el arroz y el que promueve las mayores respuestas en productividad.

Las condiciones climáticas (radiación solar y temperatura) condicionan las respuestas a la aplicación de nitrógeno. Baja oferta solar durante la etapa reproductiva disminuye la respuesta al agregado de nitrógeno e incluso puede verse deprimido el rendimiento; en tal situación se incrementa la altura de plantas y disminuye el índice de cosecha (Chebataroff y Deambrosi, citados por Deambrosi y Méndez, 2007).

Estos mismos autores concluyen que El Paso 144, tiene buena capacidad de macollaje, con poca o nula fertilización nitrogenada en varios ambientes de la zona este donde fueron realizados los experimentos.

Pese a este factor que genera riesgo e incertidumbre sobre las condiciones ambientales que se presentaran en etapas críticas, la tendencia a nivel productivo en el cultivo es al uso de dosis moderadas de nitrógeno. Así es que de los 160 kg/ha de N que el arroz absorbe en nuestras condiciones, aproximadamente la mitad, en el mejor de los casos, es aplicada como fertilizante (Terra et al., 2007).

Deambrosi y Méndez (2007), en experimentos conducidos en el país con tres variedades, muestran que entre el 68 y el 92% del nitrógeno absorbido por las plantas al tiempo de la iniciación panicular, provienen de fuentes diferentes al fertilizante aplicado.

Deambrosi y Méndez (2007), demuestran que la probabilidad de respuesta vegetal al agregado de nitrógeno, no solo depende de las condiciones climáticas en el periodo reproductivo, sino que también del carbono orgánico del suelo.

Deambrosi et al. (2005), en el tercer año de experimentación en tratar de determinar las posibles causas que inciden en la obtención de menores rendimientos en condiciones de rastrojo arroz, observan que en Rincón de Ramírez y en India Muerta hay respuesta de tipo cuadrática al agregado de nitrógeno con un  $r^2$  de 0.49 y 0.56 respectivamente.

Deambrosi et al. (2008), concluyen en 3 épocas de siembra tardías en el mes de noviembre, que no surgen elementos claros que permitan realizar recomendaciones precisas sobre fertilizaciones nitrogenadas en cobertura.

Estos mismos autores indican que uso de altas coberturas de nitrógeno en fechas de siembras tardías deprimen su rendimiento.

Castillo et al. (2013), indican que a nivel comercial la cantidad de N utilizado ronda los 50-60 kg/ha, independientemente del antecesor inmediato, historia, manejo del suelo, fertilidad natural y variedad. Esto podría estar explicado porque, no se cuenta con parámetros que permitan predecir la ocurrencia o no de respuesta en rendimiento frente al agregado de N.

En función de estos resultados se podría pensar que existen situaciones en las que el agregado de fertilizante no es necesario o que la probabilidad de respuesta es baja por lo tanto implicaría un gasto innecesario pero además en determinadas situaciones puede perjudicar los rendimientos.

En este escenario Castillo et al. (2012), realizan experimentos dirigidos a la obtención de niveles críticos asociados a la respuesta en rendimiento para el cultivo de arroz.

Estos autores identificaron como potenciales indicadores al potencial de mineralización de nitrógeno (P.M.N), ( $r^2=0,65$ ), en muestras de suelo tomadas de 0-20 centímetros al momento de V6 (macollaje), y la absorción de nitrógeno medido en planta ( $r^2= 0,69$ ), al estadio de R0 (diferenciación floral).

En el primer año de experimentación aV-6 por encima de 35 unidades de P.M.N (mg/kg N-NH<sub>4</sub>), hubo baja probabilidad de respuesta al agregado de N, para el segundo año de estudio y con mayor base de datos este nivel crítico se ubicó en 52 unidades con el mismo indicador, con un ajuste del modelo de 0,55.

Para el estadio fenológico del cultivo en R0, el indicador de N absorbido en planta, expresado como Kg de nitrógeno absorbido, tuvo un nivel crítico de 57 y 58 para el primer y segundo año respectivamente.

Estas investigaciones, si bien son muy recientes, parecen encontrar un camino para que el productor pueda tener indicadores precisos para detectar la falta o no de este nutriente a nivel de chacra.

### **2.1.5 Resistencia a enfermedades**

La reacción de este cultivar a *Pyricularia Oryzae* en camas de infección, ha variado entre moderadamente susceptible a resistente. Con respecto a enfermedades del tallo, es moderadamente susceptible a *Rhizoctonia Oryzae* y susceptible a *Sclerotium Oryzae* al ser inoculado. “El Paso 144” es moderadamente susceptible a *Cercospora* (Chebataroff et al., 1987).

### **2.1.6 Aspectos de manejo**

La suma térmica para alcanzar inicio de floración para el cultivar “El Paso 144” es de 1186 grados días, siendo mayor que los cultivares sembrados actualmente (Deambrosi et al., 1997).

## **2.2 CARACTERIZACIÓN DE PARAO**

### **2.2.1 Características generales**

Parao proviene del cruzamiento realizado en el año 1996, entre una línea experimental, del programa de mejoramiento genético de INIA e INIA Tacuarí. Ingreso en evaluación preliminar en 2002/2003, identificada como L5502.

Parao es una variedad de “calidad americana”, al igual que INIA Tacuarí, presenta excelente potencial de rendimiento, buena calidad molinera, resistencia a la enfermedad Brusone y a bajas temperaturas, así como tolerancia a retrasos en la cosecha (ACA, 2013).

Molina et al., citados por ACA (2013), mencionan que esta variedad posee tallos fuertes, con hojas erectas de color verde oscuro, sin pilosidad y de senescencia lenta. La altura de la planta promedio es de 80 cm. El ciclo a floración es 6 días más largo que INIA Tacuarí y 3 días más corto que El Paso 144, aunque su maduración es más lenta, por lo que demora unos 4 días más en llegar a cosecha.

Por su arquitectura de planta, sus panojas están menos expuestas al daño de pájaros que las de INIA Tacuarí. Parao también presenta mayor resistencia a desgrane y al vuelco que las demás variedades disponibles, lo que resulta en una muy buena tolerancia a retrasos en la cosecha.

Tiene muy buena tolerancia a bajas temperaturas en las etapas vegetativa y reproductiva, mostrando la menor incidencia de esterilidad entre las variedades disponibles.

### **2.2.2 Rendimiento**

Estos mismos autores demuestran en 63 ensayos conducidos en la cuenca de la Laguna Merín, entre 2002/2003 y 2011/2012, el rendimiento promedio de Parao fue de 9163 kg/ha (183 bolas), 2% superior al de El Paso 144 y 8% superior al de INIA Tacuarí.

En la zafra 2011/2012, en 1550 ha de cultivos comerciales, el rendimiento promedio de Parao fue de 7900 kg/ha, con un máximo de 9750 kg/ha. Por su parte, en la zafra 2012/2013, en un área de 1434 ha, el rendimiento promedio de Parao fue de 9373 kg/ha, con un máximo de 11700 kg/ha.

En ambas zafras más del 90% del área estuvo concentrado en zona este del país.

### **2.2.3 Calidad de grano**

Siguiendo con la publicación de ACA (2013), Parao posee granos notoriamente más largos que los de INIA Tacuarí, mantiene buena calidad molinera. Su porcentaje de grano entero promedio es de 62.5%, inferior al de INIA Tacuarí pero superior al de las demás variedades comerciales.

El porcentaje de yesado en la variedad Parao es levemente inferior al de INIA Tacuarí (5,5 y 6,6 % respectivamente).

Otro aspecto interesante es que en cultivos conducidos en las últimas dos zafras, en casos de retrasos en la importantes en la cosecha, no vio afectada su calidad industrial.

Las propiedades físico-químicas del grano de Parao, indicadoras de su comportamiento en la cocción, son similares a las de INIA Tacuarí y típicas de los granos largos del sur de EEUU.

### **2.2.4 Fertilización nitrogenada**

De acuerdo a ensayos conducidos en las últimas dos zafras, Parao ha mostrado mayor respuesta al nutriente que El Paso 144, superando en rendimiento a esta última en las dosis más altas de nitrógeno (Méndez et al., citados por ACA, 2013).

### **2.2.5 Resistencia a enfermedades**

Esta variedad se comporta como resistente a moderadamente resistente al hongo *Pyricularia Oryzae*, causante de la enfermedad Brusone, habiéndose comprobado por estudios moleculares, que la nueva variedad posee el gen de resistencia Pi-2.

En los viveros de campo con inoculación artificial con el patógeno, Parao promedió una lectura de grado 2, para síntomas en hojas, mientras que los promedios para INIA Tacuarí y El Paso 144 fueron de 4 y 8, respectivamente (Sistema de evaluación Standard, escala 0 a 9).

En la zafra 2011/2012, en estos viveros también se determinó la incidencia de *Pyricularia* en cuello de panoja, utilizando la misma escala. En este caso la incidencia promedio en Parao fue de 5, mientras que en INIA Tacuarí y El Paso 144 fue de 8 y 9, respectivamente.

La nueva variedad ha mostrado mejor sanidad en los tallos que INIA Tacuarí, con una incidencia de manchado de vainas (causado por los hongos *Rhizoctonia Oryzae* y *Rhizoctonia Oryzae Sativae*) y de podredumbre de tallo (*Sclerotium Oryzae*), levemente inferior. En el caso de esta última enfermedad, también presenta mejor tolerancia que El Paso 144 (Molina et al., citados por ACA, 2013).

#### **2.2.6 Aspectos de manejo**

En siembras tempranas, para lograr una buena implantación, es recomendable promover el desarrollo inicial mediante el uso de cura semillas con efecto estimulador. Con la misma finalidad, mantener la lámina de agua baja en los primeros riegos es una buena estrategia para fomentar el crecimiento y establecimiento del cultivo.

En condiciones de bajas temperaturas durante el control de malezas, Parao ha mostrado mayor sensibilidad a los herbicidas Penoxulam y Bispiribac, por lo que es recomendable tomar precauciones en el uso de estos productos (Saldain et al., citados por ACA, 2013).

### **2.3 EFECTOS CLIMÁTICOS QUE INCIDEN 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).

#### **2.3.1 Efecto de la radiación solar en la etapa reproductiva y llenado de grano**

Basado en experimentos realizados en Texas, Stansel et al., citados por De Datta (1981), sugirieron que el período crítico de mayor requerimiento de energía solar de la planta de arroz, se extiende desde diferenciación del primordio floral, hasta 10 días antes de la maduración. Estos autores encontraron, que en los trópicos, la correlación entre radiación solar desde la diferenciación del primordio floral a madurez del cultivo y el rendimiento en grano fue significativamente alto.

Lima et al. (2005), sostienen que, en el momento de floración, la planta de arroz alcanza su mayor estatura y área foliar, por lo tanto buenas condiciones de luminosidad en el período comprendido entre 20 días antes hasta 20 días después de la floración aumenta la eficiencia de uso del nitrógeno y como consecuencia, contribuye a obtener mayor rendimiento de granos.

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

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

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

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

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

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

### **2.3.2 Efecto de la temperatura**

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

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

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

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

#### **2.3.2.1 Efecto de las bajas temperaturas**

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

el número de espiguillas que en la fertilidad y en embarrigado esta última disminuye considerablemente.

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

- Vigor de las plántulas y establecimiento en agua fría (18°C o por debajo).
- Esterilidad causada por temperaturas nocturnas frías (por debajo de 15° C), 10 a 14 días antes de floración.

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

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

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

Arguissain (2006), afirma que el desarrollo de las espiguillas es afectado por la ocurrencia de bajas temperaturas. Shimizu y Kuno, citados por Arguissain (2006), documentan un amplio rango de anomalías morfológicas de las espiguillas por efecto de bajas temperaturas: 1) formación de brácteas foliares, 2) acortamiento del

primordio, 3) disminución del número de ramificaciones primarias y secundarias, 4) suspensión del crecimiento de raquis y espiguillas, 5) aumento del número de órganos por espiguilla (varias glumelas, duplicación de estambres, etc.), 6) estructuras bisexuales, 7) falta de órganos reproductivos, etc.

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

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

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

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

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

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

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

Alvarado (2002), reporta que en el área arrozable de Chile (clima templado), en donde las bajas temperaturas son relativamente comunes a lo largo del ciclo, el frío

afecta la producción de arroz principalmente en germinación y durante la floración. Las consecuencias de las bajas temperaturas son: pérdidas de plantas, amarillamiento de las hojas e incremento de la esterilidad de espiguillas.

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

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

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

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

Arguissain (2006), nombra el embarrigado (cuando la panoja ocupa el interior de la vaina de la hoja bandera), como otro momento de alta sensibilidad al frío, específicamente en el estado de microspora, donde se observa macho esterilidad como resultado de baja dehiscencia de las anteras y una cantidad de polen limitada.

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

El período reproductivo del arroz comprendido entre el desarrollo de la panoja y la antesis, es sumamente sensible a las bajas temperaturas. Estos períodos fríos son comunes en la zona este de Uruguay y han sido identificados como una de las principales causas de inestabilidad de los rendimientos. En esta región, durante el mes de

enero y durante las dos primeras décadas de febrero existe una probabilidad de aproximadamente el 20 % de obtener promedios de temperaturas mínimas decádicas menores a 15 °C. Hacia fines de febrero y primeras décadas de marzo aumenta a 30 %, y a fines de marzo supera el 50 % (Blanco et al., citados por Deambrosi et al., 1997).

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

### **2.3.2 .2 Efecto de la alta temperatura**

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

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

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

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

De acuerdo a Satake y Yoshida, citados por De Datta (1981), altas temperaturas el día de la floración, específicamente durante la antesis, fue lo más perjudicial para la fertilidad de espiguillas. Altas temperaturas justo antes de la antesis fue lo segundo más perjudicial, y en cambio si estas se dan después de la antesis, se encontró que tienen poco efecto en la esterilidad de las espiguillas.

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

Lei y Mackill (2002), aseguran que temperaturas altas ( $> 35^{\circ} \text{C}$ ) en el estado reproductivo causan baja fertilidad y pueden disminuir significativamente el rendimiento.

## **2.4 MOMENTO DE COSECHA**

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

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.

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 de plantas, ataque de insectos, pájaros, roedores y reducción del rendimiento de granos enteros en el molino (EMBRAPA, citados por Ribeiro et al., 2004).

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

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

Pedroso (1978), observó en los cultivares EEA-406 e IRGA-407, que estos no presentaron diferencias significativas cuando se cosecharon en distintos estados de maduración, pero hubo una tendencia a producir más, cuando se cosechó con humedades de grano entorno de 20 %, coincidiendo con 40 - 50 días después de completa floración. En la variedad IAS 12-9 Formosa, el autor encontró mejores rendimientos de grano cuando cosechó con humedad de grano menor a 22 %, coincidiendo con 40 DDF. Bluebelle presentó rendimientos bajos cuando se cosechó con elevada humedad, superior a 25 %, observó lo mismo cuando cosechó por debajo de 18 % de humedad de grano lo que se dio después de 50 DDF. También reportó el mismo comportamiento para las variedades CICA-4 e IRGA-408.

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

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.

#### **2.4.1 Rendimiento de arroz cáscara**

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

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

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

Molina et al. (2007), no encontraron efectos significativos de los diferentes momentos de cosechas estudiados (35, 45, 55 y 65 DDF), sobre el rendimiento de arroz.

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

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

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

## **2.4.2 Componentes del rendimiento**

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

### **2.4.2.1 Número de panojas por metro cuadrado**

Segovia (2007), encontró diferencias significativas en el número de panojas por metro cuadrado por el efecto de los diferentes momentos de cosecha. Los menores valores los observó en la primera cosecha (35 DDF), el cual fue estadísticamente inferior a las cosechas realizadas posteriormente. Obtuvo un incremento de 4,4 panojas por día a medida que se retrasaba la cosecha hasta 70 DDF.

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

Roel (1998), observó que el número de panojas por metro cuadrado en INIA Tacuarí fue significativamente inferior en la primer y última cosecha (35 y 75 DDF, respectivamente), siendo el promedio de 594 panojas/m<sup>2</sup>. En INIA Caraguatá y El Paso

144 no observó diferencias en el número de panojas en las diferentes cosechas, siendo el promedio 694 y 571 panojas/m<sup>2</sup> respectivamente para cada variedad.

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

#### **2.4.2.2 Número de granos por panoja**

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

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

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

#### **2.4.2.3 Peso de mil granos**

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

Binotti et al. (2007), evaluaron siete momentos de cosecha (18 a 30 DDF, cada dos días), para el cultivar BRS- Talento, encontrando el mayor peso de mil granos a los 28 días después del 50% de floración y con una humedad de grano 24,55%.

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

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

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

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

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

Blanco y Méndez (1986), para la variedad El Paso 144, encontraron mayor peso de mil granos para la primer cosecha, estadísticamente superior a la segunda y tercer época (50, 60, y 70 DDF respectivamente).

### **2.4.3 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).

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

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

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

#### **2.4.3.1. Rendimiento de blanco total**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Roel (1999), observó que el rendimiento de blanco total en INIA Tacuarí fue afectado por los momentos de cosecha estudiados (35, 45, 55, 65 y 75 DDF), existiendo

una tendencia al aumento de este con el retraso de la cosecha. En INIA Caraguatá el porcentaje de blanco fue significativamente menor en la primera cosecha (35 DDF). En el Paso 144 se observó el mayor valor de blanco en la cosecha 65 DDF y el menor a los 75 días, los cuáles fueron diferentes estadísticamente.

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

#### **2.4.3.2. Porcentaje de granos enteros**

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

Binotti et al. (2007), para la variedad BRS-Talento, evaluaron que el momento de cosecha que arrojó el mayor porcentaje de granos enteros fue entre los 24 a 26 DDF.

Marchezan et al., citados por Binotti et al. (2007), reportan que la época de cosecha que proporciona mayor porcentaje de granos enteros es de 30 a 40 días después de floración plena, cuando la mayoría de los granos tengan entre 18 y 25 % de humedad para los cultivares IAC-4440 e PESAGRO-104.

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

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

Lopes et al. (2011), evaluaron 8 genotipos y encontraron que todos estos presentan su máximo rendimiento de granos enteros cuando la cosecha fue realizada con humedades de grano entre 24% y 18 %. Por otro lado, a medida que la cosecha se atrasó el rendimiento de granos enteros, fue disminuyendo para todos los materiales. En 4 de los cultivares evaluados su rendimiento cayó de forma cuadrática y en 4 de forma lineal, indicando que hay cultivares que presentan menor tolerancia que otros en el atraso de la cosecha.

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

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

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

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

campo después de haber alcanzado la maduración completa, pudiendo ser atribuido al cultivar y a los procesos de pos cosecha.

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

Méndez (1997), estudiando diferente momentos de cosecha encontró para El Paso 144 que en la cosecha realizada a los 45 DDF, el porcentaje de entero cae bruscamente con respecto a la realizada diez días atrás. En cambio en INIA Tacuarí el porcentaje de entero es bajo en la primera cosecha (35 DDF), luego aumenta y disminuye nuevamente en la última cosecha. En INIA Caraguatá el valor de entero se ve afectado en cosechas muy tardías, aunque mostró mayor estabilidad en las diferentes cosechas frente a las otras dos variedades.

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

Smiderle (2007), encontró que el porcentaje de granos enteros varió de 71.23 % de la cosecha realizada a los 22 DDF a 64,6 % en la cosecha 57 DDF y que a partir de los 29 DDF hasta los 43 DDF el rendimiento de grano entero para el cultivar de arroz BRS JABURU no presentó diferencia significativa. El mismo autor en otro experimento observó diferencias entre las cosechas a los 15 y 22 DDF, a partir de la cosecha a los 29 días no se encontraron diferencias significativas.

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

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

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

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

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

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

Según Mc Cauley y Way, citados por Fariña y Platero (2009), en un experimento realizado durante cuatro años en Arkansas, el grano entero molineado aumentó desde la cosecha realizada con 35 % de humedad de grano hasta 15 % de humedad, pero no encontraron diferencias de entero en humedades de grano entre 18 y 20 %. Afirman que el grano entero molineado fue drásticamente afectado por el año.

#### **2.4.3.3. Porcentaje de granos verdes**

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

Lavecchia et al. (2004), determinaron diferencias significativas de diferentes momentos de cosecha sobre el porcentaje de granos verdes, aunque no hubo correlación

con el rendimiento de grano (carga, blanco total, entero). Las dos variedades estudiadas fueron Inia Olimar y El Paso 144.

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

#### **2.4.3.4. Porcentaje de yeso**

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

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

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

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

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

#### **2.4.3.5. Humedad de grano a cosecha y su efecto sobre la calidad**

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

Smiderle (2007), reporta que la humedad de grano a cosecha se redujo de 27,03 % a los 22 DDF a 21,87 % a los 57 DDF. También observó en otro ensayo que la humedad a cosecha bajó de 37,12 % a los 15 DDF a 21,06 % a los 50 DDF y que a lo largo de los seis momentos de cosecha (22, 29, 36, 43, 50 y 57 DDF) se verifica la disminución de la humedad de los granos, lo que traía aparejado paralelamente aumento de la productividad, aumento del peso de granos y en la proporción de granos enteros.

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

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

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

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

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

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

## **2.5 MOMENTO DE RETIRO DE AGUA**

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

Según Adair et al. (1962), el agua debería ser drenada cuando la panoja esta doblada y los granos de la punta de la panoja están maduros y los de la base están en estado pastoso duro, este estado se da alrededor de dos semanas antes de que el cultivo este maduro. Cuando se drena en este estado usualmente deberá haber suficiente

humedad en el suelo para que el cultivo madure normalmente y dentro de dos semanas el suelo deberá estar suficientemente firme como para soportar la maquinaria de la cosecha.

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

1. Menor costo de cosecha. Se reduce la tracción necesaria, al bajar el patinaje y, por consiguiente, el consumo de combustible y el gasto en reparaciones.
2. Ahorro de tiempo. Todas las máquinas (cosechadora, tractores y trineos) pueden circular más rápido.
3. El consumo de agua es menor. Al no tener que mantener el suelo inundado hasta el final, se evitan las últimas reposiciones.
4. Se conserva la nivelación. La sistematización de la chacra se mantiene y se mejora en años sucesivos.
5. Se permite el escurrimiento superficial, evitando los encharcamientos y la saturación del suelo.
6. Se facilitan las operaciones de laboreo. Al no existir excesos de agua, la preparación del suelo se puede realizar antes.
7. Siembra en época del próximo cultivo o pradera en cobertura.

### **2.5.1 Rendimiento de arroz cáscara**

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

Fagundes et al. (2011), evaluaron retiros de agua en diferentes etapas del ciclo del cultivo (100 % excreción de la panoja, grano lechoso, grano pastoso), para tres variedades, no encontrando diferencias significativas en el rendimiento.

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

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

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

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

Lavecchia et al. (1997), estudiaron diferentes momentos de retiro de agua (15, 25, 35 y 45 DDF) y observaron que el rendimiento de arroz cáscara en la variedad INIA Tacuarí se vio afectado por el retiro más temprano. Según los autores, esto se debe, a que el grano no logra llenarse completamente, lo que se refleja en un menor porcentaje de arroz cargo en retiros tempranos de agua. En El Paso 144 el rendimiento se vio afectado por el momento de retiro más temprano, cuando permaneció el agua hasta los 35 y 45 DDF se obtuvieron mayores rendimientos. En la variedad INIA Caraguatá no se vieron efectos significativos.

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

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

Roel (1999), realizó un ensayo con cinco tratamientos de retiro de agua (15, 25, 35, 45, 55 DDF y sin retiro de agua). En ese estudio publica que las plantas de las parcelas drenadas a los 15 días en la variedad INIA Tacuarí se secaron violentamente lo que determinó que volcaran y no se pudiera cosechar, debido al largo período con ausencia de lluvias registrado enseguida de haber drenado las parcelas en ese momento. A diferencia de Roel y Blanco (1997), Roel (1998), observó que el rendimiento de arroz cáscara en INIA Tacuarí fue afectado por los retiros de agua, registrando el menor rendimiento en el retiro a los 25 días después de 50% de floración.

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

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

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

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

### **2.5.2 Componentes del rendimiento**

Gaggero y Marmo (1999), observaron que el retiro de agua no afectó la evolución de llenado de grano ni el rendimiento ni sus componentes en INIA Tacuarí, en INIA Caraguatá y en El Paso 144. Los autores explican los resultados por la ocurrencia

de precipitaciones normales y por la baja demanda atmosférica en épocas pos drenaje. Los momentos de drenaje se realizaron a partir de 15 DDF cada diez días hasta 55 días pos floración.

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

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

#### **2.5.2.1 Número de panojas por metro cuadrado**

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

#### **2.5.2.2. Número de granos por panoja**

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

#### **2.5.2.3. Peso de mil granos**

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

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

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

los componentes del rendimiento. En la variedad El Paso 144 coincide con Roel (1998), en que los componentes del rendimiento no fueron afectados por el manejo del retiro de agua.

### **2.5.3 Calidad industrial**

Blanco y Méndez (1986), estudiaron cuatro momentos de drenaje: 20, 30, 40 y 50 DDF. Concluyeron que, el porcentaje de entero fue la única característica de calidad industrial afectada por las diferentes épocas de retiro de agua.

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

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

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

#### **2.5.3.1. Rendimiento de blanco total**

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

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

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

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

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

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

### **2.5.3.2. Porcentaje de granos enteros**

Blanco y Méndez (1986), sugieren, basándose en los valores de entero que encontraron al estudiar varios momentos de drenaje, que entre 30 y 40 DDF es el mejor momento de retirar el agua. Siendo el porcentaje de entero la limitante para el retiro de agua, la mejor época (más temprana), es a los 30 DDF. Observaron que el porcentaje de entero se vio afectado al 10 % por las épocas de drenaje.

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

Fagundes et al. (2011), realizaron diferentes tratamientos de retiro de agua, en tres variedades de ciclo diferente (BRS Atalanta, BRS Querencia y BRS Pelota), constatando que el rendimiento de entero no se vio afectado por los retiros de agua anticipados a la cosecha para ninguna de las variedades evaluadas.

Según Lavecchia et al. (2004), el rendimiento de entero se vio muy afectado por los retiros de agua en INIA Tacuarí, al igual que en INIA Olimar y El Paso 144. Los retiros tempranos afectaron hasta en 7,9 puntos en INIA Tacuarí. En Inia Olimar se observó una fuerte interacción entre los efectos de retiro de agua y momentos de cosecha obteniéndose los valores más bajos en retiros realizados a los 35 DDF y en cosechas tardías.

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

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

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

Lavecchia et al. (1997), observaron que el porcentaje de arroz entero en la variedad INIA Tacuarí fue afectado por el efecto conjunto del momento de retiro con el momento de cosecha, siendo retiros de agua temprano con cosechas tardías la combinación que lo afecta más. El contenido de arroz entero es menor en el retiro de agua más temprano (15 DDF). Cuando el agua permaneció durante más tiempo se observaron mayores valores de entero. Esto se repite para las otras dos variedades estudiadas, El Paso 144 e INIA Tacuarí.

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

observados de entero se dieron en los drenados a los 35 DDF y en el que permaneció con agua.

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

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

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

### **2.5.3.3. Porcentaje de granos verdes**

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

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

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

#### **2.5.3.4. Porcentaje de yeso**

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

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

Según Lavecchia et al. (1999), el porcentaje de yeso en INIA Tacuarí se vio afectado significativamente por el momento de retiro. Los mayores valores se observaron en el primer retiro (15 DDF). En INIA Caraguatá el porcentaje de yeso fue afectado por la interacción de los efectos de momento de retiro de agua y momento de cosecha, donde se observa que a medida que se atrasan las cosechas los mayores valores de yeso se dan en los retiros más tempranos.

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

#### **2.5.4 Contenido de humedad de grano**

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

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

## **2.6 LLENADO DE GRANO**

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

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN

El ensayo fue realizado en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL), perteneciente al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA Treinta y Tres) durante la zafra 2011/2012. La UEPL está ubicada en la primera sección Judicial del departamento de Treinta y Tres, 28 km al este de la capital del departamento.

#### 3.2 SUELO

Los suelos pertenecen a la Unidad “La Charqueada” según la clasificación de la Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes, el suelo donde se sembró el ensayo corresponde a un Brunosol subéutrico lúvico.

A continuación se presenta el cuadro con los resultados pertenecientes al análisis de suelo.

Cuadro No. 1. Análisis de suelo

Parámetro	Unidad	Valor
pH (agua)		5,5
Materia Orgánica	(%)	2,28
P. ac. Cítrico	(ppm P)	4
K. intercambiable	(meq k. /100 mg)	0,19

#### 3.3 CULTIVARES UTILIZADOS

Los cultivares utilizados en este ensayo fueron El Paso 144 (tipo índica) por ser el más sembrado en el país, además de que existe mucha información sobre el comportamiento agronómico de éste y Parao (japónica tropical), lanzado recientemente.

### 3.4 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, temperatura media y evaporación de la serie histórica (1972 – 2012), del año precedente al que se realizó el ensayo (2010 – 2011) y del año en que se desarrolló el mismo (2011 – 2012). Los datos corresponden al período setiembre – mayo.

En base a esta información se elaboraron cuadros y gráficas que permiten observar el comportamiento de las condiciones ambientales durante el periodo más determinante del rendimiento o periodo crítico (comprendido entre 20 días antes y 20 días post floración). Dicho periodo no coincide para las variedades evaluadas dadas las diferencias fenológicas que presentan.

#### 3.4.1 Heliofanía

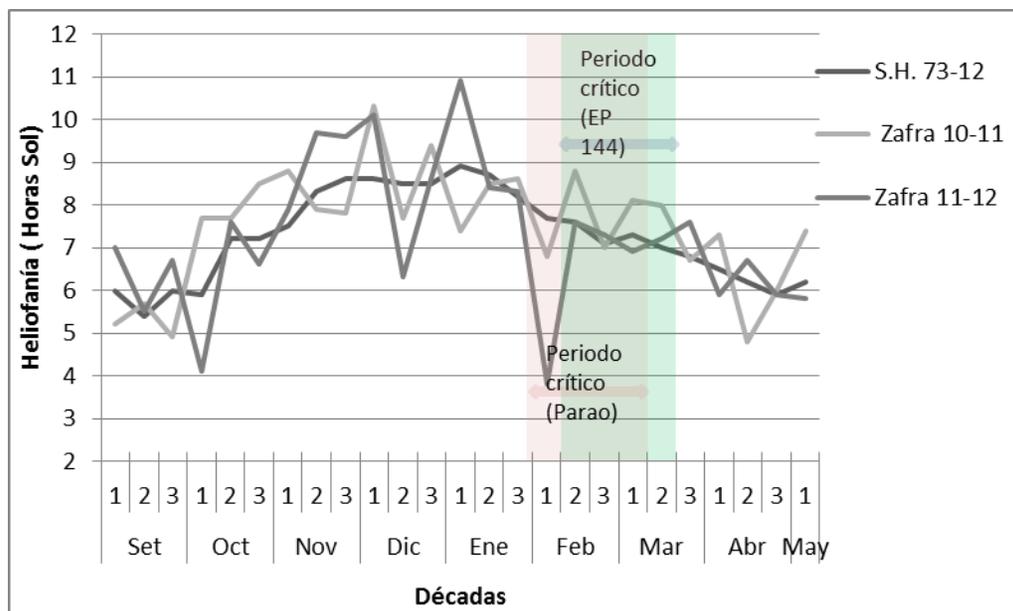


Figura No. 1. Horas de sol decádicas correspondientes a los años 2010/2011, 2011/2012 y Serie histórica 1973/2012.

Rosado: periodo crítico para la variedad Parao (floración 10 de febrero).

Celeste: periodo crítico para la variedad EP 144 (floración 19 de febrero).

Fuente: elaborado en base a datos de la U.E.P.L. Estación agrometeorológica.

Esta variable como se observa en el gráfico, fluctúa a lo largo del tiempo. Durante la fase vegetativa del cultivo se encontró con horas sol por encima de la serie

histórica y de la zafra pasada, en los periodos comprendidos entre la primer década de noviembre hasta la primera de diciembre y entre la tercer década de diciembre hasta la primer década de enero.

En la primer década de enero (inicio de la fase reproductiva en ambos cultivares), se encuentran valores de horas sol superiores a la serie histórica, mientras que para la segunda década de enero son similares a esta, declinando en la tercer década de este mes.

En cambio en la primera década del mes de febrero se registraron valores muy bajos en relación a la serie histórica y los más bajos durante todo el ciclo del cultivo, mientras que en la segunda y tercer década de este mes y la primera década de marzo fueron similares a la serie histórica.

Comparando con la serie histórica y con la zafra pasada las condiciones de heliofanía en el periodo crítico fueron menos favorables.

### 3.4.2 Temperatura

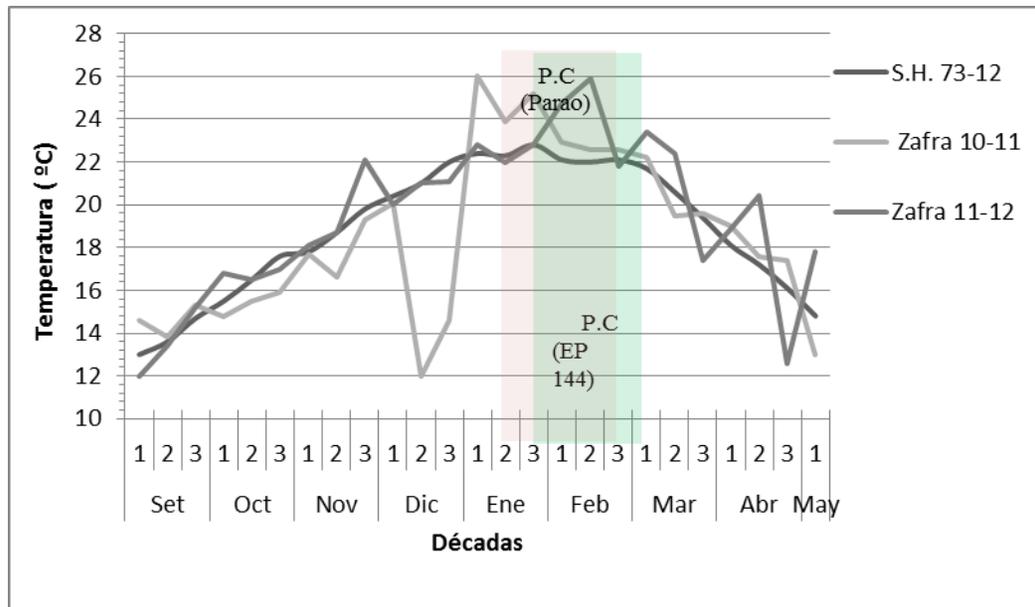


Figura No. 2. Temperatura media decádica correspondiente a los años 2010/2011, 2011/2012 y a la serie histórica 1973-2012.

P.C (Parao): periodo crítico para la variedad Parao (floración 10 de febrero).

P.C (EP 144): periodo crítico para la variedad EP 144 (floración 19 de febrero).

Fuente: elaborado en base a datos de la U.E.P.L. Estación agrometeorológica.

A partir del 12 de noviembre (emergencia de los cultivos) y sobre todo las dos últimas décadas de este mes se observan temperaturas por encima de la serie histórica. Para el mes de diciembre la temperatura es similar a la serie histórica, y supera ampliamente las temperaturas de la zafra pasada.

En el fin de la etapa vegetativa (9 de enero) las temperaturas del periodo actual son coincidentes con la serie histórica. Para el mes de febrero (mes en el cual se sitúa el periodo crítico de los cultivos), las temperaturas son mayores a la serie histórica en las dos primeras décadas y en la última son similares, dando como resultado mayores temperaturas a lo largo de este mes en relación a la serie histórica.

Para los meses de marzo, abril y mayo se ve como fluctúa la temperatura ubicándose en momentos por encima de los datos de la serie histórica y en momentos por debajo de esta.

### 3.4.3 Precipitaciones

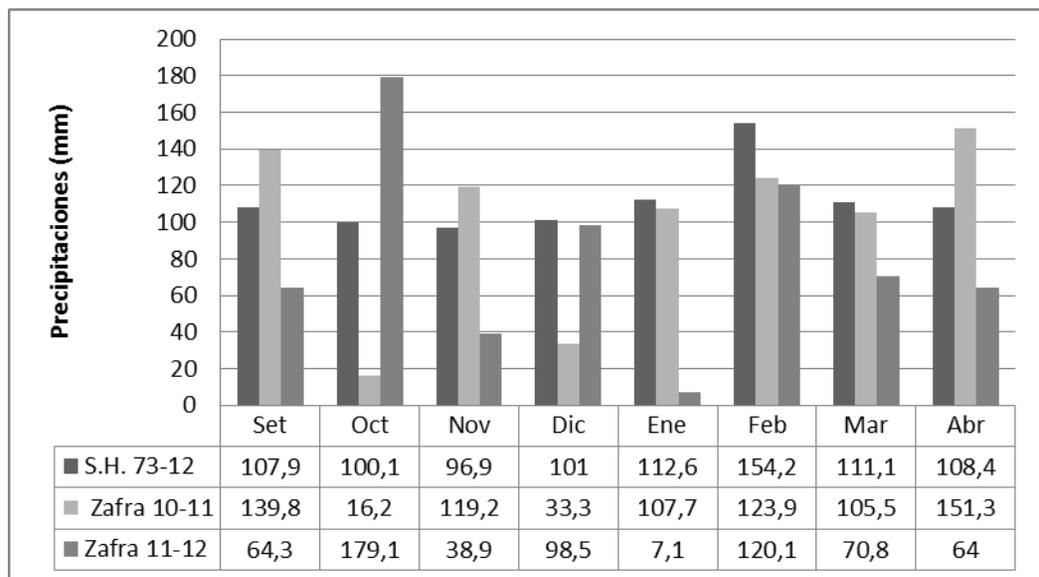


Figura No. 3. Precipitaciones (mm) mensuales para las zafras 2010/2011, 2011/2012, Serie histórica 1973/2012

Fuente: elaborado en base a datos de la U.E.P.L. Estación agrometeorológica.

En la zafra que se realizó el ensayo, en promedio, tuvo precipitaciones menores a la zafra pasada y a la serie histórica. A partir del establecimiento del cultivo, durante todos los meses se presentaron menores precipitaciones que la serie histórica siendo más marcada la diferencia en los meses de noviembre y enero.

### 3.4.4 Evaporación

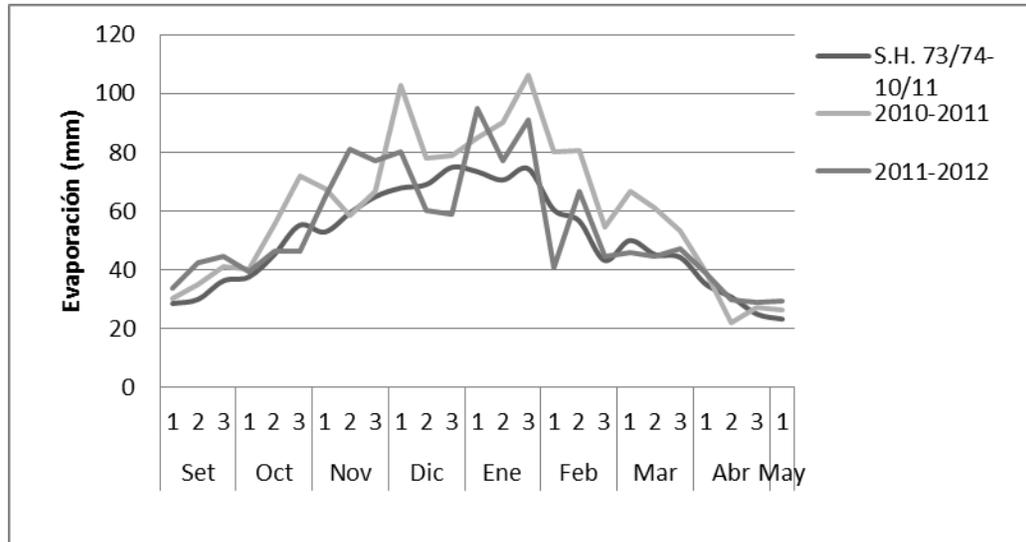


Figura No. 4. Evaporación de tanque “A” para las zafras 2010/2011, 2011/2012 y Serie Histórica 1973/74 a 2010/11.

Fuente: elaborado en base a datos de la U.E.P.L. Estación agrometeorológica.

La evaporación medida en tanque “A”, para el mes de noviembre, primer década de diciembre, enero y segunda década de febrero fue superior a la serie histórica, sin embargo para las dos últimas décadas del mes diciembre y para la primera década del mes de febrero fue inferior. Luego para la tercera década del mes de febrero, marzo, abril y mayo es similar a la evaporación de la serie histórica.

### 3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue de parcelas divididas en bloques completos al azar con tres repeticiones para cada variedad. Cada bloque constó de cinco parcelas grandes de 66 m<sup>2</sup> (10 m de largo por 6,6 m de ancho) que corresponden a los tratamientos de retiro de agua. A su vez, cada parcela fue dividida en cuatro sub parcelas, correspondientes a los tratamientos de momento de cosecha.

### 3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados fueron analizados usando modelos mixtos (PROC MIXED, SAS, de Littell et al., del año 1996).

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

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

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

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

Parcela grande: momento de retiro de agua

Parcela chica (sub-parcela): momento de cosecha

Modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + V_j + \epsilon(a)_{ij} + \alpha_k + (V\alpha)_{jk} + \epsilon(b)_{ijk} + \zeta_l + (\alpha\zeta)_{kl} + (V\zeta)_{jl} + (V\alpha\zeta)_{jkl} + \epsilon_{ijkl}$$

$i = 1, 2, 3$

$j = 1, 2$

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

$l = 1, 2, 3, 4$

- $\mu$  = media
- $\beta_i$  = Efecto del  $i$  - ésimo bloque.
- $V_j$  = Efecto del  $j$  - ésimo variedad
- $\alpha_k$  = Efecto del  $k$  - ésimo momento de retiro de agua.

- $\zeta_l$  = Efecto del l – ésimo momento cosecha.
- $(V\alpha)_{jk}$  = Efecto de la interacción entre el j – ésimo variedad y el k-ésimo momento de retiro de agua
- $(\alpha\zeta)_{kl}$  = Efecto de la interacción entre el k-ésimo momento de retiro de agua y el l – ésimo momento de cosecha.
- $(V\zeta)_{jl}$  = Efecto de la interacción entre el j – ésimo variedad y el l – ésimo momento de cosecha.
- $(V\alpha\zeta)_{jkl}$  = Efecto de la interacción entre el j – ésimo variedad, el k-ésimo momento de retiro de agua y el l – ésimo momento de cosecha.
- $\epsilon(a)$  = Error asociado a la parcela grande.
- $\epsilon(b)$  = Error asociado a la sub-parcela.
- $\epsilon(c)$  = Error asociado a la sub-sub-parcela

### 3.6.1 Hipótesis

#### 3.6.1.1 Hipótesis biológicas

- Ho: Los efectos de los tratamientos son iguales
- Ha: Existe al menos una diferencia entre efectos de los tratamientos.
- Ho: No existe diferencia entre los tratamientos de retiro de agua.
- Ha: Existe al menos una diferencia entre los tratamientos de retiro de agua.
- Ho: No existe diferencia entre los tratamientos de momento de cosecha.
- Ha: Existe al menos una diferencia entre los tratamientos de momento de cosecha.
- Ho: No existe interacción entre momento de retiro y momento de cosecha.

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

### 3.6.1.2 Hipótesis estadísticas

- 1) Ho:  $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{20}$   
Ha: Existe al menos 1  $\mu_i \neq$ .
- 2) Ho:  $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_5$   
Ha: Al menos 1  $\alpha_j \neq$ .
- 3) Ho:  $\zeta_1 = \zeta_2 = \dots = \zeta_4$   
Ha: Existe al menos 1  $\zeta_k \neq$ .
- 4) Ho:  $\alpha_1\zeta_1 = \alpha_1\zeta_2 = \dots = \alpha_5\zeta_4$   
Ha: Existe al menos 1  $\alpha_j\zeta_k \neq$ .

## 3.7 TRATAMIENTOS

Los tratamientos para las dos variedades fueron los siguientes:

Momento de retiro de agua (MR):

**Tratamiento 1:** A 50 % de floración (0 DDF).

**Tratamiento 2:** 15 días después de 50 % de floración (15 DDF).

**Tratamiento 3:** 30 días después de 50 % de floración (30 DDF).

**Tratamiento 4:** 45 días después de 50 % de floración (45 DDF).

**Tratamiento 5:** Sin retiro de agua (SR).

Momento de cosecha (MC):

**Tratamiento 1:** 30 días después de 50 % de floración (30 DDF)

**Tratamiento 2:** 45 días después de 50 % de floración (45 DDF)

**Tratamiento 3:** 60 días después de 50 % de floración (60 DDF)

**Tratamiento 4:** 75 días después de 50 % de floración (75 DDF)

La determinación del 50 % de floración se realizó mediante observación corroborando que aproximadamente la mitad de las plantas tuvieran su panoja fuera de la vaina.

En el cuadro no. 2 se presenta la fecha en que se registraron los distintos eventos fonológicos y en los cuadros 3 y 4 las fechas en que se realizaron los tratamientos para las dos variedades.

Cuadro No. 2. Fecha de eventos fonológicos para las dos variedades.

<b>Variedad</b>	<b>Evento</b>	<b>Fecha</b>
<b>Parao</b>	Emergencia	12-nov-11
	Primordio	09-ene-12
	Floración	10-feb-12
<b>El Paso 144</b>	Emergencia	12-nov-11
	Primordio	09-ene-12
	Floración	19-feb-12

Cuadro No. 3. Calendario de actividades de los tratamientos momentos de retiro de agua para las dos variedades.

<b>Variedad</b>	<b>Parao</b>	<b>El Paso 144</b>
<b>Momento de retiro de agua (DDF)*</b>	Fecha	Fecha
<b>0</b>	10-feb	20-feb
<b>15</b>	24-feb	05-mar
<b>30</b>	12-mar	19-mar
<b>45</b>	26-mar	03-abr
<b>SR**</b>	-----	-----

\* Días después del 50% de floración \*\* Tratamiento sin retiro de agua.

Cuadro No. 4. Calendario de actividades de los tratamientos momentos de cosecha para las dos variedades.

<b>Variedad</b>	<b>Parao</b>	<b>El Paso 144</b>
<b>Momento de cosecha (DDF)*</b>	Fecha	Fecha
<b>30</b>	12-mar	19-mar
<b>45</b>	26-mar	04-abr
<b>60</b>	12-abr	18-abr
<b>75</b>	25-abr	03-may

\*Días después del 50% de floración.

### 3.8 MANEJO

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

Cuadro No. 5. Manejo del cultivo.

<b>Actividad</b>	<b>Fecha</b>	<b>Detalle</b>
<b>Siembra</b>	20-oct-11	Densidad Parao 159 kg/ha, Densidad El Paso 144 146 kg/ha
<b>Fertilización basal</b>	20-oct-11	184 kg/ha de 9-40-13
<b>Emergencia</b>	12-nov-11	
<b>Herbicida</b>	15-oct-11	3.3 l/ha Glifosato
	30-oct-11	0.8 l/ha de Clomazone
	15-nov-11	1.3 l/ha de Quinclorac + 50 gr/ha de Cyperof
<b>Fertilización nitrogenada</b>	12-dic-11	60 kg/ha de Urea (macollaje)
	09-ene-12	60 kg/ha de Urea (primordio)
<b>Inundación</b>	12-nov-11	Luego de fertilización de macollaje

### **3.8.1 Laboreo**

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

### **3.8.2 Siembra**

La siembra se realizó el 20 de octubre de 2011 con las siguientes densidades: Parao a 159 kg de semilla/ha y El Paso 144 a 146kg de semilla/ha. Con una distancia entre hileras de 17 cm.

### **3.8.3 Fertilización**

A la siembra la fertilización basal fue de 184 kg/ha de 9-40-13.

La fertilización nitrogenada consistió en dos coberturas con urea; la primera se realizó en macollaje previo a la inundación (12 de diciembre) con 60 kg/ha de urea y la segunda a primordio (9 de enero), también con 60 kg/ha de urea.

### **3.8.4 Uso de herbicida**

Para el control de malezas se realizaron 3 aplicaciones de herbicidas, una aplicación previa a la siembra del cultivo (13 de octubre), con una dosis 3.3 l/ha de glifosato. Una segunda aplicación con el cultivo ya implantado (30 de octubre), la misma fue de una dosis de 0.8 l/ha de Clomazone y una tercera aplicación (15 de noviembre) con 1.3 l/ha de Quinclorac y 50 g/ha de Cyperof.

### **3.8.5 Inundación**

La inundación se realizó el 12 de noviembre (28 días después de emergencia).

### **3.9. DETERMINACIONES**

#### **3.9.1 Determinaciones a campo**

Con el propósito de evaluar y cuantificar el efecto de la lámina de agua sobre la temperatura y la humedad relativa a nivel de la panoja, fueron instalados sensores HOBO, los mismos se colocaron para la nueva variedad (PARAO), a la altura de la panoja una vez que el cultivo alcanzaba el 50 % de floración y se mantuvieron hasta la última cosecha. Los tratamientos evaluados fueron para los retiros de agua al 50 % de floración (DDF 0) y para el tratamiento que no se retiró el agua (S.R). Estos sensores registraron la evolución de las características antes mencionada cada una hora a lo largo del ciclo del cultivo.

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 en el período en que estuvo cada sensor.

Paralelamente, de manera de caracterizar la oferta de agua del suelo, se realizó un seguimiento periódico del contenido volumétrico de agua en el suelo, mediante el método gravimétrico. Se realizaron determinaciones para cada variedad, en las parcelas correspondientes a los tratamientos de drenaje 0 DDF, 30 DDF y 45 DDF. Para ello se consideraron tres profundidades de suelo (0-10, 10-20 y 20-30 cm).

La determinación del rendimiento de cada tratamiento se realizó en un área efectiva de 4,08 m<sup>2</sup> ocho hileras de ancho por tres metros de largo dejando las tres hileras del borde de la parcela y medio metro en las cabeceras como forma de delinear el área a cosechar. La cosecha consistió en cortar con hoz en el área marcada.

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

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

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

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

Con el fin de determinar la curva de llenado de grano se realizó un seguimiento a partir de diez días después de 50 % de floración hasta sesenta DDF. Al momento de floración se marcaron con anillo de cable aproximadamente 132 panojas por parcela, tomando como criterio que se encuentren en un mismo estadio (panojas totalmente fuera de la vaina de la hoja bandera). Para la selección de las panojas se descartaron los bordes de la parcela. Se tomaron muestras de los tratamientos de retiro de agua de 0 DDF, 30 DDF y DDFS. Se colectaron diez panojas anilladas por tratamiento cada cinco días desde el inicio del muestreo.

### **3.9.2 Determinaciones en laboratorio**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizará por separado para cada variedad, el efecto de los tratamientos en las variables bajo estudio enfatizando en: rendimiento de grano y sus componentes, materia seca a cosecha, índice de cosecha, enfermedades, calidad industrial y evolución del llenado de grano. También se presentará la caracterización micro climática generada de las medidas registradas por los sensores, con distintos manejos de retiro de agua para cuantificar el efecto de la presencia de la lámina de agua.

#### **4.1 RESULTADOS EN LA VARIEDAD EL PASO 144**

##### **4.1.1. Rendimiento y sus componentes**

En los siguientes cuadros se detallará el efecto de los momentos de cosecha, momentos de retiro de agua y la interacción de ambas variables sobre el rendimiento y sus componentes para la variedad El Paso 144.

Cuadro No. 6. Resultados del análisis estadístico realizado con las interacciones de rendimiento y sus componentes, porcentaje de humedad de grano y porcentaje de verde, según momento de retiro de agua, momento de cosecha y la interacción de ambos, para la variedad El paso 144.

Efecto	Rend. ** (Kg/há)	Humedad (%)	Verde (%)	Panojas /m <sup>2</sup>	Granos tot / panoja	Esterilidad (%)	Peso de 1000 granos
P*(MR)**	<0,04	<0,0008	n.s****	n.s	n.s	n.s	n.s
P.(MC)***	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,01	<0,0001	0,0006	<0,0001
P.(MR*MC)***	n.s	<0,04	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Media	9244	20,5	3	589	115	17,5	25,1

\* Probabilidad Momento de retiro de agua \*\* Momento de cosecha  
 \*\*\* Interacción entre tratamiento de retiro de agua y momento de cosecha \*\*\*\* No significativo \*\*\*\*\* Rendimiento.

Como se puede observar en el cuadro anterior la mayoría de los parámetros no se vieron afectados por los tratamientos de retiro de agua. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas en cuanto al rendimiento y a la humedad del grano.

Por otro lado el momento de cosecha afectó al rendimiento y a todos los parámetros estudiados.

La única variable que mostró interacción por los efectos del momento de retiro de agua y momento de cosecha, fue el porcentaje de humedad, estos resultados coinciden con Fariña y Platero (2009), para la variedad INIA Olimar. A diferencia de Roel (1998, 1999), donde no encontró interacción en ninguno de los parámetros estudiados.

#### 4.1.2 Efecto del momento de retiro de agua

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

Cuadro No. 7. Efecto del momento de retiro sobre el rendimiento y sus componentes, porcentaje de humedad y porcentaje de verde para la variedad El Paso 144.

Retiro de agua(DDF)	Rend. kg/ha		Humedad (%)		Verde (%)	Panojas /m <sup>2</sup>	No. granos tot./pan.	Esterilid. %	Peso de 1000 granos (gr)
0	7550	b	8.3	b	5.8	559	108	19.1	24.3
15	9272	a	20.4	a	8.2	578	116	15.0	25.2
30	9383	a	20.9	a	9.3	612	112	18.5	25.3
45	10084	a	21.5	a	9.1	590	123	17.5	25.1
SR	9932	a	21.5	a	8.3	607	114	17.1	25.6
P.(Retiro)	<0.04		<0.008		ns	ns	ns	ns	ns
Media	<b>9244</b>		<b>20.5</b>		<b>3.0</b>	<b>589</b>	<b>115</b>	<b>17.5</b>	<b>25.1</b>
Coef. Var.	10.3		5.73		37.4	14.3	9.8	27.1	2.79

P.: Probabilidad; DDF: Días después del 50% de floración; ns: no significativo.  
 Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05.

##### 4.1.2.1 Rendimiento

Del análisis de varianza se concluye que el tratamiento de retiro de agua más temprano (0 DDF) afecta el rendimiento de grano, siendo éste estadísticamente inferior a los rendimientos obtenidos en los restantes tratamientos, lo que coincide a lo publicado

por Lima et al. (2005), quienes afirman que retiros de agua muy tempranos afectan la productividad. Fariña y Platero (2009), coinciden, explicando esta menor productividad debido al bajo peso de mil granos y al alto porcentaje de esterilidad. Esta diferencia podría estar asociada con una reducción de la humedad del suelo y consecuentemente con una menor absorción de agua y nutrientes para la planta, lo que se refleja en la productividad del tratamiento con el retiro de agua a más anticipado.

A partir del retiro a 15 DDF los retiros de agua realizados no muestran diferencia significativa en el rendimiento, coincidiendo con lo reportado por Gaggero y Marmo (1999), Molina et al. (2007), Fariña y Platero (2009). Sin embargo Segovia (2007), obtuvo diferencias significativas en el rendimiento, pero se debió al ataque de cascarudo (*Eutheolahumilis*) que afectó esa zafra.

#### **4.1.2.2 Porcentaje de humedad**

Se desprende del cuadro anterior, que el tratamiento con retiros de agua a 50% de floración (0 DDF), presenta valores más bajos de humedad de grano que el resto de los tratamientos. Molina et al. (2007), en un experimento (no hubo un retiro de agua a 0 DDF), no encontraron diferencias significativas para los retiros de agua 15 y 25 días después del 50 % de floración, sin embargo encontraron valores de humedad de grano inferiores, en los tratamientos con retiros posteriores al día 25.

#### **4.1.2.3 Porcentaje de verde**

El porcentaje de verde no fue afectado significativamente por los momentos de retiro de agua, coincidiendo con Roel (1998, 1999), Lavecchia et al. (2004), Segovia (2007), Molina et al. (2007), Fariña y Platero (2009).

Cabe remarcar que los autores citados anteriormente a excepción de Fariña y Platero (2009), no realizaron retiros de agua en floración, sino que a partir de 15-20 DDF.

En la siguiente figura se puede observar gráficamente lo expuesto anteriormente.

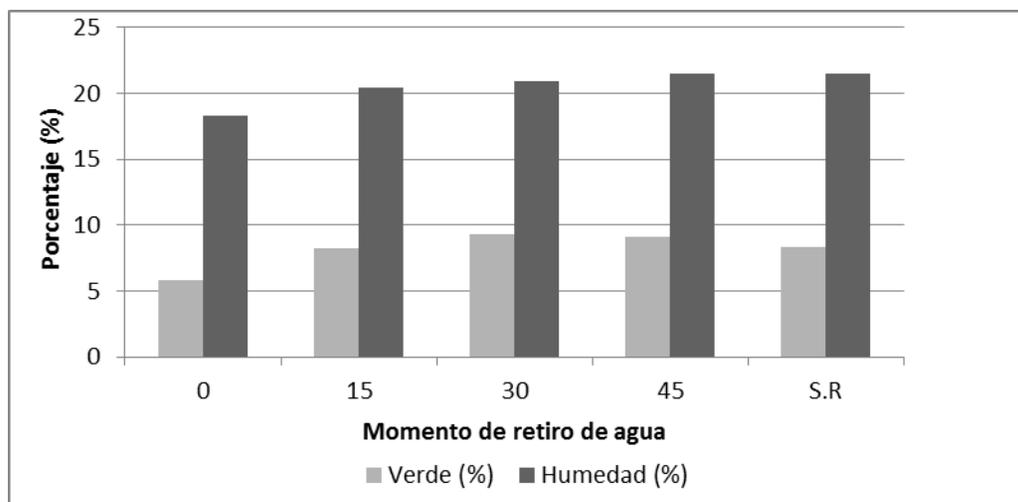


Figura No. 5. Efecto del retiro de agua sobre porcentaje de humedad y porcentaje de verde.

#### 4.1.2.4 Número de panojas por metro cuadrado

El promedio de panojas por metro cuadrado para este ensayo fue de 589. Como se observó en el cuadro no. 7, el momento en que se retira el agua no afecta el número de panojas. Esto coincide con lo encontrado por Roel y Blanco (1997), Roel (1998, 1999), Fariña y Platero (2009), considerando el mismo período de evaluación, dado que estos ensayos no incluían un retiro a 50% de floración (0 DDF), a diferencia del experimento conducido por Fariña y Platero (2009). Sin embargo, Molina et al. (2007), encontraron efectos en esta variable.

#### 4.1.2.5 Número de granos totales por panoja

Es el resultado de la sumatoria de granos llenos y chuzos, no fue afectado significativamente por los diferentes tratamientos de retiro de agua, promediando en 115 granos totales por panoja. Similar a Roel (1998, 1999).

Este resultado es diferente a lo encontrado por Fariña y Platero (2009), con la variedad INIA Olimar, donde el número de granos fue menor con diferencias estadísticas, siendo el tratamiento de retiro 15 DDF y SR los de menor número de granos por panoja.

#### 4.1.2.6 Peso de mil granos

El peso de mil granos no fue afectado significativamente por el momento de retiro de agua, lo que coincide con Roel y Blanco (1997), Roel (1998, 1999), Gaggero y Marmo (1999), quienes no encontraron diferencias en el peso de mil granos al realizar retiros de agua a partir de 15 DDF. Sin embargo Fariña y Platero (2009), encontraron menor peso de mil granos en el retiro más anticipado (0 DDF).

#### 4.1.2.7 Porcentaje de esterilidad

Esta variable tampoco fue afectada significativamente por los momentos de retiros, resultados similares a Roel (1998, 1999).

Fariña y Platero (2009), obtuvieron diferencias significativas para esta característica, destacando que el primer tratamiento de retiro de agua fue el que presentó mayor porcentaje de esterilidad.

#### 4.1.2.8 Índice de cosecha y materia seca

Cuadro No. 8. Efecto del momento de retiro de agua sobre la producción de materia seca a cosecha y el índice de cosecha, para la variedad El Paso 144.

Retiro de agua (DDF)	Materia seca (kg/ha)	Índice de cosecha
0	20007	0.39
15	20785	0.45
30	22132	0.44
45	25016	0.41
SR	23031	0.43
P.(Retiro)	Ns	ns
Media	<b>22194</b>	<b>0.42</b>
Coef. Var.	13.9	15.5

P.: Probabilidad; DDF: Días después del 50% de floración; ns: no significativo. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para  $P < 0.05$ .

El momento de retiro de agua no afectó significativamente la producción de materia seca y el índice de cosecha, coincidiendo con Fariña y Platero (2009).

### 4.1.3 Efecto del momento de cosecha

Cuadro No. 9. Resultados del análisis estadístico para porcentaje de humedad y verde, rendimiento y sus componentes, según momento de cosecha para El Paso 144.

M. de cosecha (DDF)	Rend. kg/ha	Humedad (%)	Verde (%)	Panojas /m <sup>2</sup>	No. granos tot./pan.	Esterilidad %	Peso de 1000 granos (gr)
30	8981 c	27.2 a	1.0 a	526 b	116 b	21.4 a	24.9 B
45	10343 a	22.2 b	0.8 b	623 a	129 a	14.0 c	25.3 A
60	9515 b	17.5 c	0.5 c	625 a	111 b	17.1 b	24.7 B
75	8136 d	15.0 d	0.2 c	584 ab	102 c	17.3 b	25.4 A
P.(MC)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Media	<b>9244</b>	<b>20.5</b>	<b>3.0</b>	<b>589</b>	<b>115</b>	<b>17.5</b>	<b>25.1</b>
Coef. Var.	10.3	5.73	37.4	14.3	9.8	27.1	2.79

P.: Probabilidad; DDF: Días después del 50% de floración; ns: no significativo. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para  $P < 0.05$ .

#### 4.1.3.1 Rendimiento

El rendimiento de grano de los diferentes tratamientos fue afectado significativamente por el momento de cosecha. El rendimiento promedio del ensayo fue de 9244 kg/ha., esto refleja las excelentes condiciones climáticas que presentó la zafra.

Desde el punto de vista de rendimiento de grano, el momento óptimo de cosecha para este ensayo fue a los 45 DDF, lográndose un rendimiento de 10343 kg/ha, siendo significativamente superior a los momentos de cosecha previos y posteriores. Estos resultados coinciden con los encontrados por Chebataroff (1983), Acosta (1988), Méndez (1997), Roel (1999), Smiderle et al. (2007), Fariña y Platero (2009), entre otros.

Por otra parte, el momento de cosecha realizado a los 75 DDF presentó un rendimiento de 8136 kg/ha, significativamente inferior al resto de los tratamientos. Similares resultados encontraron Blanco y Méndez (1996), Roel (1998), Fariña y Platero (2009). Esto podría darse por desgrane natural y acamado de plantas lo que impide la cosecha de esos granos, dando como resultado menor rendimiento por hectárea. En cambio, Roel (1999), Molina et al. (2007), Segovia (2007), no encontraron diferencias significativas.

#### 4.1.3.2 Porcentaje de verde

El porcentaje de granos verdes fue afectado significativamente por el momento de cosecha. En la figura No. 6 se visualiza esto gráficamente. Se evidencia una disminución del porcentaje de verde desde las cosechas más tempranas hasta los dos últimos momentos de cosecha, donde el porcentaje de verde se estabiliza con valores cercanos a 0 %. Se observa un acompañamiento en la disminución del verde con la humedad de grano; similar resultado fue obtenido por numerosos autores, entre los que se encuentran Acosta (1988), Blanco y Méndez (1996), Lavecchia et al. (1999, 2004), Molina et al. (2007), Segovia (2007), Fariña y Platero (2009).

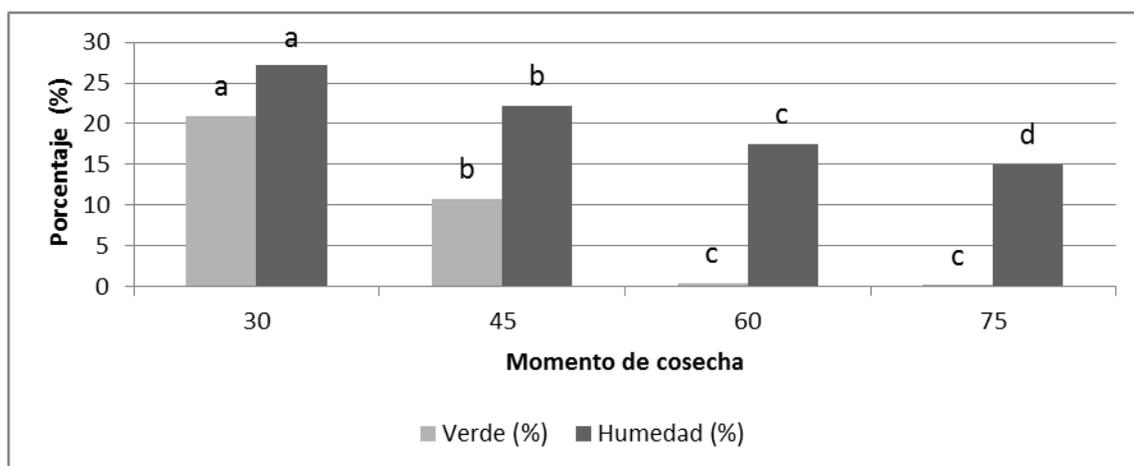


Figura No. 6. Porcentaje de humedad y de verde según el momento de cosecha. Letras diferentes entre sí son estadísticamente diferentes.

#### 4.1.3.3 Número de panojas por metro cuadrado

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

El momento de cosecha más temprano 30 DDF fue el que presentó menor número de panojas/m<sup>2</sup> (526 panojas/m<sup>2</sup>), seguido de la cosecha más tardía, a los 75 DDF (584 panojas/m<sup>2</sup>). Por otra parte, el mayor número de panojas por metro cuadrado se dio a los 60 DDF (625 panojas/m<sup>2</sup>), pero sin diferencia significativa con el tratamiento 45 DDF 623 (panojas/m<sup>2</sup>). El promedio de panojas por metro cuadrado fue de 589 (panojas/m<sup>2</sup>).

En la figura no. 7 se puede apreciar la evolución de este componente.

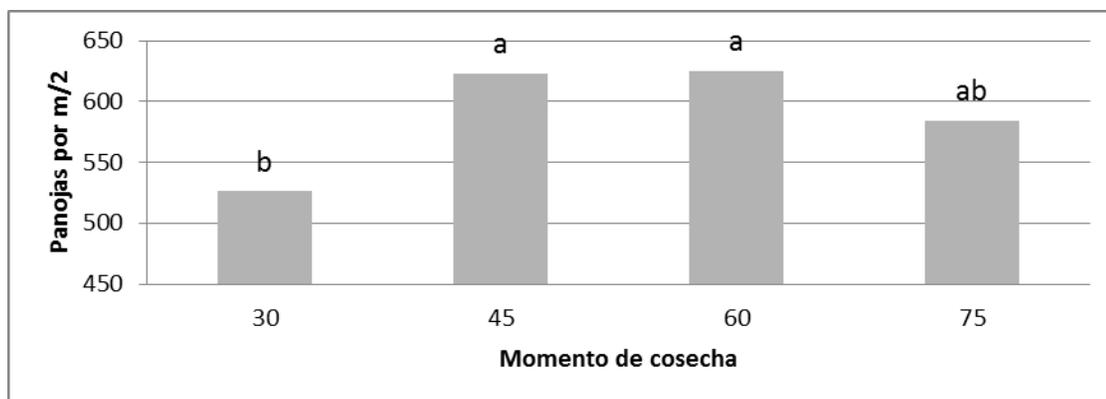


Figura No. 7. Numero de panojas por metro cuadrado según el momento de cosecha. Letras diferentes entre sí son estadísticamente diferentes.

Resultados similares a estos fueron reportados por Roel y Blanco (1997), Roel (1999), Molina et al. (2007), Fariña y Platero (2009), quienes encontraron un menor número de panojas por metro cuadrado en las cosechas más atrasadas, de 65 a 75 DDF. Segovia (2007), en cambio encontró diferencias significativas en esa variable pero con tendencias contrarias a las mencionadas anteriormente.

#### 4.1.3.4 Número de granos totales por panoja

Se encontraron diferencias en cuanto al número de granos por panoja, donde el tratamiento a los 45 DDF obtuvo el mayor número de granos totales por panoja coincidiendo con el mayor rendimiento en grano; al igual que Roel (1999), Molina et al. (2007).

En cambio Roel y Blanco (1997), Roel (1998), encontraron que el número de granos totales por espiga no se vio afectado significativamente por los momentos de cosecha.

#### 4.1.3.5 Peso de mil granos

Esta variable se vio afectada significativamente por el momento de cosecha, presentando un valor promedio de 25,1 gramos las mil semillas.

Los menores pesos de granos se registraron en la cosecha más temprana, 30 DDF y a los 60 DDF con 24,9 y 24,7 gramos respectivamente. La cosecha de 45 y 75 DDF son las que presentaron pesos de granos superiores con 25,3 y 25,4 gramos respectivamente; coincidiendo de esta manera el mayor peso de granos con el mayor rendimiento de arroz cáscara para el tratamiento 45 DDF. Resultados similares, también

son publicados por Gaggero y Marmo (1999), Smiderle et al. (2007), Smiderle y Díaz (2008), quienes reportan máximos valores de peso de mil granos entre los 41 y 50 DDF. Coincidiendo con Chebataroff et al. (1984), Blanco y Méndez (1986), estos autores encontraron el máximo peso de mil granos a los 50 DDF, con la diferencia que disminuye en cosechas posteriores (60 y 70 DDF), debido a que después de ese momento empiezan a caer los granos llenos, siendo los más pesados.

#### 4.1.3.6 Porcentaje de esterilidad

Los momentos de cosecha incidieron significativamente sobre el porcentaje de esterilidad de los granos. La cosecha realizada a los 30 DDF presentó una esterilidad superior a los demás momentos de cosecha, coincidiendo con Fariña y Platero (2009).

El menor valor de esterilidad coincide con el momento óptimo de cosecha a los 45 DDF, aumentando levemente en las cosechas finales. Estos resultados son explicados por la bibliografía citada debido a que en cosechas tempranas (30 DDF) no se ha terminado el proceso de llenado de granos, resultando en altos valores de granos vacíos o chuzos.

#### 4.1.3.7 Índice de cosecha y materia seca

Con el fin de determinar si existió efectos de los momentos de cosecha sobre la producción de materia seca y sobre el índice de cosecha se realizó el análisis estadístico.

Cuadro No. 10. Efecto del momento de cosecha sobre la producción de materia seca a cosecha y el índice de cosecha.

M. de cosecha (DDF) *	Materia seca (kg/ha)	Índice de cosecha
30	19751 c ***	0.46 a
45	24630 a	0.42 ab
60	23208 ab	0.42 ab
75	21188 bc	0.39 b
P.(MC) **	<0.0003	<0.04
P.(Retiro*MC)	ns ****	ns
Media	<b>22194</b>	<b>0.42</b>
Coef. Var.	13.9	15.5

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

De acuerdo al análisis estadístico que se presentó en el cuadro anterior, se observa que los momentos de cosecha afectaron significativamente la producción de materia seca a cosecha, siendo superior la obtenida a los 45 DDF, no habiendo diferencia significativa con la obtenida a los 60 DDF. Esto coincide con el momento en que se registró el mayor rendimiento de grano; coincidiendo con Fariña y Platero (2009).

La menor producción de materia seca se observa en la cosecha más temprana (30 DDF), sin diferir estadísticamente con la más tardía (75 DDF), esto indica que hay un rango de días óptimos luego del 50 % de floración para obtener la máxima producción de materia seca a cosecha.

En cuanto al índice de cosecha, hay diferencia significativa entre el tratamiento 30 DDF y el tratamiento DDF 75, se observa una tendencia a obtener menores índices de cosecha a medida que se atrasa la cosecha. A diferencia de Fariña y Platero (2009), donde el índice de cosecha no fue afectado significativamente por los momentos de cosecha.

#### **4.1.4 Interacción entre los momentos de cosecha y drenaje**

Al analizar el resultado estadístico de la interacción entre los dos efectos sobre el rendimiento y sus componentes (cuadro no. 11), se observa que únicamente existió interacción significativa para la humedad de grano.

##### **4.1.4.1 Porcentaje de humedad de grano**

Esta fue la única variable que presentó una interacción significativa al cinco por ciento entre el momento de retiro de agua y el momento de cosecha. En el cuadro no. 11 se presenta los resultados de la interacción.

Cuadro No. 11. Resultado del análisis estadístico de la interacción entre los momentos de cosecha y retiro de agua para porcentaje de humedad.

Momento de cosecha (DDF) *	Momento de retiro de agua (DDF)										
	0		15		30		45		SR <sup>****</sup>		Media total
<b>30</b>	25,4	***bc	27,4	a	28,2	a	27,7	a	27,4	ab	27,2
<b>45</b>	19,4	e	21,8	d	23,1	d	23,3	d	23,7	cd	22,3
<b>60</b>	14,3	g	7,1	f	17,3	f	19,3	e	19,3	e	17,5
<b>75</b>	14,1	g	15,2	g	14,8	g	15,4	fg	15,5	fg	15,0
<b>Media Total</b>	18,3		0,4		20,9		21,4		21,5		
<b>P&lt;0,05<sup>**</sup></b>	<0,01		0,01		<0,01		<0,01		<0,01		

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

Se dice que hay interacción dado que en todos los momentos de retiro de agua, los momentos de cosecha no se comportan de la misma manera. Para todos los momentos de retiros de agua los momentos de cosecha a los 30 DDF registraron porcentaje de humedad significativamente mayor que cosechas posteriores, a excepción de los tratamientos que no se le retiro el agua (SR) y se cosecho el día 45 (45 DDF) y donde el retiro se realizó a floración (0 DDF), y se cosecho el día 30 (30 DDF).

En la media total de los retiros de agua se observa como aumenta el porcentaje de humedad a medida que se retrasa el retiro de agua, así como también en la media total de los momentos de cosecha disminuye en las cosechas más tardías.

La humedad es superior en la interacción de los tratamientos de retiros de agua más tardíos y cosechas más tempranas, con respecto a aquellos tratamientos donde los retiros de agua fueron más tempranos y las cosechas más tardías.

En la siguiente figura se puede observar gráficamente la evolución del contenido de humedad en grano, en los distintos momentos de cosecha y para los diferentes momentos de retiro.

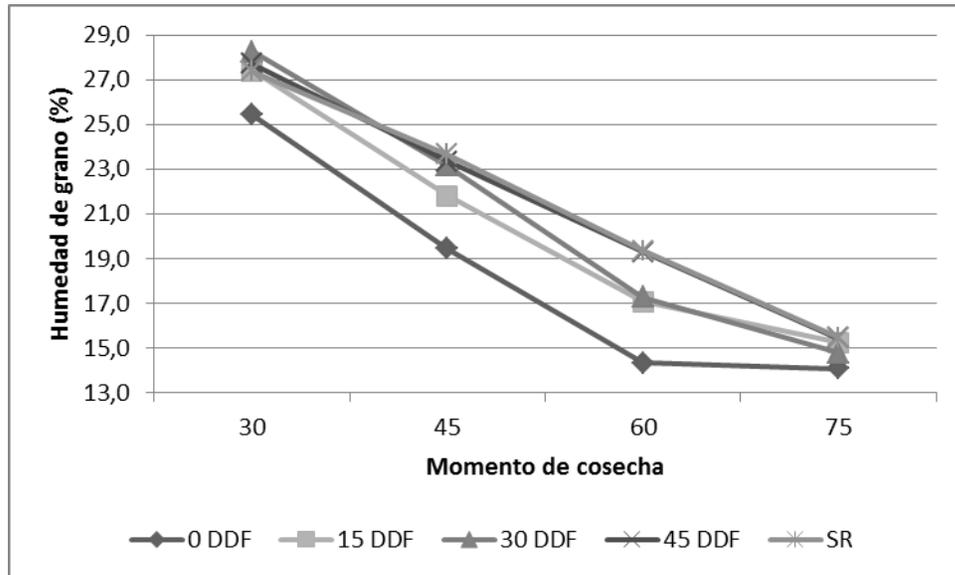


Figura No. 8. Humedad del grano para los tratamientos de retiro de agua (0, 15, 30, 45 DDF y SR), según momento de cosecha para la variedad El Paso 144.

Se evidencia que en los tratamientos de retiro más tardíos (45 DDF y SR), la disminución de la humedad es más lenta a medida que la cosecha se atrasa.

#### 4.2 CALIDAD INDUSTRIAL EL PASO 144

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

Cuadro No. 12. Resumen del análisis estadístico para las características de calidad industrial según momento de cosecha y de retiro de agua, y la interacción de ambos.

Efecto	Blanco total (%)	Entero (%)	Quebrado (%)	Yeso (%)
P <sup>*</sup> .(MR) <sup>**</sup>	n.s <sup>*****</sup>	<0,02	<0,01	<0,03
P.(MC) <sup>***</sup>	<0,0001	<0,01	<0,0001	<0,0001
P.(MC*MR) <sup>****</sup>	n.s	<0,0002	<0,0001	<0,001
Media	<b>68,8</b>	<b>59,2</b>	<b>9,7</b>	<b>6,7</b>
C.V (%) <sup>*****</sup>	1,7	4,2	18,9	16,4

<sup>\*</sup> Probabilidad <sup>\*\*</sup> Momento de retiro <sup>\*\*\*</sup> Momento de cosecha de agua <sup>\*\*\*\*</sup> Interacción entre tratamiento de cosecha y momento de cosecha <sup>\*\*\*\*\*</sup> Coeficiente de variación <sup>\*\*\*\*\*</sup> No significativo.

#### 4.2.1 Efecto del momento de retiro de agua

En este punto se analizará cómo fueron afectados los componentes de calidad industrial frente a los diferentes momentos de retiro de agua. Dichos resultados se presentan en el cuadro no. 13.

Cuadro No. 13. Efecto del momento de retiro de agua sobre la calidad del grano.

Retiro de agua(DDF) <sup>*</sup>	Blanco Total (%)	Entero (%)	Quebrado (%)	Yesado (%)
0	68.3	55.9   b <sup>*****</sup>	12.4   a	7.6   a
15	68.8	59.0   A	9.8   b	7.1   a
30	68.9	60.1   A	9.1   b	6.0   b
45	69.3	60.7   A	8.6   b	6.7   ab
SR <sup>**</sup>	68.9	60.3   A	8.6   b	6.1
P.(Retiro) <sup>***</sup>	n.s <sup>*****</sup>	<0.02	<0.01	<0.03
Media	<b>68.8</b>	<b>59.2</b>	<b>9.7</b>	<b>6.7</b>
Coef. Var.	1.7	4.2	18.9	16.4

<sup>\*</sup> Días después de floración <sup>\*\*</sup> Tratamiento sin retiro de agua <sup>\*\*\*</sup> Valores menores a 0.05 son significativos con un 95 % de confianza <sup>\*\*\*\*</sup> No significativo <sup>\*\*\*\*\*</sup> Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05.

#### **4.2.1.1 Rendimiento de blanco total**

Las diferentes fechas de drenaje no afectaron significativamente el rendimiento de blanco total, ni tampoco se observó una tendencia definida, coincidiendo con Lavecchia et al. (2004), quien trabajó con INIA Tacuarí e INIA Olimar. Sin embargo, estos resultados no concuerdan a los hallados por Lavecchia et al. (1997), quienes encontraron que retiros tempranos de agua afectaron el rendimiento de blanco total, y retiros más tardíos resultaron en mayores rendimientos de esta característica. Segovia (2007), trabajando con INIA Olimar, encontró efectos significativos sobre esta variable, con valores más bajos cuando fue drenando a los 15 DDF, en cambio, Molina et al. (2007), Fariña y Platero (2009), con la misma variedad no encontraron efectos.

#### **4.2.1.2 Porcentaje de entero**

Esta variable de la calidad industrial se vio afectada significativamente por el tratamiento de retiro de agua, donde el tratamiento 0 DDF presentó el menor porcentaje de entero. Resultados similares encontraron Counce et al. (2007), los tratamientos donde se retiró el agua en floración resultaron en una disminución del rendimiento de grano entero, sin embargo para los tratamientos drenados a las 2 semanas después de floración, comparada con los drenados a las 4 semanas, redujo el porcentaje de grano entero y rendimiento de grano. En un experimento realizado por Roel y Blanco (1997), estudiando diferentes momentos de drenaje con la misma variedad, no se afectaron significativamente ninguno de los componentes de calidad industrial.

#### **4.2.1.3 Porcentaje de yeso**

En cuanto al porcentaje de yeso, el promedio de este experimento fue de 6.7%. Los momentos de retiro causaron efectos significativos sin evidenciar una tendencia clara, difiriendo con Molina et al. (2007), Fariña y Platero (2009), quienes no encontraron diferencias significativas. Estos resultados concuerdan de los encontrados por Acosta (1988), Lavecchia et al. (1999), Lavecchia et al. (2004), Segovia (2007), ya que estos reportan efectos significativos del momento de drenaje sobre el porcentaje de yeso.

Los mayores valores de granos yesosos se registraron en los retiros 0 DDF, 15 DDF y 45 DDF, mientras que los menores valores coinciden con los retiros de agua 30 DDF y el tratamiento que no se le retiró el agua (SR).

#### 4.2.2 Efecto del momento de cosecha

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

Cuadro No. 14. Efecto del momento de cosecha sobre los componentes de calidad industrial del grano.

M. de cosecha (DDF)*	Blanco Total (%)		Entero (%)		Quebrado (%)		Yesado (%)	
30	65.8	b***	7.9	c	7.9	c	5.0	c
45	69.9	a	60.7	a	9.4	b	7.4	b
60	69.9	a	58.6	bc	11.3	a	8.1	a
75	69.7	a	59.6	ab	10.1	ab	6.4	b
P.(MC)	<0.0001		<0.01		<0.0001		<0.0001	
P.(Retiro*MC)	ns****		<0.0002		<0.0001		<0.01	
Media	<b>68.8</b>		<b>59.2</b>		<b>7.7</b>		<b>6.7</b>	
Coef. Var.	1.7		4.2		23.9		16.4	

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

##### 4.2.2.1 Rendimiento de blanco total

Como muestra el cuadro anterior el rendimiento de blanco total fue afectado significativamente por los distintos momentos de cosecha. El resultado obtenido coincide con la bibliografía citada, ya que Méndez (1997), observó para la misma variedad, que los valores más bajos generalmente se registran en cosechas tempranas (30 DDF) debido a un menor llenado de grano lo que implica que no se alcanzan los niveles exigidos por la industria (70 %), la diferencia encontrada con este autor es que los valores de blanco total aumentan al retrasar la cosecha y en este experimento luego de la cosecha a los 30 DDF los valores de blanco total se mantienen constantes.

El menor valor de blanco registrado en el último momento de cosecha no coincide con Blanco y Méndez (1996), Lavecchia et al. (1999), Fariña y Platero (2009), ya que reportan que los valores de blanco disminuyen en cosechas muy tardías.

En la siguiente figura se puede apreciar le evolución de Blanco total a medida que se atrasan las cosechas.

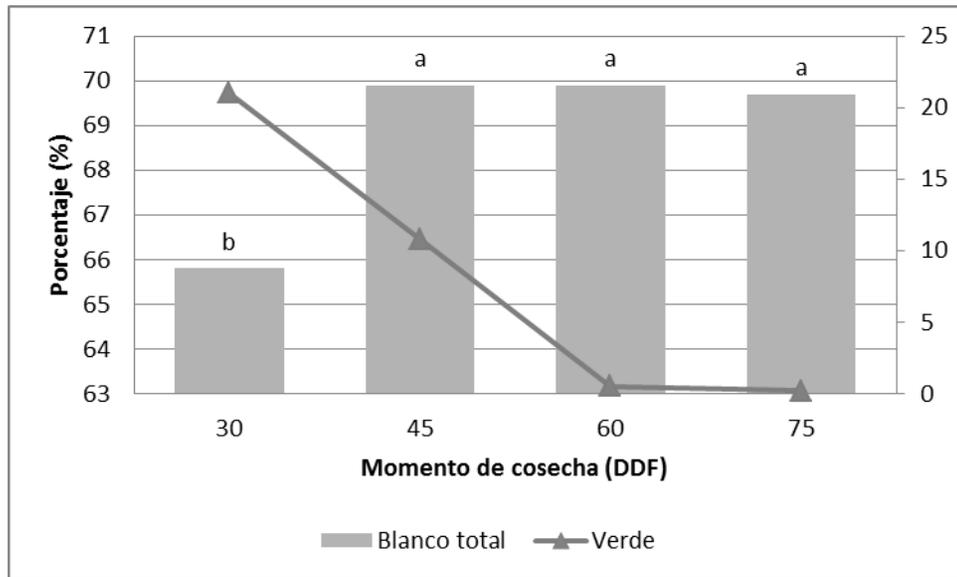


Figura No. 9. Evolución del porcentaje de blanco total y de verde en las diferentes cosechas.

#### 4.2.2.2. Porcentaje de yeso

El porcentaje de yeso fue afectado por el momento de cosecha. Los valores no muestran una tendencia clara a lo largo de las diferentes cosechas. Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos por Blanco y Méndez (1996), Méndez (1997), Lavecchia et al. (1999, 2004), quienes publican que el porcentaje de yeso es afectado por el momento de cosecha, a diferencia que, indican que este valor disminuye a medida que la cosecha se atrasa y en este caso en la primer cosecha (30 DDF), encontramos los valores más bajos y los valores más altos de yesado se dan en la cosecha a los 60 DDF. Por otro lado, Segovia (2007), Fariña y Platero (2009), no encontraron efectos sobre el porcentaje de yeso.

#### 4.2.3 Interacción entre los momentos de drenaje y momentos de cosecha

Las variables de calidad industrial que presentaron interacción por los efectos del momento de retiro y el de cosecha, fueron el porcentaje de entero, quebrado y yesado.

En los siguientes cuadros se presentan los resultados del análisis estadístico de la interacción de los dos efectos.

Cuadro No. 15. Resultados del análisis estadístico de la interacción por los efectos de retiro de agua y momento de cosecha para porcentaje de grano entero.

Momento de cosecha (DDF)*	Momento de retiro de agua (DDF)										
	0		15		30		45		SR****		Media total
<b>30</b>	59,2	abcde***	57,4	cdef	56,5	def	58,1	cdef	58,1	bcdef	57,9
<b>45</b>	58,7	bcdef	62,6	ab	63,1	a	59,6	abcde	59,5	abcde	60,7
<b>60</b>	50,7	g	59,8	abcd	59,4	abcde	62,0	ab	61,2	abc	58,6
<b>75</b>	55,1	f	55,9	ef	61,5	abc	62,9	a	62,4	ab	59,6
<b>Media Total</b>	55,9		58,9		60,1		60,6		60,3		
<b>P&lt;0,05**</b>	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		

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

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

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

El porcentaje de entero es afectado por el momento de cosecha y por el de drenaje, pero sus efectos se ven agravados cuando se combinan los dos efectos en las situaciones más extremas, por ejemplo, cuando se drena muy temprano y se cosecha muy tarde. Resultados similares son reportados por Lavecchia et al. (1999, 2004), trabajando entre otras variedades con El Paso 144, además Fariña y Platero (2009), trabajando con INIA Olimar, obtuvieron mayores rendimientos de entero en cosechas tempranas y retiros tardíos y en las cosechas tardías cuando estas permanecieron con agua el valor de entero se mantenía alto. Lavecchia et al. (1997), no obtuvo diferencias significativas en los diferentes momentos de retiro de agua cuando cosechó a los 45 DDF, señalando la importancia de cosechar en fecha.

Observando los resultados, no hay un momento óptimo de drenaje y de cosecha para rendimiento de grano entero, se dan combinaciones como por ejemplo retirando el

agua el día 15 DDF y cosechando a los 45 DDF, que arrojan resultados interesantes de rendimiento de granos enteros.

A continuación se presentan las interacciones de grano quebrado y grano yesado con sus respectivos cuadros.

Cuadro No. 16. Resultados del análisis estadístico de la interacción por los efectos de retiro de agua y momento de cosecha para porcentaje de grano quebrado.

Momento de cosecha (DDF) *	Momento de retiro de agua (DDF)										
	0		15		30		45		SR ****		Media Total
<b>30</b>	7,4	efg ***	7,9	defg	8,7	defg	8,3	defg	7,3	fg	7,92
<b>45</b>	10,7	bcd	8,1	defg	7,5	efg	10,1	cdef	10,4	bcde	9,36
<b>60</b>	18,1	a	10,4	bcde	10,7	bcd	7,8	defg	9,5	defg	11,3
<b>75</b>	13,3	b	12,8	bc	9,2	defg	8,1	defg	7,1	g	10,1
<b>Media Total</b>	12,4		9,8		9,0		8,6		8,6		
<b>P&lt;0,05**</b>	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		

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

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

Cuadro No. 17. Resultados del análisis estadístico de la interacción por los efectos de retiro de agua y momento de cosecha para porcentaje de yeso.

Momento de cosecha (DDF)*	Momento de retiro de agua (DDF)										
	0		15		30		45		SR****		Media Total
<b>30</b>	6,0	c***	4,9	cd	5	cd	4,9	cd	4,0	d	5,0
<b>45</b>	8,8	ab	8,0	b	6,9	bc	6,5	bc	6,1	bc	7,3
<b>60</b>	10,3	a	8,9	ab	7,1	bc	7,9	b	9,5	c	8,7
<b>75</b>	5,4	cd	6,6	bc	5,1	cd	7,3	bc	7,4	bc	6,4
<b>Media Total</b>	7,6		7,09		6,0		6,7		6,8		
<b>P&lt;0,05**</b>	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		<0,01		

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

#### 4.2.4 Rendimiento corregido por calidad

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

A continuación se presenta la base de comercialización y los premios y castigos para cada variable.

##### 4.2.4.1 Bases de comercialización para cada variable de calidad industrial según decreto 321/988

Se considerará sano, seco y limpio a todo arroz que satisfaga las siguientes bases:

- a) Impurezas y materias extrañas: 0 %
- b) Humedad 13 %
- c) Blanco total 70 %
- d) Granos enteros: variedad EEA 404 54 %, otras variedades 58 %
- e) Granos verdes 3 %

- f) Granos rojos 1 %
- g) Granos manchados 0,25 %
- h) Granos yesados 6 %

#### **4.2.4.2 Bonificaciones y deducciones para cada variable de calidad industrial según decreto 321/988**

- a) Impurezas y materias extrañas: deducción de 1 % por cada 1 % o fracción proporcional.
- b) Humedad: a las partidas que excedan la humedad base se les aplicará el coeficiente  $(100-HR)/87$ , donde HR es la humedad de recibo. ( Ejemplo: una partida de 10.000 k de arroz limpio con 18 % de humedad, equivale a  $10000 \times (100-18)/87 = 9425$  k seco).
- c) Blanco total: bonificación de 0,5 % por cada 1 % o fracción proporcional por encima de la base. Deducción de 0,5 % por cada 1 % o fracción proporcional por debajo de la base.
- d) Grano entero: bonificación de 0,5 % por cada 1 % o fracción proporcional por encima de la base. Deducción de 0,5 % por cada 1 % o fracción proporcional por debajo de la base.
- e) Granos rojos: deducción de 0,25 % por cada 1 % o fracción proporcional por encima de la base.
- f) Granos manchados: deducciones de 1,5 % por cada 1 % o fracción proporcional por encima de la base y hasta 0,5 % inclusive de granos manchados; de 2 % por cada 1 % o fracción proporcional por encima de 0,5 y hasta 0,75 % inclusive; y de 3 % por cada 1 % o fracción proporcional por encima de 0,75 % de granos manchados (Estas deducciones se aplican con escalonamientos).
- g) Granos yesados: deducción de 0,5 % por cada 1 % o fracción proporcional por encima de la base.
- h) Granos verdes: deducción de 0,5 % por cada 1 % o fracción proporcional por encima de la base.

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

En el siguiente cuadro se presenta los resultados de rendimientos sano, seco y limpio para los momentos de retiro y de cosecha.

Cuadro No. 18. Resultado del análisis estadístico para el rendimiento sano, seco y limpio, según momento de cosecha y retiro de agua.

<b>Retiro de agua*</b>	<b>Rendimiento SSL*****</b>
<b>0</b>	7088 b***
<b>15</b>	8794 a
<b>30</b>	8952 a
<b>45</b>	9645 a
<b>SR****</b>	9527 a
<b>p&gt;F (Retiro)**</b>	0,0456
<b>M. Cosecha</b>	<b>Rendimiento SSL</b>
<b>30</b>	7878 c
<b>45</b>	9887 a
<b>60</b>	9354 b
<b>75</b>	8086 c
<b>p&gt;F (MC)</b>	<0.0001
<b>p&gt;F (Ret*MC)</b>	ns
<b>Media</b>	8801
<b>CV</b>	11,6

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

Se observa que el mejor rendimiento sano, seco y limpio coincide con el mayor rendimiento de chacra.

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

El rendimiento sano, seco y limpio fue significativamente menor en el retiro 0 DDF, y en los demás tratamientos no existió diferencia tal como ocurrió en el rendimiento de chacra; lo mismo sucedió para momento de cosecha, donde también se mantuvo el orden de los resultados.

### 4.3 INCIDENCIA DE ENFERMEDADES

Con el fin de determinar si existieron efectos de los tratamientos de retiro de agua sobre la incidencia de enfermedades de tallo (*Rhizoctonia Oryzae* y *Sclerotium Oryzae*), y si estas afectaron el rendimiento se realizó el análisis estadístico a través del índice de severidad. Esta medición se realizó para cada variedad en su momento óptimo de cosecha.

Cuadro No. 19. Resultados del análisis estadístico del índice de grado de severidad para *Rhizoctonia Oryzae* y *Sclerotium Oryzae* según los momentos de retiro de agua.

<b>Retiro</b>	<b>SO</b>	<b>RO</b>
<b>0<sup>*</sup></b>	51,7	6,1
<b>15</b>	47,6	3,8
<b>30</b>	45	4,6
<b>45</b>	45	1,6
<b>SR<sup>****</sup></b>	35	0,43
<b>Media</b>	<b>44,9</b>	<b>3,3</b>
<b>CV(%)</b>	<b>20,6</b>	<b>138</b>
<b>p&gt;F<sup>**</sup></b>	<b>ns<sup>***</sup></b>	<b>ns</b>

<sup>1</sup>Días después de floración <sup>2</sup>Valores menores a 0.05 son significativos con un 95 % de confianza <sup>3</sup>No significativo. <sup>4</sup>Tratamiento sin retiro de agua

Si bien ambas enfermedades no presentan diferencias significativas entre los tratamientos de retiro de agua, los valores del índice de grado de severidad alcanzados son bajos como para afectar el rendimiento. Para *Sclerotium* en general se puede afirmar que cuando los niveles de severidad promedian 50 %, las mermas de rendimiento que se producen son inferiores al 10%, pudiendo llegar al 30% cuando el índice de severidad se ubica cerca de 80 % en cultivares como el Paso 144 (Ávila, 2000). En *Rhizoctonia* esta enfermedad es secundaria teniendo mayor importancia en especies de tipo japónica tropical.

#### 4.4 EVOLUCIÓN DEL LLENADO DE GRANO

El estudio de la evolución del llenado de grano se realizó sobre los tratamientos de retiro de agua 0 DDF, 30 DDF y SR.

La evolución del peso de 1000 granos llenos a partir de la floración hasta 45 días post floración para los tratamientos 0 DDF, 30 DDF y SR se muestra en la figura no. 10.

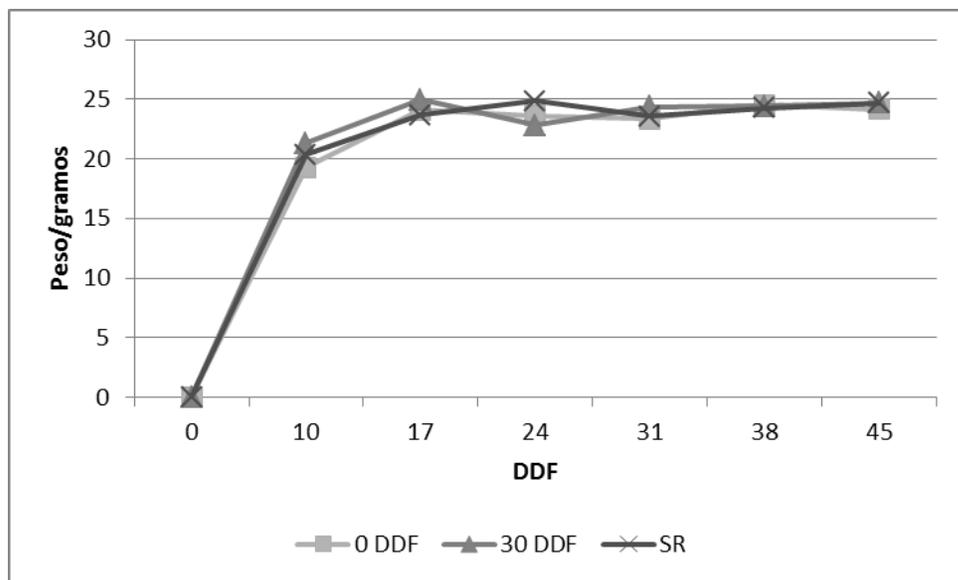


Figura No. 10. Evolución del peso de 1000 granos llenos en los 45 días después de floración, para los momentos de retiro 0 DDF, 30 DDF y SR.

La evolución del peso de mil granos presenta dos etapas claramente distinguibles, un rápido aumento del peso hasta los 20 DDF aproximadamente y una segunda etapa entre los 20-45 DDF donde la curva de llenado se mantiene relativamente estable, siendo muy bajo el incremento de peso de los granos. En este momento donde el peso de granos no aumenta desde el punto de vista fisiológico, el cultivo está en madurez fisiológica.

En la primera etapa se ve como los momentos de retiros no afectan las curvas indicando que el peso de los granos llenos de los tratamientos aumenta a la misma tasa llegando de esta manera antes a la etapa siguiente. Esto no coincide con lo reportado por Acosta (1988), Fariña y Platero (2009), que observaron que el retiro de agua realizado en etapas tempranas del cultivo provoca un enlentecimiento en la translocación de metabolitos hacia el grano. En cambio, Yang et al. (2003) observaron tendencias

contrarias; afirman que el tratamiento que tuvo déficit de agua presentó mayor tasa de llenado en un período más corto, pero a su vez presentaron menor peso de grano que el tratamiento sin déficit de agua.

En la segunda etapa se aprecia una tendencia a que los granos de las panojas de los diferentes tratamientos de retiro sean del mismo peso.

En la figura no. 11 se observa la evolución del porcentaje de granos vacíos, para los tratamientos 0 DDF, 30 DDF y SR, en los 71 días post floración.

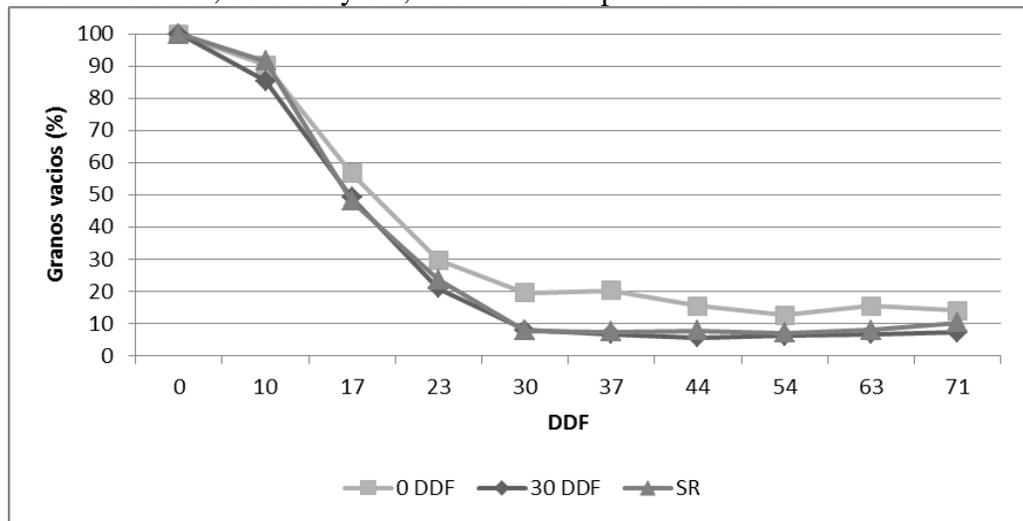


Figura No. 11. Evolución del porcentaje de granos vacíos en los 71 días después de floración, para los momentos de retiro 0 DDF, 30 DDF y SR.

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

Entre los 25 y 40 DDF se aprecia un mayor número de granos vacíos para el tratamiento que se retira el agua el día de la floración del cultivo (0 DDF), esto podría ser un efecto de un retardo en la curva de llenado en el caso del retiro más temprano. A pesar de que las diferencias son menores a partir de los 40 DDF, significativamente no hubo diferencias en porcentaje de esterilidad, pero si en rendimiento de grano, se le podría atribuir a la sumatoria de todos los componentes que conforman el rendimiento.

Momentos de drenaje muy anticipados en torno a 50 % de floración (0 DDF), asociado con cosechas tempranas en torno a 30 DDF, ven resentido el rendimiento por alta esterilidad de granos, resultados encontrados por Roel (1998). Si bien en este experimento no se encontraron diferencias significativas en porcentaje de esterilidad con retiros de agua anticipados, para el momento de cosecha más temprano (30 DDF), hubo diferencias significativas, siendo este momento de cosecha el que presentó mayor porcentaje de esterilidad.

#### 4.5 CONTENIDO DE AGUA DEL SUELO

El aporte de agua al suelo se da mediante las precipitaciones y mediante el riego.

En la figura no. 12, se presenta el aporte de agua de las precipitaciones y la comparación con la serie histórica.

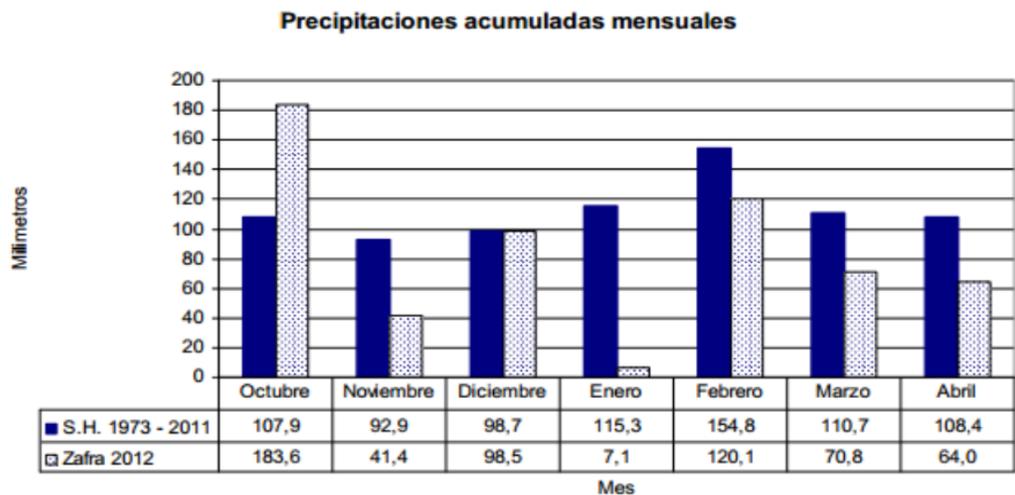


Figura No. 12. Precipitaciones mensuales para la serie histórica y para la zafra 2011/12.

En la siguiente figura se presentan las precipitaciones diarias para el periodo que abarca desde el 10 de febrero hasta el 3 de mayo.

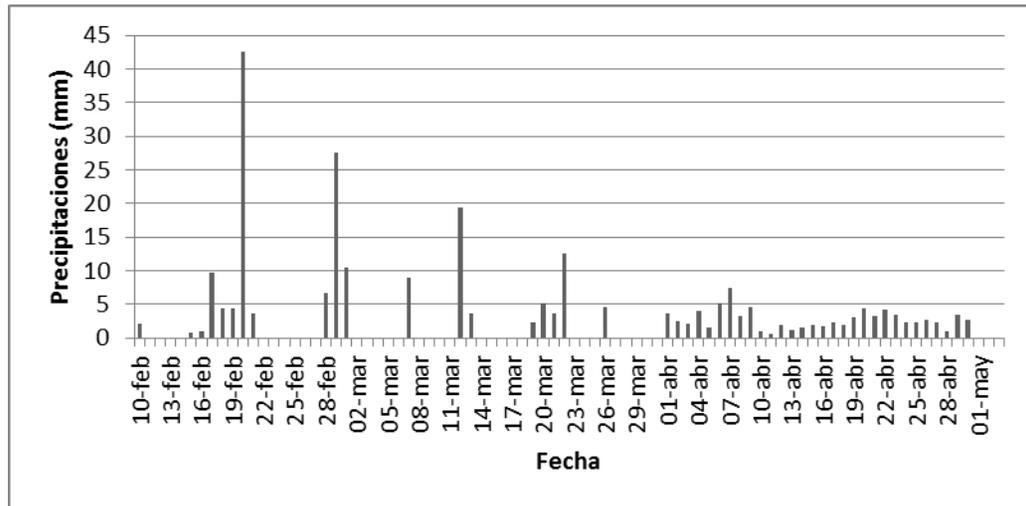


Figura No. 13. Precipitaciones diarias para el periodo 10 de febrero- 3 de mayo.

Del análisis de la evolución del contenido de agua en el suelo, determinado mediante el método gravimétrico, se pudo caracterizar la variación en la oferta de agua del suelo por perfil para cada tratamiento de retiro de agua, desde el 24 de febrero al 3 de mayo (figuras no. 14, 15 y 16).

En la figura no. 14, se presenta la evolución del contenido de agua en el suelo de 0-10 cm de profundidad para los diferentes tratamientos de retiro.

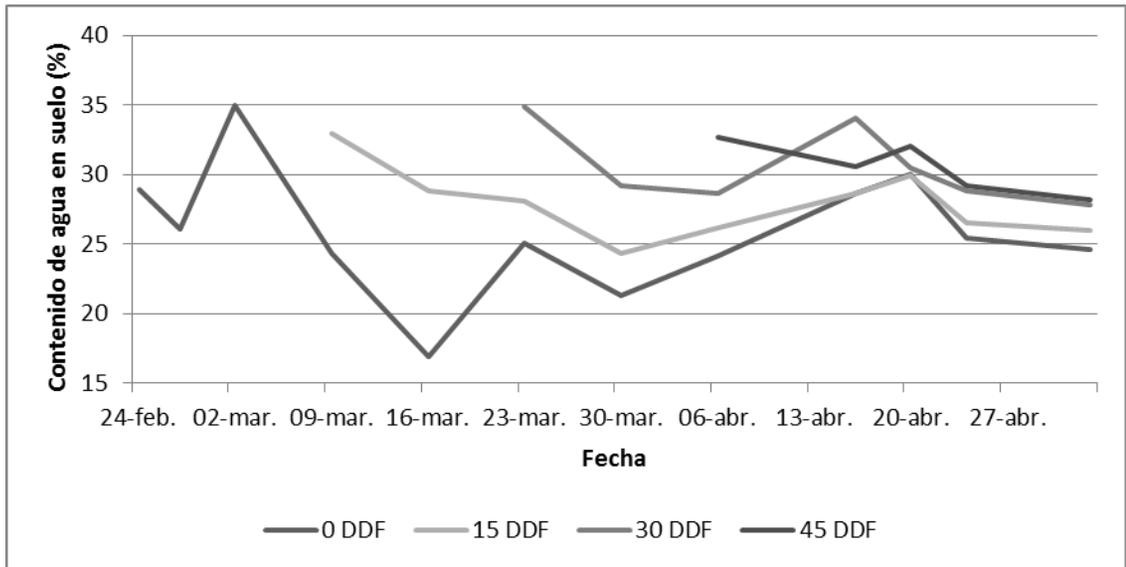


Figura No. 14. Evolución del contenido de agua gravimétrico (0-10 cm) para la variedad El Paso 144.

En la figura no. 15 se presenta el contenido de agua en el suelo de 10-20 cm de profundidad para los diferentes tratamientos de retiro.

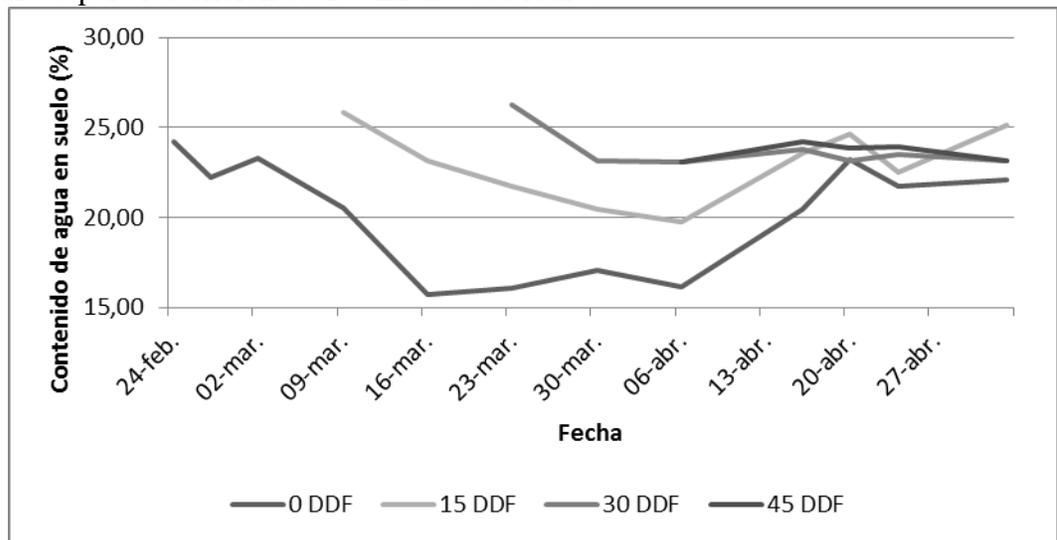


Figura No. 15. Evolución del contenido de agua gravimétrico (10-20 cm) para la variedad El Paso 144.

En la figura no. 16 se presenta el contenido de agua en el suelo de 20-30 cm de profundidad para los diferentes tratamientos de retiro.

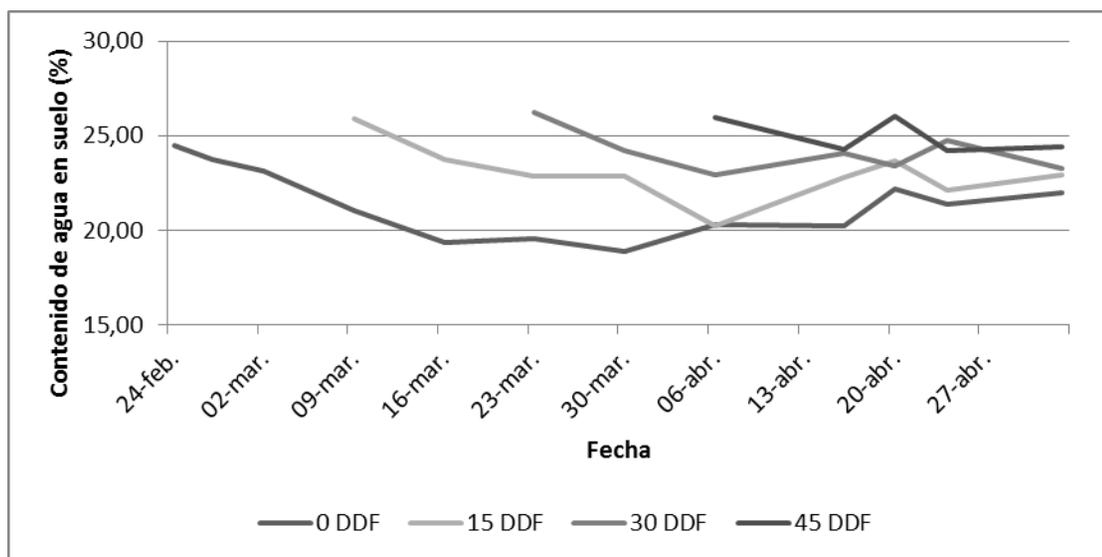


Figura No. 16. Evolución del contenido de agua gravimétrico (20-30 cm) para la variedad El Paso 144.

Las mayores variaciones en el contenido de agua según los tratamientos se aprecian en los primeros 10 cm del perfil (figura no. 14). Para las parcelas que se retiró el agua a los 0 y 15 DDF, en dicho perfil se puede apreciar una tendencia del contenido de agua asociado a las precipitaciones. A mayor profundidad los valores en contenido de agua fueron inferiores y se atenuaron las diferencias en contenido de agua entre tratamientos.

Si se observa la figura no. 14 se puede apreciar que frente a un episodio de lluvia como las ocurridas el 1 de marzo y el 22 de marzo, se da un incremento rápido en el contenido de agua en los primeros centímetros de suelo, en cambio a mayor profundidad los cambios son más lentos y de menor valor absoluto.

## 4.6 RESULTADOS EN LA VARIEDAD PARAO

### 4.6.1 Rendimiento y sus componentes

Los resultados obtenidos en los distintos momentos de retiro de agua, diferentes momentos de cosecha y el análisis para todas las variables se presenta a continuación.

Cuadro No. 20. Resultados del análisis estadístico realizado para el rendimiento y sus componentes, porcentaje de humedad y de verde según el momento de retiro y cosecha y la interacción de ambos para la variedad Parao.

Efecto	Rend. *** (kg/há)	Humeda d (%)	Verde (%)	Pan o jas /m <sup>2</sup>	Granos tot./ panoja	Esterili dad (%)	Peso de 1000 granos
P*(MR)**	n.s*****	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
P.(MC)**	<0,0001	<0,0001	<0,0001	n.s	<0,02	0,0001	<0,0001
P.(MR*MC) ****	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Media	9783	29,9	12,2	569	128	17,5	25,7

\* Probabilidad Momento de retiro de agua \*\* Momento de cosecha  
 \*\*\*\* Interacción entre tratamiento de retiro de agua y momento de cosecha \*\*\*\*\* No  
 significativo \*\*\*\*\* Rendimiento.

Ninguna de las variables mostró interacción por los efectos del momento de retiro y de cosecha para esta variedad.

### 4.6.2 Efecto del momento de retiro de agua

Los resultados obtenidos para rendimiento y sus componentes según los distintos momentos de retiro de agua, se presentan en los siguientes cuadros.

Cuadro No. 21. Efecto del momento de retiro sobre el rendimiento, sus componentes, porcentaje de humedad y porcentaje de verde para Parao.

Retiro de agua (DDF)	Rend. kg/ha	Humedad (%)	Verde (%)	Panoja s/m <sup>2</sup>	No. granos tot./pan.	Esterilidad %		Peso de 1000 granos (gr)
0	9293	23,2	9,4	572	129	21,3	a	25,7
15	9762	23,0	12,5	525	134	18,4	ab	25,6
30	9822	24,2	13,6	574	132	16,9	bc	25,7
45	9826	24,7	13,4	601	129	16,9	abc	25,5
SR	10543	24,7	11,8	575	111	11,9	c	25,8
P.(Retiro)	ns	Ns	ns	Ns	Ns	0,04		ns
Media	<b>9783</b>	<b>23,9</b>	<b>12,2</b>	<b>569</b>	<b>128</b>	<b>17,5</b>		<b>25,7</b>
Coef. Var.	7,6	4,9	26,6	15,2	13,0	24,0		2,3

P.: Probabilidad; DDF: Días después del 50% de floración; ns: no significativo. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para  $P < 0.05$ .

#### 4.6.2.1 Rendimiento

El rendimiento promedio del ensayo fue 9.783 (kg/ha), reflejando las excelentes condiciones ambientales de la zafra. El resultado del análisis de varianza no muestra diferencias significativas para el rendimiento, es decir ninguno de los tratamientos de retiro de agua afectó esta variable.

#### 4.6.2.2 Porcentaje de verde

El porcentaje de verde no fue afectado significativamente por los momentos de retiro de agua, coincidiendo con Roel (1998, 1999), Lavecchia et al. (2004), Segovia (2007), Molina et al. (2007).

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

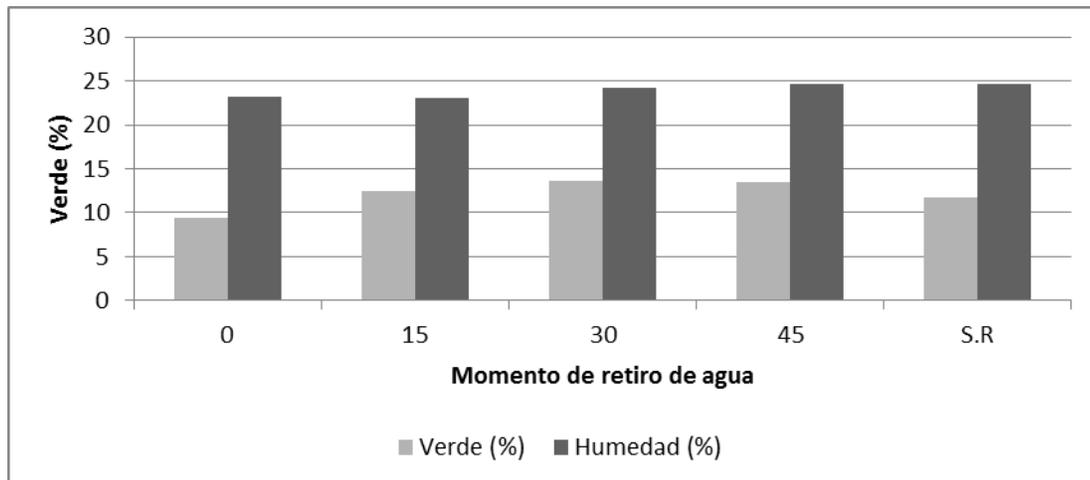


Figura No. 17. Efecto del retiro de agua sobre porcentaje de humedad y porcentaje de verde.

#### 4.6.2.3 Número de panojas por metro cuadrado

El promedio de panojas por metro cuadrado para este ensayo fue de 569. Como se observó en el cuadro no. 6, el momento de retiro de agua no afectó el número de panojas. Esto coincide con lo encontrado por Roel y Blanco (1997), Roel (1998, 1999), si comparamos el mismo período de evaluación, dado que estos ensayos no incluían un retiro tan drástico como en este caso a 50% de floración. En cambio, Molina et al. (2007), encontró efectos en esta variable.

#### 4.6.2.4 Número de granos totales por panoja

El número total de granos por panoja incluye granos llenos y chuzos. Los diferentes tratamientos de retiro de agua no afectaron significativamente el total de granos por panoja.

#### 4.6.2.5 Peso de mil granos

El peso de mil granos no fue afectado significativamente por los momentos de retiro de agua. Lo que coincide con Roel y Blanco (1997), Roel (1998, 1999), Gaggero y Marmo (1999), quienes no encontraron diferencias en el peso de mil granos al realizar retiros de agua a partir de 15 DDF. No se encontraron antecedentes en cuanto al retiro de agua en floración que reporten el efecto sobre el peso de mil granos.

#### 4.6.2.6 Porcentaje de esterilidad

Esta característica fue la única afectada significativamente por los momentos de retiro de agua.

El porcentaje de esterilidad alcanzó su mayor valor cuando se retiró el agua en floración, (0 DDF). Disminuyendo hasta el último tratamiento, sin retiro, donde se da el menor valor, el cual es significativamente menor al resto.

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

#### 4.6.2.7 Índice de cosecha y materia seca

Cuadro No. 22. Efecto del momento de retiro de agua sobre la producción de materia seca a cosecha y el índice de cosecha, para la variedad Parao.

<b>Retiro de agua (DDF)</b>	<b>Materia seca (kg/ha)</b>	<b>Índice de cosecha</b>
<b>0</b>	20661	0.46
<b>15</b>	20373	0.50
<b>30</b>	20903	0.48
<b>45</b>	23351	0.43
<b>SR</b>	21853	0.48
<b>P.(Retiro)</b>	Ns	ns
<b>Media</b>	<b>21399</b>	<b>0.47</b>
<b>Coef. Var.</b>	11.7	12.9

P.: Probabilidad; DDF: Días después del 50% de floración; ns: no significativo. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para  $P < 0.05$ .

Los momentos de retiro no afectaron significativamente tanto a la materia seca como el índice de cosecha.

### 4.6.3 Efecto del momento de cosecha

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

Cuadro No. 23. Resultados del análisis estadístico para porcentaje de humedad y verde, rendimiento y sus componentes, según momento de cosecha para Parao.

M. de cosecha (DDF)	Rend. kg/ha	Humedad (%)	Verde (%)	Pan o jas/m <sup>2</sup>	No. granos tot./pan.	Esterilidad. %	Peso de 1000 granos (gr)
30	8247 c	29,7 a	27,1 a	525	116 b	25,8 a	25,0 c
45	10217 b	25,0 b	18,7 b	567	135 a	14,8 b	26,2 a
60	10766 a	23,6 c	2,5 c	619	126 ab	13,0 b	25,9 a b
75	10168 b	17,6 d	0,3 c	567	130 a	14,7 b	25,5 b
P.(MC)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	ns	<0,02	<0,0001	<0,0001
Media	<b>9783</b>	<b>23,9</b>	<b>12,2</b>	<b>569</b>	<b>128</b>	<b>17,5</b>	<b>25,7</b>
Coef. Var.	7,6	4,9	26,6	15,2	13,0	24,0	2,3

P.: Probabilidad; DDF: Días después del 50% de floración; ns: no significativo. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0,05.

#### 4.6.3.1 Rendimiento

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

El rendimiento promedio del ensayo fue de 9783 kg/ha., reflejando las excelentes condiciones climáticas que presentó la zafra.

Desde el punto de vista de rendimiento de grano, el momento óptimo de cosecha para este ensayo fue a los 60 DDF, lográndose un rendimiento de 10766 kg/ha., siendo significativamente superior a los momentos de cosecha previos y posteriores. Estos resultados coinciden con los encontrados por Chebataroff (1983), Acosta (1988), Méndez (1997), Smiderle et al. (2007), entre otros.

Por otra parte en esta variedad se observa que el rendimiento posterior al momento óptimo de cosecha no disminuye drásticamente como en el caso de El Paso 144.

#### 4.6.3.2 Porcentaje de verde

El porcentaje de granos verdes fue afectado significativamente por el momento de cosecha. La figura no. 18 permite visualizar esto gráficamente. Se comprueba una disminución del porcentaje de verde desde las cosechas más tempranas hasta los últimos momentos de cosecha, donde el porcentaje de verde se estabiliza con valores cercanos a 0 %. Se observa un acompañamiento en la disminución del verde con la humedad de grano; similar resultado fue obtenido por numerosos autores, entre los que se encuentran Acosta (1988), Blanco y Méndez (1996), Lavecchia et al. (1999, 2004), Molina et al. (2007), Segovia (2007).

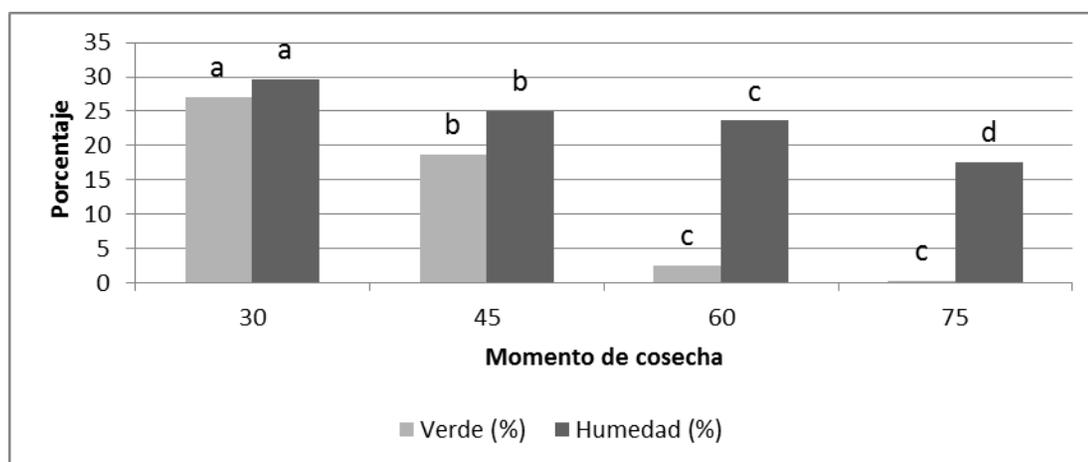


Figura No. 18. Porcentaje de humedad y de verde según el momento de cosecha. Letras diferentes entre sí son estadísticamente diferentes.

#### 4.6.3.3 Número de panojas por metro cuadrado

En cuanto al número de panojas por metro cuadrado no se observan diferencias significativas entre los diferentes momentos de cosecha.

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

#### **4.6.3.4 Número de granos totales por panoja**

Se encontraron diferencias significativas en cuanto al número de granos por panojas en los diferentes momentos de cosecha, coincidiendo con Molina et al. (2007), quien reporta diferencias significativas en esta variable por el efecto del momento de cosecha.

Esto difiere de lo encontrado por Roel y Blanco (1997), quienes observaron que los granos totales por espiga en INIA Tacuarí e INIA Caraguatá no son afectados significativamente por los momentos de cosecha.

#### **4.6.3.5 Peso de mil granos**

Esta variable se vio afectada significativamente por el momento de cosecha, presentando un valor promedio de 25,7 gramos las mil semillas.

El mayor peso de granos se registró en el segundo momento de cosecha, 45 DDF, sin diferir estadísticamente del momento de cosecha 60 DDF, el cual coincide con el mayor rendimiento de grano.

Chebataroff et al. (1984), Blanco y Méndez (1986), publican resultados distintos a los encontrados en este trabajo, estos autores encontraron el máximo peso de mil granos a los 50 DDF, disminuyendo en cosechas posteriores (60 y 70 DDF), debido a que después de ese momento empiezan a caer los granos llenos, siendo los más pesados. Resultados similares, también son publicados por Smiderle et al. (2007), Smiderle y Díaz (2008), quienes reportan máximos valores de peso de mil granos entre los 41 y 50 DDF.

#### **4.6.3.6 Porcentaje de esterilidad**

Los momentos de retiro incidieron significativamente sobre el porcentaje de esterilidad de los granos. La cosecha realizada a los 30 DDF presentó una esterilidad muy superior a los demás momentos de retiro. Estos resultados son explicados por la bibliografía citada debido a que en cosechas tempranas (30 DDF) los granos no han terminado el proceso de llenado.

#### 4.6.3.7 Índice de cosecha y materia seca

Cuadro No. 24. Efecto del momento de cosecha sobre la producción de materia seca a cosecha y el índice de cosecha, para la variedad Parao.

M. de cosecha (DDF)	Materia seca (kg/ha)		Índice de cosecha	
30	17373	c	0,48	ab
45	23716	a	0,44	b
60	21969	b	0,50	a
75	22654	ab	0,46	ab
P.(MC)	<0,0001		<0,03	
P.(Retiro*MC)	<0,007		<0,02	
Media	<b>21399</b>		<b>0,47</b>	
Coef. Var.	11,7		12,9	

P.: Probabilidad; DDF: Días después del 50% de floración; ns: no significativo. Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para  $P < 0.05$ .

El análisis estadístico que se presentó en el cuadro anterior, demuestra que los momentos de cosecha afectaron significativamente la producción de materia seca a cosecha, siendo superior la obtenida a los 45 DDF, no habiendo diferencia significativa con la obtenida a los 75 días.

La menor producción se observan en la cosecha más temprana siendo estadísticamente diferente a las demás, sin embargo el índice de cosecha no fue mayor dado que el rendimiento fue menor.

El índice de cosecha, no muestra una tendencia clara respecto a los momentos de cosecha. A diferencia de Fariña y Platero (2009), donde el índice de cosecha no fue afectado significativamente por los momentos de cosecha.

#### 4.6.4. Interacción entre los momentos de drenaje y momentos de cosecha

Ninguna variable de calidad industrial presentó interacción por los efectos del momento de retiro de agua y los momentos de cosecha.

Estos resultados difieren a los reportados por Lavecchia et al. (1999), Fariña y Platero (2009).

## 4.7 CALIDAD INDUSTRIAL PARA O

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

Cuadro No. 25. Resumen del análisis estadístico para las características de calidad industrial según momento de cosecha y de retiro de agua, y la interacción de ambos.

Efecto	Blanco total (%)	Entero (%)	Quebrado (%)	Yeso (%)
P.(MR) <sup>**</sup>	n.s <sup>*****</sup>	n.s	<0,04	<0,0006
P.(MC) <sup>***</sup>	<0,0001	<0,0001	n.s	<0,0001
P.(MC*MR) <sup>****</sup>	n.s	n.s	n.s	n.s
Media	<b>69,0</b>	<b>61,4</b>	<b>7,7</b>	<b>5,9</b>
C.V (%) <sup>*****</sup>	2,27	4,4	23,9	22,0

\* Probabilidad Momento de cosecha Momento de retiro de agua Interacción entre  
tratamiento de retiro de agua y momento de cosecha \*\*\*\*\* Coeficiente de variación

\*\*\*\*\* No significativo.

#### 4.7.1 Efecto del momento de retiro de agua

En este punto se analizará cómo afectaron los diferentes momentos de retiro de agua, los componentes de calidad industrial. Dichos resultados se presentan en el cuadro no. 26.

Cuadro No. 26. Efecto del momento de retiro de agua sobre la calidad del grano.

Retiro de agua (DDF) *	Blanco Total (%)	Entero (%)	Quebrado (%)	Yesado (%)
0	68,8	61,2	7,6 abc <sup>*****</sup>	7,5 a
15	69,3	60,3	9,0 a	7,1 a
30	68,9	60,6	8,2 ab	4,7 b
45	69,3	62,4	6,9 bc	4,9 b
SR <sup>**</sup>	68,8	62,9	5,8 c	4,5 b
P.(Retiro) <sup>***</sup>	ns <sup>****</sup>	ns	<0,04	<0,0006
Media	<b>69,0</b>	<b>61,4</b>	<b>7,7</b>	<b>5,9</b>
Coef. Var.	2,27	4,4	23,9	22,0

\* Días después de floración \*\* Tratamiento sin retiro de agua \*\*\* Valores menores a 0.05 son significativos con un 95 % de confianza \*\*\*\* No significativo \*\*\*\*\* Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0,05.

##### 4.7.1.1 Rendimiento de blanco total

El rendimiento de blanco total no fue afectado significativamente por los diferentes momentos de retiro, coincidiendo con lo reportado anteriormente en El Paso 144.

##### 4.7.1.2 Porcentaje de entero

Los diferentes momentos de retiro no afectaron significativamente el porcentaje de entero para esta variedad, coincidiendo con Roel y Blanco (1997), a diferencia de El Paso 144 donde los tratamientos de retiro afectaron el porcentaje de entero.

##### 4.7.1.3 Porcentaje de quebrado

El porcentaje de quebrado fue afectado significativamente por los distintos momentos de retiro, aunque no se observa una tendencia clara. A diferencia de Roel (1997, 1998), donde no reporta diferencias significativas para esta característica.

#### 4.7.1.4 Porcentaje de yeso

El porcentaje de yeso fue afectado significativamente por los momentos de retiro con un promedio del porcentaje de yeso de 5,9. Se observa que a medida que se atrasa en el tiempo el retiro de agua, mejora la calidad industrial disminuyendo el porcentaje de yeso, a partir del retiro 30 DDF no difieren estadísticamente. Coincidiendo con Acosta (1988), Lavechia et al. (1999), Lavechia et al. (2004), Segovia (2007), quienes reportan diferencias significativas. A diferencia de Fariña y Platero (2009), Molina et al. (2007), quienes no reportan diferencias significativas para esta característica.

#### 4.7.2 Efecto del momento de cosecha

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

Cuadro No. 27. Efecto del momento de cosecha sobre los componentes de calidad industrial del grano.

M. de cosecha (DDF) *	Blanco Total (%)		Entero (%)		Quebrado (%)	Yesado (%)	
30	65,2	c ***	57,9	c	7,4	4,1	c
45	69,1	b	61,1	b	8,1	4,5	c
60	70,5	a	63,4	a	7,3	6,6	b
75	71,3	a	63,6	a	7,9	7,8	a
P.(MC) **	<0,0001		<0,0001		Ns	<0,0001	
P.(Retiro*MC)	ns ****		Ns		Ns	ns	
Media	<b>69,0</b>		<b>61,4</b>		<b>7,7</b>	<b>5,9</b>	
Coef. Var.	2,27		4,4		23,9	22,0	

\*Días después de floración \*\*Valores menores a 0.05 son significativos con un 95 % de confianza \*\*\*Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para  $P < 0.05$

\*\*\*\* No significativo.

##### 4.7.2.1 Rendimiento de blanco total

Como se observa en el cuadro anterior el rendimiento de blanco total fue afectado significativamente por los distintos momentos de cosecha. Este resultado coincide con lo publicado por Méndez (1997), Fariña y Platero (2009). Coincidiendo con el primer autor, los valores de blanco total aumentan al retrasar la cosecha y que los valores más bajos generalmente se registran en cosechas tempranas (30 DDF) debido a un menor llenado de grano.

Coincidiendo con Blanco y Méndez (1996), Lavecchia et al. (1999), quienes reportan que los valores de blanco disminuyen en cosechas muy tardías.

En la siguiente figura se puede apreciar le evolución de Blanco total a medida que se atrasan las cosechas.

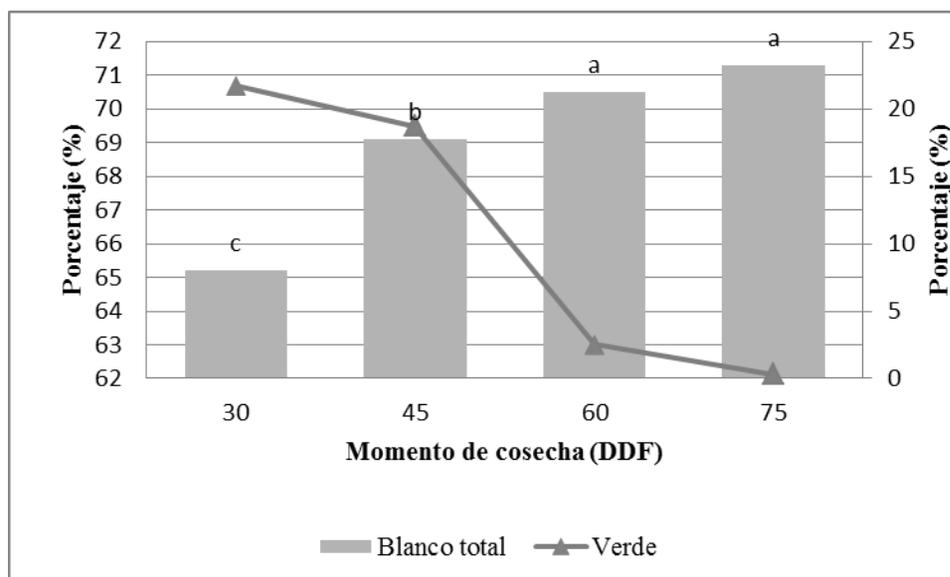


Figura No. 19. Evolución del porcentaje de blanco total y de verde en las diferentes cosechas.

#### 4.7.2.2 Porcentaje de entero

Los diferentes momentos de cosecha afectaron significativamente el porcentaje de entero para esta variedad. Se observa que el porcentaje de entero aumenta a medida se atrasan los momentos de cosecha, de manera de alcanzar valores industriales óptimos a partir del tratamiento 45 DDF; coincidiendo con Fariña y Platero (2009).

A diferencia de lo publicado por Roel y Blanco (1997), quienes no reportan diferencias para esta característica.

#### 4.7.2.3 Porcentaje de quebrado

El porcentaje de quebrado no fue afectado significativamente por los distintos momentos de retiro, coincidiendo con lo publicado por Roel (1997, 1998), donde no reporta diferencias significativas para esta característica.

Resultados distintos a los reportados por Fariña y Platero (2009), estudiando la variedad INIA Olimar.

#### **4.7.2.4 Porcentaje de yeso**

El porcentaje de yeso fue afectado por los momentos de cosecha. Los valores aumentan a medida que se atrasan las cosechas. Estos resultados coinciden con los publicados por Blanco y Méndez (1996), Méndez (1997), Lavecchia et al. (1999, 2004), quienes publican que el porcentaje de yeso es afectado por el momento de cosecha, y que éste disminuye a medida que esta la cosecha se atrasa. Por otro lado Segovia (2007), Fariña y Platero (2009), no encontraron efectos sobre el porcentaje de yeso trabajando con la misma variedad, INIA Olimar.

#### **4.7.3 Interacción entre los momentos de drenaje y momentos de cosecha**

En este caso ninguna de las variables de calidad industrial presentó interacción por los efectos del momento de retiro y el de cosecha.

#### **4.7.4 Rendimiento corregido por calidad**

En el siguiente punto se presentaran los rendimientos corregido por la calidad, anteriormente en el análisis de El Paso 144 fueron explicadas las bases de comercialización, los premios y castigos, así como también las bonificaciones y deducciones según el decreto.

Cuadro No. 28. Resultado del análisis estadístico para el rendimiento sano, seco y limpio, según momento de cosecha y retiro de agua.

<b>Retiro de agua*</b>	<b>Rend SSL*****</b>
<b>0</b>	8898
<b>15</b>	9190
<b>30</b>	9296
<b>45</b>	9388
<b>SR****</b>	10267
<b>p&gt;F (Retiro)</b>	Ns
<b>M de cosecha</b>	<b>Rend SSL</b>
<b>30</b>	7004 d***
<b>45</b>	9404 c
<b>60</b>	10903 a
<b>75</b>	10320 b
<b>p&gt;F (MC)**</b>	<0.0001
<b>p&gt;F (Ret*Mc)</b>	Ns
<b>Media</b>	9320
<b>CV</b>	7,8

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

Se observa que el mejor rendimiento sano, seco y limpio coincide con el mayor rendimiento de chacra.

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

El rendimiento sano, seco y limpio no tuvo diferencias significativas para los diferentes tratamientos de retiro de agua a diferencia de lo ocurrido en el momento de cosecha, dónde también se mantuvo el orden de los resultados de los obtenidos a nivel de chacra.

#### 4.8. ENFERMEDADES

Con el propósito de analizar si los tratamientos de retiro de agua afectaron la incidencia de enfermedades de tallo y vaina (*Rhizoctonia Oryzae* y *Sclerotium Oryzae*), y si afectaron el rendimiento se estudió el análisis estadístico a través del índice de severidad.

Cuadro No. 29. Resultado del análisis estadístico del índice de grado de severidad para *Rhizoctonia Oryzae* y *Sclerotium Oryzae*, según los momentos de retiro de agua.

<b>Retiro*</b>	<b>SO</b>	<b>RO</b>
<b>0</b>	65.9 a <sup>***</sup>	5.9 c
<b>15</b>	53.8 ab	11.6 bc
<b>30</b>	27.4 bc	22.7 b
<b>45</b>	29.1 bc	22.4 bc
<b>SR<sup>****</sup></b>	8.9 c	45.4 a
<b>Media</b>	<b>39</b>	<b>19,8</b>
<b>C.V(%)</b>	<b>51,2</b>	<b>43,8</b>
<b>p&gt;F<sup>**</sup></b>	<b>0,0461</b>	<b>0,0136</b>

\* Días después de floración \*\* Valores menores a 0.05 son significativos con un 95 % de confianza \*\*\* Letras diferentes entre tratamientos, difieren significativamente para P<0.05. Tratamiento Sin Retiro de agua \*\*\*\*

Para esta variedad ambas enfermedades presentan diferencias significativas entre los tratamientos de retiro de agua, sin embargo los valores del índice de grado de severidad alcanzados son bajos como para afectar el rendimiento.

Para el caso de *Sclerotium Oryzae*, en general se puede afirmar que cuando los niveles de severidad promedian 50 %, las mermas de rendimiento que se producen son inferiores al 10%, pudiendo llegar al 30% cuando el índice de severidad se ubica cerca de 80 % en cultivares como el Paso 144 (Ávila, 2000). Como se observa en los dos primeros tratamientos de retiro de agua el índice es más alto, aunque el segundo no difiere estadísticamente de los dos siguientes la producción no se vio afectada por esta enfermedad.

En el caso de la mancha agregada de las vainas o *Rhizoctoni Oryzae*, un aumento del índice de 24 % a 54 % provoca una disminución del rendimiento de un 8% (Ávila, 2001). En este ensayo solo el último tratamiento se acerca a ese valor, destacando que no afecto el rendimiento final ni la calidad.

Cabe destacar la característica de la variedad ya que el poseer tallos gruesos y fuertes, es más difícil que las enfermedades penetren y generen daño y depositen inoculo, lo que le brinda mayor resistencia a estas enfermedades, evidenciado en la baja lectura y en la escasa merma en rendimiento y calidad atribuible a estas enfermedades.

#### 4.9 EVOLUCIÓN DEL LLENADO DE GRANO PARAO

El estudio de la evolución del llenado de grano se realizó sobre los tratamientos de retiro de agua 0 DDF, 30 DDF y SR.

La evolución del peso de 1000 granos llenos a partir de la floración hasta 45 días post floración para los tratamientos 0 DDF, 30 DDF y SR se muestra en la figura no. 20.

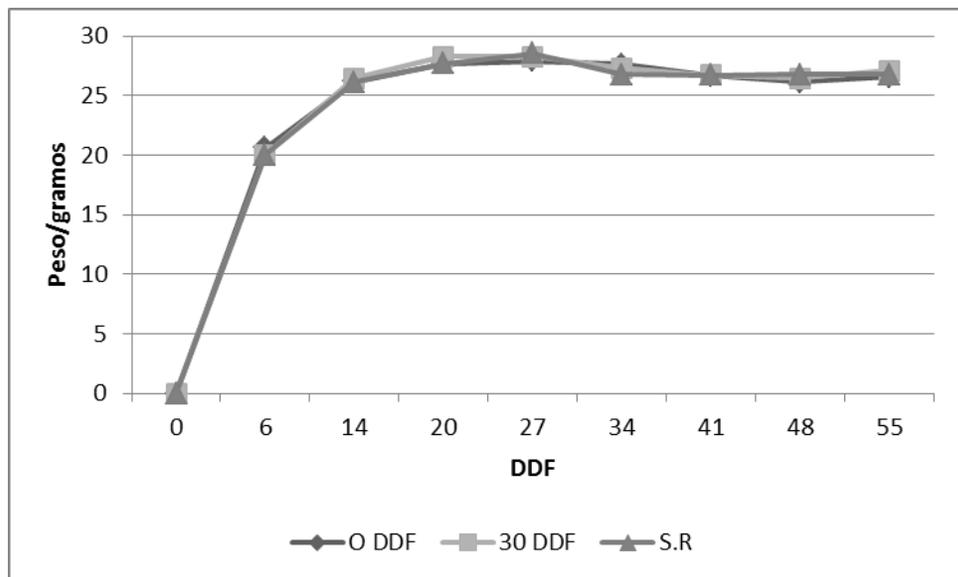


Figura No. 20. Evolución del peso de 1000 granos llenos en los 45 días después de floración, para los momentos de retiro 0 DDF, 30 DDF y SR.

La evolución del peso de mil granos presenta dos etapas claramente distinguibles al igual que para la variedad anteriormente estudiada, un rápido aumento del peso hasta los 25-30 DDF y una segunda etapa (estabilización del peso de mil), entre los 30-55 DDF donde la curva de llenado se mantiene relativamente estable, siendo muy bajo el incremento de peso de los granos.

La primera etapa es unos días más larga que la observada para la variedad el Paso 144, además presenta mayores valores absolutos de peso de mil granos.

Los diferentes momentos de retiro, se comportan de forma similar. Esto no coincide con lo reportado por Acosta (1988), Yang et al. (2003), Fariña y Platero (2009), observaron tendencias contrarias; afirman que el tratamiento que tuvo déficit de agua presentó mayor tasa de llenado en un período más corto, pero a su vez presentaron menor peso de grano que el tratamiento sin déficit de agua.

En este experimento para ninguna de las variedades estudiadas presento diferente comportamiento en la tasa de llenado de granos frente a los diferentes tratamientos de retiro de agua.

En la figura no. 21 se observa la evolución del porcentaje de granos vacíos, para los tratamientos 0 DDF, 30 DDF y SR, en los 55 días post floración.

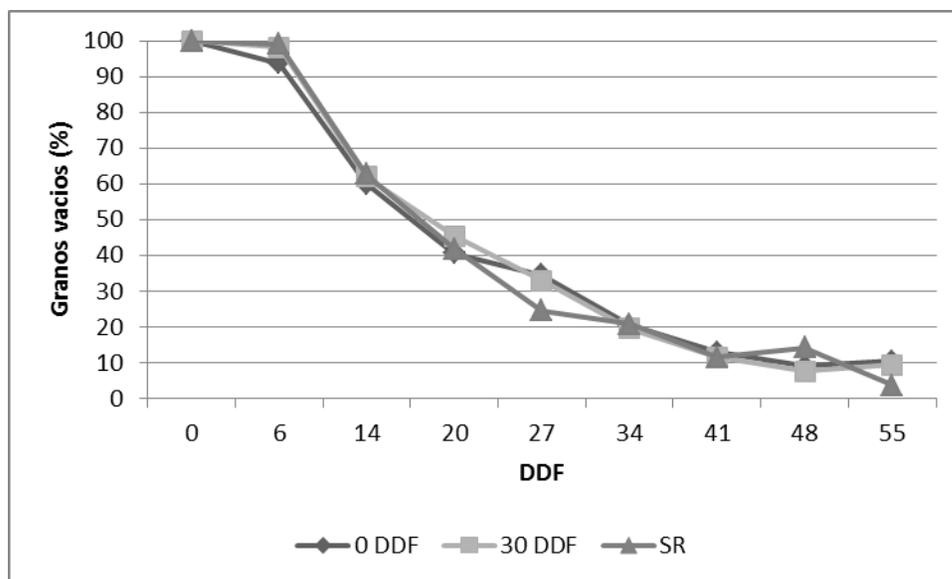


Figura No. 21. Evolución del porcentaje de granos vacíos en los 55 días después de floración, para los momentos de retiro 0 DDF, 30 DDF y SR.

En los días inmediatamente posteriores a la floración, el porcentaje de granos vacíos sobre el total es muy alto. Esta situación se da hasta 45 a 55 DDF; a partir de ahí los granos ya se encuentran en estado pastoso, por lo que los granos que aparecen como vacíos son los que realmente no llenan y van a ser granos chuzos.

Entre los 6 y 45 DDF es donde disminuye el porcentaje de granos vacíos hasta que tiende a estabilizarse. A diferencia del Paso 144 esta variedad tiene un llenado más largo por tanto el porcentaje de granos vacíos demora más en estabilizarse. Esto deja en

claro que en la etapa de llenado la variedad Parao queda más tiempo expuesta a las condiciones climáticas del año para terminar de definir su rendimiento.

Momentos de drenaje muy anticipados en torno a 50 % de floración (0 DDF) no afectaron significativamente el porcentaje de esterilidad, hay que considerar las precipitaciones ocurridas posteriormente a dicho retiro como se analizará más adelante. Si bien en este experimento no se encontraron diferencias significativas en porcentaje de esterilidad con retiros de agua anticipados, para el momento de cosecha más temprano (30 DDF), hubo diferencias significativas, siendo este momento de cosecha el que presentó mayor porcentaje de esterilidad y coincidiendo con los resultados obtenidos para la variedad el Paso 144.

#### **4.10. CARACTERIZACIÓN MICROCLIMÁTICA**

Con el propósito de cuantificar si existe efecto de la presencia o ausencia de lámina de agua sobre la temperatura y humedad relativa dentro del cultivo, se analizaron los datos provenientes de los sensores “HOBO” colocados a la altura de la panoja. Este estudio se realizó solo para la variedad Parao y en las parcelas correspondientes a los tratamientos 0 DDF (retiro de agua al 50 % de floración) y SR (sin retiro de agua) para poder observar efectos contrastantes. Los sensores miden la temperatura y la humedad relativa cada una hora, desde el primer momento de retiro de agua, hasta el último momento de cosecha. A continuación se presenta los resultados obtenidos.

##### **4.10.1 Temperatura**

Cuadro No. 30. Efecto de los tratamientos 0 DDF y SR en el promedio de la temperatura atmosférica media, máxima y mínima, desde el 10 de febrero hasta el 25 de abril.

<b>Trat.</b>	<b>Media</b>	<b>Máx.</b>	<b>Mínima</b>	<b>Amplitud</b>	<b>Desvío</b>	<b>No. de horas</b>	<b>No. de horas</b>
	<b>Temp. (C°)</b>	<b>&lt; 15 °C</b>	<b>&gt; 28 °C</b>				
<b>0</b>	19,4	27,2	13	14,2	6,5	418	155
<b>SR</b>	19,7	27	14	13	6,5	365	151

Como se observa la lámina de agua tiene efecto en la temperatura media, máxima, mínima y en la amplitud térmica. Analizando el cuadro se observa que el tratamiento que permanece con la lámina de agua presentó temperaturas mínimas superiores, menor amplitud y menor número de horas por debajo de 15°C y por encima de 28°C.

En la figura no. 22 se observa un efecto buffer de la lámina de agua sobre la temperatura al analizar la amplitud térmica, concluyendo que cuanto mayor tiempo este presente la lámina de agua, la amplitud térmica será menor, dado que las temperaturas máximas y mínimas son menos extremas.

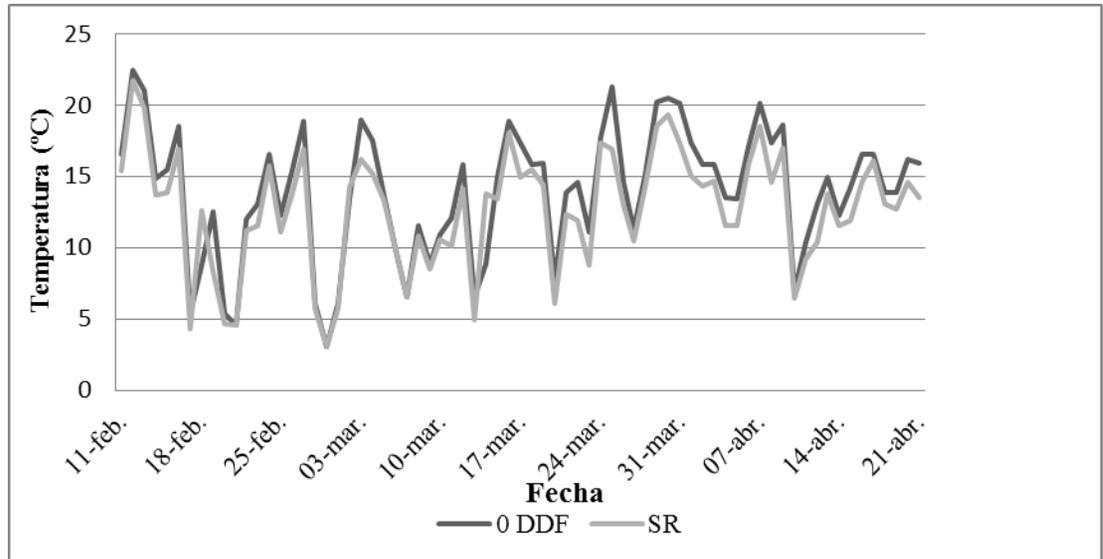


Figura No. 22. Evolución de la amplitud térmica a nivel de panoja para los tratamientos 0 DDF y SR, desde floración hasta la última cosecha en la variedad Parao.

Sin embargo estos efectos no se traducen de forma clara en la significancia de los porcentajes de quebrado para cada tratamiento de retiro de agua.

#### 4.10.2 Humedad

Cuadro No. 31. Efecto de los tratamientos 0 DDF y SR en el promedio de la Humedad Relativa atmosférica media, máxima y mínima, desde el 10 de febrero hasta el 25 de abril.

Trat.	Media HR. (C°)	Máx.	Mínima	Amplitud	Desvío	No. de horas	No. de horas
		HR. (%)	HR. (%)	HR. (%)	HR.	< 81 HR. (%)	> 99 HR. (%)
<b>0</b>	89,2	100	61,3	38,7	19,1	454	1198
<b>SR</b>	91,2	100	67,3	32,7	17,5	386	1261

En el caso de la humedad relativa también se observa efecto de la presencia de la lámina de agua, el tratamiento SR presento valores medios y mínimos menores, así como una menor amplitud térmica, respecto al tratamiento que se le retiro el agua anticipadamente 0 DDF (retiro de agua al 50% de floración). Se observa que el número de horas por debajo de 81 % de humedad relativa es considerablemente mayor en el tratamiento sin agua, asimismo el número de horas por encima de 99 % de humedad es menor para este tratamiento.

#### 4.11. CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO

Como se menciona en El Paso 144 el aporte de agua se da por media del riego y de las precipitaciones, la gráfica que muestra las precipitaciones para la zafra se muestra en el análisis del contenido de agua para El Paso 144.

A partir del análisis de la evolución del contenido de agua en el suelo, determinado mediante el método gravimétrico, se pudo caracterizar la variación en la oferta de agua del suelo por perfil para cada tratamiento de retiro de agua, desde el 24 de febrero al 3 de mayo (figuras no. 23, 24 y 25).

En la figura no. 23, se presenta la evolución del contenido de agua en el suelo de 0-10 cm de profundidad para los diferentes tratamientos de retiro.

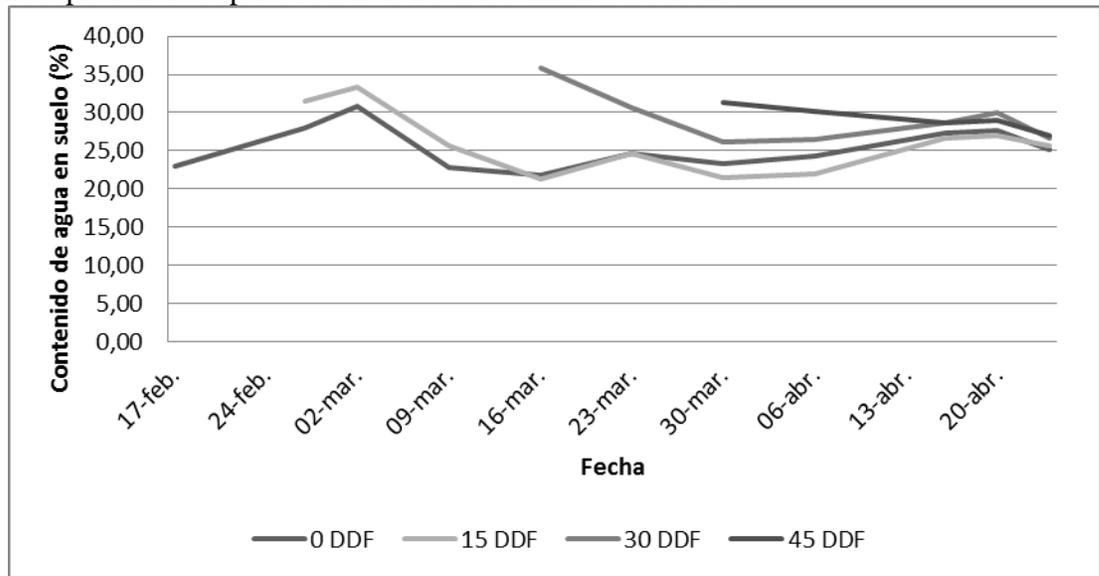


Figura No. 23. Evolución del contenido de agua gravimétrico (0-10 cm) para la variedad Parao.

En la figura no. 24. Se presenta la evolución del contenido de agua en el suelo de 10-20 cm de profundidad para los diferentes tratamientos de retiro.

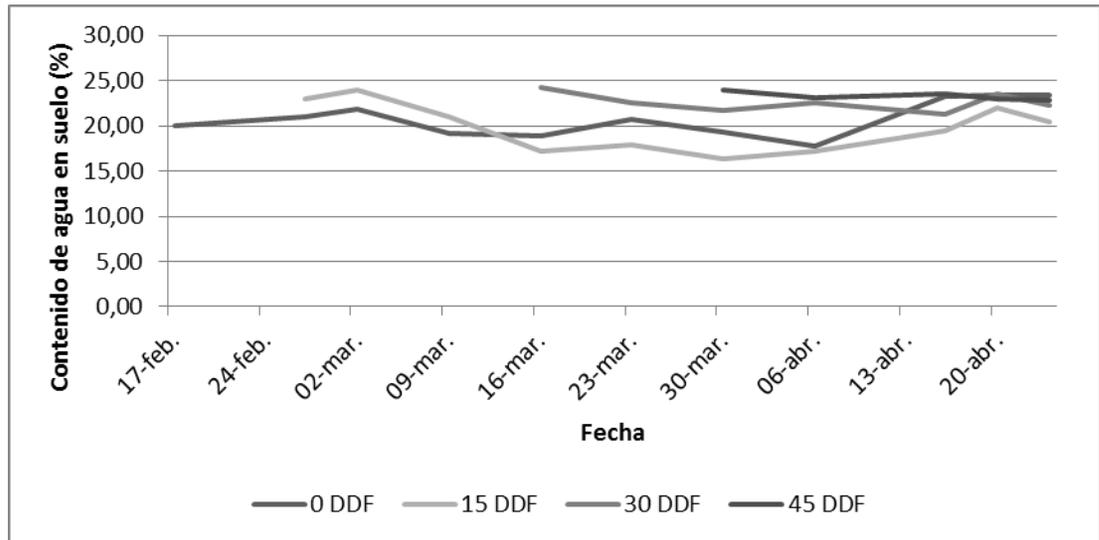


Figura No. 24. Evolución del contenido de agua gravimétrico (10-20 cm) para la variedad Parao.

En la figura no. 25 se presenta la evolución del contenido de agua en el suelo de 20-30 cm de profundidad para los diferentes tratamientos de retiro.

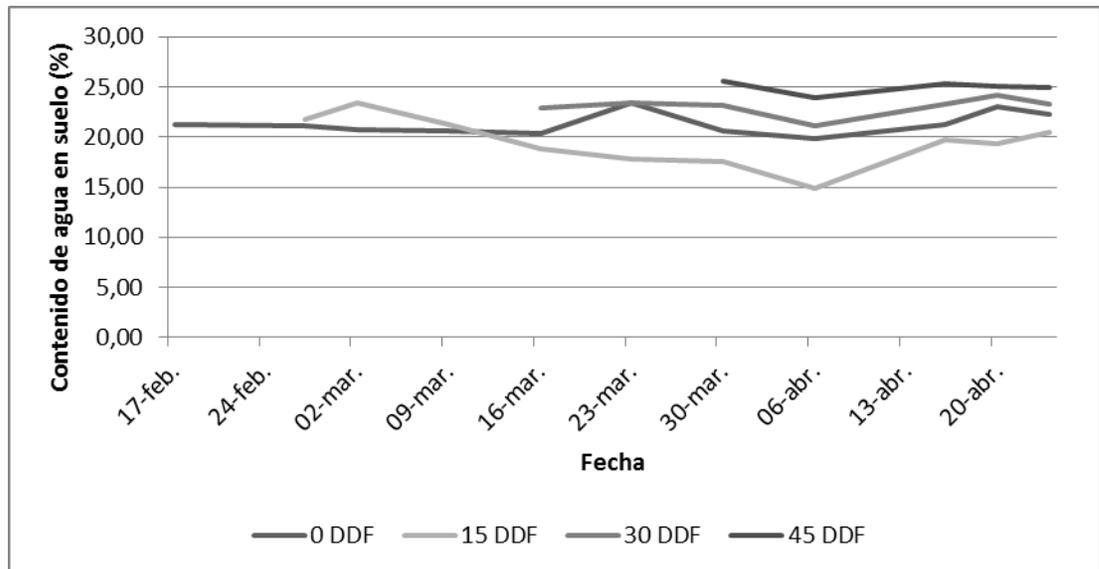


Figura No. 25. Evolución del contenido de agua gravimétrico (20-30 cm) para la variedad Parao.

Al analizar la evolución del contenido de agua en el suelo para la variedad Parao se observa un comportamiento similar a la variedad El Paso 144. Es decir la mayor variación en contenido de humedad se da en los primeros 10 cm de perfil y se observa en las parcelas donde se retiró temprano el agua tratamientos 0 y 15 DDF. Esta variación está asociada a las precipitaciones ya que se observa que luego de un episodio de lluvia el contenido de agua en estas parcelas aumenta.

Por el contrario en los perfiles más profundos los valores son inferiores y las diferencias entre los tratamientos son menores.

#### 4.12. ANÁLISIS CONJUNTO DE LAS VARIEDADES

Se analizarán en conjunto las dos variedades, el efecto de los tratamientos en las variables bajo estudio enfatizando en: fenología comparada, evolución de la materia seca, evolución de la altura de plantas, rendimiento de grano a nivel de chacra, rendimiento sano, seco y limpio. También se presentará la caracterización climática generada de las medidas registradas de precipitación con los distintos manejos de retiro de agua para cada variedad.

##### 4.12.1 Fenología comparada

En el siguiente cuadro se presenta la fenología a cosecha óptima para cada variedad. Como se puede observar Parao tiene una floración 9 días más temprana, pero momento de cosecha óptimo es más tardío (60 DDF), para El Paso 144 desde emergencia hasta el momento óptimo de cosecha (45 DDF), transcurren 145 días sin embargo para Parao transcurren 153 días, la diferencia en largo de ciclo para el momento óptimo de cosecha es de 8 días.

Cuadro No. 32. Fenología comparada de las variedades El Paso 144 y Parao hasta su momento óptimo de cosecha.

<b>Variedad</b>	<b>Emergencia</b>	<b>Primordio</b>	<b>Floración</b>	<b>Cosecha Optima</b>
<b>El Paso 144</b>	12 de noviembre	9 de enero	19 de febrero	4 de abril (45)
<b>Parao</b>	12 de noviembre	9 de enero	10 de febrero	12 de abril (60)

Si se analizan ambas variedades desde su floración hasta su momento de cosecha óptimo, la diferencia se agranda para El paso 144 no solo que florece después, sino que

se cosecha antes, esto da como resultado una diferencia en la duración del llenado de granos, Parao demora más en llegar a su momento óptimo de cosecha desde su floración.

#### 4.12. 2. Evolución de la materia seca

En la siguiente figura se presenta la deposición de materia seca de las diferentes variedades estudiadas.

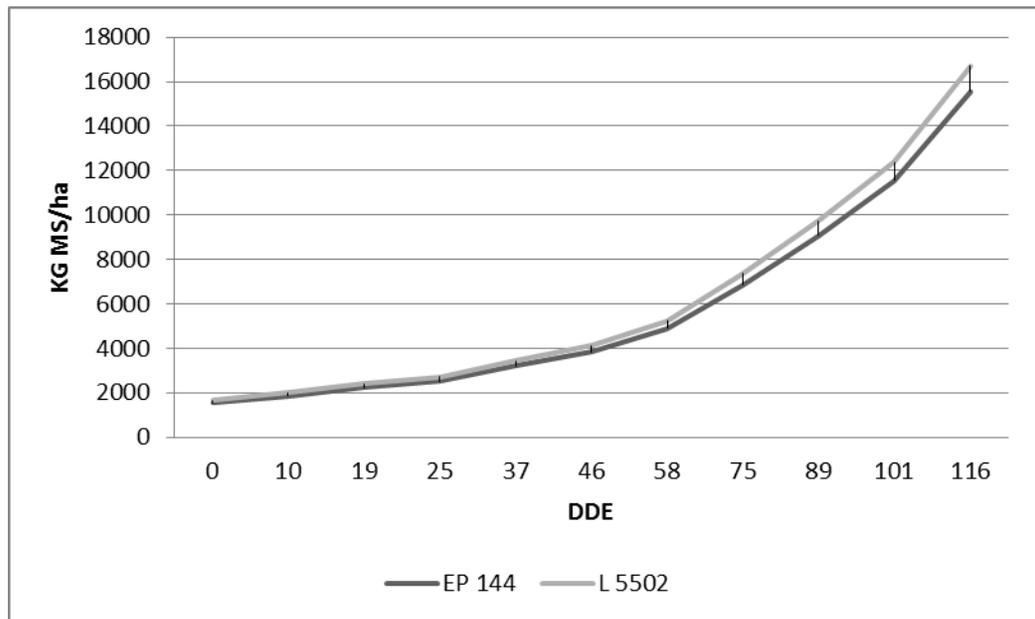


Figura No. 26. Evolución del contenido de materia seca para la variedad El Paso 144 y Parao, hasta los 116 días después de emergencia (DDE).

Como se puede observar en el gráfico anterior la evolución de materia seca para estas variedades crece de forma similar a diferencia que Parao tiene mayor deposición de materia seca a medida que transcurren los días desde la emergencia. Esto no quiere decir que a lo largo de todo el ciclo tenga mayor deposición de materia seca, cuando se muestran los rendimientos de materia seca a cosecha de cada cultivar, el Paso 144 presenta mayores valores absolutos de materia seca a cosecha cuando arrojo los mayores rendimientos.

### 4.12.3. Evolución de altura de plantas

En la siguiente figura se presenta la evolución de altura de plantas de las diferentes variedades estudiadas.

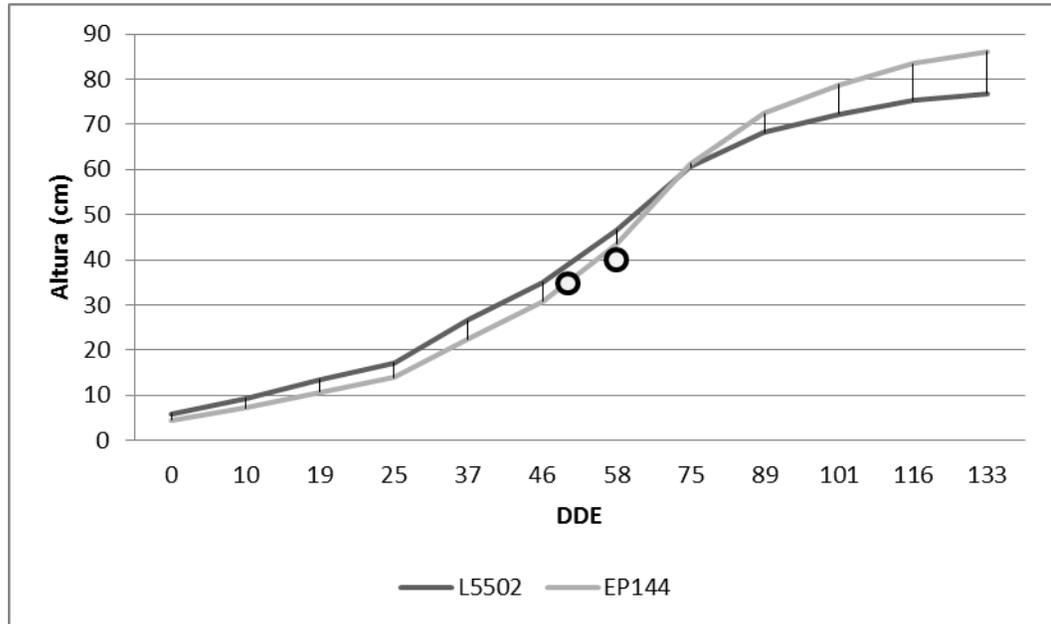


Figura No. 27. Evolución de la altura de planta para la variedad El Paso 144 y Parao, hasta los 133 días después de emergencia (DDE).

Como se observa en el gráfico, la altura de planta de El Paso 144 es inferior a la de Parao hasta alcanzar primordio, donde la tendencia se revierte y el Paso 144 alcanza mayor altura de planta a fines de ciclo.

El punto que está en el gráfico indica el momento donde se da el punto de inflexión del crecimiento en la altura de la planta, donde comienzan a crecer a tasas decrecientes. Como se observa se da en diferentes momentos para cada variedad, en la variedad Parao se da antes (50 DDE), y una altura de planta de 39 cm, para El Paso 144 se da con 59 DDE y 44 cm de altura.

Si se analiza la evolución de materia seca y la altura de planta de ambas variedades, se puede decir que la acumulación de biomasa total a lo largo del ciclo se da de forma similar, sin embargo, la altura no es de la misma manera. Esto deja de manifiesto lo observado a campo, la arquitectura de planta de ambas variedades son diferentes. La variedad Parao tiene un porte más bajo (10 cm de diferencia), con macollos más gruesos, en etapas más avanzadas del cultivo la hoja bandera del nuevo cultivar es más erecta y más grande que la hoja bandera de El Paso 144.

#### 4.12.4 Momentos de retiro de agua para ambas variedades y precipitaciones

A continuación se presentan los diferentes retiros de agua (0 DDF, 15 DDF, 30 DDF y 45 DDF), con las precipitaciones ocurridas luego de los retiros, para ambas variedades. Teniendo en cuenta que las precipitaciones, luego de los retiros de agua, dan como resultado sacar a las plantas del estrés hídrico buscado, efecto no deseado ya que no deja cuantificar los efectos claramente como podría ser en un año con menores precipitaciones.

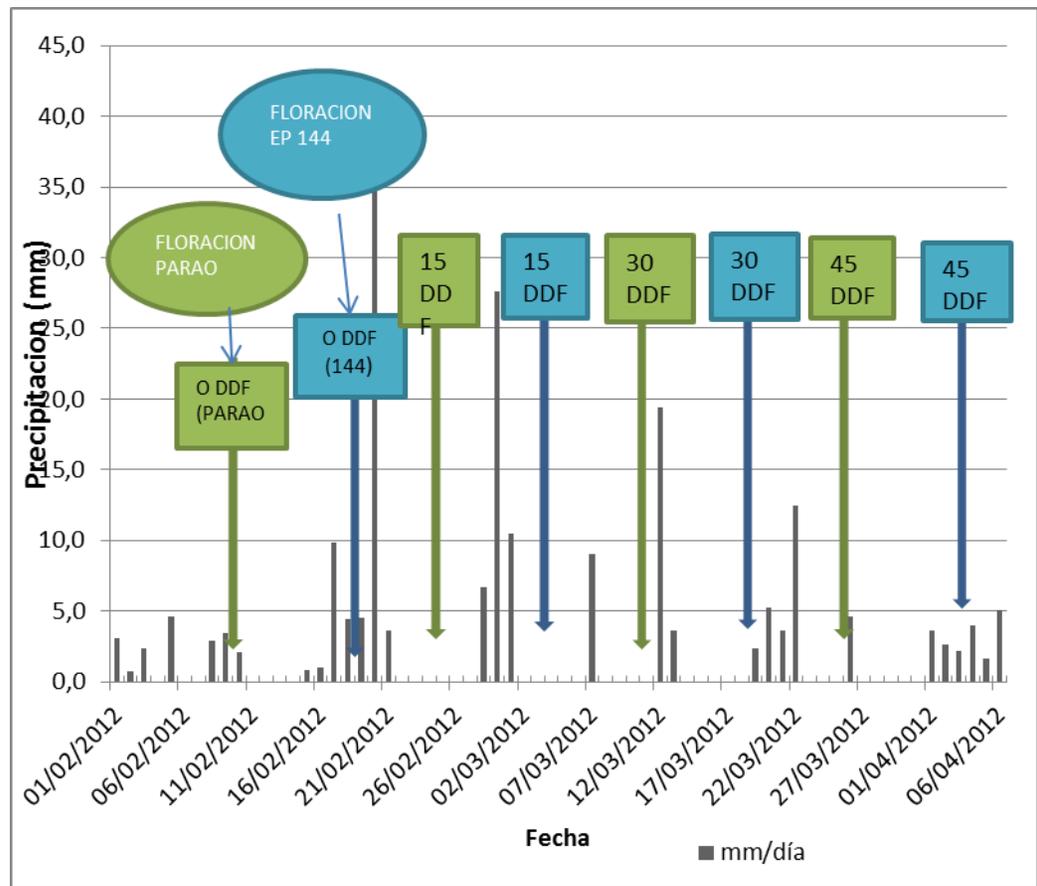


Figura No. 28. Retiros de agua y precipitaciones (mm), para el periodo comprendido entre el primer y el último retiro de agua, para ambas variedades (Azul: El Paso 144, Verde: Parao).

#### **4.12.5 Rendimiento comparado en los diferentes momentos de cosecha**

El rendimiento de chacra de ambas variedades para su momento óptimo de cosecha no presenta diferencias significativas en el rendimiento de grano (45 DDF EP 144 vs 60 DDF Parao).

A continuación se puede observar el cuadro con los rendimientos comparados y los momentos de cosechas para cada variedad.

Cuadro No. 33. Rendimiento de grano comparado de las variedades El Paso 144 y Parao.

<b>Rendimiento de grano comparado</b>		
<b>Variedad</b>	<b>M. Cosecha</b>	<b>Rendimiento</b>
Parao	60	10764 a
EP 144	45	10343 ab
Parao	45	10214 b
Parao	75	10166 bc
EP 144	60	9515 c
EP 144	30	8981 d
Parao	30	8245 e
EP 144	75	8136 e

En la siguiente figura se puede observar gráficamente lo expuesto anteriormente.

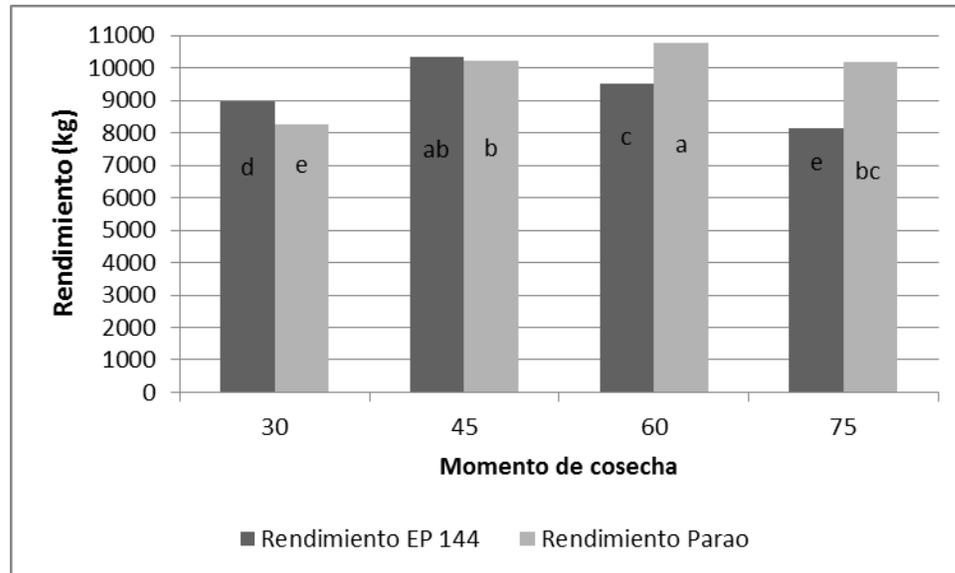


Figura No. 29. Efecto del momento de cosecha comparando el rendimiento entre El Paso 144 y Parao.

Del gráfico anterior se desprende que para el momento de cosecha a los 30 DDF El Paso 144 tuvo mayores rendimientos que Parao, para la cosecha día 45 DDF no hay diferencias significativas en el rendimiento, pero luego de este momento de cosecha Parao obtuvo los mejores rendimientos de chacra.

#### **4.12.6 Rendimiento comparado sano seco y limpio en los diferentes momentos de cosecha**

A continuación se observan los rendimientos comparados entre ambas variedades en los diferentes momentos de cosecha. Este rendimiento es sano, seco y limpio o sea que ya es llevado a 13% de humedad y ya están descontadas todas las penalizaciones descriptas anteriormente.

Si se analiza el momento óptimo de cosecha de la variedad Parao (60 DDF), comparado con el momento óptimo de cosecha de El Paso 144 (45 DDF), se observa que éste tiene una diferencia significativa con una diferencia de aproximadamente 1000 kg/ha. A su vez la variedad Parao permite tener mayor atraso en la cosecha, ya que como se observa, la cosecha realizada a los 75 DDF, no presenta diferencias significativas con la cosecha a los 45 DDF de El Paso 144. Si comparamos la cosecha 75 DDF de Parao con el mismo momento de cosecha para El Paso 144 hay diferencias significativas. Hay que tener en cuenta que la variedad Parao tiene macollos más gruesos y un menor desgrane natural más allá de la calidad industrial.

Cuadro No. 34. Rendimiento sano, seco y limpio comparado de las variedades El Paso 144 y Parao.

<b>Rendimiento SSL comparado</b>		
<b>Variedad</b>	<b>M. Cosecha</b>	<b>Rendimiento</b>
Parao	60	10895 a
Parao	75	10311 b
EP 144	45	9887 bc
Parao	45	9396 cd
EP 144	60	9354 d
EP 144	75	8086 e
EP 144	30	7878 e
Parao	30	6996 f

A continuación se muestra gráficamente el rendimiento sano, seco y limpio.

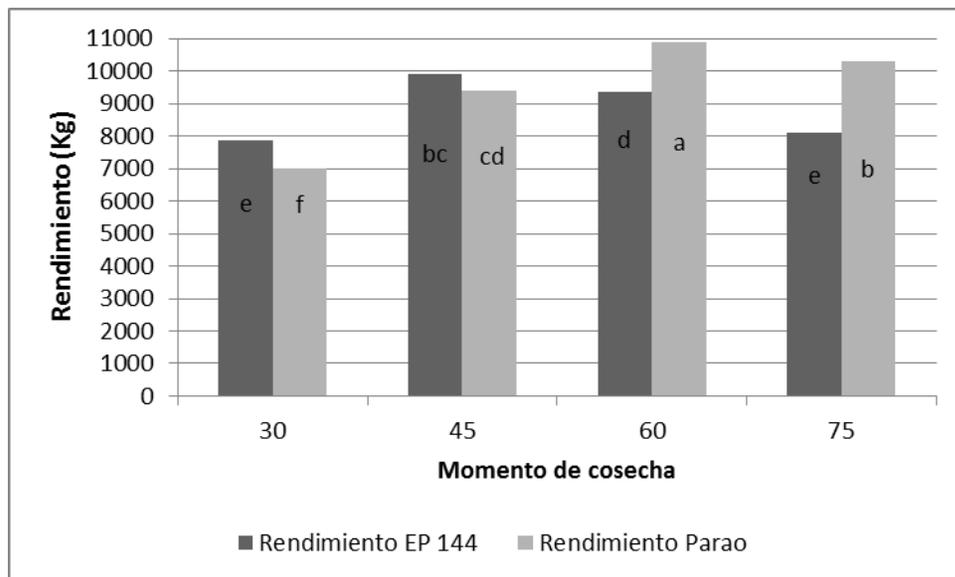


Figura No. 30. Efecto del momento de cosecha comparando el rendimiento sano, seco y limpio entre El Paso 144 y Parao.

En lo expuesto anteriormente se desprende que la variedad El Paso 144 en el único momento de cosecha que supera a Parao con diferencias significativas, es en la

primera cosecha, esto deja de manifiesto que la tasa de llenado de El Paso 144 es mayor que la de Parao en las primeras etapas posteriores a la floración.

Por otro lado se destaca la calidad de Parao sobre El Paso 144 ya que éste a partir de la cosecha realizada a los 45 DDF es superior el rendimiento sano, seco y limpio, esto podría incidir en la toma de decisiones a nivel de chacra ya que los castigos y penalizaciones realizadas por el molino, hoy por hoy, juegan un rol fundamental en el margen neto por hectárea.

## **5. CONCLUSIONES**

Los tratamientos de momento de cosecha afectaron significativamente el rendimiento en ambas variedades. Existe un momento de cosecha en que se obtiene el máximo rendimiento biológico y este es diferente para cada variedad. La mayor productividad se obtuvo cuando la cosecha se efectuó a los 60 y 45 días después del 50 % de floración, en las variedades Parao y El Paso 144 respectivamente.

Sin embargo, a pesar de que los momentos óptimos de cosecha para ambas variedades fueron a los 60 y 45 DDF (diferencia de 15 días entre ambos momentos de cosecha), cronológicamente se traduce en 8 días entre la cosecha de El Paso 144 y Parao. Esto se debe a que la variedad Parao floreció 9 días antes.

Por lo tanto, existen diferencias fenológicas entre las variedades Parao y El Paso 144 que se ven reflejadas al momento de cosecha. La variedad Parao florece antes que El Paso 144 y su momento de cosecha óptimo es posterior. Por ende esta variedad presenta un periodo de llenado de grano más largo, sin retrasar su cosecha de manera importante respecto a la de El Paso 144.

Los tratamientos de retiro de agua afectaron significativamente el rendimiento en la variedad El Paso 144. Cuando el drenaje se realizó al 50 % de floración (0 DDF), se obtuvo un rendimiento 22 % inferior al resto de los tratamientos. En la variedad Parao estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

En lo que refiere a calidad molinera, el momento de cosecha afectó significativamente los porcentajes de blanco, entero y yeso en ambas variedades. Para la variedad El Paso 144 en cosechas tempranas, a los 30 DDF, el porcentaje de granos enteros es inferior al 58 %.

El tratamiento de retiro de agua no tuvo efecto sobre el porcentaje de blanco en ninguna de las variedades, pero sí sobre el quebrado y yesado.

La presencia o ausencia de lámina de agua afectó la temperatura y la humedad relativa dentro del cultivo. Las parcelas que permanecieron con agua durante más tiempo, presentaron una amplitud térmica menor y valores de temperatura mínimas superiores. En cuanto a la humedad relativa del ambiente, se aprecia una tendencia a presentar valores mínimos más bajos con retiros de agua temprano, así como una mayor amplitud y número de horas por debajo del 81%.

## **6. RESUMEN**

En el año agrícola 2011-2012 se instaló un ensayo en la Unidad Experimental “Paso de la Laguna” de INIA Treinta y Tres, con el objetivo de determinar el momento óptimo de cosecha y de retiro de agua para lograr el máximo rendimiento de arroz cáscara y calidad industrial del grano en la variedad Parao tomando como testigo la variedad El Paso 144. El manejo del cultivo fue similar al realizado en las chacras comerciales de la zona. Se utilizó el diseño de parcelas divididas en bloques al azar con tres repeticiones, siendo cinco momentos de drenajes en las parcelas grandes (0 DDF, 15 DDF, 30 DDF, 45 DDF y sin retiro de agua) y cuatro de cosecha en las parcelas pequeñas (30 DDF, 45 DDF, 60 DDF y 75 DDF). Se colocaron sensores que midieron temperatura y humedad atmosférica en los tratamientos de drenaje (0 DDF y S.R, sin retiro) para la variedad Parao, con el objetivo de determinar la evolución de estos dos factores en los diferentes tratamientos. Paralelamente, se realizó un seguimiento periódico del contenido volumétrico de agua a diferentes profundidades de suelo, mediante el método gravimétrico y en los diferentes tratamientos de retiros a medida que estos comenzaban. Se obtuvo el mayor rendimiento para la variedad El Paso 144, cosechando 45 DDF y para la variedad Parao a los 60 DDF. Cosechas anteriores y posteriores fueron significativamente menores, mientras que cuando se drenó en 50 % de floración se obtuvo rendimientos significativamente más bajos que los realizados posteriormente para El Paso 144. Sin embargo, para la variedad Parao no hubo diferencias significativas esto puede explicarse por las precipitaciones luego del retiro. El momento de drenaje para la variedad El Paso 144 perjudica el porcentaje de grano entero y quebrado si se drena antes del día 15 DDF, sin efectos claros en el porcentaje de yesado. Esta variable presentó interacción entre los momentos de retiro y de cosecha, siendo afectados el porcentaje de entero, quebrado y yesado. La mejor combinación fue cosechar entorno a los 45 DDF y dejar el agua hasta 15 DDF. Los componentes de calidad industrial del grano afectados por los momentos de cosecha fueron blanco total, entero, quebrado y yesado. Cosechando a los 45 DDF se obtuvieron los mejores rendimientos de las variables blanco total y entero no siendo así para quebrado y yesado. La tasa de llenado de grano no se vio afectado por los diferentes retiros de agua alcanzando el mismo peso de grano que los tratamientos que permanecieron con agua. Para la variedad Parao el momento de drenaje no afectó significativamente el porcentaje de entero, no siendo así para quebrado y yesado. La interacción de retiro de agua y momento de cosecha no tuvo efectos sobre los componentes de calidad industrial. La tasa de llenado de granos no se vio afectado por los diferentes momentos de drenaje y esto pudo deberse a las precipitaciones luego de los retiros. Los sensores demostraron cómo la lámina de agua ejerce un efecto amortiguador sobre la temperatura y humedad relativa, disminuyendo la amplitud entre los registros extremos en los dos factores.

Palabras clave: Variedades de arroz; Momento de drenaje; Momento de cosecha; Floración; Rendimiento; Calidad industrial.

## 7. SUMMARY

During the agriculture year of 2011-2012, with the objective of determine the optimal harvest time and water retirement for maximum yield and industrial quality of paddy rice in the variety Parao taking as control the variety El Paso 144; an experiment was installed in the “Unidad Experimental Paso de la Laguna” in INIA Treinta y Tres. Crop management was similar to that performed on commercial farms in the region. Split plot with randomized block with three replication design was used, with five moments drains in large plots (0 DDF, 15 DDF, 30 DDF, 45 DDF and without removal of water) and four moments of harvest in the small plot (30 DDF, 45 DDF, 60 DDF and 75 DDF). Temperature and humidity sensors measured were placed in the treatments drain (0 DDF and S.R, without removal) for the variety Parao, with the objective of determined the evolution of these two factors in the different treatments. In parallel, in order to characterize the soil water supply, regular monitoring of volumetric water content was performed at different depths with the gravimetric method. The highest yield was obtained for the variety El Paso 144, harvesting 45 DDF and for the variety Parao to 60 DDF. Before and after harvest were significantly lower, while when it was drained in 50% of flowering significantly lower yields were obtained for El Paso 144. However, for Parao there were no significant differences and this can be explained by rainfall after retirement of water. The drainage moment for El Paso 144 impairs the percentage of whole grain and broken if it is drained before 15 DDF, with no clear effects on the percentage of chalkness. This variable showed interaction between moments of retirement and harvest crop being affected the percentage of whole, broken and chalkness. The best combination was harvested around the 45 DDF and allow water to 15 DDF. Industrial Components grain quality affected by harvest time were all white whole, broken and chalkness. Harvesting on 45 DDF the best performance of whole white and whole grain were obtained, but not so for broken and chalkness. The grain filling rate was not affected by different water removal, reaching the same grain weight that the treatments with water. For Parao drain time did not significantly affect the percentage of whole, not so for broken and chalkness. The interaction of water removal and harvest time had no effect on the industrial grade components. The grain filling rate was not affected by the different drainage times and this may be due to precipitation after removals. The sensors showed how the water level has a "buffer" effect on temperature and relative humidity, decreasing the amplitude between extreme registers on the two factors.

Keywords: Varieties of rice; Draining time; Harvest time; Flowering; Yield; Industrial quality.

## 8. **BIBLIOGRAFÍA**

1. ACA (Asociación de Cultivadores de Arroz, UY). s.f. Variedades utilizadas; El Paso 144. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado set. 2013. Disponible en [http://www.aca.com.uy/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=13&Itemid=16](http://www.aca.com.uy/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=13&Itemid=16)
2. \_\_\_\_\_. 2011. Nuevo cultivar de arroz; PARA O. L5502. Arroz. 15 (68): 26-32.
3. \_\_\_\_\_. 2013. Nuevo cultivar de arroz. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado oct. 2013. Disponible en [http://www.aca.com.uy/images/stories/articulos\\_revista/74/PARAO.pdf#zoom=100](http://www.aca.com.uy/images/stories/articulos_revista/74/PARAO.pdf#zoom=100)
4. Acosta, O. G. 1988. Efecto de distintos momentos de drenaje y épocas de cosecha sobre el rendimiento, calidad industrial y germinación del arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 115 p.
5. Adair, C. R.; Miller, M. D.; Beachell, H. M. 1962. Rice improvement and culture in the United States. *Advances in Agronomy*. 14: 77- 83.
6. 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 (2<sup>nd</sup>., 2002, Sacramento)*. Proceedings. Los Baños, Philippines, IRRI. pp. 63-68.
7. Arguissain, G. G. 2006. Ecofisiología del cultivo de arroz. *In: Benavidez, R. ed. El arroz, su cultivo y sustentabilidad en Entre Ríos*. Concepción del Uruguay, UNER. v.1, pp. 80-84.
8. Ávila, S. 2000. Una enfermedad del arroz importante en el Uruguay; la podredumbre del tallo. *Arroz*. no. 24: 46.
9. Bica, W.; Graña, J. 1991. Efecto de la falta de riego en las distintas etapas fenológicas del cultivo de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. pp. 82-92.
10. Binotti, F.; Arf, O.; Fernandes, F.; Sá, M. E. DE. 2007. Momento de colheita e períodos de armazenamento no rendimento industrial e na qualidade fisiológica do arroz de terras altas. *Acta Scientiarum Agronomy*. (Maringá). 29 (2): 219-226.

11. Blanco, F.; Méndez, R. 1986. Época de drenaje y cosecha del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). CIAAB. Investigaciones Agronómicas. no. 7: 66-72.
12. Blanco, P.; Méndez, J. H. 1996. Momento de cosecha. In: Arroz; resultados experimentales 1995-96. Montevideo, INIA. pp. 1 – 13 (Actividades de Difusión no. 107).
13. Campos, F.; Falero, J. I. 2012. Estudio de la eficiencia de uso de agua bajos distintos manejos de riego en la variedad EP 144. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. pp. 2-6.
14. Castillo, J.; Terra, J.; Méndez, R. 2012. Indicadores para la recomendación de fertilización de nitrógeno en el cultivo de arroz; resultados preliminares 1er año. In: Arroz; resultados experimentales 2011-2012. Montevideo, INIA. cap. 3. pp. 4-9 (Actividades de Difusión no. 686).
15. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2013. Fertilización nitrogenada en arroz en base a indicadores objetivos. In: Jornada Arroz-Soja (2013, Treinta y Tres). Memorias. Montevideo, INIA. cap. 3, pp. 7-9 (Actividades de Difusión no. 713).
16. Chebataroff, N. 1983. Factores que afectan el momento de cosecha, los rendimientos y la calidad industrial del arroz. *Arroz*. no. 2: 17-22.
17. \_\_\_\_\_. 2012. Arroz uruguayo; variedades de arroz. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 259-270.
18. Counce, P. A.; Watkins, K. B.; Brye, K. R.; Siebenmorgen, T. J. 2007. A model to predict safe rice field training dates and field tests of the model's prediction. In: International Temperate Rice Conference (4<sup>th</sup>., 2007, Arkansas). Proceedings. Arkansas, s.e. p. 114.
19. De Datta, S. K. 1981. Principles and practices of rice production. New York, Wiley. 618 p.
20. Deambrosi, E.; Méndez, R.; Roel, A. 1997. Estrategia en la producción de arroz para un mejor aprovechamiento de las principales variables climáticas. Montevideo. INIA. pp. 7-16 (Serie Técnica no. 89).
21. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Ávila, S. 2005. Estudio sobre la problemática de disminución de los rendimientos en los rastrojos de arroz. In: Arroz;

resultados experimentales 2004-2005. Montevideo, INIA. cap. 3, pp. 6-14 (Actividades de Difusión no. 418).

22. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2007. Respuesta de cultivares de arroz de tipo índica a densidades de siembra y aplicaciones de nitrógeno en la zona este del Uruguay. Montevideo, INIA. p. 36 (Serie Técnica no. 167).
23. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. Ávila, S. 2008. Respuesta de cultivares de arroz de tipo Indica a coberturas nitrogenadas en tres épocas de siembras tardías. In: Arroz; resultados experimentales 2007-2008. Montevideo, INIA. cap. 3, p. 33 (Actividades de Difusión no. 545).
24. Duarte, E. F.; De Souza, R. L. P.; De Souza, D. P. P.; Da Costa, W. F. 1977. Épocas de drenagem final em cultura de arroz irrigado por inundação por intermitente, na Baixada Fluminense. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 12: 11-26.
25. Fagundes, P. R.; Scivittaro, W.; Magalhaes, A.; Martins, De.; Severo, A. 2011. Efeito da época de supressão da irrigação sobre a produtividade e/o rendimento de grãos inteiros de três cultivares de arroz irrigado da EMBRAPA; In: Congreso Brasileiro de Arroz Irrigado (7º, 2011, Balneario Camboriu, SC). Racionalizando recursos e ampliando oportunidades. Anais. Itajaí, Epagri. v.2, pp. 566-569.
26. Fariña, J. S.; Platero, S. 2009. Efectos de momentos de retiros de agua y de cosecha en la variedad INIA Olimar (*Oryza sativa* L.). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 26 p.
27. Finassi, A.; Noris, P.; Vidotto, F. 2002. The effect of weather on whole-kernel milling yield of selected cultivars of *Oryza sativa* L. grown in the Po Valley of Italy. In: Temperate Rice Conference (2<sup>nd</sup>., 2002, Sacramento). Proceedings. Los Baños, Philippines, IRRI. pp. 471-479.
28. Gaggero, M. R.; Marmo, M. S. 1999. Retiros de agua y momentos de cosecha en tres cultivares de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. pp. 66-69.
29. Guimaraes, H. M. A.; Machado, J. R. 1996. Efeito do momento da colheita, sobre o teor de agua dos grãos inteiros e rendimento no beneficiamento em diferentes épocas de semeadura de três cultivares de arroz (*Oryza sativa*.). Lavoura Arrozeira. 49: 6-8.

30. Gunawardena, T. A.; Farrell, T. C.; Fukai, S.; Blamey, F. P. C.; Williams, R. L. 2002. Research on cold tolerance in Australia; focusing on nitrogen-interactions and genotypic variation. In: Temperate Rice Conference (2<sup>nd</sup>., 2002, Sacramento). Proceedings. Los Baños, Philippines, IRRI. pp. 195-200.
31. INASE (Instituto Nacional de Semillas, UY). s.f. El L144; ficha descripta. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado set. 2013. Disponible en <http://www.inase.org.uy/files/docs/0D10375B05AC308B.jpg>
32. Infeld, J. A. 1981. Ponto de colheita para seis cultivares de arroz irrigado. In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado (11a., 1981, Pelotas). Anais. Pelotas, UEPAE. pp. 127-129.
33. Islam, M. S.; Hauque, M. Z. 1989. Adaptability of rice varieties to low light intensity. International Rice Research Newsletter. 14: 11-12.
34. Jodari, F.; Linscombe, S. 2002. Grain moisture exchange rate and fissuring resistance relationship in rice. In: Temperate Rice Conference (2<sup>nd</sup>., 2002, Sacramento). Proceedings. Los Baños, Philippines, IRRI. p. 659.
35. Lavecchia, A.; Roel, A.; Méndez, J. H. 1997. Retiros de agua y momentos de cosecha. In: Arroz; resultados experimentales 1996-1997. Montevideo, INIA. cap. 8, pp. 1-22 (Actividades de Difusión no. 143).
36. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1999. Momentos de retiros de agua y cosechas. In: Arroz; resultados experimentales 1998-1999. Montevideo, INIA. cap. 8, pp. 1-28 (Actividades de Difusión no. 199).
37. \_\_\_\_\_.; Marchesi, C.; Méndez, J. H. 2004. Supresión del riego en dos fechas de cosecha. In: Arroz; resultados experimentales 2003-2004. Montevideo, INIA. cap. 6, pp. 1-22 (Actividades de Difusión no. 375).
38. Lei, X-M.; Mackill, D. J. 2002. Potential for high-temperature tolerance in California rice. In: Temperate Rice Conference (2<sup>nd</sup>., 2002, Sacramento). Proceedings. Los Baños, Philippines, IRRI. p. 664.
39. Lima, A. L.; Ramirez, H. V.; Menezes, V. G.; Mariot, C. H. 2005. Rendimento e qualidade de graos de arroz irrigado em funcao do manejo da agua para colheita. In: Reunião da Cultura do Arroz Irrigado (26a.), Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado (4<sup>o</sup>., 2005, Santa Maria). Anais. Santa María, Orium. v. 1, pp. 354-356.

40. Lopes, M.C.B.; Lopes, S.I.G.; Piegas, F. 2011. Reducao no rendimento de graos inteiros em genótipos de arroz irrigado com o atraso na colheita. Itajaí. In: Congreso Brasileiro de Arroz Irrigado (7º, 2011, Balneario Camboriu, SC, Brasil). Racionalizando recursos e ampliando oportunidades; anais. Itajaí, Epagri. v. 2, pp. 751-754.
41. Méndez, J. H. 1997. Momento de cosecha para arroz. Arroz. no. 9: 34-36.
42. Méndez, R.; Roel, A.; Castera, F. 2003. Características del llenado de grano para cuatro variedades de arroz en diferentes zafras y épocas de siembra. In: International Temperate Rice Conference (3rd., 2003, Punta del Este). Proceedings. s.n.t. p. irr.
43. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). Encuesta de arroz; zafra 2011-2012. Montevideo. pp. 1-10 (Serie encuesta no. 307).
44. Molina, F.; Roel, A.; Mutters, R. Efecto del momento de retiro de agua y cosecha en INIA Olimar. In: Arroz; resultados experimentales 2006-2007. Montevideo, INIA. cap. 2, pp. 11-21 (Actividades de Difusión no. 502).
45. Pauletto, E. A.; Gomes, A. Da S.; Turatti, A. L. 1981. Períodos de drenagem em lavoura de arroz x niveis de nitrógeno. In: Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado (11a., 1981, Pelotas). Anais. Pelotas, UEPAE. pp. 213-217.
46. Pedroso, B. A. 1978. Ponto ideal para colheita do arroz. Lavoura Arrozeira. 31: 4-10.
47. \_\_\_\_\_. 1994. Efeito do ponto de colheita de duas cultivares do arroz irrigado em quatro densidades de sementeira. Lavoura Arrozeira. 47: 3-5.
48. 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 (2<sup>nd</sup>., 2002, Sacramento). Proceedings. Los Baños, Philippines, IRRI. pp. 687-688.
49. 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.

50. Roel, A.; Blanco, F. 1997. Riego; retiros de agua y momentos de cosecha en tres cultivares de arroz. In: Arroz; resultados experimentales 1996-1997. Montevideo, INIA. cap. 12, pp. 1-16 (Actividades de Difusión no. 135).
51. \_\_\_\_\_. 1998. Riego; retiros de agua y momentos de cosecha en tres cultivares de arroz. In: Arroz; resultados experimentales 1997-1998. Montevideo, INIA. cap. 12, pp. 1-14 (Actividades de Difusión no. 166).
52. \_\_\_\_\_. 1999. Retiros de agua y momentos de cosecha en tres cultivares de arroz. In: Arroz; resultados experimentales 1998-1999. Montevideo, INIA. cap. 5, pp. 28-36 (Actividades de Difusión no. 194).
53. Romanini, A.; Ferreira da Silva, F.; Afk, O.; Kamimura, K. M; Sa, M. E. De. 2005. Influencia da época de colheita em arroz de terras altas irrigado por aspersão. In: Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado (26a.), Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado (4º., 2005, Santa María). Anais. Santa Maria, Orium. v. 1, pp. 313-315.
54. Segovia, M. 2007. Efecto de momentos de retiros de agua y de momentos de cosecha en la variedad INIA Olimar. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 99 p.
55. Smiderle, O. J 2007. Épocas de colheita e qualidade de arroz irrigado BRS JABURU produzido em RORAIMA. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado (5º.), Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado (27º., 2007, Roraima). Anais. s.n.t. v.2, pp. 552 – 555.
56. \_\_\_\_\_.; Días, C. T. 2008. Época de colheita e qualidade fisiológica de sementes em arroz irrigado (*Oryza sativa* cv. BRS RORAIMA). Pesquisa Agropecuaria Tropical. 38(3): 188-194.
57. Congreso Brasileiro de Arroz Irrigado (4º), Reuniao da Cultura do Arroz Irrigado (26ª, 2005, Santa María). 2005. Arroz irrigado; recomendaciones técnicas de pesquisa para o sul do Brasil. Santa María, SOSBAI. 159 p.
58. Stone, L. F.; Fonseca, J. R. 1980. Épocas de drenagem final em duas cultivares de arroz irrigado. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 15: 171-174.
59. Terra, J.; Molina, F.; De Ambrosi, E.; Pravia, V.; Roel, A.; Casales, L.; Ferreira, D.; Ferreira, R. 2007. Manejo de suelos y nutrición vegetal. Densidad de siembra y nitrógeno en EP 144 a escala de chacra. In: Arroz; resultados

experimentales 2006-2007. Montevideo, INIA. cap. 7. pp. 2-7  
(Actividades de Difusión no. 167).

60. Thompson, J. F.; Mutters, R. G. s.f. Optimum harvest moisture for Californian médium grain rice. In: International Temperate Rice Conference (4<sup>th</sup>., 2007, Arkansas). Proceedings. Arkansas, s.e. pp. 176-177.
61. Yang, J.; Zhang, J.; Wang, Z.; Liu, L.; Zhu, Q. 2003. Post-anthesis water deficits enhance grain filling in two-line hybrid rice. *Crop Science*. 43: 2099-2108.
62. Yunbi, X.; Zongtan, S.; Chunhai, S. 1989. Effect of high temperature on rice spikelet fertility. *International Rice Research Newsletter*. 14: 13-14.