



---

---

FACULTAD DE  
**AGRONOMIA**  
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

**RETIROS DE AGUA Y MOMENTOS  
DE COSECHA EN TRES  
CULTIVARES DE ARROZ**

**por**

Mario Raúl GAGGERO QUINTANA  
María Serrana MARMO FIGUEREDO

**TESIS**

---

---

**1999**

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

---

---

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

RETIROS DE AGUA Y MOMENTOS DE COSECHA  
EN TRES CULTIVARES DE ARROZ

por

Mario Raúl GAGGERO QUINTANA  
María Serrana MARMO FIGUEREDO

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo  
(Orientación Ganadero-Agrícola)

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
1999

Tesis aprobada por:

Director :

Alvaro Roel

Nombre completo y firma

Mario García Petillo

Nombre completo y firma

Rodolfo Pedocchi

Nombre completo y firma

Fecha :

13 de Agosto de 1999

Autor :

Mario Raúl Gaggero Quintana

Nombre completo y firma

Maria Serrana Marmo Figueredo

Nombre completo y firma

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro director de tesis Alvaro Roel, al grupo técnico de arroz, al personal de campo y laboratorio de I.N.I.A. Treinta y Tres, a Facultad de Agronomía, y a nuestros familiares y amigos, que han aportado en diferente medida para la realización de este trabajo:

Muchas gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
PAGINA DE APROBACION.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCION</u> .....	1
2. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u> .....	3
2.1. EFECTO DE LA EPOCA DE COSECHA SOBRE:.....	3
2.1.1. <u>Rendimiento de arroz cáscara y peso de 1000 granos</u> .....	3
2.1.2. <u>Calidad industrial</u> .....	6
2.1.2.1. Porcentaje de blanco total.....	8
2.1.2.2. Porcentaje de grano entero.....	9
2.1.2.3. Porcentaje de grano yesoso y panza blanca.....	12
2.1.3. <u>Calidad de semilla</u> .....	14
2.2. EFECTO DEL MOMENTO DE DRENAJE.....	15
2.3. COMPONENTES DE RENDIMIENTO.....	18
2.3.1. <u>Materia seca</u> .....	18
2.3.2. <u>Número de panojas por metro cuadrado</u> .....	19
2.3.3. <u>Número de granos por panoja</u> .....	19
2.3.4. <u>Peso de grano</u> .....	19
2.3.5. <u>Llenado de grano</u> .....	20
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u> .....	21
3.1. UBICACIÓN.....	21
3.2. SUELO.....	21
3.3. CLIMA.....	21
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	24
3.5. TRATAMIENTOS.....	24
3.6. MANEJO.....	25
3.7. DETERMINACIONES.....	25
4. <u>RESULTADOS</u> .....	28
4.1. EVENTOS FENOLOGICOS.....	28
4.2. EVOLUCION DE LA MATERIA SECA.....	28
4.3. INIA TACUARÍ.....	31

4.3.1. <u>Evolución del llenado de grano</u> .....	31
4.3.1.1. Efecto del retiro de agua.....	31
4.3.1.2. Efecto del momento de cosecha.....	32
4.3.1.3. Interacción entre retiros de agua y momentos de cosecha.....	33
4.3.2. <u>Rendimiento y sus componentes</u> .....	33
4.3.2.1. Efecto del retiro de agua.....	33
4.3.2.2. Efecto del momento de cosecha.....	34
4.3.2.3. Interacción entre retiros de agua y momentos de cosecha.....	38
4.3.3. <u>Calidad de grano</u> .....	38
4.3.3.1. Efecto del retiro de agua.....	38
4.3.3.2. Efecto del momento de cosecha.....	39
4.3.3.3. Interacción entre retiros de agua y momentos de cosecha.....	41
4.4. INIA CARAGUATÁ.....	42
4.4.1. <u>Evolución del llenado de grano</u> .....	42
4.4.1.1. Efecto del retiro de agua.....	42
4.4.1.2. Efecto de los momentos de cosecha.....	43
4.4.1.3. Interacción entre los momentos de drenaje y los momentos de cosecha.....	46
4.4.2. <u>Rendimiento y sus componentes</u> .....	46
4.4.2.1. Efecto del retiro de agua.....	46
4.4.2.2. Efecto del momento de cosecha.....	47
4.4.2.3. Interacción entre retiros de agua y momentos de cosecha.....	49
4.4.3. <u>Calidad de grano</u> .....	49
4.4.3.1. Efecto del retiro de agua.....	49
4.4.3.2. Efecto de los momentos de cosecha.....	51
4.4.3.3. Interacción entre los retiros de agua y los momentos de cosecha.....	52
4.5. EL PASO 144.....	53
4.5.1. <u>Evolución del llenado de grano</u> .....	53
4.5.1.1. Efecto de los retiros de agua.....	53
4.5.1.2. Efecto de los momentos de cosecha.....	53
4.5.1.3. Interacción entre los retiros de agua y los momentos de cosecha.....	55
4.5.2. <u>Rendimiento y sus componentes</u> .....	55
4.5.2.1. Efecto de los retiros de agua.....	55
4.5.2.2. Efecto de los momentos de cosecha.....	56
4.5.2.3. Interacción entre los retiros de agua y los momentos de cosecha.....	60
4.5.3. <u>Calidad de grano</u> .....	60
4.5.3.1. Efecto de los retiros de agua.....	60
4.5.3.2. Efecto de los momentos de cosecha.....	60

4.5.3.3. Interacción entre los retiros de agua y los momentos de cosecha.....	62
4.6. GERMINACION.....	62
4.7. CONSUMO DE AGUA.....	63
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	66
6. <u>RESUMEN</u> .....	70
7. <u>SUMARY</u> .....	71
8. <u>BIBLIOGRAFIA</u> .....	72
9. <u>APENDICE</u> .....	74

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
1	Análisis de suelo.....	21
2a	Datos meteorológicos obtenidos en la Estación Agrometereológica de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna - INIA Treinta y Tres - entre julio de 1996 a junio de 1997.....	22
2b	Datos meteorológicos obtenidos en la Estación Agrometereológica de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna - INIA Treinta y Tres. Serie histórica 1972-97.....	22
3	Frecuencia relativa de datos de precipitaciones obtenidos en los meses de febrero y marzo, en la Estación Agrometereológica de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna - INIA Treinta y Tres. Serie histórica 1972-97.....	23
4	Fechas de ocurrencia de primordio, 50% de floración y madurez fisiológica de las diferentes variedades.....	28
5	Evolución del contenido de materia seca en Inia Tacuarí.....	29
6	Evolución del contenido de materia seca en Inia Caraguatá.....	29
7	Evolución del contenido de materia seca en El Paso 144.....	30
8	Influencia de los momentos de drenaje sobre la evolución del peso de 10 espigas, número de granos llenos y vacíos por espiga y el peso de 1000 granos en INIA Tacuarí.....	31
9	Precipitaciones ocurridas desde el retiro de agua al momento de cosecha en INIA Tacuarí.....	32
10	Influencia de los momentos de cosecha sobre la evolución del peso de 10 espigas, número de granos llenos y vacíos por espiga y el peso de 1000 granos en INIA Tacuarí.....	32
11	Efecto del momento de drenaje sobre el rendimiento y sus componentes en INIA Tacuarí.....	34

**Cuadro N°****Página**

12	Efecto del momento de cosecha sobre el rendimiento, % de humedad y % de granos verdes en INIA Tacuarí.....	35
13	Efecto del momento de cosecha sobre el índice de cosecha y los componentes del rendimiento en INIA Tacuarí.....	37
14	Efecto del retiro de agua y del momento de cosecha sobre la calidad del grano en INIA Tacuarí.....	39
15	Efecto del momento de cosecha en la calidad del grano en INIA Tacuarí....	39
16	Influencia de los momentos de drenaje sobre la evolución del peso de 10 espigas, número de granos llenos y vacíos por espiga y el peso de 1000 granos en INIA Caraguatá.....	42
17	Precipitaciones ocurridas desde el retiro de agua al momento de cosecha en INIA Caraguatá.....	43
18	Efecto del momento de cosecha sobre el peso de 10 espigas, granos llenos y vacíos por espiga y peso de 1000 granos en INIA Caraguatá.....	43
19	Efecto del drenaje sobre el índice de cosecha, % de humedad y verde, rendimiento y sus componentes en INIA Caraguatá.....	46
20	Efecto del momento de cosecha sobre el rendimiento, % de humedad y % de granos verdes en INIA Caraguatá.....	47
21	Efecto del momento de cosecha sobre el índice de cosecha y los componentes del rendimiento en INIA Caraguatá.....	49
22	Efecto del retiro de agua sobre la calidad del grano en INIA Caraguatá.....	50
23	Efecto del momento de cosecha sobre la calidad del grano en INIA Caraguatá.....	51
24	Influencia de los momentos de drenaje sobre la evolución del peso de 10 espigas, número de granos llenos y vacíos por espiga y el peso de 1000 granos en El Paso 144.....	53
25	Precipitaciones ocurridas desde el retiro de agua al momento de cosecha en El Paso 144.....	53

<u>Cuadro N°</u>	<u>Página</u>
26 Efecto del momento de cosecha sobre el peso de 10 espigas, 1000 granos, y el número de granos llenos y vacíos por espigas en El Paso 144.....	54
27 Efecto del drenaje sobre el índice de cosecha, % de humedad y verde, rendimiento y sus componentes en El Paso 144.....	56
28 Efecto del momento de cosecha sobre el rendimiento, % de humedad, % de granos verdes y peso de 1000 granos en El Paso 144.....	56
29 Efecto del momento de cosecha sobre el índice de cosecha y los componentes del rendimiento en El Paso 144.....	59
30 Efecto del retiro de agua sobre la calidad del grano en El Paso 144.....	60
31 Efecto del momento de cosecha sobre la calidad del grano en El Paso 144.....	61
32 Porcentaje de germinación para los distintos momentos de cosecha.....	63
33 Porcentaje de germinación para los distintos retiros de agua.....	63
34 Fechas, lecturas del aforador, áreas regadas y consumo de agua del ensayo.....	64
35 Fechas de drenajes de cada variedad.....	64
36 Consumo de agua de los tratamientos drenados entre riegos sucesivos....	65

<b><u>Figura N°</u></b>	<b><u>Página</u></b>
1 Efecto de los momentos de cosecha sobre el peso de 10 espigas y el número de granos llenos por espiga en INIA Tacuarí.....	33
2 Efecto de los momentos de cosecha sobre el rendimiento en INIA Tacuarí.	35
3 Efecto del momento de cosecha sobre los porcentajes de humedad y de granos verdes en INIA Tacuarí.....	36
4 Efecto del momento de cosecha sobre el número de granos llenos por espiga en INIA Tacuarí.....	38
5 Efecto del momento de cosecha sobre los % de grano entero y quebrado en INIA Tacuarí.....	40
6 Amplitudes térmicas y precipitaciones ocurridas en el período postfloración.....	40
7 Efecto del momento de cosecha sobre el peso de 1000 granos en INIA Caraguatá.....	44
8 Efecto del momento de cosecha sobre el número de granos llenos y vacíos por espiga en INIA Caraguatá.....	45
9 Efecto del momento de cosecha sobre el peso de 10 espigas en INIA Caraguatá.....	45
10 Efecto del momento de cosecha sobre el rendimiento en INIA Caraguatá...	47
11 Efecto del momento de cosecha sobre los porcentajes de humedad y de granos verdes en INIA Caraguatá.....	48
12 % de grano quebrado según momentos de drenaje y cosecha en INIA Caraguatá.....	50
13 Amplitudes térmicas y precipitaciones ocurridas en el período postfloración.....	52
14 Efecto del momento de cosecha sobre el número de granos llenos por espiga en El Paso 144.....	54
15 Efecto de los momentos de cosecha sobre el peso de 1000 granos en El Paso 144.....	55
16 Efecto del momento de cosecha sobre el rendimiento en El Paso 144.....	57
17 Efecto del momento de cosecha sobre los porcentajes de humedad y de granos verdes en El Paso 144.....	58

## 1. INTRODUCCION

El arroz (*Oryza sativa*) es originario de Asia, junto al trigo y maíz son los cereales mas cultivados del mundo, constituyendo el alimento principal de millones de personas.

En nuestro país el consumo per cápita es muy bajo (8 kg./año), por lo que gran parte de la producción se destina a la exportación, constituyendo el principal rubro agrícola que nos aporta divisas, llegando a exportar en el año 1996, 220 millones de dólares, lo que representan aproximadamente el 10% de las exportaciones totales del país.

El cultivo del arroz ha tenido una gran expansión en el Uruguay, llegando a zonas y tipos de suelos distintos a los de la tradicional zona arrocerá. Este crecimiento es de gran interés para el país por lo que significa el arroz en las exportaciones, lo mismo que en el ámbito socioeconómico, por el alto nivel de ocupación que genera.

En los últimos 10 años el área sembrada del cultivo de arroz ha crecido un 6%, mientras que la producción lo hizo a un ritmo del 10% acumulativo anual.

El área que abarcó el cultivo, en la zafra 96/97, fue de 155 mil hectáreas, y las estimaciones realizadas por la Asociación de Cultivadores De Arroz (ACA), indican que la producción se situó por encima de las 950 mil toneladas.

El crecimiento ha sido vertiginoso, pese a que el valor del grano de arroz ha caído en los últimos años, lo cual pudo ser sobrellevada sobre la base de cambios importantes en el sector productor. Primariamente, el cultivo se expande hacia el norte, en busca de mayores rendimientos y con la posibilidad de ingresar en áreas nuevas, con alto potencial arrocerá. En segundo lugar, al momento de elegir la variedad, se privilegió el rendimiento, dejando la calidad de lado. La variedad surgida de los programas de mejoramiento genético El Paso 144, a pesar de su inferior calidad, sus rendimientos superaban claramente los de Bluebelle, variedad hasta entonces predominante y que definía las características del arroz " tipo uruguayo ".

Dado que Brasil se constituyó, en esos años, en el principal mercado, y no diferenciaba calidad, el productor no dudó en El Paso 144 que acaparó la mayoría del área (72%, en la zafra 95/96), lo que acentuaba la " Brasil- dependencia ". El sector reaccionó en la zafra 96/97, molinos y productores acordaron pagar un sobreprecio de 0.80 U\$S/bolsa para las variedades tipo americano (El Paso 144 quedó excluido de este beneficio). Si bien, en la última zafra, la variedad El Paso 144 mantuvo un porcentaje importante de la superficie (67%), es de esperar que el precio diferencial promueva la siembra de variedades de grano " tipo americano ", como INIA Tacuarí e INIA Caraguatá. Esto permitirá evolucionar en otros mercados, los cuales permitirán que la producción nacional siga creciendo en el mediano plazo.

El arroz se siembra en octubre y noviembre en seco, produciéndose normalmente la emergencia con la humedad que tiene el suelo o con agua de lluvia. En la etapa

vegetativa se maneja con riegos por gravedad o corrimiento (``baños``), cuando las precipitaciones no aportan lo suficiente, para que el cultivo prospere normalmente. Previo a la etapa reproductiva, el cultivo se inunda con una lámina de agua que oscila entre 10 y 20 cm, permaneciendo en muchos casos así hasta la cosecha, que se realiza generalmente en marzo y abril.

Es el cultivo que utiliza la mayor cantidad de agua para su riego, el 89% del agua hoy embalsada en el país para cualquier uso, salvo para hidroelectricidad, es empleada en el cultivo de arroz.

Entre los factores que afectan el rendimiento de arroz y su calidad, se destacan por su importancia el momento en que se cosecha y el manejo de agua previo a la misma. Muchas veces la incidencia que estos dos factores pueden tener en el rendimiento final por el cual el productor recibe su precio (kg. de arroz sano, seco y limpio) es subestimada.

No existe hoy en día suficiente información, de cual es el momento óptimo de cosecha de las nuevas variedades hoy disponibles y como el manejo del agua puede afectarlo.

El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto de diferentes momentos de retiro del agua previo a la cosecha y diferentes momentos de cosecha, así como la interacción entre ambos factores sobre el rendimiento, la calidad industrial y el poder germinativo del grano de arroz para las variedades El Paso 144, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá.

## **2. REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **2.1. EFECTO DE LA EPOCA DE COSECHA SOBRE:**

#### **2.1.1. Rendimiento de arroz cáscara y peso de 1000 granos**

Según Siebenmorgen T. J. (1994) el grano de arroz comienza a desarrollarse después de la polinización y la fertilización. La maduración continúa en un período de tiempo que es mayor en clima templado que en clima tropical, y es caracterizado por un decline general del contenido de humedad del grano. Cuando el grano está completamente maduro, el contenido de humedad ya no es controlado por la transferencia de humedad de la planta al grano, pero varía en respuesta a las condiciones climáticas ambientales, ganando o perdiendo humedad según las condiciones reinantes.

El arroz debe ser cosechado en un óptimo estado de madurez, o a un contenido de humedad óptimo, de manera de maximizar el rendimiento de arroz cáscara y de grano entero.

Yoshida (1981) citado por Counce P. A. et al. (1990), concluyó que los máximos pesos de granos eran obtenidos entre 13 y 33 días después de la floración en la mayoría de los cultivares de arroz. Sin embargo, si la planta sufre un estrés durante el llenado de grano, podría causarse una disminución en el rendimiento de arroz cáscara.

García J. y Pintos A. (1997) estudiaron el efecto de la época de cosecha sobre el rendimiento, calidad industrial y calidad de semilla para cuatro variedades de arroz: INIA Tacuarí, INIA Yerbal, INIA Caraguatá y El Paso 144; encontrando que el proceso de llenado de grano presenta la máxima tasa de acumulación de carbohidratos entre los 10 y los 30 días después de floración para los cultivares de ciclo corto, INIA Tacuarí e INIA Yerbal, mientras que para los cultivares de ciclo largo, INIA Caraguatá y El Paso 144, se presenta desde la floración hasta los 30 días post floración, siendo luego menor la acumulación para todos los cultivares hasta alcanzar el máximo peso de 1000 granos a los 40 días después de floración.

El máximo rendimiento en grano fue registrado entre 44 y 58 días después de floración, con contenido de humedades que oscilaron desde 23.3% a 16.5% dependiendo de la variedad. Los menores rendimientos, obtenidos con porcentajes más altos de humedad, se mostraron asociados a una mayor ocurrencia de granos verdes y menor peso de grano. En cosechas tardías, el desgrane y el ataque por pájaros influenciaron en la disminución de los rendimientos.

Méndez J. H. (1996), realizó un ensayo en el norte del país, con tres variedades, El Paso 144, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá, con cinco momentos de cosecha, a partir de 35 días del 70% de floración, y cada 10 días hasta los 75 días post-floración. En cuanto al rendimiento de arroz cáscara se observó que para INIA Tacuarí el mejor momento de cosecha fue el segundo, luego caen los rendimientos; en cambio para

INIA Caraguatá no se encontraron diferencias significativas entre sus épocas de cosecha. En El Paso 144 las dos primeras épocas son las que más rindieron, aunque no existan diferencias significativas entre la segunda y la tercera época. El autor destaca que dichos resultados fueron obtenidos en un solo año de estudio, por lo cual no se deberían sacar conclusiones definitivas, pero sí mostrar tendencias.

Huber E. (1977) en la revisión bibliográfica establece que el tamaño de grano es determinado definitivamente a los 20 días de la floración, ya que su largo alcanza el máximo 10 días después de floración, y el grosor es completado recién a los 20 días. La madurez fisiológica la definió como el punto a partir del cual no se observan más cambios significativos en el peso de 1000 granos.

Estudiando el efecto de diferentes momentos de cosecha para cuatro variedades, encontró que el máximo peso de 1000 granos (coincidiendo con la madurez fisiológica) se expresa a los 45 días después de floración.

Los mayores rendimientos de arroz cáscara fueron encontrados entre 35 y 55 días después de floración con contenidos de humedad de grano entre 21 y 24%. Luego del punto de madurez fisiológica del grano no se obtuvieron aumentos significativos en los rendimientos de arroz con cáscara.

Acosta O. G. (1988) trabajando en la variedad Bluebelle, estudió el efecto de distintos momentos de drenaje y épocas de cosecha sobre el rendimiento y calidad industrial y germinación del arroz, encontrando que la madurez fisiológica del cultivo, momento en el que se logra el máximo peso de 1000 granos, ocurrió a los 35 días después de floración para todos los drenajes.

El rendimiento de arroz cáscara en kg./ha aumentó desde las primeras épocas de cosechas, obteniéndose el máximo en las cosechas realizadas a los 45 y 55 días después de floración.

Por cada día en que se posterga la cosecha a partir de los 25 y hasta los 55 días después de floración, hay un incremento en el rendimiento de 54 kg./ha; luego de este máximo, y hasta los 85 días después de floración, la disminución en el rendimiento es de 59 kg./ha por cada día en que se atrasó la cosecha. Los incrementos en el rendimiento antes del máximo, se deberían al aumento en el número de granos llenos por espiga e incremento en el peso de los mismos, los descensos en los rendimientos de arroz cáscara, luego del máximo, son atribuibles a efectos físicos sobre la panoja, tales como desgrane, vuelco, daño provocado por pájaros, ratas, etc.

Blanco F. y Méndez R. (1986), estudiando la influencia de la época de drenaje y el momento de cosecha para la variedad Bluebelle, observaron la inexistencia de efectos significativos del momento de cosecha sobre el rendimiento.

En cuanto al peso de 1000 granos, se constató un aumento de esta característica a medida que pasan los días luego de la floración. La evolución del peso de 1000 granos

se vio afectada al 1% por la época de cosecha, decayendo de los 50 a los 70 días de la floración. Este descenso (1.3 gr.) se debió a que después de los 50 días comenzaron a caer los granos llenos, siendo estos los más pesados.

Analizando el momento óptimo de cosecha en 6 variedades, Pedroso, B. A (1978) informó que los cultivares EEA 406 e IRGA 407 no presentaron diferencias significativas cuando fueron cosechadas en diferentes estadios de maduración, pero hubo una tendencia a producir más cuando se cosechó con humedades de los granos en torno al 20%, lo que ocurrió a los 40-50 días post-floración. El cultivar IAS 12-9 Formosa presentó mejor rendimiento cuando fue cosechado con humedades de grano inferiores al 22%, o sea 40 días post-floración, sin presentar tendencia a reducir el rendimiento en cosechas más tardías. Este resultado fue determinado por la ausencia de acame y la dificultad que presenta la variedad al desgrane. La variedad Bluebelle presentó rendimientos bajos cuando se cosechó con humedad muy elevada, superior a 25%, debido a la presencia de muchos granos lechosos. La misma tendencia de bajo rendimiento se observó con humedades de los granos inferiores a 18%, lo que ocurrió a los 50 días después de la floración.

Para las condiciones de este estudio, Pedroso concluyó de un modo general, que humedades de los granos muy altas o muy bajas en el momento de la cosecha, afectan negativamente al rendimiento y al porcentaje de granos enteros, pero existe variación entre cultivares en cuanto al punto óptimo de cosecha.

Según Bica Saravia W. Y Graña Eluén J. (1991), no existieron diferencias significativas para las diferentes épocas de cosecha (45, 55 y 65 días después de floración) en cuanto a rendimiento de grano, con un valor promedio de 5920 kg./ha para Bluebelle y El Paso 144. Si se observaron diferencias significativas al 1% para los tres componentes del rendimiento: número de tallos por m<sup>2</sup>, peso de 1000 granos y número de granos por panoja. Esto hace pensar en la existencia de un efecto compensatorio entre dichos componentes. Respecto al número de tallos por m<sup>2</sup>, para Bluebelle, el valor promedio fue de 354.9, mientras que el mayor valor correspondió a la tercera época. En cuanto al peso de 1000 granos el valor de la segunda época de cosecha (24.2 gr) es significativamente superior al 1% a los de la primera y tercera época, entre las cuales no hubo diferencia (23.9 gr).

Para los autores, el menor peso de grano en la primera cosecha se debe a que la misma se realizó cuando los granos no estaban completamente formados y llenos, mientras que por el otro lado el bajo valor obtenido en la tercera época se debe a que las pérdidas por desgrane corresponden a los granos de mayor peso. En cuanto al número de granos por panoja, estos disminuyen al atrasar la época de cosecha, por el efecto de desgrane anteriormente mencionado. Respecto al El Paso 144, se destaca el valor promedio de 27.8 gramos para peso de 1000 granos, siendo que el máximo valor a diferencia de Bluebelle, se dio en la primera época de cosecha (45 días después de floración), donde la humedad del grano y el porcentaje de verde son mas adecuado para el cultivar de ciclo más largo.

Bica y Graña concluyen, sobre la base de los resultados obtenidos en los parámetros de calidad de grano y semilla, se puede recomendar la segunda época de cosecha para Bluebelle (55 días después de floración o 164 días post-emergencia). Y para El Paso 144 la primera época de cosecha (45 días después de floración o 165 días post-emergencia). Dichos autores destacan la importancia de repetir en años siguientes la experiencia.

### **2.1.2. Calidad industrial**

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

Hoy en día la industria molinera demanda niveles base para los diferentes productos obtenidos durante el proceso en el molino: 70% de blanco total, 58% de entero, 1% de yesoso y 5% de panza blanca. Sobre la base de éstos parámetros, la industria aplica una serie de castigos y bonificaciones que repercuten sobre el resultado económico final del productor.

Los estudios sobre el efecto de la época de cosecha en la calidad industrial realizados en EE.UU., Surinam, Filipinas, Brasil y Perú indican que generalmente existe una óptima época de cosecha para maximizar los rendimientos y la calidad industrial; y que cosechas antes o después de este punto reducen significativamente la cantidad y calidad del arroz producido.

La calidad industrial del arroz según D. H. Grist (1953), citado por Acosta (1988), depende de la forma y el volumen del grano lo que depende de la variedad, de las condiciones bajo las que se desarrolla, del grado de madurez y aún de la exposición al sol. Sobremaduración y excesiva exposición al sol resultan en el desarrollo de grietas en el grano causa principal del excesivo quebrado en el molino.

La maduración del grano, el contenido de humedad y las condiciones bajo las cuales es secado y almacenado también afectan materialmente la calidad molinera.

Si el cultivo es cosechado inmaduro, el rendimiento de campo se ve disminuido y el quebrado en la cosecha y el molinado es excesivo debido a granos livianos y yesosos. Si el cultivo es mantenido en el campo luego de maduro, se provoca un severo quebrado durante la cosecha y el molinado, con una reducción en el rendimiento de granos enteros. El arroz cosechado en el estado apropiado, presenta los granos completamente maduros en la porción superior de la panoja y en el estado de masa dura en la base.

Uno de los criterios más importantes de calidad del arroz cáscara, según Childers et al. (1975) es el rendimiento al molino. El rendimiento de molino es una estimación de la

cantidad de granos enteros y del arroz blanco total (granos enteros y quebrados), que una muestra de arroz cáscara rinde cuando es molineado. Si hacemos una determinación del rendimiento de molino, alta cantidad de granos quebrados es indicativo de una baja calidad, mientras que un alto porcentaje de granos enteros es indicativo de alta calidad. El precio que reciben los productores por su arroz está basado en el rendimiento al molino.

Roy Adair et al. (1962), indican que la calidad molinera del arroz está basada en el rendimiento del arroz entero obtenido, por lo que el arroz entero es usualmente, el producto de molienda de mayor valor económico. De ahí que el objetivo del molinado del arroz sea remover la cáscara, el afrechillo y el germen con el mínimo quebrado del endosperma.

Chebataroff N. (1983) opina que debido a malas condiciones climáticas en la primavera, los productores en muchos casos siembran grandes áreas en corto lapso sin posibilidad de realizar luego una cosecha escalonada a medida que el cultivo madura. Consecuencia de ello es que se termine con arroz sobremaduro en detrimento de su calidad industrial y con pérdidas además de rendimiento de arroz cáscara por desgrane y caída de plantas; esto último por efecto de enfermedades del tallo, Rhizotocnia, Sclerotium.

De acuerdo con este autor, una definición de época óptima de cosecha podría ser: período donde se consigue el máximo rendimiento por hectárea de grano entero.

Estudios realizados por Desikachar, H. S. R. et al (1973), citado por Acosta (1988), indican que el contenido de humedad del grano de arroz se incrementa y la calidad molinera disminuye desde la parte superior hacia la base de la panoja. En una maduración temprana, el arroz quebrado se da mayoritariamente en la base de la panoja, posiblemente debido a inmadurez y presencia de granos en estado de masa blanda.

Siebenmorgen T. J. (1994), investigando el efecto ambiental sobre la calidad industrial del arroz, analizó la temperatura diaria, la humedad relativa y las precipitaciones. Con un alto contenido de humedad del grano el porcentaje de grano entero no fue afectado cuando llovió dos días antes de la cosecha. Sin embargo la lluvia causó disminución en el rendimiento de grano entero cuando el arroz presentaba un contenido de humedad del 15%. En el experimento de 1990, los resultados para las variedades Lemont y Tebonnet, mostraron que la lluvia tuvo efectos negativos solo cuando el contenido de humedad promedio descendió hasta un 15%. Dramáticos cambios en el rendimiento de grano entero sufrieron ambas variedades como resultado del rehumedecimiento; antes de la lluvia las dos variedades habían alcanzado un 12% de humedad, y luego de la lluvia la variedad Lemont alcanzó un 37.5% y Tebonnet un 23.1%. La variedad Lemont se mostró más susceptible a fisurar que Tebonnet. Resumiendo, el autor destaca que la reducción del porcentaje de grano entero para las tres variedades estudiadas se debió fundamentalmente al rehumedecimiento de los granos por lluvias (y no por heladas ni rocío). La lluvia no mostró efectos importantes en el porcentaje de grano entero cuando el contenido de humedad era igual o mayor al

15%, pero cuando este contenido alcanzaba un 12% el rendimiento de grano entero se vio muy afectado luego de una lluvia.

#### **2.1.2.1. Porcentaje de blanco total**

Como blanco total se considera a la suma de los granos enteros y quebrados producto del proceso de molienda.

Según Have, H.T. (1967), el rendimiento molinero de los granos inmaduros es siempre inferior a los granos maduros o sobremaduros. El mismo autor informa que se produce un rápido aumento en el rendimiento hacia el momento de maduración de los granos. Luego de esto el incremento es lento hasta que un valor casi constante es alcanzado.

La baja recuperación del material inmaduro es atribuida a que tienen un más alto porcentaje de cáscara y a que son más susceptibles durante el proceso de molinado (descascarado y blanqueado) a ser pulverizados, rindiendo así menos arroz blanco.

Gonet, M. (1976) informa que la fecha óptima surge del comportamiento conjunto de las características tenidas en cuenta como blanco total, entero, panza blanca y arroz verde. Basándose en esto, la fecha de comienzo de cosecha para este trabajo fue a partir de los 161 días después de la siembra y hasta los 166, presentando en este rango la mejor combinación de las características consideradas.

En un estudio realizado por Nangju y Dee Datta (1969), (citado por Acosta, 1988) sobre el efecto de la época de cosecha sobre la calidad molinera de 4 variedades en dos estaciones, una seca y una húmeda, los autores informan que para ambas estaciones el rendimiento de blanco total y entero se incrementó al disminuir el contenido de humedad del grano a la cosecha hasta llegar a un óptimo. Cosechando antes de ese óptimo el menor rendimiento fue debido a altos porcentajes de granos verdes y bajo peso de los 100 granos. A medida que el porcentaje de granos verdes descende, el porcentaje de blanco total aumenta. Sin embargo, los autores no encontraron aumentos significativos del blanco total después de los 24 días post-floración para ambas estaciones.

Huber E. (1977), encontró que en las dos primeras épocas de cosecha obtuvo el menor porcentaje de arroz blanco total atribuido al mayor porcentaje de cáscara y afrechillo, obtenido durante el molido, asociado a su menor dureza. La diferencia entre el porcentaje de arroz blanco total entre variedades fue atribuida a características propias de cada variedad como: forma del grano, proporción de cáscara y estado de madurez.

Acosta O. G. (1988), menciona que los menores porcentajes de arroz blanco total se obtuvieron en las primeras épocas de cosecha (25 y 35 días después de floración), asociado a la presencia de un alto porcentaje de granos livianos e inmaduros, los que son propensos a ser pulverizados durante el procesamiento. A medida que el grano

madura, se obtuvo un incremento en el porcentaje de blanco recuperado, hasta un máximo que varía entre 68 y 69.5%.

Según Bica Saravia W. Y Graña Eluén J. (1991), el blanco total aumenta al atrasar la época de cosecha, con un promedio de 70.3% para Bluebelle, mientras que El Paso 144 en la segunda época presentó el mayor porcentaje (68.3%), con un promedio de 66.9%

García J. y Pintos A. (1997) encontraron que el momento de cosecha fue influyente en el porcentaje de blanco total, aumentando desde los 30 días después del 50% de floración (35% de humedad) con 63.7% hasta llegar a un óptimo a los 51 días después del 50% de floración (21% de humedad) con 70.4%, manteniéndose estable hasta fin de cosecha. Los autores destacan la estabilidad en el % de blanco total a partir de los 44 días después del 50% de floración. el menor porcentaje de blanco total es consecuencia de los altos porcentajes de granos verdes, bajo peso de 1000 granos y al mayor porcentaje de arroz cáscara y afrechillo obtenido durante el molido; esto también está asociado a la alta incidencia de granos livianos e inmaduros, propensos a ser pulverizados durante el procesamiento.

Méndez J. H. (1996), estudiando diferentes momentos de cosecha sobre tres variedades, encontró en el rendimiento de blanco total diferencias significativas entre variedades, épocas de cosecha, y en la interacción de época \* variedad. En el rendimiento de blanco total se observa una mejora a medida que avanza la época de cosecha para INIA Caraguatá y El Paso 144, pero ya en el cuarto momento de cosecha en INIA Caraguatá comienza a descender. En INIA Tacuarí las cuatro primeras épocas de cosecha no presentan diferencias significativas, pero en la última cae.

#### **2.1.2.2. Porcentaje de grano entero**

Grano entero es aquel que luego del molinado conserva por lo menos  $\frac{3}{4}$  del largo original (Siebenmorgen T. J., 1994). Este autor menciona que es difícil asignar a una sola causa la reducción del grano entero. La mayor contribución sin duda la ejerce el ambiente que rodea al grano en la chacra luego que alcanza la madurez y durante los procesos post cosecha. El contenido de humedad es la propiedad más usada para el manejo del arroz desde la cosecha al molinado. En una misma panoja puede haber granos pasados de madurez e inmaduros. Durante un clima normal, el arroz antes de ser cosechado perderá humedad durante el día, pero ganará humedad durante la noche por la alta humedad relativa y el rocío. Una lluvia puede causar un dramático cambio en el contenido de humedad del grano. Una rápida ganancia de humedad por granos con bajo tenor de humedad puede causar una drástica reducción en el rendimiento de grano entero. Sin embargo, si cosechamos con altos contenidos de humedad, resulta en una gran proporción de granos inmaduros, los cuales quiebran fácilmente en el pulido.

Muchos estudios citados por Siebenmorgen T. J., han cuantificado el efecto del contenido de humedad a la cosecha sobre el rendimiento de grano entero y han reportado diferentes contenidos de humedad óptimos a la cosecha.

Smith, W. D., y Jones, J. W. (1937) sugirieron un óptimo contenido de humedad del arroz para ser cosechado, de 23% de humedad para maximizar el rendimiento de grano entero y 28% para maximizar el arroz cáscara.

McNeal, X. (1959) reportó que el máximo de grano entero para 4 variedades fue obtenido cuando el contenido de humedad del grano a cosecha estaba dentro del rango 16 - 23%.

Kester et al. (1963), mencionaron que para obtener el máximo de grano entero para cuatro variedades de grano corto en California deberían cosecharlas con un contenido de humedad que oscilara entre 25 y 30%.

Sreffe et al. (1980), concluyeron que para obtener el máximo de grano entero en la mayoría de las variedades de grano corto de California, era necesario cosecharlas con un contenido de humedad del 24%. La determinación del óptimo contenido de humedad a la cosecha es complicada por el hecho que la relación entre rendimiento de grano entero y contenido de humedad puede depender de la variedad. El autor afirma además que el máximo rendimiento de grano entero no tiene que coincidir con el máximo económico, ya que se deben tomar en cuenta otros factores como: pérdidas en la cosecha, costo de secado, capacidad de cosecha.

Have H. T. (1967), define el momento óptimo de cosecha como aquel en el cual se produce la menor cantidad de grano quebrado. Este estado de maduración, el cual da los resultados molineros más altos, es definido por Cornet (1965) como "maduración técnica". La "maduración morfológica" en la que no se encuentra verde o grano inmaduro, es obtenida unos pocos días más tarde.

Luego que el óptimo de madurez es alcanzado, el decrecimiento en granos con madurez incompleta continúa pero ese efecto favorable se anula con el incremento de quebrado del grano; quebrado que es causado por el mojado del grano (lluvia y rocío) y por rápida deshidratación.

En cuanto al porcentaje de entero Nanju y De Datta (1969) citado por Acosta (1988), informan que el óptimo se obtuvo al cosechar entre los 24 y 34 días post-floración para la estación seca y entre los 32 y 38 días post-floración para la estación húmeda, correspondiendo un porcentaje de humedad del grano de 19 a 25% y 18 y 21% para la estación seca y la estación húmeda respectivamente.

Have H. T. (1967), indica en cuanto a la cuantía de grano astillado, es atribuido a la ocurrencia de estrés provenientes de una desigual distribución de humedad en el grano. Dado que la pérdida de humedad endurece el endosperma, cuando más seco el grano, más intenso el astillado. El fenómeno de que no ocurra el astillado donde el

contenido de humedad del grano exceda el 15% está asociado a propiedades físicas del almidón del arroz. Aparentemente, cuando los granos con más del 15% de humedad absorben o pierden humedad, el estrés en el endosperma no es suficiente para causar el astillado. Cuando el agua es absorbida, el astillado o cracking comienza en el interior del grano donde puede extenderse a la periferia. La absorción y pérdida de agua por el grano de arroz ocurre más rápidamente alrededor del embrión. Tanto el pericarpio como la cáscara evitan una rápida penetración del agua, contrarrestando así el desarrollo de fisuras. Cuando el astillado ocurre durante el secado, las fisuras se originan por fuera del grano y pueden luego, extenderse hacia dentro; es por eso que el secado rápido del arroz húmedo incrementa el quebrado. El porcentaje de granos astillado de muestras cosechadas está estrechamente relacionado a tres factores: contenido de humedad, uniformidad de la maduración y condiciones ambientales. Las enfermedades pueden causar maduración irregular, por lo tanto, parte de los granos pueden astillarse a un alto porcentaje de humedad. Enfermedades y vuelco pueden acelerar la pérdida de humedad del grano en el campo, por lo que promueven el quebrado. El incremento en astillado en cosechas tardías no necesariamente es más grande en un cultivo enfermo o acamado que uno normal, desde que las condiciones ambientales son también de gran influencia. En general, el astillado incrementa el quebrado durante la molienda, pero el astillado no es una causa aislada del quebrado del arroz. Algunos factores pueden incrementar el quebrado sin influenciar materialmente las cantidades de granos astillados.

Amplitudes de temperatura iguales o mayores a 15° C. luego de madurez fisiológica, inducen al quebrado de grano (Desikachar, H.S. y Subrahmanyam, V., 1971; Marshall, W. y Wadsworth, J., 1993, citados por Roel, A., 1997).

Huber E. (1977), concluye que el momento óptimo de cosecha para arroz destinado a ser industrializado, en el cual se logró el máximo rendimiento de arroz entero por hectárea, fue a los 55 días después del 50% de la floración para las variedades Bluebelle y EEA 404, y a los 45 días para la variedad Lebonnet. El contenido de humedad del grano en el momento óptimo de cosecha para Bluebelle, Lebonnet y EEA 404 fue respectivamente de 21.6, 21.5 y 21.9%; mientras que el porcentaje de granos verde fue de 3.2, 3.4 y 14%.

Bica Saravia W. y Graña Eluén J. (1991), al atrasar la época de cosecha observaron diferencias significativas al 1% para porcentaje de grano entero y porcentaje de grano quebrado, existiendo una tendencia inversa entre ambos parámetros. Con valores promedios en Bluebelle de 62% y 8.3% de porcentaje de entero y quebrado respectivamente. Sin embargo en el caso de El Paso 144 tanto el porcentaje de entero como el porcentaje de quebrado y el de panza blanca, no presentaron diferencias significativas para las diferentes épocas de cosecha, con valores promedio de 60.2%, 6.8% y 1.7% respectivamente. Las diferencias en estos parámetros no concuerdan con las encontradas en el cultivar Bluebelle; para las distintas épocas de cosecha los cultivares no presentan el mismo grado de madurez, debiéndose según los autores a diferencias en la duración de los ciclos.

García J. y Pintos A. (1997) encontraron diferencias significativas en la variable % de entero entre cultivares, y la interacción cultivar \* momento de cosecha, entre los momentos de cosecha fueron muy significativas. El porcentaje de entero promedio para todos los cultivares aumenta a medida que avanza la cosecha hasta llegar a un máximo a los 58 días después de floración, para luego disminuir. Observaciones posteriores permiten identificar un descenso más marcado aún hacia los 72 días después de floración. En cosechas previas a los 51 días después de floración, los altos porcentajes de humedad y de verde, sumado a las mayores proporciones de cáscara y a los altos porcentajes de yesado, explican las causas del menor rendimiento de entero. Por otra parte, cosechas realizadas después del período óptimo provocan rajaduras en el grano debido al humedecimiento y secado al sol, causando luego en el molino un aumento en el porcentaje de quebrado. Con relación a esto último, cabe señalar que la variedad juega un papel importante en la tolerancia a los cambios ambientales. El porcentaje de entero de Tacuarí y Yerbál se mostró inferior en cosechas tempranas frente al resto de los cultivares hasta los 44 días después de floración. En cosechas tardías, El Paso 144 disminuyó su porcentaje de entero, alcanzando diferencias de 5 puntos con los restantes cultivares a los 65 días después de floración.

Méndez J. H. (1996), en su estudio de diferentes momentos de cosecha sobre tres variedades, encontraron en el rendimiento de grano entero diferencias significativas entre variedades, épocas de cosecha y en la interacción de época de cosecha \* variedad. Para INIA Tacuarí se observó en el primer momento de cosecha un bajo porcentaje de grano, luego sube, para caer en los dos últimos momentos. Para esa primer época el bajo porcentaje de entero se atribuye al alto porcentaje de granos inmaduros. Ya para las últimas cosechas el grano alcanzó un 13 % de humedad en el campo (cuarta cosecha), y luego sube a 18.8 % en la quinta cosecha. Aquí las lluvias rehumedecieron el grano provocando un mayor quebrado. En INIA Caraguatá encontraron un buen porcentaje de entero desde la primer cosecha, pero en la última cae. También en ese caso el grano había alcanzado un bajo contenido de humedad (13.4 % en la tercer cosecha); a pesar de que ocurrieron lluvias, el porcentaje de entero se mantuvo y recién en la última cosecha se registró una caída importante en el rendimiento de entero. Para El Paso 144 se logró un buen porcentaje de entero en la primer época de cosecha para caer inmediatamente en la segunda y aún más en la tercera. Esto se explicó debido al bajo porcentaje de humedad que presentaba el grano, que luego aumentó debido al rehumedecimiento provocado por las lluvias, lo que origina quiebre de granos.

### **2.1.2.3. Porcentaje de grano yesoso y panza blanca**

La expresión de carácter yesoso se da como un área blanca opaca, que se manifiesta en forma parcial o total en el grano de arroz y que es influenciado por factores genéticos y ambientales (Juliano, 1972 y Klush et al., citados por Srinivas, T. et al., 1982). Así cuando la zona tizosa se ubica en la zona central del grano, se define como centro blanco. Si la parte yesosa se presenta sobre el lado ventral de los granos,

estos son llamados panza blanca (Del Rosario et al., 1968, citados por Srinivas, T. et al. (1982), citado por Acosta (1988). El carácter yesoso afecta adversamente la apariencia física y contribuye a un mayor quebrado en el molino.

Have, H.T. (1980), estudiando la fragilidad de los granos yesosos, encontró una mayor proporción de los mismos en el arroz quebrado que en entero; índice de su mayor fragilidad. Hay variedades con una tendencia genética a poseer una mayor proporción de granos con zonas tizosas, pero ella es fundamentalmente aumentada cuando se incluyen en la cosecha granos inmaduros, así como también si la radiación solar durante la maduración es baja o las temperaturas ambientales muy altas.

Webb B. D. (1980), citado por Acosta (1988), reporta que el tipo y cantidad de granos yesosos es un carácter altamente heredable, siendo orientada por lo tanto la selección hacia la obtención de variedades con los menores porcentajes de yesosos como sea posible

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

Acosta O. G. (1988), menciona que los valores obtenidos de granos panza blanca, centro blanco, y yesoso, no presentaron niveles que incidan en el valor económico del producto. Sin embargo, a medida que se atrasó la época de cosecha, se obtuvo un incremento en el porcentaje de granos panza blanca. El menor porcentaje de centro blanco le correspondió a la cosecha realizada a los 35 días después de floración, incrementándose en forma significativa en cosechas posteriores. Los mayores valores de grano yesosos se encontraron en las cosechas realizadas a los 35 días después de floración, disminuyendo en cosechas realizadas posteriormente.

Bica Saravia W. y Graña Eluén J. (1991), encontraron en Bluebelle, una tendencia del porcentaje de panza blanca a disminuir al atrasar la época de cosecha, con un valor promedio de 1.9%. Esto según los autores estaría explicado por el mayor tiempo y las mejores condiciones que se encuentra el grano en la etapa del llenado, de la misma forma indican que el porcentaje de panza blanca es mayor en la primera época de cosecha (2.2%), dado que hay mayor incidencia de granos inmaduros.

García J. y Pintos A. (1997) encontraron diferencias significativas entre cultivares, mientras que en la interacción cultivar \* momento de cosecha y entre los momentos de cosecha las diferencias fueron muy significativas. El porcentaje de yesoso se mantuvo en valores muy altos hasta los 37 días después de floración en INIA Tacuarí y en INIA Yermal, para disminuir en cosechas posteriores. INIA Caraguatá permaneció por debajo de los demás cultivares y a su vez mostró una baja variación a lo largo de los momentos de cosecha. El Paso 144 tiene un comportamiento intermedio en cosechas

tempranas, mientras que a partir de los 58 días después de floración se ubica con los mayores valores.

Méndez J. H. (1996), en su estudio de diferentes momentos de cosecha sobre tres variedades, encontraron en el porcentaje de granos diferencias significativas entre variedades, épocas de cosecha, y en la interacción de época \* variedad. El yesoso, cae en todo el periodo de cosecha, y esta caída es acentuada al principio y luego se estabiliza. Pero el porcentaje al cual se estabiliza varía para cada variedad; es en el 0.8% para INIA Caraguatá, en 1.9% para INIA Tacuarí y del 2.77% para El Paso 144.

### **2.1.3. Calidad de semilla**

Para un productor de semilla la principal meta es obtener un producto de alta calidad fisiológica. Estas características deseables, como ser el porcentaje de germinación, son considerablemente afectadas no solo por el potencial genético de la variedad sino también por las prácticas agronómicas, como la época de cosecha y también por las condiciones climáticas ocurridas durante y después de la maduración.

Así, Fernández, G. M. et al. (1981) y Calderwood, C. N. (1979), citados por Acosta (1988), informan que el porcentaje de germinación para las 5 variedades estudiadas, estuvo siempre por encima del 80%, no siendo afectada mayormente por la humedad de los granos.

Nangju y De Datta (1969), citados por Acosta (1988), por su parte afirman que a medida que el número de granos inmaduros decrecía, el porcentaje de germinación aumentaba. El punto máximo se logra con humedades a cosecha de 19% en la estación seca y 23% en la estación húmeda. Estudiando el efecto de la época de cosecha sobre el porcentaje de germinación en ambas estaciones, observaron que en la primera no hubo cambios significativos en el porcentaje de germinación luego de los 28 días post-floración. Para la estación húmeda el mayor valor se obtuvo a los 26 días después de la floración, para luego permanecer constante.

Pedroso B. A. (1978), reportó que el porcentaje de germinación fue inferior en el arroz cosechado muy temprano, pero la media fue siempre superior al 80%, indicando que la madurez fisiológica ocurre precozmente. De la misma forma, en cosechas tardías no se afectaría la germinación. Similares resultados fueron obtenidos por Melabuyoc et al. (1966); Mc Neal (1950); Nangju y De Datta (1970); Oelke et al. (1968) ; citados por Saetanun y De Datta (1972), y Pedroso B. A. et al. (1975).

Goncalo, B. J. F. et al. (1975), citado por Huber E. (1977), determinaron en la variedad EEA 404, rápidos aumentos en el porcentaje de germinación desde los 8 hasta los 20 días después de la antesis. Luego de este periodo aumentó más lentamente, alcanzando el punto de máxima germinación a los 32 días después de la antesis, el cual correspondió con el punto de madurez fisiológica, indicado por el máximo peso de materia seca. En este punto la semilla contenía un 26.5% de humedad, luego del cual continuó decreciendo hasta alcanzar 16% a los 56 días

después de la antesis. Después de la madurez fisiológica el porcentaje de germinación permaneció prácticamente estable, presentando pequeñas variaciones hasta los 56 días después de la antesis.

El momento óptimo de cosecha para obtener el máximo porcentaje de germinación de la semilla se obtuvo a los 45 días después del 50% de floración para Bluebelle y Lebonnet, y a 55 días para EEA 404 y Japonés 32. El contenido de humedad en el grano fue de 23.0, 21.5, 21.9 y 21.4% respectivamente, y el porcentaje de granos verdes 9.8, 3.2, 14.0 y 17.1% (Huber E., 1977). El mismo autor indica que si la cosecha es realizada con un contenido de humedad en el grano entre 19 y 23%, el porcentaje de germinación en todas las variedades superó el 90%.

Bica Saravia W. y Graña Eluén J. (1991), indican que al atrasar la época de cosecha baja el porcentaje de germinación de 81.7 a 71.3% para el cultivar Bluebelle. Esto se debe a que en la primera época de cosecha (45 días después de floración) los granos están fisiológicamente maduros, mientras que la menor germinación de la tercera época (65 días después de floración) se debe a la pérdida de los granos más pesados y que serían los de mayor germinación. En general los valores son bajos para las tres épocas debido a la dormancia presente inmediatamente después de la cosecha. Los autores manifiestan la existencia de una misma tendencia para el cultivar El Paso 144, con un promedio de 69.6%, y un coeficiente de variación de 8.8%.

García J. y Pintos A. (1997), reportaron en los cultivares INIA Tacuarí y El Paso 144 un comportamiento superior en el porcentaje de germinación que las otras dos variedades estudiadas, y a su vez presentaron una menor variación entre los distintos momentos de cosecha. Los menores valores ocurrieron a los 30 días después de floración con 83.9 y 87.2% de germinación respectivamente. El máximo porcentaje de germinación ocurrió a los 65 días después de floración, con valores de 91.2 y 94.9% respectivamente; con porcentajes de humedad de 16.5% para Tacuarí y 9.2% para El Paso 144. Los bajos valores de germinación que presentaron INIA Caraguatá e INIA Yerbal, fueron explicados por los autores debido a la incidencia de "straightthead", enfermedad más conocida como espiga erecta.

## 2.2. EFECTO DEL MOMENTO DE DRENAJE

La movilidad de los implementos es especialmente importante en cualquier operación agrícola. En el cultivo de arroz, la preparación del terreno, las operaciones de labranza, cosecha y el transporte del grano cosechado representa la mayor necesidad de fuerza motriz, si se considera el ciclo total del necesitado en la producción de dicho cultivo. Toda aplicación de fuerza de tracción o labor del suelo requiere desplazamiento del suelo. En cultivos anegados de arroz, el desplazamiento del suelo es muchas veces mayor al que ocurre en cultivos de secano.

Lloyd Johnson (1971), citado por Acosta (1988), indica que los principales factores que limitan la movilidad del vehículo en los campos de arroz anegados son:

a: hundimiento de una capa plástica la cual se deforma continuamente y es desplazada a medida que un vehículo avanza.

b: la adhesión del barro a las llantas y cubiertas, lo cual aumenta la resistencia de rodamiento del vehículo por:

- 1) cohesión con el suelo adyacente;
- 2) aumento de peso que debe transportar el vehículo;
- 3) volumen al suelo desplazado, y
- 4) reducción de la penetración de las salientes.

c: los declives abruptos que deben ser superados (huellas de vehículos, tapias, drenajes, etc.);

d: cambios bruscos de dirección, como de 90 a 180°, y el retroceso del equipo de tracción. La vuelta con movimiento hacia adelante hecha en tractores estándar aumenta la resistencia de rodamiento de las ruedas delanteras y disminuye la fuerza de tracción, limitándose a la rueda de afuera. El retroceso causa una transferencia de peso a las pequeñas llantas delanteras, lo cual aumenta su resistencia al rodamiento, mientras disminuye el peso posterior disponible para la tracción.

e: el vehículo de tracción se encalla en el lodo, (ejes, barra de tracción, etc.) aumentando la resistencia a la tracción debido al corte en el suelo mientras que la fuerza de tracción disminuye.

f: deslizamiento debido a:

- 1) lubricación por exceso de agua,
- 2) baja cohesión del suelo, y
- 3) la baja fricción interna del suelo reduce la tracción, mientras que la acción de cavar más el suelo aumenta la resistencia al rodamiento.

El tiempo disponible para realizar cualquier operación de campo es influenciado por el clima y el tipo de suelo.

Los suelos livianos, arenosos, están aptos para laboreo prácticamente todo el año, salvo en los días con registro de lluvias de cierta magnitud. No sucede lo mismo en los suelos de textura medias a pesadas, en los cuales luego de una lluvia es necesario que transcurra un período de tiempo antes de reiniciar las labores.

La lluvia y la evaporación son los elementos que determinan la posibilidad de laboreo. En nuestro país, la distribución de la lluvia a través del año es relativamente uniforme.

Para Blanco F. y Méndez R. (1986), la cosecha en seco tiene las siguientes ventajas:

- 1) Menor costo de cosecha. Se reduce la tracción necesaria, al bajar el patinaje y, por consiguiente, el consumo de combustibles y el gasto en reparaciones.
- 2) Ahorro de tiempo. Todas las máquinas (cosechadoras, tractores y carretones) 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 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.

Estos autores concluyen que el drenaje del agua de inundación de la chacra de arroz previo a la cosecha, es una práctica recomendable. Con ella no se afecta el rendimiento y la calidad industrial del cultivo y se obtienen las ventajas ya mencionadas anteriormente. El porcentaje de grano entero estaría indicando que entre 30 y 40 días post-floración es el mejor momento de drenaje.

Bonomo y Marella (1988) evaluaron rendimiento y calidad industrial, encontrando que no fueron afectados por los momentos de drenaje y sí por las épocas de cosecha, al nivel del 1%, en la variedad Bluebelle. Concluyeron que es conveniente drenar la chacra a los 25 días y cosechar entre los 50 y 60 días post-floración.

La reducción del período de inundación del suelo en las chacras de arroz con riego es uno de los procedimientos usados para bajar los costos de producción y una de las alternativas para reducir dicho período es la supresión anticipada de agua a la chacra. A tales efectos Gomes et al. (1989), citados por Bica Saravia W. y Graña Eluén J. (1991), realizaron un ensayo con el objetivo de definir hasta cuando se debe mantener la inundación en el campo para alcanzar el máximo beneficio. Utilizando los cultivares Bluebelle, BR IRGA 409, BR IRGA414, BR IRGA 410, observaron que en todas las variedades era perjudicial el drenaje en floración y que independientemente de la variedad, con la excepción del cultivar BR IRGA 414, las mejores productividades se obtienen con la supresión del agua de riego 10 días después de la floración, dejando escurrir el agua naturalmente.

Counce P. A. et al. (1990), condujeron un experimento con la variedad de arroz Lemont durante 1987 y 1988, en tres localidades de EEUU, donde se estudió el efecto del drenaje a 0, 2 y 4 semanas después del 50% de floración, el efecto de cosechas realizadas 3, 4, 5 y 6 semanas después del 50% de floración, sobre el rendimiento de arroz cáscara y el porcentaje de entero. Dichos autores concluyeron que drenando desde las 2 hasta las 4 semanas después del 50% de floración no se reduce el rendimiento de arroz cáscara ni el porcentaje de entero, en todas las localidades y en todos los años.

Acosta (1988) reportó que la maduración del grano de arroz fue más rápida en el cultivo drenado con respecto al que permaneció inundado. Los drenajes tempranos (15 y 25 días post-floración) presentaron menor contenido de humedad del grano a cosecha, en todas las épocas, con relación al drenaje tardío y el testigo con agua. No

detectaron diferencias significativas en el rendimiento de arroz cáscara entre los distintos momentos de drenaje. Se observó una tendencia a que, los máximos valores de arroz cáscara en kg./ha, se presentaron en el drenaje realizado a los 35 días post-floración. En cuanto al blanco total la tendencia general es que el drenaje realizado a los 35 días post-floración y el testigo con agua, tienden a mantener los valores sobre las últimas épocas de cosecha, mientras que los drenajes tempranos decaen. En el porcentaje de grano entero, la tendencia de cada drenaje fue diferente, observándose que, cuando más se demoró el retiro de agua, el máximo se obtuvo en cosechas más tardías. El máximo rendimiento en grano entero se obtuvo en el drenaje realizado 35 días post-floración, y en el testigo con agua. Al final concluye afirmando que el momento óptimo para realizar el drenaje final al nivel de chacra comercial, logrando los máximos valores de arroz base y sin problemas de atascamiento de la maquinaria a la cosecha, se ubica entre los 25 y 35 días post-floración. Este período se debe manejar basándose en la época del año en que se realice el drenaje, debido a la influencia de la evapotranspiración en el secado del suelo.

### **2.3. COMPONENTES DE RENDIMIENTO**

Porto A. y Castro L. A. (1994), analizando el crecimiento y los componentes del rendimiento para seis cultivares de arroz: Bluebelle, El Paso 48, El Paso 144, INIA Yerbai, INIA Tacuarí y Línea 813, encontraron que fue diferente la importancia relativa de cada uno de los componentes que determinan el rendimiento entre los cultivares estudiados. En cultivares que alcanzaron rendimientos similares como El Paso 144 e INIA Tacuarí tuvieron grandes diferencias en sus componentes. En El Paso 144 fue muy importante el peso de 1000 granos (27.4 gr) y el número de panojas por metro cuadrado (la media fue de 447), mientras que INIA Tacuarí tuvo muy bajo peso de 1000 granos (22.1 gr) y un número de panojas por metro cuadrado intermedio (379), sin embargo llegó a un alto número de granos por panoja (163) que fue el componente más influyente en la determinación de su rendimiento.

#### **2.3.1. Materia seca**

Estos mismos autores encontraron que el aumento en materia seca en El Paso 144 se debió principalmente al número de tallos por metro cuadrado, ya que al analizar materia seca de hoja de los macollos individualmente fue levemente inferior. Entre el periodo de pleno macollaje hasta comienzo de iniciación de la panoja, se triplica la materia seca principalmente por la acumulación de materia seca de hojas y vainas. Este cultivar muy macollador llegó a su máxima acumulación de materia seca total 12 días post 50% de floración descendiendo a partir de este momento su área foliar llegando a madurez fisiológica con el mas bajo valor de IAF. El comportamiento particular de El Paso 144 respecto a la evolución de la materia seca se debió a la abrupta senescencia de hojas y vainas y a una disminución importante en el peso de tallos posiblemente a la removilización de carbohidratos hacia la panoja. INIA Tacuarí, alcanzó su máximo de materia seca total hasta madurez fisiológica. Dicho aumento se debió a un mayor número de hojas y mayor desarrollo. Llega con un alto IAF a la

madurez, por lo que sería importante la producción de asimilados por fotosíntesis en ese periodo, como es característico en cultivares de ciclo corto.

### **2.3.2. Número de panojas por metro cuadrado**

En la fase vegetativa se determina el número de macollos que equivalen al número potencial de panojas, De Datta (1986) citado por Porto A. y Castro L. A. (1994).

Según Murata y Matsushima (1975), citado por Porto A. y Castro L. A. (1994), la cantidad de panojas por metro cuadrado se establece durante el período que comprende hasta unos 10 días después que se alcanza el máximo número de macollos y está influenciado por el suministro de nitrógeno y el nivel de radiación solar en el momento de macollaje. Un alto número de panojas puede estar garantizado por una planta que posea habilidad de macollamiento, por otra parte compensar el número de panojas en detrimento del tamaño puede resultar ventajoso si la variedad no posee buenos tallos, ya que panojas muy grandes favorecen el vuelco. Esta capacidad de macollaje también tiene su inconveniente, plantas que presentan un período de macollaje prolongado favorecen la formación de macollos infértiles que producen un deterioro de la producción del tallo principal, ya que dependen del mismo y un importante flujo de fotosintatos pasan a los tallos infértiles.

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

La cantidad de granos por panoja se determina en el período que va desde 32 a 5 días antes del panojamiento (en arroces de clima templados), siendo el resultado de la diferencia entre el número de primordios diferenciados y la cantidad que degeneran. El primero afectado por el suministro de nitrógeno, mientras que el nivel de radiación solar y otros factores ambientales afectan a la última (Murata y Matsushima, 1975, citado por Porto A. y Castro L. A., 1994).

Porto A. y Castro L. A. (1994), encontraron asociación negativa entre número de panojas por metro cuadrado con número de granos por panoja y entre número de granos por panoja con peso de 1000 granos; y asociación positiva entre número de granos por panoja con porcentaje de esterilidad.

### **2.3.4. Peso de grano**

El peso individual de grano en la cosecha es determinado por el suministro de asimilados por la fotosíntesis o de almacenados durante el período de llenado de granos desde la anthesis hasta la madurez. El peso de grano puede ser afectado más por la duración que por la tasa de llenado de grano, (Hay y Walker, 1989 citado por Porto A. y Castro L. A., 1994).

Murata, (1976), citado por Blanco, (1991), citado por Porto A. y Castro L. A. (1994), registró que cuanto mayor es la temperatura durante el período más activo del llenado de grano el peso de grano es menor.

### **2.3.5. Llenado de grano**

Según Murata y Matsushima (1975), citado por Porto A. y Castro L. A. (1994), en los cultivares de arroz el período de llenado de grano es determinado por la característica varietal y la temperatura. Un ascenso en la temperatura incrementa la tasa de llenado de grano luego de la floración, este período abarca entre 40 y 60 días en áreas templadas y entre 25 y 30 días en los trópicos. Un largo período de llenado de grano ha sido asociado repetidamente, con un aumento en rendimiento de grano.

Jones, Peterson y Geng, (1979), citado por Porto A. y Castro L. A. (1994), trabajando con 15 genotipos de arroz de diversas características agronómicas buscaron correlaciones entre parámetros de llenado de grano con componentes de rendimiento, indicando que la tasa de llenado de grano fue más importante que la duración de llenado en dicho estudio. La tasa de llenado de grano fue alta, positiva y significativamente correlacionada con el peso de la panoja y el peso de 1000 granos, y negativamente correlacionada con el número de panojas por metro cuadrado.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. UBICACIÓN

El trabajo fue realizado en la Unidad Experimental " Paso de la Laguna", del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Treinta y Tres, durante el año agrícola 1996/97.

#### 3.2. SUELO

El ensayo se desarrolló sobre un Solod de la unidad "La Charqueada", según la clasificación de la Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes.

El resultado del análisis de dicho suelo se presenta a continuación:

Cuadro N°1: Análisis de suelo.

<b>pH en agua</b>	<b>Mat. Org. (%)</b>	<b>P Bray 1 (ppm)</b>	<b>K (meq/100gr)</b>
5.6	3.2	4.5	0.23

#### 3.3. CLIMA

El año agrícola 1996-97 tuvo un 15% menos de precipitación total que la serie histórica 1972-97. En los meses de mayor demanda, diciembre, enero y febrero, las precipitaciones fueron sensiblemente inferiores a la serie histórica.

Las temperaturas mínima y media durante el período estival (noviembre a marzo) fueron 5 y 4% mayores a la serie histórica, mientras que la temperatura máxima fue similar.

La heliofanía (horas de sol promedio diarias) en dicho período estival fue un 3% superior a la serie histórica. Tanto la velocidad del viento como la evaporación del tanque "A" mostraron valores superiores a la serie histórica en el período estival, siendo 28 y 11% superior respectivamente.

Cuadro N°2a: Datos meteorológicos obtenidos en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna - INIA Treinta y Tres - entre julio de 1996 a junio de 1997.

	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Anual
<b>TEMPRATURA (C°)</b>													
Media	8.2	13.3	12.9	17.2	20.2	22.4	24.9	22.0	20.3	17.4	14.3	11.5	
Máx. Media	14.5	20.0	18.4	22.8	26.2	28.5	31.8	27.8	27.1	24.3	21.2	16	
Min. media	1.9	7.2	8.2	12.3	13.7	16.2	18.4	16.3	14.2	11.6	8.0	6.8	
<b>HELADAS (Días)</b>	11	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	3	17
<b>HELIOFANIA</b>													
Media diaria (horas)	5.6	5.9	5.5	6.4	8.9	8.3	9.0	6.7	8.3	6.6	6.6	4.5	
<b>VIENTO (2m)</b>													
Velocidad media (km/h)	4.2	7.5	10.7	9.2	9.6	9.1	12.1	9.9	6.6	6.9	6.3	9.4	
<b>PRECIPITACION (mm)</b>													
Días de lluvia	26.5	110.3	172.4	49.1	92.8	55.9	31.5	109.6	82.3	98.7	72.9	109.5	1011.5
	4	6	15	13	7	11	7	11	7	8	5	10	104
<b>EVAPORACION TANQUE "A"</b>													
Total mensual	47.6	71.6	88.2	121.5	191.3	211.2	263.2	160.3	144.2	111.9	70.7	44.0	1525.7

Cuadro N°2b: Datos meteorológicos obtenidos en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna - INIA Treinta y Tres. Serie histórica 1972-97.

	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Anual
<b>TEMPRATURA (C°)</b>													
Media	10.6	11.9	13.4	16.3	18.6	21.6	22.7	22.0	20.6	17.3	13.7	10.0	
Máx. Media	16.1	17.8	19.2	22.3	25.0	27.9	29.5	28.3	27.0	23.6	20.0	16.6	
Min. media	5.4	6.5	7.9	10.3	12.2	14.4	16.6	16.6	14.8	11.4	8.1	5.3	
<b>HELADAS (Días)</b>	4.4	2.0	1.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0.6	4.0	12.4
<b>HELIOFANIA</b>													
Media diaria (horas)	4.7	5.4	6.0	7.0	8.1	8.5	8.6	7.5	7.4	6.4	5.7	4.9	
<b>VIENTO (2m)</b>													
Velocidad media (km/h)	6.4	6.8	8.1	7.8	8.2	8.0	8.0	7.0	5.7	5.9	5.6	5.9	
<b>PRECIPITACION (mm)</b>													
Días de lluvia	144.8	91.4	109.9	96.5	106.2	85.6	116.0	164.3	95.0	87.2	102.0	106.8	1305.6
	10.2	9.4	10.2	10.2	8.5	8.1	8.2	10.5	8.9	8.8	9.2	10.6	112.8
<b>EVAPORACION TANQUE "A"</b>													
Total mensual	49.6	66.5	88.0	129.7	163.9	207.5	210.7	154.8	137.4	94.1	62.9	45.1	1409

Cuadro N°3: Frecuencia relativa de datos de precipitaciones obtenidos en los meses de febrero y marzo, en la Estación Agrometeorológica de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna - INIA Treinta y Tres. Serie histórica 1972-97.

Probabilidad*	1 al 10/2	11 al 20/2	20 al 28/2	1 al 10/3	11 al 20/3	21 al 31/3	Febrero	Marzo
3,85%	210**	342,1	158,9	138,6	87,3	88,7	433,4	196,6
7,69%	125,2	213,1	140,3	114,6	87	74,7	408	171,9
11,54%	111,8	191	70,2	106,9	83,9	67,3	373,6	170,3
15,38%	105	170,7	55,8	92	74,9	63,5	349,3	157,5
19,23%	90,1	128,3	53,8	79,8	<b>50,9</b>	47,9	306	142,4
23,08%	83,5	126	46,1	67,6	40,3	46,3	232,6	139,6
26,92%	77,6	96	35,7	67,2	31,9	38	232,2	137,5
30,77%	68	91,5	29	64,7	27	35,7	195,4	120,6
34,62%	66,9	80,4	24,9	50,8	24	27,5	150,8	119
38,46%	65,9	69,3	24,4	46	23,7	24,3	148,9	117,9
42,31%	62,6	66,2	21,5	45,4	22,6	14,1	147,1	105
46,15%	55,1	57,9	16,8	42,2	21,9	14	129	93,4
50,00%	<b>52***</b>	<b>57,6</b>	14,8	20,5	20	<b>13,4</b>	125,4	91
53,85%	49,3	43,2	7,2	20	16,8	11,7	<b>109,6</b>	90,2
57,69%	45,8	36,5	4,7	<b>18</b>	14,7	11,5	104,8	<b>82,3</b>
61,54%	38,4	36,4	4,6	15,3	13	9,4	99,7	72,3
65,38%	38	27,7	4,6	15,2	11,3	9,1	91,4	59,7
69,23%	35,1	12,8	1,2	14,6	5,1	8,9	84,4	56,7
73,08%	18,3	12,3	0,7	10	3,4	7,6	84	49,9
76,92%	8,4	6,3	0,5	9,1	3	4,6	60,8	43,5
80,77%	1,6	2,7	0	7	2,5	4,5	53,4	38
84,62%	0,7	0,9	0	4,4	2	2,6	53,1	34,9
88,46%	0,5	0,6	0	3,3	1,5	1,5	12,6	33
92,31%	0,3	0	0	2,8	1,2	0,3	8,2	24,7
96,15%	0	0	0	0	0,4	0	1,6	5,5

\* frecuencia relativa \*\* mm precipitados desde el 01/02 al 10/02 en la serie histórica 1972-1997

\*\*\* mm precipitados desde el 01/02 al 10/02/97

En el cuadro N°3 se detallan las frecuencias relativas con las cuales ocurrieron las precipitaciones cada diez días en los meses de febrero y marzo del año 1997. Los datos de precipitaciones de estas fechas son importantes para determinar con que probabilidad se puede esperar que acontezcan lluvias de mayor o similar magnitud en dicho período (post-drenaje). En general podemos decir que en los meses de febrero y marzo de 1997 precipitó normalmente, donde las probabilidades que llueva esa magnitud o más son de 54 y 58% respectivamente. Solamente del 21 al 28/02 no ocurrieron precipitaciones, y valores muy altos de lluvia (comparado con la serie histórica) se dieron únicamente desde el 11 al 20/03.

### 3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño estadístico es de parcelas divididas en bloques al azar con tres repeticiones, donde el efecto de la parcela grande correspondió a las diferentes épocas de drenaje, y el efecto de la parcela pequeña a los distintos momentos de cosecha.

Las parcelas grandes ocupaban 100m<sup>2</sup> (10m. de largo por 10m. de ancho), y dentro de ella se efectuaron los cinco momentos de cosecha (parcela chica), para lo cual se cosecharon cinco hileras distanciadas 0.15m. y de 4m. de largo, resultando en un área de 3m<sup>2</sup>.

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SAS, versión 6.02.

### 3.5. TRATAMIENTOS

Los cultivares estudiados, correspondieron a tres variedades: INIA Tacuari (cultivar precoz), INIA Caraguatá y El Paso 144 (cultivares de ciclo largo). Esta selección se efectuó basándose en la importancia de dichas variedades en el área de producción.

Cada variedad constituye un ensayo, es decir tanto la fertilización, manejo del riego y momento de cosecha fueron ajustados de acuerdo al comportamiento fenológico de cada variedad.

Los tratamientos estudiados fueron los siguientes :

Retiros de agua : 15 días después del 50% de floración.

25 días después del 50% de floración.

35 días después del 50% de floración.

45 días después del 50% de floración.

55 días después del 50% de floración.

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

45 días después del 50% de floración.

55 días después del 50% de floración.

65 días después del 50% de floración.

75 días después del 50% de floración.

El 50% de floración se considera cuando el 50% de las plantas han florecido, es decir que ha emergido de la mitad de la totalidad de las plantas toda la panoja de la vaina. Esta determinación se realiza mediante estimación visual.

### 3.6. MANEJO

Se realizó el manejo cultural normal recomendado para la zona tanto para el laboreo como para siembra, fertilizaciones, control de malezas, riego, etc.

El laboreo inicial de verano se realizó para aprovechar el bajo tenor hídrico del suelo para trabajar con normalidad sin problemas de excesiva humedad, manteniéndose imperturbado hasta la primavera donde se realizan los labores de afinado del suelo hasta obtener una cama de siembra adecuada.

Las tres variedades fueron sembradas el 16 de octubre de 1996 a una densidad de 650 semillas viables por m<sup>2</sup> con una sembradora John Deere de tipo convencional, con una distancia entre líneas de 0.15m.

La fertilización consistió en 100 kg./ha de 12-52-0 a la siembra, y dos coberturas de urea, una al macollaje de 35 kg./ha y otra de 70 kg./ha al primordio de cada variedad. En la variedad INIA Tacuarí las coberturas al macollaje y primordio fueron realizadas el 3 y el 26 de diciembre respectivamente. Para INIA Caraguatá y El Paso144 las coberturas al macollaje y primordio fueron realizadas el 3 y el 31 de diciembre respectivamente.

El manejo del riego consistió en la realización de dos baños que fueron realizados el 22 de noviembre y el 2 de diciembre. Todas las parcelas fueron inundadas el 5 de diciembre (30 días después de la emergencia).

Para controlar las malezas se aplicó una mezcla triple de Facet a 1.2 l/ha + Ordram 3.0 l/ha + Basagrán 1.5 l/ha el 15 de noviembre.

Para la prevención de enfermedades se aplicó una mezcla de fungicidas el 30 de enero (Silvacur 0.5 l/ha + Carbendazim 800 cc/ha).

### 3.7. DETERMINACIONES

Las primeras determinaciones realizadas correspondieron al seguimiento de la evolución de la materia seca. Para ello se procedió al corte de un metro lineal de una fila de plantas de cada una de las parcelas. Cabe destacar que dichos muestreos fueron realizados sobre filas centrales para descartar efectos de no-competencia. Luego se llevaron a estufa a 105° C. por 24 horas, pesándolas luego con balanza digital. Este muestreo comenzó el 14 de enero, repitiéndose cada 10 días hasta el comienzo de los momentos de cosecha donde se realizaron simultáneamente con ellas.

La evolución del llenado de grano se determinó marcando al momento del 50% de floración 120 panojas por parcela de retiro de agua que presentaran similar estado fenológico. Se eligieron aquellas panojas que habían salido de la vaina. A los 25 días después del 50% de floración se recolectaron 20 panojas de cada una de las parcelas. Las restantes recolecciones (de 20 panojas cada una) se realizaron cada 10 días, coincidiendo con los momentos de cosecha. Estas panojas se acondicionaban y se las secaba en estufa por un lapso de 24 horas (perdiendo así toda su humedad).

Posteriormente se las dividían en dos grupos de 10 panojas, se pesaban y se desgranaban. Estos granos se pasaban por un separador de granos vacíos, pesándose los granos llenos y los vacíos en una balanza digital. A continuación se procedió al conteo de granos vacíos y llenos mediante un contador de granos, marca Kiyaseisakusho. Con esta información se confeccionó peso de panojas, número de granos por panoja (llenos, vacíos y totales) y peso de 1000 granos.

Para determinar los componentes del rendimiento en cada cosecha se recolectaba  $\frac{1}{2}$  m de panojas por cada parcela. En ese  $\frac{1}{2}$  m se contaban las panojas existentes que correspondían a  $0.075 \text{ m}^2$ , llegando mediante cálculo al número de panojas por  $\text{m}^2$ . De estas panojas se sacaban 10 completamente al azar, a las cuales se les realizaba el mismo tratamiento explicitado anteriormente para la evolución del llenado de grano.

La cosecha consistió en el corte con hoz de un área de  $3 \text{ m}^2$  (5 filas de cuatro metros lineales). Este procedimiento se realizaba sobre el mediodía para evitar el humedecimiento de los granos por efecto del rocío. El material cosechado de cada parcela se trillaba en una trilladora estacionaria Almaco, donde luego estos granos eran zarandeados y venteados mediante un ventilador de manera de eliminar los granos vacíos. La muestra resultante era pesada y mediante la toma de una muestra de 50 gr. se le determinó el contenido de humedad (con un equipo Universal), determinando el rendimiento de arroz cáscara uniformizado con un 14% de humedad. El resto de la trilla permaneció en bandejas para luego ser secada en un secador de muestras experimental marca Satake, hasta alcanzar un contenido de humedad en grano de 13-14 %.

Se extrajeron muestras de 100 gr. de arroz cáscara, seco y limpio para los análisis de calidad industrial. Cada muestra se pasaba por un descascarador (Satake) para eliminar lema, pálea, raquilla y lemas estériles. A partir de la muestra de arroz cargo (arroz descascarado), se separaban los granos verdes, pesándolos determinando el % de verde. Se considera grano verde todo aquel cuyo pericarpio tuviera una tonalidad verdosa.

Con otra muestra de 100 gr. de arroz cáscara, se descascara y se pule en una pulidora experimental (Satake) por dos minutos. El peso del arroz pulido obtenido se denomina arroz blanco total y se expresa como % del arroz cáscara.

El arroz blanco total fue puesto durante un minuto en un cilindro alveolar que separa los granos enteros de los quebrados, se pesa la porción de granos enteros y se expresa el rendimiento de grano entero como % del arroz cáscara. El % de grano quebrado surge de la diferencia entre el % de blanco total y el % de grano entero. Se considera grano entero o quebrado según supere o no  $\frac{2}{3}$  del largo promedio.

Se determinó el % de grano yesado, extrayendo en forma manual, de la muestra de grano entero y de la de granos quebrados aquellos que presentaran porciones de blanco opaco mayores a la mitad del grano.

La calidad de la semilla del arroz se evaluó mediante análisis de germinación. Para el caso de la evaluación de los diferentes momentos de cosecha, se extrajeron muestras de las diferentes variedades de los tratamientos con retiro de agua a los 45 días post floración. Para analizar el efecto en la germinación para los diferentes retiros de agua, las muestras de las variedades INIA Caraguatá y El Paso 144 fueron extraídas de los tratamientos cosechados a los 65 días después del 50% de floración y para la variedad INIA Tacuarí las muestras se extrajeron de los tratamientos cosechados a los 55 días después del 50% de floración. Este análisis consistió en 3 repeticiones de 100 granos por germinador por tratamiento evaluado. Como material germinador se utilizó papel toalla humedecido, que luego de hacer los germinadores y ponerles otro papel toalla sobre ellos, se introducían en una estufa germinadora a temperatura y humedad controlada. La temperatura se alternaba periódicamente 16 horas a 20° C. y 8 horas a 30° C., con luz durante estas últimas 8 horas. Se considera semilla germinada cuando emerge la radícula y el coleóptile.

El agua utilizada desde la inundación permanente del cultivo se midió mediante un aforador volumétrico en la entrada del agua a la chacra. No se discriminó en el uso total del agua los diferentes bloques ni las diferentes variedades, por lo tanto esta medida no pretende tener rigor estadístico, sino una medida aproximada para esas condiciones del agua consumida en los diferentes momentos de drenaje.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. EVENTOS FENOLOGICOS

La duración de la fase vegetativa, que abarca desde la emergencia hasta la iniciación del primordio floral, fue mas corta en INIA Tacuarí (cultivar de ciclo corto), que en los cultivares de ciclo largo que duraron 3 días más en INIA Caraguatá, y 5 días en El Paso 144.

En el periodo reproductivo, que va desde la iniciación del primordio floral hasta 50% de floración, fue donde se encontraron las mayores diferencias en duración, 22 días para INIA Tacuarí, 28 días para INIA Caraguatá, y 33 días en EL Paso 144.

La madurez fisiológica, que es considerada cuando se alcanza el máximo peso de 1000 granos, se observa en los cultivares de ciclo largo, que si bien El Paso 144 que más duración del ciclo tenía hasta el momento, posee en esta etapa una menor duración (45 días), que INIA Caraguatá (65 días). En el cultivar INIA Tacuarí la madurez fisiológica se alcanza a los 40 días después del 50% de floración.

Cuadro N°4: Fechas de ocurrencia de primordio, 50% de floración y madurez fisiológica de las diferentes variedades.

<b>VARIEDAD</b>	<b>Primordio</b>	<b>50% de floración</b>	<b>Madurez fisiológica</b>
INIA Tacuarí	26/12/96	17/01/97	26/02/97
INIA Caraguatá	29/12/96	26/01/97	01/04/97
El Paso 144	31/12/96	02/02/97	19/03/97

### 4.2. EVOLUCION DE LA MATERIA SECA

Desde el 14 de febrero se siguió la evolución de la materia seca, mediante el corte de un metro lineal de plantas (al ras del suelo) y su posterior secado, de cada parcela de drenaje en las tres variedades estudiadas. Este relevamiento se llevó a cabo para determinar el posible efecto que tendría el drenaje en detrimento de la acumulación de la materia seca de la planta de arroz.

A pesar de lo temprano del drenaje en ciertos tratamientos (como el drenaje a los 15 días después del 50% de floración en Inia Tacuarí), el retiro del agua de riego no mostró en ninguna de las tres variedades analizadas efectos negativos sobre la deposición de materia seca a lo largo del llenado de grano. Este fenómeno se podría explicar mediante las condiciones climáticas ocurridas durante el período de drenajes - precipitaciones normales, fundamentalmente – que impidieron que parcelas drenadas se desecaran totalmente por largos periodos. Los datos de precipitaciones se presentan en los cuadros N°3, 9, 17 y 25.

A continuación se presentan los datos de materia seca por hectárea, por tratamiento de drenaje a lo largo del tiempo de muestreo para cada cultivar.

Cuadro N°5: Evolución del contenido de materia seca en Inia Tacuari.

D.D.50% F.*	15**	25	35	45	55
-3	9869	9296	8573	9302	9438
7	12396	14113	12593	10931	10776
15	14940	14049	19918	20689	15176
25	15953	16887	15202	13664	15500
35	17298	20658	18009	18236	18933
45	22258	28631	24467	18382	20356
55	20036	21440	23560	19062	23142
65	17004	18551	18738	16600	20204
75	20956	18929	22538	22511	20044

\* Días después del 50% de floración \*\*Tratamiento drenado a los 15 días después del 50% de floración.

Cuadro N°6: Evolución del contenido de materia seca en Inia Caraguatá.

D.D.50% F.*	35**	45	55
-12	5527	6916	6184
-2	10462	12320	9349
8	12320	19036	14124
15	15011	15613	15887
25	18587	20969	19400
35	21538	21013	25098
45	23307	21809	23133
55	19031	18840	20436
65	21178	17533	18493
75	18720	18067	20324

\* Días después del 50% de floración \*\*Tratamiento drenado a los 35 días después del 50% de floración

Cuadro N°7: Evolución del contenido de materia seca en El Paso 144.

D.D.50% F.*	35**	45	55
-19	8024	10704	8807
-9	13513	10289	12900
1	15818	13000	18747
15	16820	17069	20276
25	22738	21013	22836
35	25516	24729	24756
45	25871	31329	27164
55	22333	25489	22889
65	28044	27258	22884
75	23827	24564	26027

\* Días después del 50% de floración \*\*Tratamiento drenado a los 35 días después del 50% de floración

### 4.3. INIA TACUARÍ

#### 4.3.1. Evolución del llenado de grano

Para determinar la evolución del llenado de grano se escogieron 120 panojas por parcela de retiro de agua que presentaron similar estado fenológico. Fueron recolectadas de a 20 por parcela a partir de los 25 días después del 50% de floración, luego cada 10 días, coincidiendo con los momentos de cosecha. A dichas panojas se les realizaron las siguientes determinaciones: peso de 10 espigas, peso de grano entero y vacío, peso de 1000 granos, número de granos llenos y vacíos por panoja, (todos los datos de peso están referidos con 0% de humedad).

##### 4.3.1.1. Efecto del retiro de agua

Como se puede observar en el cuadro N°8 el retiro de agua no mostró diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas.

Cuadro N°8: Influencia de los momentos de drenaje sobre la evolución del peso de 10 espigas, número de granos llenos y vacíos por espiga y el peso de 1000 granos en INIA Tacuarí.

RETIRO DE AGUA	PESO 10 ESP*	GRANOS LLENOS/ESP.	GRANOS VACIOS/ESP.	PESO 1000 GRANOS
15 DPF**	34.4	142	47	21.8
25 DPF	32.7	138	39	21.7
35 DPF	32.4	136	41	21.7
45 DPF	32.6	136	42	21.9
55 DPF	33.4	140	42	21.7
<b>Significancia</b>	n.s.****	n.s	n.s	n.s.
<b>M.D.S.***</b>	---	---	---	---
<b>Media</b>	33.1	139	42	21.75

\*Espigas      \*\*Días después del 50% de floración      \*\*\*Mínima diferencia significativa con una probabilidad del 0.05      \*\*\*\*No significativo

Los resultados anteriores pueden ser explicados por las precipitaciones ocurridas entre los drenajes (cuadro N°9) y a la baja demanda atmosférica, determinando que las parcelas drenadas continuaran con exceso de humedad por lo que los retiros de agua no tuvieron efecto sobre los parámetros estudiados. Si observamos los cuadros N°3 y 4 vemos que mientras ocurre el retiro de agua de esta variedad (que comienza en febrero) llueve normalmente.

Cuadro N°9: Precipitaciones ocurridas desde el retiro de agua al momento de cosecha en INIA Tacuarí.

	M 35 DPF*	M 45 DPF	M 55 DPF	M 65 DPF	M 75 DPF
15 DPF**	109.6	112.0	178.5	191.9	191.9
25 DPF	35.4	37.8	104.3	117.7	117.7
35 DPF	Inundado	2.4	68.9	82.3	82.3
45 DPF	Inundado	Inundado	66.5	79.9	79.9
55 DPF	Inundado	Inundado	Inundado	13.4	13.4

\*Momento de cosecha realizado a los 35 días después del 50% de floración

\*\*Tratamiento drenado a los 15 días después del 50% de floración

#### 4.3.1.2. Efecto del momento de cosecha

Los momentos de cosecha causaron diferencias significativas en las variables analizadas, como lo muestra el cuadro N°10. El peso de la espiga aumentó sostenidamente desde los 25 días después del 50% de floración (2.53 gr.) hasta registrar su máximo a los 55 días después del 50% de floración (3.72 gr.), para estabilizarse en cosechas posteriores. El mayor incremento de peso de la espiga se observó de los 35 a los 45 días después del 50% de floración con un valor de 0.52 gr. en un período de 10 días.

Cuadro N°10: Influencia de los momentos de cosecha sobre la evolución del peso de 10 espigas, número de granos llenos y vacíos por espiga y el peso de 1000 granos en INIA Tacuarí.

MOMENTO DE COSECHA	PESO 10 ESP*	GRANOS LLENOS/ESP.	GRANOS VACIOS/ESP.	PESO 1000 GRANOS
25 DPF**	25.3 d	93 d	77 a	21.4 b
35 DPF	28.9 c	119 c	43 b	21.7 b
45 DPF	34.1 b	145 b	33 c	21.7 b
55 DPF	37.2 a	161 a	32 c	21.6 b
65 DPF	36.4 a	163 a	34 c	21.0 c
75 DPF	36.7 a	149 b	31 c	23.0 a
Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
M.D.S.***	1.85	8	4	0.4
Media	33.1	139	42	21.75
Coef. Variación****	10.96	11.96	18.23	3.57

\*Espigas \*\*Días después del 50% de floración

\*\*\*Mínima diferencia significativa con una probabilidad del 0.05 \*\*\*\*Coeficiente de variación

Analizando la evolución del número de granos por panoja vemos que coincide con la tendencia descrita en el peso de panoja, alcanzando su máximo entre los 55 y 65 días después del 50% de floración (161 y 163 granos por espiga respectivamente), con una media para todos los tratamientos de 117 granos por panoja. El aumento en el número

de granos llenos por espiga es sostenido con un valor de 2.3 granos llenos por día, desde los 25 a los 55 días después del 50% de floración (figura N°1).

El ajuste realizado para la tendencia del peso de 10 espigas corresponde a:  
 $y = -0.007121 x^2 + 0.9484476 x + 5.557039$ , con  $p=0.0001$ ,  $n=180$  y el  $R^2 = 0.53$ , donde "y" corresponde al peso de 10 espigas en gramos y "x" al número de días después del 50% de floración.

Para el número de granos llenos por espiga, la ecuación fue la siguiente:  
 $y = -0.053369 x^2 + 6.560238 x - 40.595536$ , con  $p=0.0001$ ,  $n=180$  y el  $R^2 = 0.6474$ , donde "y" corresponde al número de granos llenos por espiga y "x" al número de días después del 50% de floración.

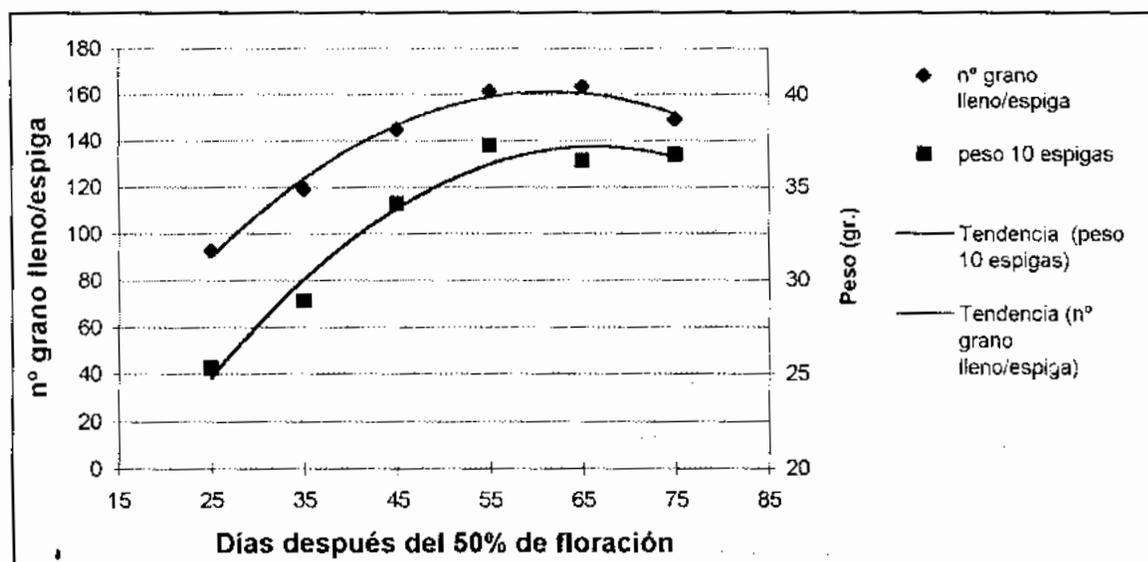


Figura N°1: Efecto de los momentos de cosecha sobre el peso de 10 espigas y el número de granos llenos por espiga en INIA Tacuarí.

En cuanto al número de granos vacíos por espiga, se observa que el máximo valor se determina en el primer momento de cosecha (77.1 granos vacíos por espiga), para descender hasta los 45 días después del 50% de floración (32.8), momento a partir del cual se hacen constantes hasta los últimos momentos de cosecha.

El peso de mil granos registra valores similares estadísticamente desde los 25 a los 55 días después del 50% de floración, para luego disminuir. La media para dicha variable se ubicó en los 21.75 gr., cabe señalar la baja variación de esta característica, presentando un coeficiente de variación de 3.6%.

#### 4.3.1.3. Interacción entre retiros de agua y momentos de cosecha

Para la evolución del llenado de grano en INIA Tacuarí, no se encontró interacción entre los retiros de agua y los momentos de cosecha en ninguno de los parámetros estudiados.

#### 4.3.2. Rendimiento y sus componentes

##### 4.3.2.1. Efecto del retiro de agua

En el cuadro N°11 se presentan los resultados de rendimiento de arroz cáscara en kg./ha corregido a 14% de humedad, porcentaje de humedad, porcentaje de verde, índice de cosecha y los componentes del rendimiento.

Cuadro N°11: Efecto del momento de drenaje sobre el rendimiento y sus componentes en INIA Tacuarí.

RETIRO DE AGUA	REND* Kg./ha	% DE HUMEDAD	% DE VERDE	PESO 1000 GRANOS (gr.)	ESP** /M <sup>2</sup>	GRANOS LLENOS/ESP.
15 DPF***	9176	19.3	8.1	21.3	515	113
25 DPF	9211	19.6	9.2	21.3	540	105
35 DPF	9507	20.2	8.8	21.2	527	114
45 DPF	9461	20.3	8.4	21.3	495	116
55 DPF	9764	20.5	9.3	21.0	515	107
Significancia	n.s.****	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Media	9423	19.9	8.8	21.2	518	111

\* Rendimiento \*\* Espigas \*\*\* Días después del 50% de floración \*\*\*\*No significativo

Como puede observarse, ninguno de estos parámetros fue afectado significativamente por los diferentes retiros de agua post floración debido a las condiciones climáticas ocurridas en este período (cuadro N°3 y 9).

##### 4.3.2.2. Efecto del momento de cosecha

En el cuadro N°12 se presentan los resultados de rendimiento de arroz cáscara en kg./ha corregido a 14% de humedad, porcentaje de humedad, porcentaje de verde.

Cuadro N°12: Efecto del momento de cosecha sobre el rendimiento, % de humedad y % de granos verdes en INIA Tacuarí.

MOMENTO DE COSECHA	RENDIMIENTO (Kg./ha)	% DE GRANOS VERDES	% DE HUMEDAD
35 DPF*	7973 d	22.7 a	28.4 a
45 DPF	9279 c	11.9 b	22.3 b
55 DPF	9973 ab	3.8 c	17.6 c
65 DPF	10234 a	2.7 c	15.8 d
75 DPF	9659 bc	2.7 c	15.7 d
<b>Significancia</b>	0.0001	0.0001	0.0001
<b>M.D.S.**</b>	468.6	1.6	1.36
<b>Media</b>	9423	8.8	19.9
<b>C. V.***</b>	6.7	24.9	5.8

\*Días después del 50% de floración      \*\*Mínima diferencia significativa con una probabilidad del 0.05  
 \*\*\*Coeficiente de variación

El momento de cosecha afectó significativamente estos parámetros. En esta variedad el menor rendimiento se obtuvo a los 35 días después del 50% de floración (7973 kg./ha); cosechas posteriores incrementaron el rendimiento hasta el momento óptimo, entre los 55 y 65 días después del 50% de floración (10234 kg./ha), para luego disminuir.

Para esta variedad fue altamente significativo el ajuste de una regresión cuadrática entre momento de cosechas y el rendimiento. Ajustando una curva  $y = -1422 + 372.9x - 2.99x^2$ ;  $r = 0.7$ ,  $p = 0.0001$ ,  $n = 75$ , donde "y" representa el rendimiento en kg./ha y "x" los días después del 50% de floración (Figura N°2).

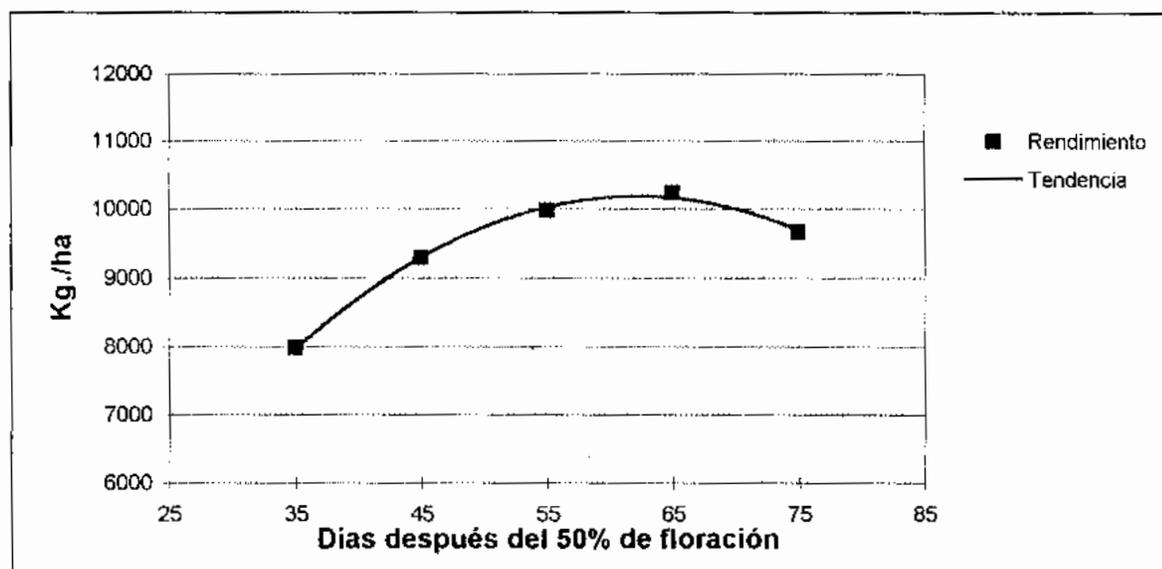


Figura N°2: Efecto de los momentos de cosecha sobre el rendimiento en INIA Tacuarí.

Dicha curva presenta un máximo teórico de rendimiento aproximadamente a los 62 días después del 50% de floración.

Las diferencias en el contenido de humedad del grano observada en las distintas épocas de cosecha, fueron estadísticamente muy significativas ajustándose una curva donde  $y = 0.010614 x^2 - 1.486971 x + 67.524357$ , con  $p=0.0001$ ,  $n=75$  con un  $R^2=0.9341$ , donde "y" es el % de humedad del grano y "x" los días después del 50 % de floración. La humedad del grano disminuyó a medida que se retrasó la cosecha, bajando desde los 35 a los 65 días después del 50% de floración, de 28.4 a 15.8% respectivamente, lo que corresponde un 0.42% por día, momento en el cual dicho parámetro se estabilizó (figura N°3).

El porcentaje de granos verdes obtenidos en las distintas épocas de cosecha fueron significativamente diferentes; disminuyendo hasta los 55 días después del 50% de floración en valores de 0.95% menos de verde por día , estabilizándose en las siguientes cosechas en valores más bajos, describiendo una curva según lo muestra la figura N°3 de  $y = 0.010214 x^2 - 1.369238 x + 46.75769$  con  $p=0.0001$ ,  $n=75$ , y un  $R^2 = 0.9163$  , siendo "y" el % de granos verdes y "x" los días después del 50 % de floración.

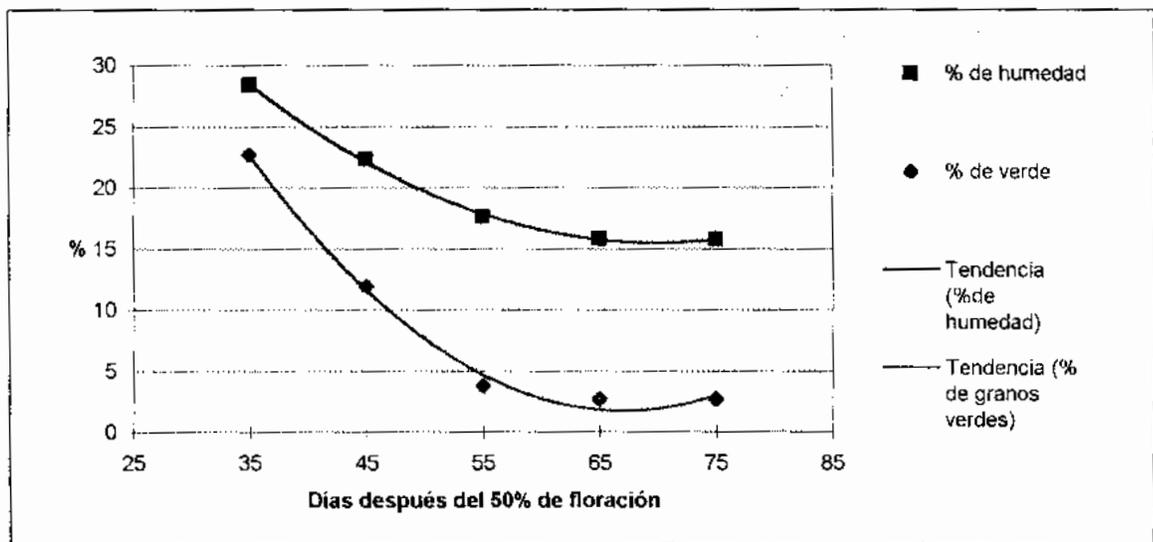


Figura N°3: Efecto del momento de cosecha sobre los porcentajes de humedad y de granos verdes en INIA Tacuarí.

El índice de cosecha (materia seca del grano / materia seca de planta + grano), fue significativamente superior en el momento de cosecha realizado a los 65 días post floración (0.57), lo cual es coincidente con el mayor rendimiento observado. El valor promedio del ensayo de este índice fue de 0.47 (ver cuadro N°13).

Se considera que la madurez fisiológica del cultivo es aquel momento en el que se logra el máximo peso de 1000 granos. El peso de 1000 granos, como se observa en el cuadro N°13, no se vio afectado por los diferentes momentos de cosecha, presentando un promedio general de 21.2 gr.

Cuadro N°13: Efecto del momento de cosecha sobre el índice de cosecha y los componentes del rendimiento en INIA Tacuarí.

MOMENTO DE COSECHA	INDICE DE COSECHA	GRANOS VACIOS/ESP*	GRANOS LLENOS/ESP.	ESP./M <sup>2</sup>	PESO 1000 GRANOS
35 DPF**	0.43 b	38 a	89 c	539 a	21.0
45 DPF	0.43 b	27 b	112 b	549 a	21.4
55 DPF	0.48 b	24 bc	130 a	530 a	21.3
65 DPF	0.57 a	19 c	115 ab	447 b	21.4
75 DPF	0.47 b	29 b	111 b	528 a	21.2
<b>Significancia</b>	0.0005	0.0001	0.0001	0.0068	n.s.****
<b>M.D.S.***</b>	0.06	6.3	15	57	---
<b>Media</b>	0.47	27	111	518	21.2
<b>C. V.*****</b>	18.4	31.8	18.3	14.9	2.9

\*Espiga \*\*Días después del 50% de floración \*\*\*Mínima diferencia significativa con una probabilidad del 0.05 \*\*\*\*No significativo \*\*\*\*\*Coeficiente de variación

El número de espigas por metro cuadrado fue significativamente inferior únicamente en el momento de cosecha realizado a los 65 días después del 50% de floración, el cual coincidió con el momento en que se obtuvo el mayor rendimiento. Esta relación negativa entre número de espigas por metro cuadrado y rendimiento ya fue observada en otros ensayos de manejo de INIA Tacuarí. El promedio del ensayo fue de 518 espigas por metro cuadrado.

Los granos llenos por espiga siguieron la misma tendencia que el rendimiento de grano, presentando sus mayores valores en los momentos de cosecha en los 55 y 65 días después del 50% de floración (figura N°4), ajustando una curva  $y = -0.061524 x^2 + 7.251619 x - 89.184762$  con  $p=0.0001$ ,  $n=75$ , con  $R^2= 0.2362$ ; donde "y" es el número de granos llenos por espiga y "x" los días después del 50% de floración. Momentos anteriores o posteriores de cosecha resultaron en menor número de granos llenos por espiga. Esto de alguna manera señala la inmadurez del grano en las primeras cosecha y el desgrane al retrasarse la misma.

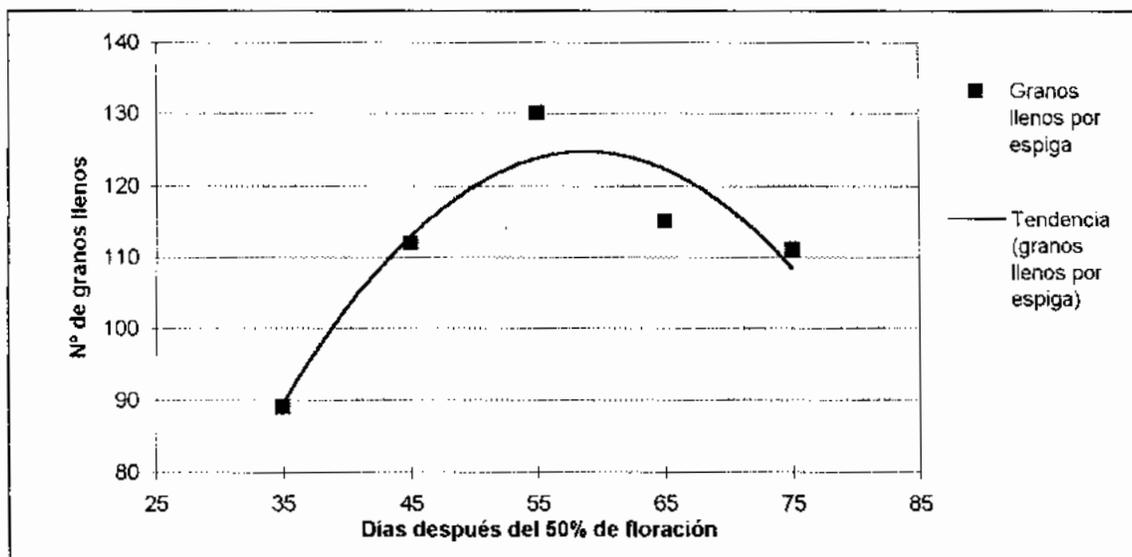


Figura N°4: Efecto del momento de cosecha sobre el número de granos llenos por espiga en INIA Tacuarí.

Los granos vacíos por espiga o chusos presentaron una tendencia a disminuir con el retraso de la cosecha. En las cosechas muy tempranas el grano no terminó de completar su llenado resultando en mayores valores de granos vacíos (cuadro N°13).

Los granos totales por espiga se vieron afectados significativamente por los momentos de cosecha, presentando un valor promedio de 138 granos por espiga, y un máximo de 153 a los 55 días después del 50% de floración.

#### 4.3.2.3. Interacción entre retiros de agua y momentos de cosecha

Para los componentes del rendimiento en INIA Tacuarí, no se encontró interacción entre los retiros de agua y los momentos de cosecha en ninguno de los parámetros estudiados.

### 4.3.3. Calidad de grano

#### 4.3.3.1. Efecto del retiro de agua

Como puede observarse en el cuadro N°14, los diferentes retiros de agua no afectaron los porcentajes de entero, de quebrado ni de yesado, influyendo si sobre el porcentaje de grano manchado. El % de granos manchados no presenta un comportamiento claro que pueda atribuirse a los diferentes momentos de drenaje.

Cuadro N°14: Efecto del retiro de agua y del momento de cosecha sobre la calidad del grano en INIA Tacuarí.

RETIRO DE AGUA	% DE ENTERO	% DE QUEBRADO	% DE YESADO	% DE MANCHADO
15 DPF*	54.0	9.61	4.1	0.37 ab
25 DPF	55.2	9.88	2.7	0.53 a
35 DPF	55.0	9.50	3.7	0.43 ab
45 DPF	53.1	9.35	4.0	0.32 ab
55 DPF	56.3	7.51	3.7	0.23 b
<b>Significancia</b>	n.s.**	n.s.	n.s.	0.001
<b>M.D.S.***</b>	---	---	---	0.245
<b>Media</b>	54.7	9.17	3.7	0.29

\*Días después del 50% de floración \*\*No significativo \*\*\*Minima diferencia significativa con una probabilidad de 0.05

El efecto del drenaje sobre el % de grano entero y quebrado no fue significativo, lo que se explica por la ocurrencia de condiciones climáticas favorables a mantener la humedad en el suelo, lo que minimizó el posible efecto del drenaje (ver cuadro N°9).

#### 4.3.3.2. Efecto del momento de cosecha

Los diferentes momentos de cosecha afectaron significativamente los porcentajes de entero, quebrado y manchado (cuadro N°15).

Cuadro N°15: Efecto del momento de cosecha en la calidad del grano en INIA Tacuarí.

MOMENTO DE COSECHA	% DE ENTERO	% DE QUEBRADO	% DE YESADO	% DE MANCHADO
35 DPF*	58.5 a	3.24 b	3.5	0.69 a
45 DPF	59.4 a	3.81 b	3.3	0.27 bc
55 DPF	60.9 a	4.89 b	3.2	0.40 ab
65 DPF	59.7 a	4.69 b	4.6	0.42 ab
75 DPF	35.1 b	29.2 a	3.7	0.10 c
<b>Significancia</b>	0.0001	0.0001	n.s.**	0.0035
<b>M.D.S.***</b>	3.57	2.11	---	0.29
<b>Media</b>	54.7	9.17	3.7	0.29
<b>Coef. Variación****</b>	8.8	31.3	55.8	103.5

\*Días después del 50% de floración \*\*No significativo \*\*\*Minima diferencia significativa con una probabilidad de 0.05 \*\*\*\*Coeficiente de variación

La cosecha a los 75 días después del 50% de floración presentó un porcentaje de entero significativamente inferior y un valor de quebrado superior, como se presenta en la figura N°5 ajustando para el % de grano entero una curva de:  $y = 0.03824 x^2 + 3.740971 x - 27.683524$  con  $p=0.0001$ ,  $n=75$ , con un  $R^2 = 0.7116$ .

Para el % de granos quebrados el ajuste fue:  $y = 0.033352 x^2 - 3.139962 x + 74.308476$ , con  $p=0.0001$ ,  $n=75$  y con un  $R^2 = 0.794$ , donde "y" representa % de granos enteros y quebrados respectivamente, y "x" los días después del 50% de floración .

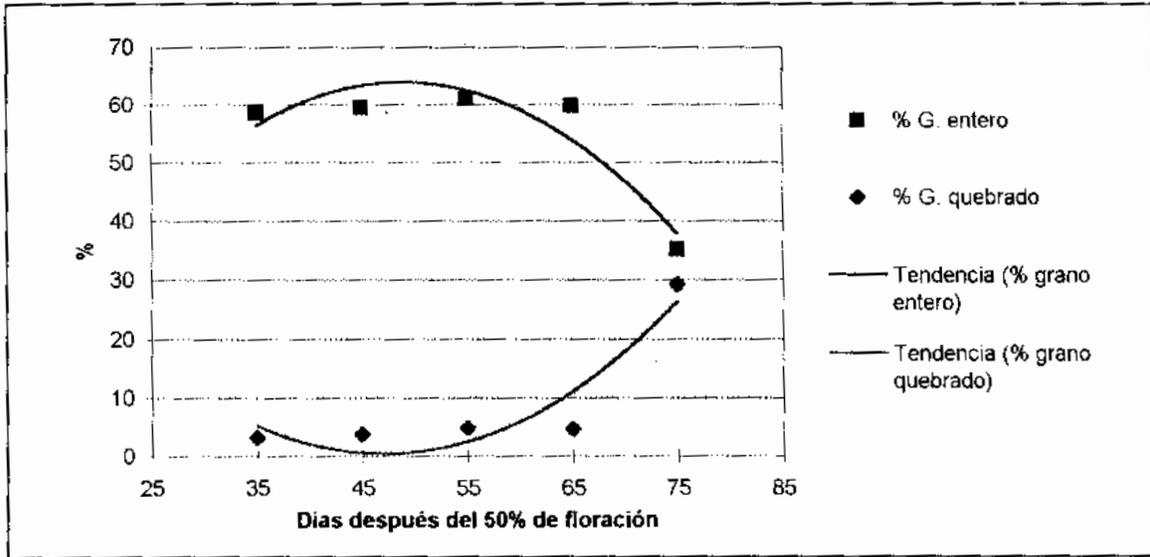


Figura N°5: Efecto del momento de cosecha sobre los % de grano entero y quebrado en INIA Tacuarí.

Esto se debió a condiciones climáticas extremas que ocurrieron entre la cosecha realizada a los 65 y 75 días después del 50% de floración. Durante estos días se registraron grandes amplitudes térmicas (diferencia entre la temperatura máxima y mínima del día) atípicas, conjuntamente con precipitaciones que determinaron el quebrado de grano.

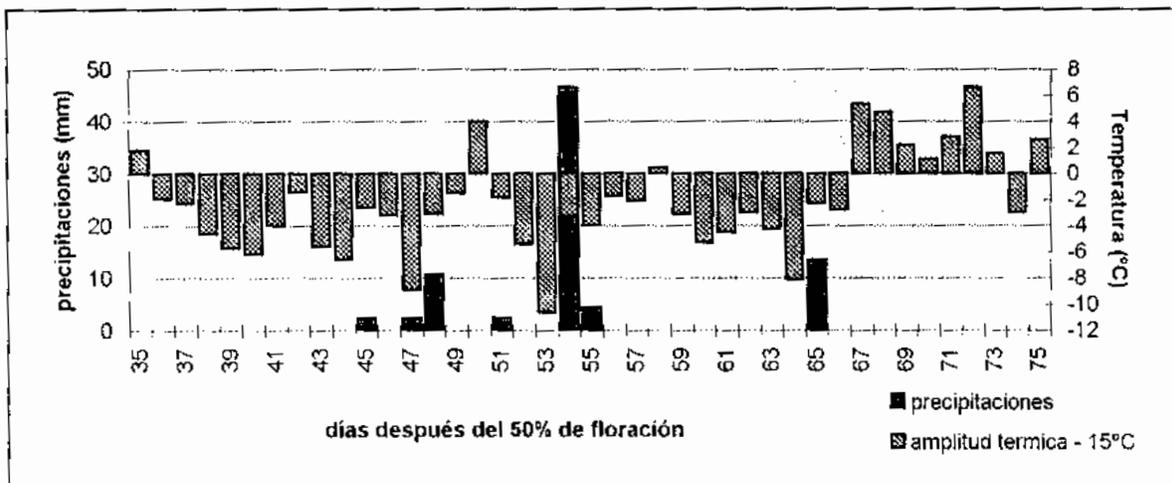


Figura N°6: Amplitudes térmicas y precipitaciones ocurridas en el período postfloración.

En la figura N°6 se presenta la amplitud térmica de cada día menos 15°C, de manera que aquellos días con amplitudes mayores a 15, esta diferencia se torna positiva.

La literatura cita que amplitudes del entorno de 15 grados o superiores inducen al quebrado de grano,(Desikachar, H.S. y Subrahmanyam, V.,1971 ; Marzhall, W. Y Wadsworth, J., 1993).

Como se puede apreciar en el período de 10 días previos a la última cosecha (75 DPF), 8 de ellos presentaron valores de amplitud considerados perjudiciales, lo que se vio reflejado en los altos valores de quebrado detectados en esta cosecha. Además a este efecto de la temperatura, puede visualizarse que en el día 65 después del 50% de floración llovieron 13mm, fenómeno que contribuye según la bibliografía al rehumedecimiento del grano, para secarse nuevamente debido a las grandes oscilaciones de la temperatura, que inducen el quebrado de grano. Del análisis de dicha figura se observa que no ocurrieron ni grandes amplitudes térmicas ni precipitaciones, lo que posiblemente determinó que el grano no presentara alto % de quebrado (4.69%), a pesar que a los 65 días después del 50% de floración, el grano presentaba un valor crítico de humedad (15.8%).

Los valores de yesoso no se vieron afectados significativamente por los diferentes momentos de cosecha.

El porcentaje de manchado alcanzó un máximo de 0.69% en el primer momento de cosecha, y un mínimo de 0.10% en la última cosecha.

#### **4.3.3.3. Interacción entre retiros de agua y momentos de cosecha**

En la calidad del grano de la variedad INIA Tacuarí, no existió interacción entre los retiros de agua y los distintos momentos de cosecha.

## 4.4. INIA CARAGUATÁ

### 4.4.1. Evolución del llenado de grano

#### 4.4.1.1. Efecto del retiro de agua

En la última semana de Febrero se produjo un intenso ataque de un cascarrudo, identificado en INIA La Estanzuela por la entomóloga Estela Zerbino, como un insecto del género *Ligirus*, super familia Escarabeido Dinastine. Este insecto causó importantes daños a nivel del tallo de las plantas que se encontraban en las parcelas sin agua en ese momento, que eran las que se les había realizado el retiro de agua 15 y 25 días después del 50% de floración, provocando el vuelco de las mismas. Esto motivó que se tuviera que descartar estos dos tratamientos. Este hecho tiene importancia para el análisis del efecto de los drenajes, ya que al eliminarse los drenajes más tempranos, se retiran los tratamientos donde la influencia de la falta de riego hubiese sido más notoria para el cultivo.

Cuadro N°16: Influencia de los momentos de drenaje sobre la evolución del peso de 10 espigas, número de granos llenos y vacíos por espiga y el peso de 1000 granos en INIA Caraguatá.

RETIRO DE AGUA	PESO 10 ESP*	GRANOS LLENOS/ESP.	GRANOS VACIOS/ESP.	PESO 1000 GRANOS
35 DPF**	26.5	103	24	23.6
45 DPF	25.8	102	23	23.3
55 DPF	27.6	110	27	23.1
Significancia	n.s.***	n.s.	n.s.	n.s.
M.D.S.****	---	---	---	---
Media	26.6	105	24	23.3

\*Espiga      \*\*Días después del 50% de floración      \*\*\*No significativo      \*\*\*\*Mínima diferencia significativa con una probabilidad del 0.05

Como se observa en el cuadro N°16, no se registraron diferencias significativas debido al retiro de agua, lo que puede estar enmascarado por no tener los registros de los dos primeros tratamientos de drenaje, además de las precipitaciones ocurridas en dicho período que mantienen la humedad en las parcelas drenadas (cuadro N°17). Los retiros de agua en esta variedad ocurrieron en los primeros días de marzo, mes durante el cual las precipitaciones fueron normales (cuadro N°3).

Cuadro N°17: Precipitaciones ocurridas desde el retiro de agua al momento de cosecha en INIA Caraguatá.

	M 35 DPF*	M 45 DPF	M 55 DPF	M 65 DPF	M 75 DPF
35 DPF**	Inundado	64.5	68.9	82.3	123.0
45 DPF	Inundado	Inundado	4.4	17.8	58.5
55 DPF	Inundado	Inundado	Inundado	13.4	54.1

\*Momento de cosecha realizado a los 35 días después del 50% de floración

\*\*Tratamiento drenado a los 35 días después del 50% de floración

#### 4.4.1.2. Efecto de los momentos de cosecha

Para los distintos momentos de cosecha se dieron diferencias estadísticas en todos los parámetros estudiados (cuadro N°18).

Cuadro N°18: Efecto del momento de cosecha sobre el peso de 10 espigas, granos llenos y vacíos por espiga y peso de 1000 granos en INIA Caraguatá.

MOMENTO DE COSECHA	PESO 10 ESP*	GRANOS LLENOS/ESP.	GRANOS VACIOS/ESP.	PESO 1000 GRANOS
25 DPF**	18.9 c	73 c	45 a	21.2 d
35 DPF	27.9 b	106 b	31 b	23.8 d
45 DPF	28.3 b	113 ab	18 c	23.6 bc
55 DPF	27.5 b	112 ab	17 c	23.1 c
65 DPF	30.7a	116 a	17 c	24.7 a
75 DPF	26.5 b	110 ab	19 c	23.4 bc
<b>Significancia</b>	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
<b>M.D.S.***</b>	1.9	7	4	0.6
<b>Media</b>	26.6	105	24	23.3
<b>C. V.****</b>	10.52	10.51	26.5	3.85

\*Espiga \*\*Días después del 50% de floración \*\*\*Mínima diferencia significativa con una probabilidad del 0.05 \*\*\*\*Coeficiente de variación

Como se aprecia en la figura N°7 el máximo aumento del peso de los 1000 granos ocurre en las primeras etapas del llenado, de los 25 a los 35 días después del 50% de floración, luego continúan aumentando a una tasa muy inferior, hasta llegar al máximo peso de 1000 granos (24.7 gr.) a los 65 días después del 50% de floración. El ajuste de la curva fue de:  $y = -0.001887 x^2 + 0.237027 x + 16.528768$ , con  $p=0.0001$ ,  $n=108$  y con  $R^2=0.1854$ , donde "y" es el peso de 1000 granos y "x" los días después del 50% de floración.

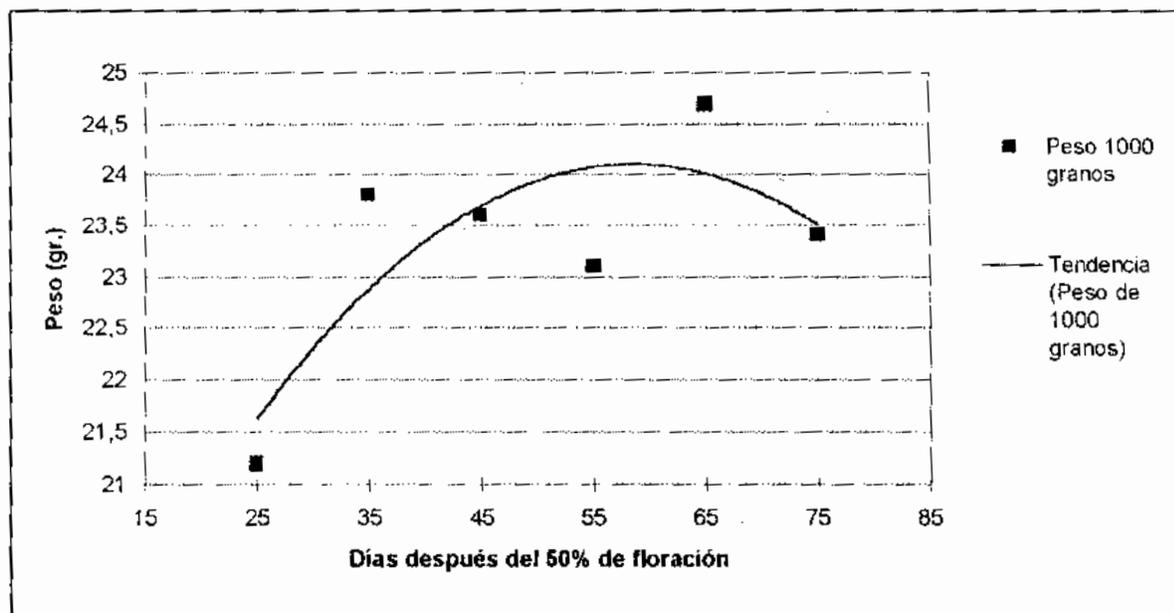


Figura N°7: Efecto del momento de cosecha sobre el peso de 1000 granos en INIA Caraguatá.

En cuanto al número de granos llenos coincide con la tendencia mencionada para el peso de 1000 granos, con una media de 105 granos por espiga, llegando a un máximo de 116 a los 65 días después del 50% de floración, presentando la máxima tasa desde los 25 a los 35 días después del 50% de floración (figura N°8). El ajuste de la curva para el número de granos llenos por espiga fue:  $y = -0.039049 x^2 + 4.772054 x - 28.630682$ , con  $p=0.0001$ ,  $n=108$  y  $R^2 = 0.2992$ , donde "y" representa el número de granos llenos por espiga y "x" los días después del 50 % de floración.

Para el número de granos chusos por espiga, la curva fue:  $y = 0.033064 x^2 - 4.042155 x + 137.771717$ , con  $p=0.0001$ ,  $n=108$  y con un  $R^2 = 0.5289$ .

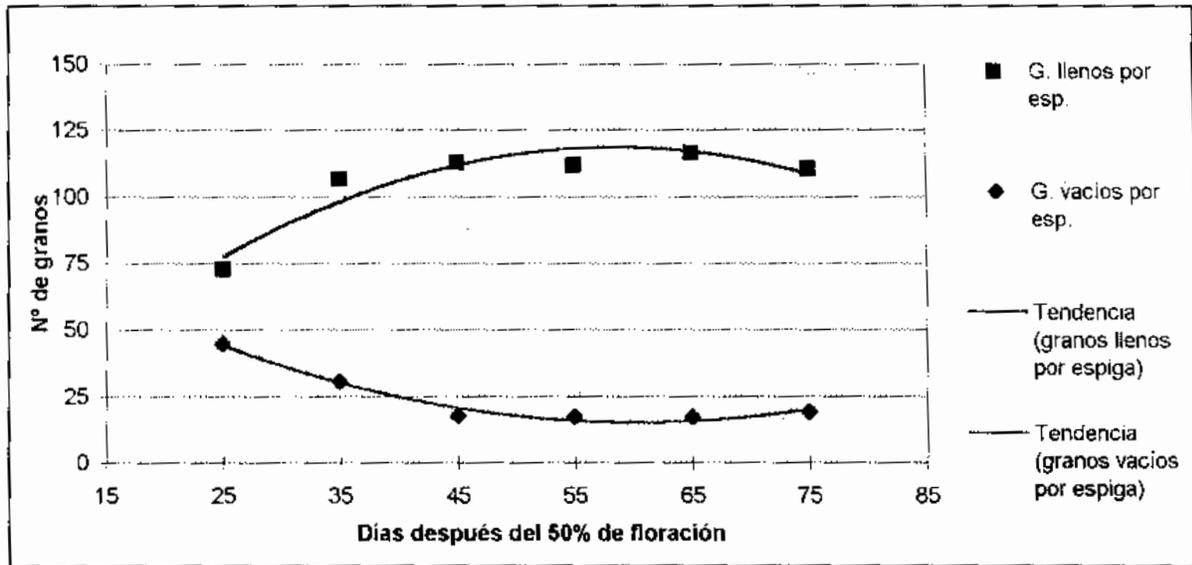


Figura N°8: Efecto del momento de cosecha sobre el número de granos llenos y vacíos por espiga en INIA Caraguatá.

Para el peso de espigas se registró la misma tendencia mencionada anteriormente (figura N°9), donde el máximo incremento de peso se dio desde los 25 a los 35 días después del 50% de floración alcanzando el máximo peso de panoja (3.07 gr. por espiga) a los 65 días después del 50% de floración. La tendencia marca una ecuación  $y = -0.010283x^2 + 1.218224x - 6.561807$ , con  $p=0.0001$ ,  $n=108$  y con  $R^2 = 0.2404$ , donde "y" representa el peso de 10 espigas y "x" los días después del 50 % de floración.

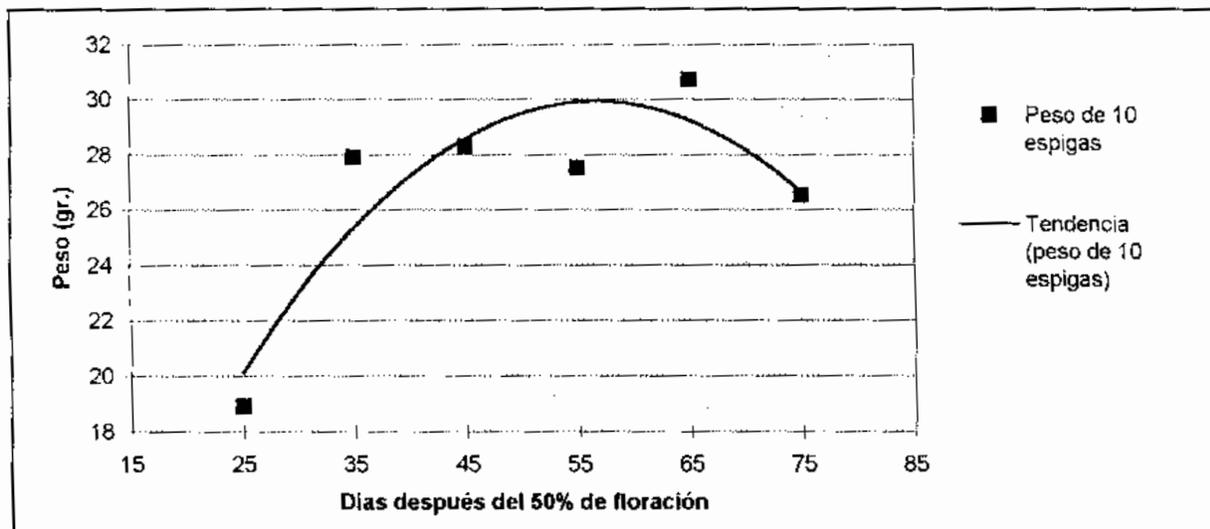


Figura N°9: Efecto del momento de cosecha sobre el peso de 10 espigas en INIA Caraguatá.

Observando el conjunto de las determinaciones, se puede indicar que esta variedad presenta una máxima tasa de acumulación de carbohidratos al comienzo de los muestreos (25 a 35 días después del 50% de floración). Luego continúa acumulando a una inferior y estabilizada tasa hasta los 65 días después del 50% de floración donde ocurren los máximos peso de granos, de panojas y número de granos llenos por panoja y donde además ocurre el mínimo número de granos vacíos. A partir de los 65 días después del 50% de floración disminuye el peso y el número de granos llenos por panoja, lo que puede atribuirse a la caída de los granos más pesados. Estos datos son coincidentes con trabajos revisados, donde se menciona que cultivares de ciclo vegetativo largo como INIA Caraguatá, presentan una máxima tasa de llenado de grano en las primeras etapas de dicho periodo.

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

Para la evolución del llenado de grano en INIA Caraguatá, no se encontró interacción entre los retiros de agua y los momentos de cosecha en ninguno de los parámetros estudiados.

#### 4.4.2. Rendimiento y sus componentes

##### 4.4.2.1. Efecto del retiro de agua

De las tres variedades estudiadas, esta fue la que presentó el mejor comportamiento productivo con un rendimiento promedio de 10089 kg./ha.

En este cultivar los retiros de agua no afectaron significativamente ninguna de las variables analizadas (cuadro N°19).

Cuadro N°19: Efecto del drenaje sobre el índice de cosecha, % de humedad y verde, rendimiento y sus componentes en INIA Caraguatá.

Retiro de agua	Rend* Kg./ha	Índice de cosecha	% de humedad	% de verde	Peso 1000 granos (gr.)	Esp.**/ m <sup>2</sup>	Granos llenos/esp.
35 DPF***	9623	0.47	18.7	8.04	23.6	563	82
45 DPF	10443	0.55	18.9	7.64	23.1	577	98
55 DPF	10202	0.49	19.3	7.64	24.0	533	94
Significancia	n.s.****	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Media	10089	0.5	19	7.77	23.53	558	91

\* Rendimiento \*\* Espigas \*\*\* Días después del 50% de floración \*\*\*\*No significativo

Las causas que determinaron que los momentos de drenaje no afectaran estos parámetros, fueron explicadas al igual que en el llenado del grano, por las condiciones climáticas ocurridas entre los retiros de agua, y a que los tratamientos donde primero se realizaron los drenajes fueron eliminados.

#### 4.4.2.2. Efecto del momento de cosecha

El efecto de los distintos momentos de cosecha afectó significativamente la mayoría de los parámetros estudiados que inciden en determinar el momento óptimo de la cosecha (cuadro N°20).

Cuadro N°20: Efecto del momento de cosecha sobre el rendimiento, % de humedad y % de granos verdes en INIA Caraguatá.

MOMENTO DE COSECHA	RENDIMIENTO KG./HA	% DE HUMEDAD	% DE VERDE
35 DPF*	8932 d	25.9 a	20.95 a
45 DPF	10565 ab	19.9 b	9.6 b
55 DPF	10833 a	16.6 cd	4.2 c
65 DPF	10158 bc	16.7 c	3.3 c
75 DPF	9958 c	15.8 d	0.71 d
Significancia	0.0001	0.0001	0.0001
M.D.S.**	534	0.93	1.8
Media	10089	19	7.77
C. V.***	5.44	5.04	23.8

\*Días después del 50% de floración

\*\*Mínima diferencia significativa con una probabilidad del 0.05

\*\*\*Coeficiente de variación

Los mayores rendimientos de grano se lograron en los momentos de cosecha realizados entre los 45 y 55 días después del 50% de floración. La cosecha realizada antes o después de este período resultó en rendimientos significativamente inferiores (figura N°10).

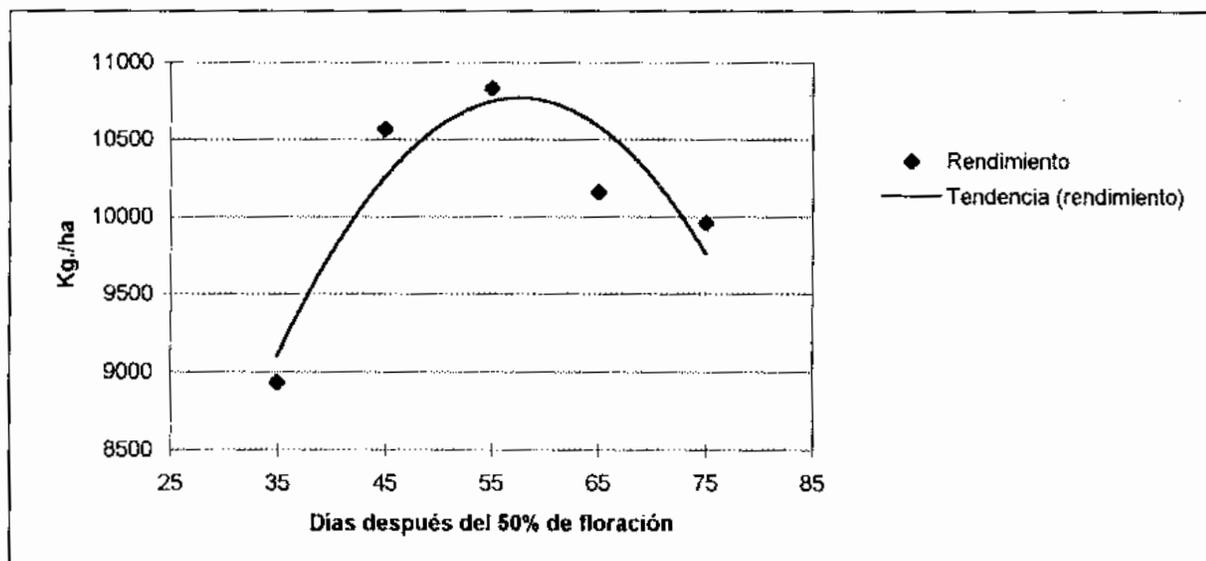


Figura N°10: Efecto del momento de cosecha sobre el rendimiento en INIA Caraguatá.

Para esta variedad fue altamente significativo el ajuste de una regresión cuadrática entre el momento de cosecha y el rendimiento. Ajustando una curva  $y = -114.5 + 378.5 x - 3.29 x^2$ ;  $r = 0.56$ ,  $p = 0.0004$ ,  $n = 45$ , donde "y" representa el rendimiento, y "x" los días después del 50 % de floración. En el caso de este cultivar el máximo de rendimiento estaría aproximadamente con una cosecha teórica a los 58 días después del 50% de floración.

Como se presenta en la figura N°11 el porcentaje de humedad decreció a altas tasas en los dos primeros momentos de cosecha, para llegar a un mínimo de 15.8 en la cosecha realizada a los 75 días después del 50% de floración. La tendencia marcó una ecuación  $y = 0.009794 x^2 - 1.312857 x + 56.622619$ , con  $p=0.0001$ ,  $n=45$  y con  $R^2=0.9139$ , siendo "y" el % de humedad y "x" los días después del 50 % de floración.

El porcentaje de verde presentó la misma tendencia observada en el porcentaje de humedad, disminuyendo desde los 35 a los 55 días después del 50% de floración, de 20.95 a 4.2%; alcanzando un mínimo de 0.71% a los 75 días después del 50% de floración, ajustando una regresión  $y = 0.015619 x^2 - 2.185651 x + 77.612699$  con  $p=0.0001$ ,  $n=45$  y con un  $R^2 = 0.9133$ , donde "y" es el % de granos verdes.

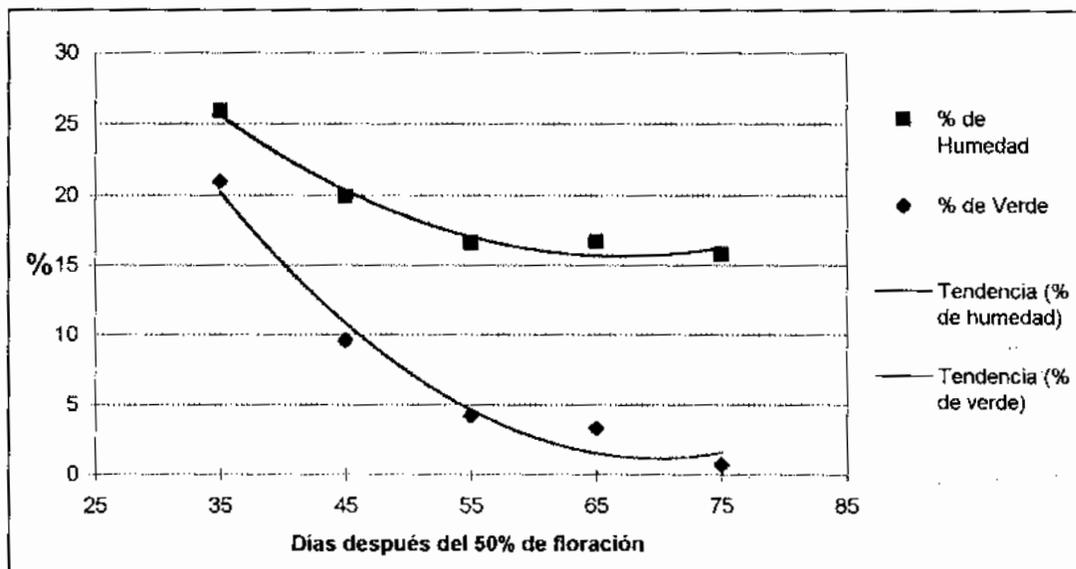


Figura N°11: Efecto del momento de cosecha sobre los porcentajes de humedad y de granos verdes en INIA Caraguatá.

El índice de cosecha promedio fue de 0.51, algo superior a lo observado en INIA Tacuarí. Los primeros dos momentos de cosecha presentaron índices significativamente inferiores al resto de los momentos, lográndose un máximo valor de 0.57 a los 55 días después del 50% de floración (cuadro N°21).

Cuadro N°21: Efecto del momento de cosecha sobre el índice de cosecha y los componentes del rendimiento en INIA Caraguatá.

MOMENTO DE COSECHA	ESP <sup>a</sup> ./M <sup>2</sup>	INDICE DE COSECHA	GRANOS LLENOS/ESP.	PESO 1000 GRANOS
35 DPF**	543	0.41 c	92	22.6 c
45 DPF	607	0.47 bc	85	23.3 bc
55 DPF	589	0.57 a	91	23.7 b
65 DPF	554	0.54 ab	94	23.7 b
75 DPF	516	0.53 ab	94	24.5 a
Significancia	n.s.***	0.0001	n.s.	0.0007
M.D.S.****	---	0.07	---	0.77
Media	558	0.51	91	23.53
C. V. *****	17.9	14.95	14.3	3.44

\*Espiga      \*\*Días después del 50% de floración      \*\*\* No significativo      \*\*\*\*Mínima diferencia significativa con una probabilidad del 0.05      \*\*\*\*\*Coeficiente de variación

El peso de 1000 granos promedio fue de 23.5 gr. y presentó una tendencia significativa a aumentar a medida que se retrasa la cosecha.

Las espigas por metro cuadrado no se vieron afectadas significativamente por los diferentes momentos de cosecha, presentando un valor medio de 558 espigas por metro cuadrado.

Los granos llenos no se vieron significativamente afectados por los diferentes momentos de cosecha, presentando una media de 91 granos por espiga, en cambio los granos vacíos por espiga disminuyen significativamente del primer al segundo momento de cosecha estabilizándose en cosechas posteriores.

#### 4.4.2.3. Interacción entre retiros de agua y momentos de cosecha

Para los componentes del rendimiento en INIA Caraguatá, no se encontró interacción entre los retiros de agua y los momentos de cosecha en ninguno de los parámetros estudiados.

#### 4.4.3. Calidad de grano

##### 4.4.3.1. Efecto del retiro de agua

En la variedad INIA Caraguatá, el retiro de agua afectó significativamente los porcentajes de entero y quebrado, disminuyendo el entero y por ende aumentando el quebrado a medida que se adelantaba el retiro de agua (cuadro N°22).

Cuadro N°22: Efecto del retiro de agua sobre la calidad del grano en INIA Caraguatá.

RETIRO DE AGUA	% DE ENTERO	% DE QUEBRADO	% DE YESADO	% DE MANCHADO
35 DPF*	49.1 b	16.1 a	3.58	0.42
45 DPF	50.7 b	13.2 a	3.85	0.23
55 DPF	55.8 a	9.8 b	2.90	0.31
Significancia	0.021	0.0156	n.s.**	n.s.
M.D.S.***	4.04	3.3	---	---
Media	51.9	13.1	3.4	0.31

\*Días después del 50% de floración \*\*No significativo \*\*\*Mínima diferencia significativa con una probabilidad de 0.05

La figura N°12 muestra la evolución del quebrado en los diferentes momentos de cosecha y con los diferentes retiros de agua. Como puede observarse en los diferentes momentos de cosecha el quebrado disminuyó a medida que el retiro de agua se atrasaba, pero esto fue aún más claro en los dos últimos momentos de cosecha. De todas maneras, es importante puntualizar que como se puede apreciar en la figura, el efecto de mayor magnitud sobre el quebrado se debió a los momentos de cosecha, aumentando en forma significativa en los dos últimos momentos de cosecha.

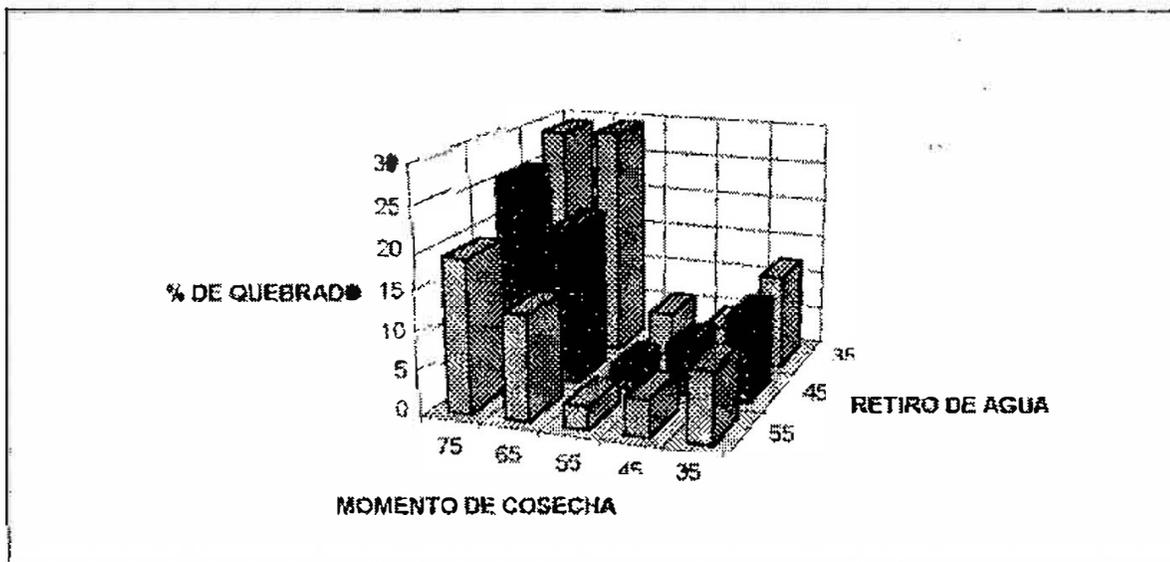


Figura N°12: % de grano quebrado según momentos de drenaje y cosecha en INIA Caraguatá.

Los niveles de yesado y manchado no se vieron afectados significativamente por los diferentes retiros de agua.

#### 4.4.3.2. Efecto de los momentos de cosecha

Los momentos de cosecha afectaron significativamente los niveles de entero y quebrado, donde los últimos dos momentos de cosecha presentaron valores de entero significativamente inferiores (cuadro N°23).

Cuadro N°23: Efecto del momento de cosecha sobre la calidad del grano en INIA Caraguatá.

MOMENTO DE COSECHA	% DE ENTERO	% DE QUEBRADO	% DE YESADO	% DE MANCHADO
35 DPF*	52.9 b	10.7 b	2.53 b	0.43
45 DPF	60.3 a	5.2 c	2.91 b	0.23
55 DPF	63.1 a	3.8 c	2.76 b	0.32
65 DPF	42.3 c	20.9 a	5.06 a	0.33
75 DPF	40.8 c	24.7 a	3.96 ab	0.23
Significancia	0.0001	0.0001	0.0464	n.s.**
M.D.S.***	4.9	3.8	1.83	---
Media	51.9	13.1	3.4	0.31
C. V.****	9.7	30.2	54.7	12.5

\*Días después del 50% de floración \*\*No significativo \*\*\*Minima diferencia significativa con una probabilidad de 0.05 \*\*\*\*Coeficiente de variación

En este cultivar, niveles críticos de humedad de grano (15-16%) se alcanzaron a los 55 días después del 50% de floración. Esto determina que desde épocas tempranas (65 días después del 50% de floración) este cultivar presente altos valores de grano quebrado (20.9%).

Como se observa en la figura N°13, en los 10 días previos al penúltimo momento de cosecha, se registraron 7 días con amplitudes térmicas mayores a 15°C, asociado a precipitaciones ocurridas a los 56 días después del 50% de floración (13mm), determinaron posiblemente el aumento del porcentaje de quebrado. En los 10 días siguientes (de los 65 a los 75 días después del 50% de floración) ocurrieron 6 días con grandes amplitudes térmicas, que seguramente sumado a 2 días con ocurrencia de lluvias, producen un secado, un rehumedecimiento brusco del grano y un posterior secado, lo que según la bibliografía consultada inducen al quebrado de grano cuando este alcanza valores de humedad críticos de alrededor del 15%.

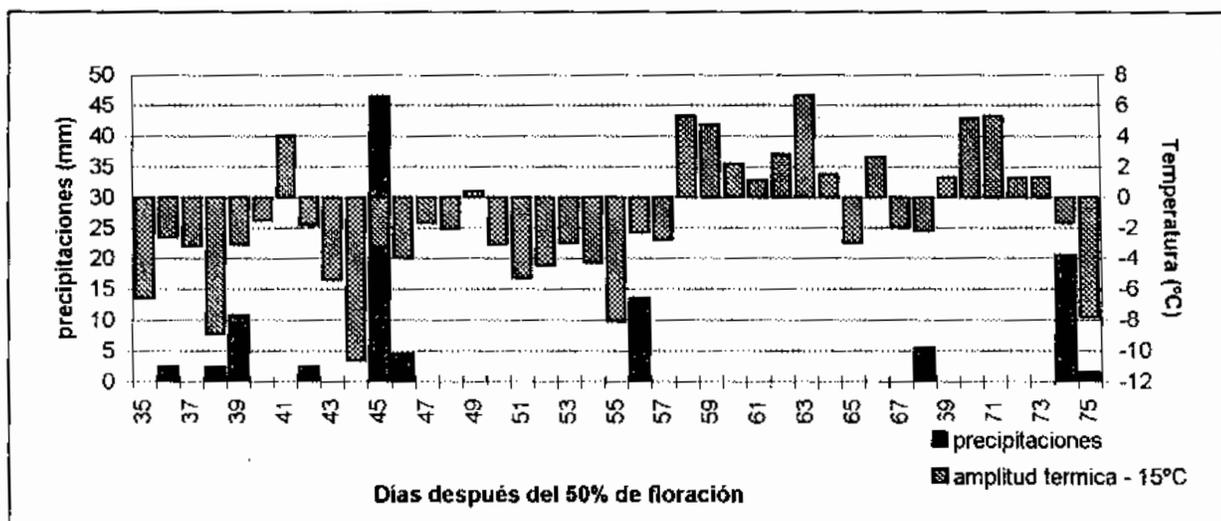


Figura N°13: Amplitudes térmicas y precipitaciones ocurridas en el período postfloración.

#### 4.4.3.3. Interacción entre los retiros de agua y los momentos de cosecha

En la calidad del grano de la variedad INIA Caraguatá, puede observarse una interacción (figura N°12) - aunque no fue estadísticamente significativa - entre los retiros de agua y los distintos momentos de cosecha.

## 4.5. EL PASO 144

### 4.5.1. Evolución del llenado de grano

#### 4.5.1.1. Efecto de los retiros de agua

Como muestra el cuadro N°24 el retiro de agua no generó diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas.

Cuadro N°24: Influencia de los momentos de drenaje sobre la evolución del peso de 10 espigas, número de granos llenos y vacíos por espiga y el peso de 1000 granos en El Paso 144.

RETIRO DE AGUA	PESO 10 ESP*	GRANOS LLENOS/ESP.	GRANOS VACIOS/ESP.	PESO 1000 GRANOS
35 DPF**	27.7	107	35	23.6
45 DPF	28.2	106	36	24.1
55 DPF	27.8	105	37	24.0
Significancia	n.s.***	n.s.	n.s.	n.s.
Media	27.9	106	36	23.9

\*Espiga    \*\*Días después del 50% de floración    \*\*\* No significativo

Esta variedad comenzó a drenarse a fines de marzo. El mes de abril fue un mes más lluvioso que la media histórica (cuadro N°2a y 2b). Analizando dichos cuadros también se puede ver que abril es un mes con menor demanda atmosférica que meses anteriores y comparando abril de 1997 con la serie histórica vemos que fue un abril con menos demanda atmosférica que el promedio. A este efecto hay que sumarle el descarte de los dos primeros tratamientos drenados (15 y 25 días después del 50% de floración), lo que determinó la ausencia de efecto por los diferentes momentos de drenaje.

Cuadro N°25: Precipitaciones ocurridas desde el retiro de agua al momento de cosecha en El Paso 144.

	M 35 DPF*	M 45 DPF	M 55 DPF	M 65 DPF	M 75 DPF
35 DPF**	Inundado	50.9	64.3	69.7	127.1
45 DPF	Inundado	Inundado	13.4	18.8	76.2
55 DPF	Inundado	Inundado	Inundado	5.4	62.8

\*Momento de cosecha realizado a los 35 días después del 50% de floración

\*\*Tratamiento drenado a los 35 días después del 50% de floración

#### 4.5.1.2. Efecto de los momentos de cosecha

Los distintos momentos de cosecha generaron diferencias estadísticas en las variables del llenado de grano (cuadro N°26).

Cuadro N°26: Efecto del momento de cosecha sobre el peso de 10 espigas, 1000 granos, y el número de granos llenos y vacíos por espigas en El Paso 144.

MOMENTO DE COSECHA	PESO 10 ESP.*	GRANOS LLENOS/ESP.	GRANOS VACIOS/ESP.	PESO 1000 GRANOS
25 DPF**	26.2 c	98 c	44 a	23.2 d
35 DPF	29.8 a	114 a	35 b	24.2 ab
45 DPF	27.2 bc	106 b	33 b	24.5 a
55 DPF	28.5 ab	106 b	35 b	23.8 bc
65 DPF	27.9 abc	106 b	34 b	23.7 c
<b>Significancia</b>	0.0094	0.0026	0.0001	0.0001
<b>M.D.S.***</b>	2	8	3.5	0.39
<b>Media</b>	27.9	106	36	23.9
<b>C. V.****</b>	10.8	10.68	14.5	2.43

\*Espiga \*\*Días después del 50% de floración \*\*\*Mínima diferencia significativa con una probabilidad del 0.05 \*\*\*\*Coeficiente de variación

El número de granos llenos por espiga (figura N°14) alcanza su mayor valor a los 35 días después del 50% de floración (con 114 granos por espiga), para luego descender, indicando la ocurrencia de desgrane.

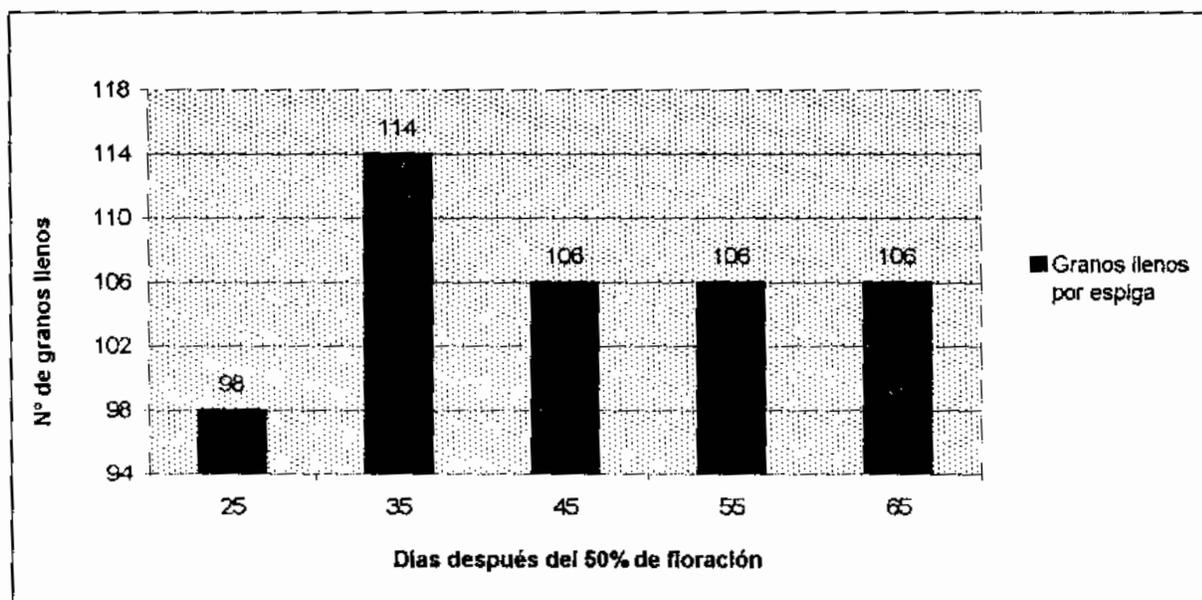


Figura N°14: Efecto del momento de cosecha sobre el número de granos llenos por espiga en El Paso 144.

El peso de 1000 granos presenta su máximo aumento desde los 25 a los 35 días después del 50% de floración, haciéndose máximo a los 45 días después del 50% de floración (con 24.52 gr.), para descender en los muestreos posteriores (figura N°15),

ajustando una curva  $y = -0.002252 x^2 + 0.253857 x + 17.189617$ , con  $p=0.0001$ ,  $n=90$  y  $R^2 = 0.2445$ .

En cuanto al peso de cada panoja y al peso de los granos llenos de cada panoja (cuadro N°26) ocurre algo similar a lo mencionado anteriormente, presentándose los máximos valores a los 35 días después del 50% de floración, para luego disminuir.

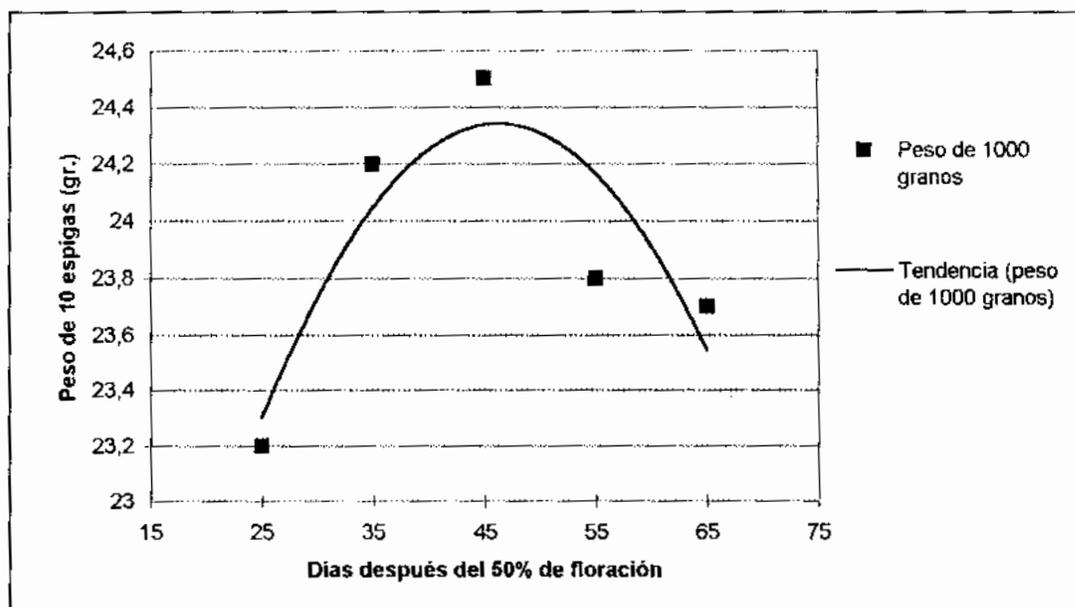


Figura N°15: Efecto de los momentos de cosecha sobre el peso de 1000 granos en El Paso 144.

Esta tendencia coincide con la señalada por la bibliografía revisada, donde cultivares de ciclo vegetativo largo, como El Paso 144, acumulan carbohidratos en sus granos, a altas tasas, en las primeras etapas del periodo de llenado.

#### 4.5.1.3. Interacción entre los retiros de agua y los momentos de cosecha

Tampoco en este cultivar se registró una interacción significativa entre momentos de drenaje y de cosecha.

### 4.5.2. Rendimiento y sus componentes

#### 4.5.2.1. Efecto de los retiros de agua

El cuadro N°27 presenta los resultados del efecto del retiro de agua en el rendimiento y componentes de El Paso 144. El retiro de agua afectó significativamente el porcentaje de humedad del grano. Retiros de agua tempranos presentaron menores porcentajes de humedad que los drenajes realizados posteriormente.

Cuadro N°27: Efecto del drenaje sobre el índice de cosecha, % de humedad y verde, rendimiento y sus componentes en El Paso 144.

Retiro de agua	Rendía Kg./ha	Índice de cosecha	% de humedad	% de verde	Peso 1000 granos	Esp. b/ m²	Grano lleno/ esp.	Grano vacío/ esp.	Grano total/ esp.
35 DPF <sup>c</sup>	9896	0.41	18.7 c	6.6	23.4	557	91	29	120
45 DPF	10020	0.39	19.2 b	6.3	23.4	613	99	31	130
55 DPF	9652	0.40	19.8 a	5.9	24.0	609	87	26	113
Signif. <sup>d</sup>	n.s. <sup>e</sup>	n.s.	0.0099	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
M.D.S. <sup>f</sup>	---	---	0.495	---	---	---	---	---	---
Media	9856	0.4	19.2	6.3	23.6	593	92	29	121

<sup>a</sup> Rendimiento    <sup>b</sup> Espigas    <sup>c</sup> Días después del 50% de floración    <sup>d</sup> Significancia    <sup>e</sup> No significativo    <sup>f</sup> Mínima diferencia significativa con una probabilidad del 0.05

#### 4.5.2.2. Efecto de los momentos de cosecha

El rendimiento promedio de esta variedad fue de 9856 kg./ha, viéndose significativamente afectado, al igual que las dos variedades anteriores por el momento de cosecha.

Cuadro N°28: Efecto del momento de cosecha sobre el rendimiento, % de humedad, % de granos verdes y peso de 1000 granos en El Paso 144.

MOMENTO DE COSECHA	RENDIMIENTO KG./HA	% DE HUMEDAD	% DE VERDE	PESO 1000 GRANOS
35 DPF*	9683 ab	23.8 a	38.9 a	22.2 c
45 DPF	9850 ab	21.2 b	7.84 b	22.7 bc
55 DPF	10426 a	18.6 b	3.0 c	23.3 b
65 DPF	9600 b	16.7 d	1.28 d	24.6 a
75 DPF	9721 ab	15.8 e	0.32 e	25.3 a
Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
M.D.S.**	802	0.8	0.9	0.83
Media	9856	19.2	6.3	23.6
C. V.***	8.4	4.3	13.9	3.6

\*Días después del 50% de floración    \*\*Mínima diferencia significativa con una probabilidad del 0.05  
 \*\*\*Coeficiente de variación

El mayor rendimiento se obtuvo en la cosecha realizada a los 55 días después del 50 % de floración, no siendo significativamente diferente con los rendimientos obtenidos a 35, 45 y 75 días después del 50 % de floración, como lo indica la figura N°16. Para esta variedad el ajuste de una regresión cuadrática entre los momentos de cosecha y los rendimientos fue significativo, aunque en un grado menor al observado en las dos variedades anteriores. Ajustando una curva:  $y = 3801.9 + 252.7x - 2.49x^2$ ;  $r = 0.34$ ,  $p = 0.07$ ,  $n = 45$

Para esta variedad el mayor rendimiento teórico se obtendría con una cosecha a los 52 días después del 50 % de floración.

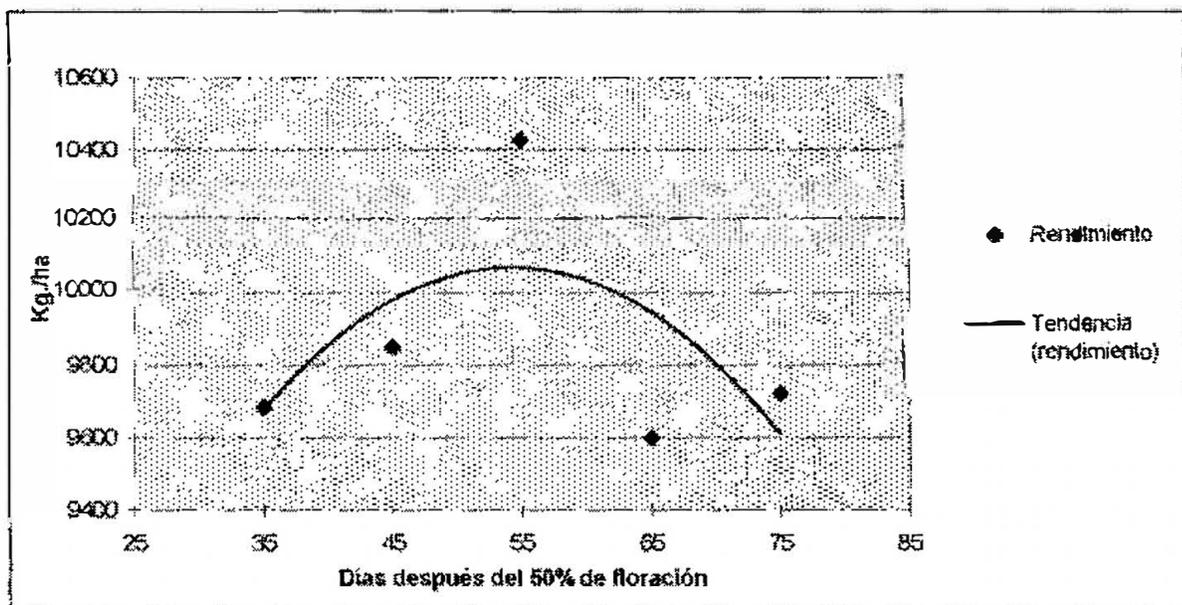


Figura N°16: Efecto del momento de cosecha sobre el rendimiento en El Paso 144.

La humedad del grano al igual que en las dos variedades anteriores disminuyó con el retraso de la cosecha, presentando una humedad promedio de 19.1%, con una tendencia de  $y = 0.002937 x^2 - 0.527238 x + 38.772302$ , con  $p=0.0001$ ,  $n=45$  y  $R^2=0.9246$ , siendo "y" % de humedad del grano y "x" los días después del 50% de floración.

El porcentaje de verde fue significativamente afectado por los momentos de cosecha, disminuyendo a medida que la cosecha era retrasada. La mayor tasa de disminución la presenta del primer al segundo momento de cosecha, bajando 3.1% menos de verde por día, presentando una curva  $y = - 0.0311 x^2 + 3.6889 x - 88.222$ , con  $p=0.0001$ ,  $n=45$  y  $R^2 = 0.7491$ , donde "y" es el % de granos verdes y "x" los días después del 50% de floración.

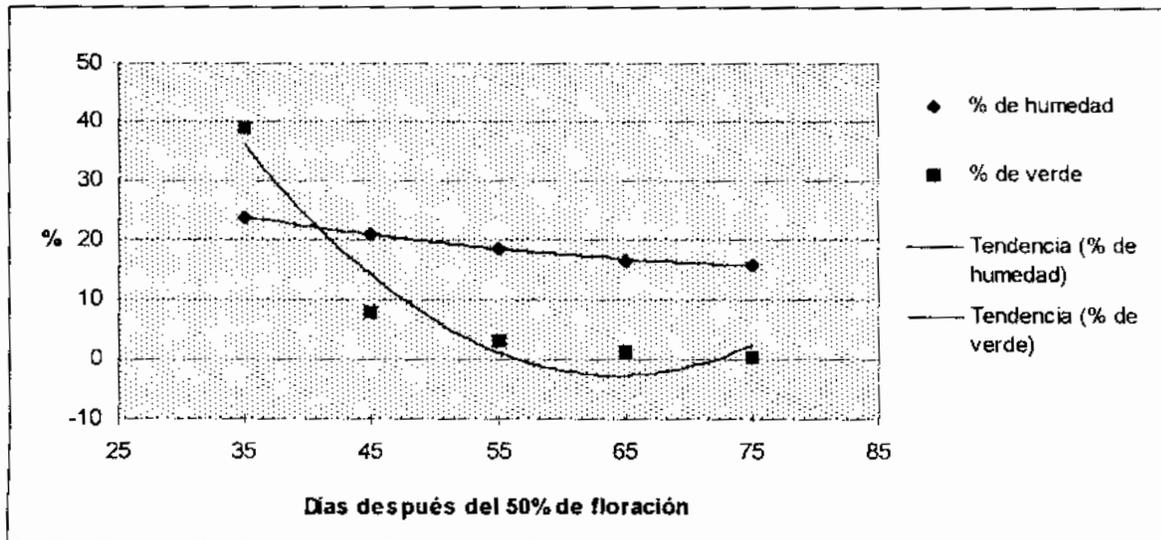


Figura N°17: Efecto del momento de cosecha sobre los porcentajes de humedad y de granos verdes en El Paso 144.

El índice de cosecha se vio afectado por los diferentes momentos de cosecha, presentando un valor promedio de 0.40, con un mínimo de 0.36 al segundo momento de cosecha y un máximo de 0.46 en la cosecha realizada a los 55 días después del 50% de floración.

Como se puede observar en la figura N°18 el peso de los 1000 granos aumentó significativamente con el retraso de la cosecha, al igual que lo sucedido con INIA Caraguatá. El promedio para esta característica fue de 23.6 gr., con una tendencia de  $y = 0.000786 x^2 - 0.006917 x + 17.189617$ , con  $p=0.0001$ ,  $n=45$  y  $R^2 = 0.6646$ ; siendo "y" el peso de 1000 granos y "x" los días después del 50% de floración.

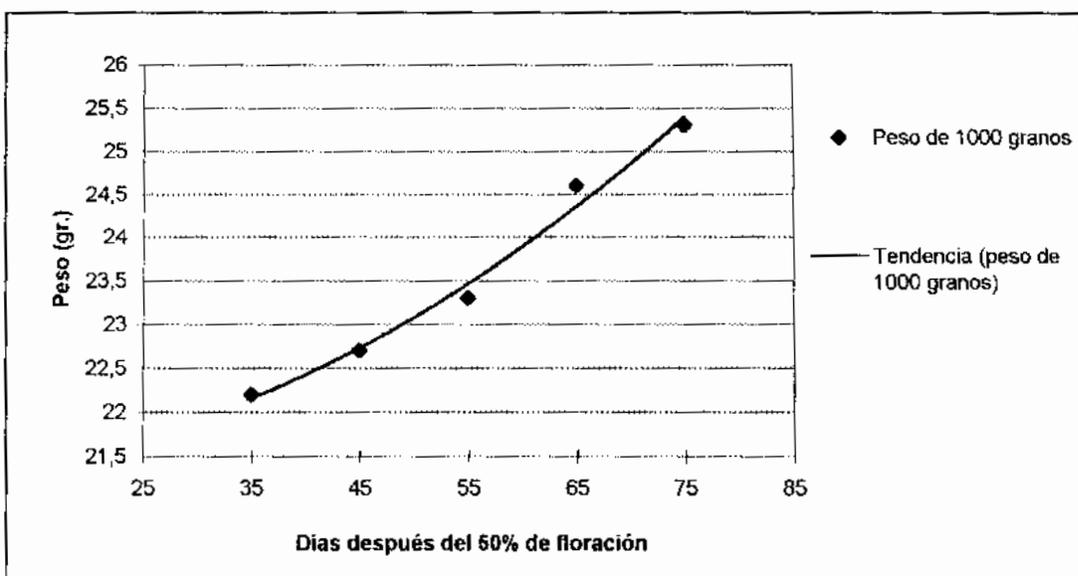


Figura N°18: Efecto del momento de cosecha sobre el peso de 1000 granos en El Paso 144.

Las espigas por metro cuadrado, presentaron un valor promedio de 593 y se vieron significativamente afectadas por los momentos de cosecha. El máximo valor se registra a la primera cosecha (cuadro N°29).

Cuadro N°29: Efecto del momento de cosecha sobre el índice de cosecha y los componentes del rendimiento en El Paso 144.

Momento de Cosecha	Índice De Cosecha	Esp.*/M <sup>2</sup>	Granos Llenos/Esp.	Granos Vacíos/Esp.	Granos Totales/Esp.
35 DPF**	0.40 ab	744 a	84 b	33 a	117 bc
45 DPF	0.36 b	536 bc	97 ab	33 a	130 ab
55 DPF	0.46 a	504 c	107 a	30 ab	137 a
65 DPF	0.38 ab	603 b	91 ab	25 bc	116 bc
75 DPF	0.39 ab	578 bc	82 b	23 c	105 c
<b>Significancia</b>	0.001	0.0004	0.038	0.0055	0.02
<b>M.D.S.***</b>	0.077	98	17	6.14	19.4
<b>Media</b>	0.4	593	92	29	121
<b>C. V.****</b>	19.93	17	18.8	21.9	16.4

\*Espiga \*\*Días después del 50% de floración \*\*\*Mínima diferencia significativa con una probabilidad del 0.05 \*\*\*\*Coeficiente de variación

Los granos llenos por espiga fueron significativamente inferiores en la primera y última cosecha, presentando un valor promedio de 92 granos por espiga y un máximo de 107 en la cosecha realizada a los 55 días después del 50% de floración.

Los granos vacíos, al igual que en las otras dos variedades, disminuyeron con el retraso de la cosecha.

En los granos totales por espiga se puede apreciar una tendencia significativa de desgrane luego de la cosecha realizada a los 55 días después del 50% de floración.

#### 4.5.2.3. Interacción entre los retiros de agua y los momentos de cosecha

Para los componentes del rendimiento no hubo interacción entre momentos de cosecha y los retiros de agua.

#### 4.5.3. Calidad de grano

##### 4.5.3.1. Efecto de los retiros de agua

Cuadro N°30: Efecto del retiro de agua sobre la calidad del grano en El Paso 144

RETIRO DE AGUA	% DE ENTERO	% DE QUEBRADO	% DE YESADO	% DE MANCHADO
35 DPF*	50.1	13.9	2.6	0.50
45 DPF	51.5	11.5	4.0	0.55
55 DPF	54.5	9.5	2.4	0.53
<b>Significancia</b>	n.s.**	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Media</b>	52.0	11.6	2.9	0.53

\*Días después del 50% de floración \*\*No significativo

Como se puede observar los diferentes retiros de agua no afectaron significativamente las variables analizadas, esto fue atribuido anteriormente a las condiciones climáticas y a la eliminación de los drenajes más tempranos.

##### 4.5.3.2. Efecto de los momentos de cosecha

Los momentos de cosecha, afectaron algunos parámetros de calidad como se observa en el cuadro N°31.

Cuadro N°31: Efecto del momento de cosecha sobre la calidad del grano en El Paso 144.

MOMENTO DE COSECHA	% DE ENTERO	% DE QUEBRADO	% DE YESADO	% DE MANCHADO
35 DPF*	56.6 b	6.15 c	3.3	0.53
45 DPF	61.8 a	2.32 c	2.4	0.55
55 DPF	53.3 b	10.9 b	2.7	0.55
65 DPF	46.2 c	18.2 a	1.9	0.53
75 DPF	42.3 c	20.4 a	4.6	0.54
Significancia	0.0001	0.0001	n.s.**	n.s.
M.D.S.***	4.89	4.17	---	---
Media	52.0	11.6	2.9	0.53
C. V.****	9.6	36.9	91.4	10.5

\*Días después del 50% de floración

\*\* No significativo

\*\*\*Mínima diferencia significativa con

una probabilidad del 0.05

\*\*\*\*Coeficiente de variación

Para el caso del entero, el máximo valor (61.8%) se logró en el segundo momento de cosecha bajando en cosechas posteriores, con una tendencia de  $y = -0.011952 x^2 + 0.872317 x + 42.597857$ , con  $p=0.0001$ ,  $n=45$  y  $R^2 = 0.5746$ ; siendo "y" el % de grano entero y "x" los días después del 50% de floración.

El quebrado aumentó sostenidamente con el retraso de la cosecha a partir del mínimo valor de 2.32% en la cosecha realizada a los 45 días después del 50% de floración (figura N°19) con una tendencia de  $y = 0.007635 x^2 - 0.396063 x + 8.769762$ , con  $p=0.0001$ ,  $n=45$  y con  $R^2 = 0.5947$ , siendo "y" el % de grano quebrado y "x" los días después del 50% de floración.

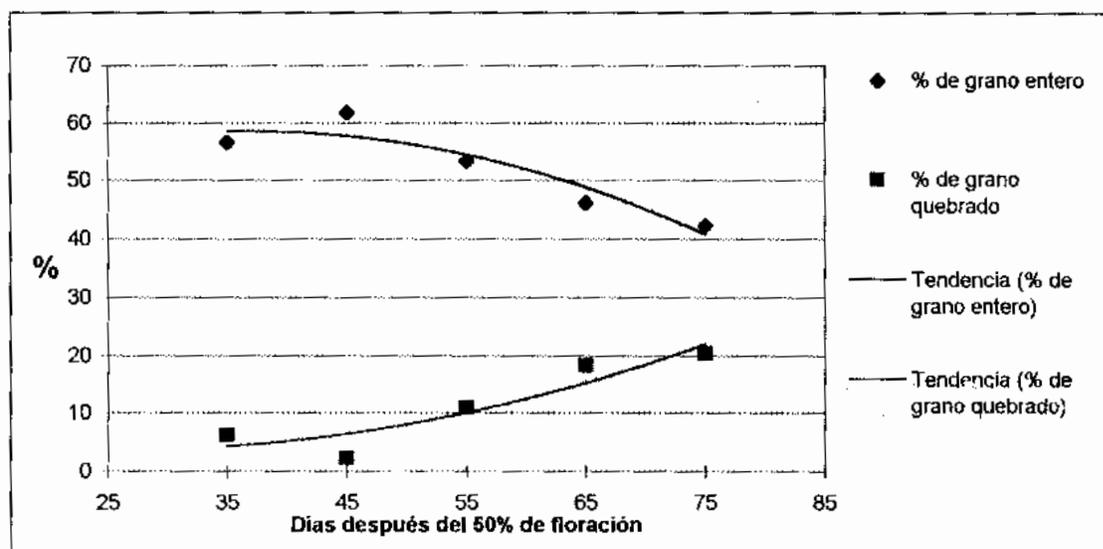


Figura N°19: Efecto del momento de cosecha sobre los % de grano entero y quebrado en El Paso 144.

Se puede observar que entre los 10 días anteriores a la cosecha realizada a los 55 días después del 50% de floración, en 5 de ellos ocurrieron amplitudes térmicas mayores a 15° C (figura N°20), lo que posiblemente haya determinado que en aquella cosecha el grano presentara valores de quebrado de 10.9%. En los siguientes momentos de cosecha, los porcentajes de quebrado aumentaron al continuar días con grandes oscilaciones térmicas y precipitaciones.

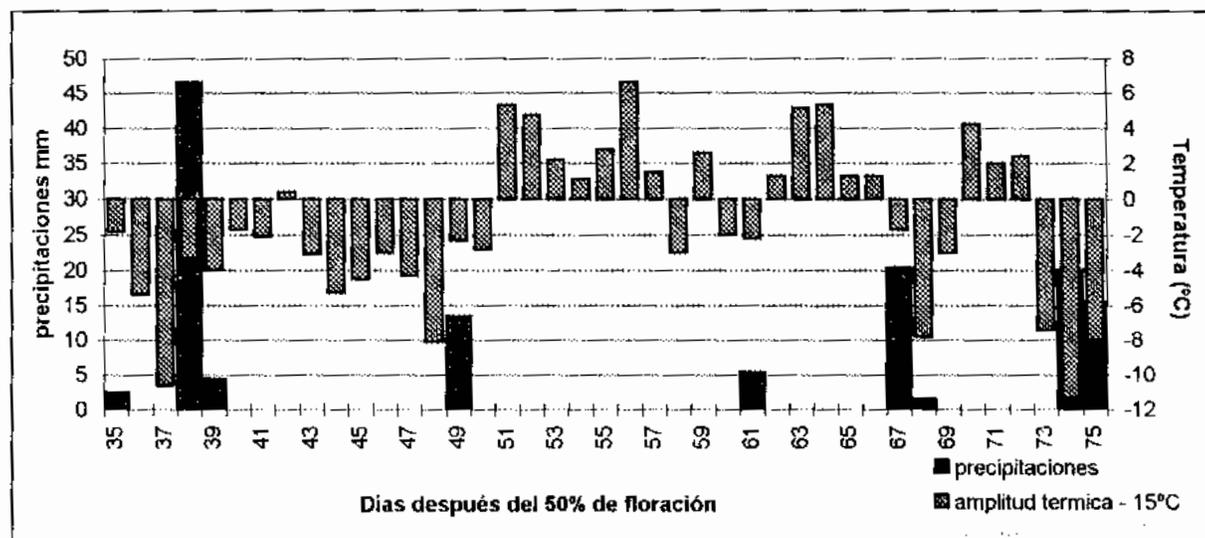


Figura N°20: Amplitudes térmicas y precipitaciones ocurridas en el periodo postfloración.

#### 4.5.3.3. Interacción entre los retiros de agua y los momentos de cosecha

En la calidad del grano de la variedad El Paso 144, puede observarse que no hubo interacción estadísticamente significativa entre los retiros de agua y los distintos momentos de cosecha.

#### 4.6. GERMINACION

Los porcentajes de germinación no se vieron afectados en ninguna de las tres variedades estudiadas, ni por el efecto de los momentos de cosecha ni por los diferentes retiros de agua.

Para el caso de la evaluación de los diferentes momentos de cosecha se extrajeron muestras de granos de las diferentes variedades del tratamiento con retiro de agua a los 45 días después del 50 % de floración.

Cuadro N°32: Porcentaje de germinación para los distintos momentos de cosecha.

VARIEDAD		35 DPF*	45 DPF	55 DPF	65 DPF	75 DPF
INIA Tacuarí	Media	98.3	98.3	98.3	98.7	98.7
	D.S.**	1.2	0.6	0.6	1.6	1.6
INIA Caraguatá	Media	90.3	89.6	93.3	92.3	88.3
	D.S.	5.5	8.0	5.7	7.7	8.7
El Paso 144	Media	98.3	98.6	98.0	98.3	97.7
	D.S.	2.0	0.6	1.7	1.2	1.5

\*Días después del 50 % de floración. \*\*Desvío Estándar.

El cuadro N°33, presenta los valores promedios de germinación para cada variedad analizada, en los diferentes retiros de agua. En este caso las muestras fueron extraídas para las variedades INIA Caraguatá y El Paso 144 del tratamiento cosechado a los 65 días después del 50 % de floración, y para la variedad INIA Tacuarí del tratamiento cosechado a los 55 días después del 50% de floración.

Cuadro N°33: Porcentaje de germinación para los distintos retiros de agua.

VARIEDAD		15 DPF*	25 DPF	35 DPF	45 DPF	55 DPF
INIA Tacuarí	Media	95.0	95.6	95.3	94.6	96.0
	D.S.**	2.6	1.2	1.2	2.0	0.7
INIA Caraguatá	Media			92.0	90.3	92.0
	D.S.			2.9	9.8	8.0
El Paso 144	Media			98.0	97.6	96.0
	D.S.			1.7	1.5	1.0

\*Días después del 50 % de floración. \*\*Desvío Estándar.

#### 4.7. CONSUMO DE AGUA

El agua por el cultivo se midió mediante un aforador volumétrico en la entrada del agua a la chacra. No se discriminó en el uso total del agua los diferentes bloques ni las diferentes variedades, por lo tanto esta medida no pretende tener rigor estadístico, sino una medida aproximada para esas condiciones del agua consumida en los diferentes momentos de drenaje.

El consumo de agua del ensayo estuvo dado por dos baños, la inundación y las sucesivas reposiciones, el cual está determinado por las lecturas iniciales y finales del aforador en cada uno de los riegos, así como también por el área regada (cuadro N°34).

Cuadro N°34: Fechas, lecturas del aforador, áreas regadas y consumo de agua del ensayo.

Fecha de riego	Tipo de riego	Lectura inicial	Lectura final	Consumo m <sup>3</sup>	Area regada (m <sup>2</sup> )	Consumo m <sup>3</sup> / ha
22/11/96	Baño	2596	4037	1441	4500	3202.2
02/12/96	Baño	9271	10123	852	4500	1893.3
05/12/96	Inundación	10488	11127	639	4500	1420.0
16/12/96	Reposición	11855	12683	828	4500	1840.0
26/12/96	Reposición	19561	20116	555	4500	1233.3
30/12/96	Reposición	20524	21158	634	4500	1408.9
02/01/97	Reposición	23294	23762	468	4500	1040.0
09/01/97	Reposición	26761	27403	642	4500	1426.7
16/01/97	Reposición	28544	29139	595	4500	1322.2
23/01/97	Reposición	33183	33751	568	4500	1262.2
30/01/97	Reposición	36224	36847	623	4500	1384.4
24/02/97	Reposición	38358	38909	551	2700	2040.7
10/03/97	Reposición	40454	40812	358	1500	2386.7
20/03/97	Reposición	40992	41200	208	600	3466.7

A partir de 15 días después del 50% de floración de cada variedad se comenzó con los retiros de agua en las parcelas correspondientes, por lo que el área a regar fue disminuyendo. En el cuadro N°35, se indican las fechas en que ocurrieron dichos drenajes.

Cuadro N°35: Fechas de drenajes de cada variedad.

Fecha de drenaje	INIA Tacuarí	INIA Caraguatá	El Paso 144
15 DPF*	01/02/97	10/02/97	17/02/97
25 DPF	11/02/97	20/02/97	27/02/97
35 DPF	21/02/97	02/03/97	09/03/97
45 DPF	03/03/97	12/03/97	19/03/97
55 DPF	13/03/97	22/03/97	29/03/97

\* Días después del 50 % de floración.

El área de cada parcela de drenaje es de 100m<sup>2</sup> y al haber tres repeticiones, cada tratamiento drenado significan 300m<sup>2</sup> menos a regar. A partir del 24/02/97, cambia el área a regar, y es en ese momento que comienza a registrarse diferentes consumos de agua. Como puede observarse en el cuadro N°35 y N°36, tratamientos drenados en épocas diferentes, presentan igual consumo de agua, ya que el tiempo entre riegos sucesivos, fue mayor que entre drenajes sucesivos.

Cuadro N°36: Consumo de agua de los tratamientos drenados entre riegos sucesivos.

Tratamientos drenados entre:	INIA Tacuarí	INIA Caraguatá	El Paso 144	Consumo total m <sup>3</sup> / ha	Consumo total %
30/01/97 al 24/02/97	15 DPF* 25 DPF 35 DPF	15 DPF 25 DPF	15 DPF	17433.33	100
24/02/97 al 10/03/97	45 DPF	35 DPF	25 DPF 35 DPF	19474.07	111.7
10/03/97 al 20/03/97	55 DPF	45 DPF	45 DPF	21860.74	125.4
Después del 20/03/97	-----	55 DPF	55 DPF	25327.41	145.3

\* Días después del 50 % de floración.

Con esta información podemos visualizar una tendencia bastante significativa – aunque el experimento no contó con repeticiones ni análisis estadístico – que los drenajes tardíos consumieron más agua de riego que drenajes tempranos (entre un 25 y un 45% más).

Otro dato a destacar es el alto consumo promedio de agua del ensayo (19915.56 m<sup>3</sup>/ha), comparando con datos de chacras comerciales que rondan entre 10000 a 15000 m<sup>3</sup>/ha. Cada parcela de drenaje estaba delimitada por una taipa y desgote en todo su perímetro. Este hecho pauta que gran proporción de la parcela no estaba ocupada por plantas (entre un 15 a un 20% del área total) igual consumiera agua. Esta proporción de taipas y desgotes es muy superior a los usados en explotaciones comerciales. Otro hecho que hace al mayor consumo del ensayo son los bajos volúmenes de agua manejados en los canales intermitentemente, ya que generalmente se regaba el ensayo un día por semana o un día cada diez, dependiendo del consumo.

## 5. CONCLUSIONES

En la variedad INIA Tacuari, el retiro de agua no afectó ninguno de los parámetros estudiados en la evolución del llenado de grano, del rendimiento y sus componentes. Tampoco se registraron efectos en el contenido de materia seca de los distintos retiros de agua, a pesar de que las precipitaciones ocurridas durante los períodos post-drenajes fueron normales.

El proceso de llenado del grano, fue afectado por los diferentes momentos de cosecha. Dicho proceso se manifiesta en forma paulatina desde los 25 a los 55-65 días después del 50% de floración, donde logra la máxima acumulación de carbohidratos. Este comportamiento se evidencia a partir del análisis del peso de panoja y del número de granos llenos por panoja, dado que el peso de 1000 granos no presenta variaciones importantes.

El máximo rendimiento se obtuvo en la cosecha realizada a los 65 días después del 50% de floración. La regresión ajustada a partir de los datos proporciona el máximo rendimiento teórico a los 62 días después del 50% de floración. En el momento de cosecha que se obtuvo el mayor rendimiento se registraron los máximos números de granos llenos por espiga, mientras que el peso de 1000 granos no varió, las espigas por metro cuadrado presentaron el menor valor.

El índice de cosecha fue significativamente superior a los 65 días después del 50% de floración coincidiendo con el máximo rendimiento.

El porcentaje de granos verdes alcanza valores bajos a partir de los 55 días después del 50% de floración (3,8%) presentando el grano en ese momento un 16,7% de humedad. En momentos anteriores el grano presentó % de verde superior al 10% con humedad mayor al 20%.

El retiro de agua no afectó significativamente el % de grano quebrado, donde las parcelas drenadas a los 55 días después del 50% de floración presentaron menor valor de granos quebrados (alrededor de 2 puntos menos). Si bien hay una tendencia que a los 55 días después del 50% de floración a presentar un mayor % de entero, momentos de cosecha anteriores a los 65 días después del 50% de floración no determinaron diferencias en el % de entero y quebrado. Estos % se mantuvieron estables, pese a que la humedad del grano había descendido a valores críticos de 15,8%; debido a que no se registraron amplitudes térmicas mayores a 15°C (no hubo grandes oscilaciones de temperatura entre el día y la noche).

Con respecto a los momentos de cosecha tempranos (35 días después del 50% de floración), presentaron un 22% menos de rendimiento que el óptimo. En aquel momento el % de verde y de humedad eran muy altos (22,7 y 28,4% respectivamente), por lo que no se recomendaría - según estos datos - la cosecha en estos momentos. A partir de los 55 días después del 50% de floración el grano presenta valores aceptables de verde y de humedad.

Para considerar la cosecha tardía habría que analizar la humedad del grano, pues si este presenta valores críticos (% de humedad menores a 15-16%) y se conjugan condiciones de grandes amplitudes térmicas y precipitaciones posiblemente el grano quebrará.

En la variedad INIA Caraguatá, el retiro de agua no afectó ninguno de los parámetros estudiados en la evolución del contenido de materia seca, del llenado de grano y del rendimiento y sus componentes, debido a las condiciones climáticas ocurridas durante la época post-drenaje y la eliminación de los tratamientos drenados más tempranos.

La evolución del llenado de grano de esta variedad muestra la máxima tasa de llenado en las primeras etapas del período (entre 25 a 35 días después del 50% de floración). El peso de 1000 granos y de la espiga experimentan los mayores incrementos desde los 25 a 35 días después del 50% de floración, al igual que el número de granos llenos por espiga, registrándose los máximos a los 65 días después del 50% de floración.

El máximo rendimiento se obtuvo en la cosecha realizada a los 55 días después del 50% de floración, pero ajustando una curva teórica, el máximo se encontraría a los 58 días después del 50% de floración. El mayor rendimiento se explica por un buen número de espigas por metro cuadrado asociado a un alto número de granos llenos por espiga y un alto peso de 1000 granos.

El índice de cosecha fue significativamente superior a los 55 días después del 50% de floración, coincidiendo con el momento de mayor rendimiento.

Porcentaje de grano verde inferiores al 10 % se logra desde los 45 días después del 50% de floración (9.6%), con una humedad del 20%. La humedad desciende hasta los 55 días después del 50% de floración donde se estabiliza en valores de alrededor de 16%.

El retiro de agua tuvo efecto sobre el % de grano entero y quebrado, donde las parcelas drenadas a los 55 días después del 50% de floración presentaron mayores valores de entero y menores de quebrado.

Los momentos de cosecha realizados a los 35 días después del 50% de floración se visualiza un alto valor de quebrado y un bajo valor de entero (10.7 y 52.9% respectivamente). Esto se explicaría por el alto porcentaje de granos inmaduros (21% de verde), que son sensibles al proceso de molinado y quiebran. Desde los 45-55 días después del 50% de floración se presentan altos valores de entero y bajos de quebrado, aunque la humedad que presentaba el grano a los 55 días después del 50% de floración (16.6%) es considerada crítica y si se presentan condiciones conjuntas de amplitudes térmicas mayores de 15°C y precipitaciones podrían incidir aumentando el % de granos quebrados, como ocurrió en los momentos posteriores.

Según la información recabada en este trabajo no se puede afirmar que retiros de agua tempranos (por haber eliminado las parcelas de drenaje temprano) no afectaron el rendimiento y los parámetros de calidad.

Si consideramos el adelanto de la cosecha en las explotaciones comerciales, se destaca la diferencia entre el máximo rendimiento y el obtenido en cosechas tempranas (-17.5%), sumado a un alto porcentaje de grano quebrado por la inmadurez del mismo. A partir de los 65 días después del 50% de floración (donde el grano alcanza valores críticos de humedad) se visualiza un gran aumento de los granos quebrados (20.9%), debido a las condiciones climáticas reinantes, por lo que no sería conveniente según estos resultados retrasar la cosecha más allá de los 55 días después del 50% de floración.

En la variedad El Paso 144, el retiro de agua no afectó ninguno de los parámetros estudiados en la evolución del llenado de grano y del rendimiento y sus componentes, lo que se le atribuye a que en épocas post-drenajes ocurrieron precipitaciones normales, y baja demanda atmosférica, así como el descarte de los tratamientos de drenaje más tempranos (15 y 25 días después del 50 % de floración). Tampoco se vió afectada la evolución de la materia seca.

El proceso de llenado de grano, fue afectado por los diferentes muestreos, acumulando a altas tasas en las primeras etapas (de 25 a 35 días después del 50% de floración), logrando en dicho momento su máximo peso de espiga y el mayor número de grano lleno por espiga. Si bien el máximo peso de 1000 granos se logra a los 45 días después del 50% de floración, hay un notorio desgrane de los 35 a los 45 días después del 50% de floración.

El máximo rendimiento se da en la cosecha realizada a los 55 días después del 50% de floración, aunque los momentos anteriores, con menores valores, no son diferentes estadísticamente. Para esta variedad el mayor rendimiento teórico se obtendría en una cosecha realizada a los 52 días después del 50% de floración. En el momento de mayor rendimiento se registra un valor intermedio del peso de 1000 granos asociado a un alto número de granos llenos por espiga y bajo número de espigas por metro cuadrado.

El índice de cosecha fue significativamente superior a los 55 días después del 50% de floración, coincidiendo con el máximo rendimiento.

Es de destacar el alto % de verde que presenta el grano en la cosecha realizada a los 35 días después del 50% de floración (38.9%), para luego disminuir drásticamente en el siguiente muestreo (7.84%), siguiendo a la baja hasta el final. Estos cambios bruscos en el porcentaje de verde no son acompañados por cambios de igual magnitud en la humedad, la cual disminuye pero a menores tasas, llegando a los 55 días después del 50% de floración a un 18.8%.

El retiro de agua no tuvo efectos significativos en los porcentajes de entero y quebrado, pero se evidencia una tendencia que a medida que se retrasa el drenaje el grano presenta mayores valores de entero y menores de quebrado.

A los 55 días después del 50% de floración, donde se registró el máximo rendimiento, el grano presentó % de quebrado mayores al 10% y de entero de 53%; en este período se registraron condiciones climáticas que favorecieron el quebrado.

Según los datos analizados la calidad de El Paso 144 es muy dependiente del momento óptimo de cosecha (45-55 días después del 50% de floración), ya que momentos anteriores o posteriores implican granos inmaduros o granos quebrados respectivamente que inciden en el rendimiento económico final.

En general el consumo de agua de riego fue un 25 a un 45% mayor en los tratamientos drenados tardíamente que los drenados temprano.

## 6. RESUMEN

El experimento se realizó en el campo experimental del INIA Treinta y Tres, "Paso de la Laguna" durante el año agrícola 96/97. El objetivo fue estudiar el efecto de diferentes momentos de drenaje y momentos de cosecha, así como la interacción entre ambos factores sobre el rendimiento, la calidad industrial, y el poder germinativo del grano de arroz para las variedades El Paso 144, INIA Caraguatá, e INIA Tacuarí.

El diseño experimental empleado fue de parcelas divididas al azar con tres repeticiones, donde la parcela grande correspondió a las diferentes épocas de drenaje (15 – 25 – 35 – 45 – 55 días después del 50% de floración (DPF)), y la parcela pequeña a los distintos momentos de cosecha (35 – 45 – 55 – 65 – 75 DPF).

Las épocas de drenaje no afectaron, en los tres cultivares, la acumulación de materia seca, ni los componentes del rendimiento ni la evolución del llenado de grano.

En INIA Tacuarí el proceso de llenado se manifiesta en forma paulatina desde los 25 a los 65 DPF, donde logra la máxima acumulación de carbohidratos, mientras que en INIA Caraguatá y El Paso 144 la máxima tasa de llenado se obtiene entre los 25 a los 35 DPF.

El mayor rendimiento alcanzado por INIA Tacuarí es a los 62 DPF, en INIA Caraguatá a los 58 y en El Paso 144 a los 52 DPF.

Hasta los 65 DPF inclusive, INIA Tacuarí presentó valores aceptables de grano entero y quebrado.

En INIA Caraguatá el retiro de agua afectó los porcentajes de grano entero y quebrado, donde valores bajos de entero y altos de quebrados se registraron en los tratamientos drenados a los 35 DPF.

En INIA Tacuarí y El Paso 144 la calidad de grano no fue afectada por los momentos de drenaje.

Los porcentajes de germinación no se vieron afectados en ninguna de las tres variedades estudiadas ni por el efecto de los momentos de cosecha ni por los diferentes retiros de agua.

En general el consumo de agua de riego fue un 25 a un 45% mayor en los tratamientos drenados tardíamente que los drenados temprano.

## **7. SUMARY**

This experimental study was conducted at INIA Treinta y Tres, Paso de la Laguna Experimental field during the 1996-97 growing season. The objective was to study of the effects of different moments of drainage and harvest, and the interaction between these two factors in the yield components and grain quality in three different cultivars: INIA Tacuarí, INIA Caraguatá and El Paso 144.

The experimental design was split plots, with three repetitions, where the main effect was the different drainage moments (15-25-35-45-55 days after 50% of flowering (DPF)), and the secondary effect were the different harvest moments (35-45-55-65-75 days after 50% of flowering (DPF)).

Dry matter content evolution and grain-filling process was followed.

Drainage moments did not affect any of the components studied.

In INIA Tacuarí the process of grain filling was manifested slowly since 25 to 65 DPF, when it had the most account of accumulation of carbohydrates; while in INIA Caraguatá and El Paso 144 the most rate of grain filling was reached since 25 to 35 DPF.

The highest yield in INIA Tacuarí at 62 DPF, in INIA Caraguatá at 58 DPF and in El Paso 144 at DPF.

INIA Tacuarí had acceptable values of head and broken rice until 65 DPF.

In INIA Caraguatá the different drainage moments affected the head and broken rice percentages.

The highest amount of broken grain was found in the early drainage plots (35 DPF).

Grain quality was not affected by drainage moments in INIA Tacuarí and El Paso 144.

The germination percentages were not affected in the three cultivars by any effect (drainage and harvest moments).

Total water use was higher (25 to 45%) at the later drainage moments than earlier drainage moments.

## 8. BIBLIOGRAFIA

ACOSTA TERRA, O.G. 1988. Efecto de distintos momentos de drenaje y épocas de cosecha sobre el rendimiento, calidad industrial y germinación del arroz. Tesis Ing. Agrónomo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 235 p.

BICA SARAVIA, W., GRAÑA ELUEN, J. 1991. Efecto de la falta de riego en las distintas etapas fenológicas del cultivo de arroz. Tesis Ing. Agrónomo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 134 p.

BLANCO, F., MENDEZ, R. 1986. Epoca de drenaje y cosecha del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger". Investigaciones Agronómicas N°7. pp 66-72.

BONOMO, J.R., MARELLA, S.C. Momentos de retiro de agua y época de cosecha en el cultivo de arroz. Tesis Ing. Agrónomo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 128 p.

CHEVATAROFF, N. 1983. Factores que afectan el momento de cosecha, los rendimientos y la calidad industrial del arroz. *Arroz (Uruguay)* n°. 2:17-22.

CHILDERS, R.E., SORENSEN, J.W.Jr., STERMER, R.A. 1975. Effects of aerating rice during laboratory milling rice yields. *In Rice Research*. College Station. Texas. pp 7-8.

COUNCE, P., SIEBENMORGEN, T., VORIES, E., PITTS, D. 1990. Time of draining and harvest effects on rice yield and quality. *Journal Prod. Agric.* 3(4) : 436-445.

✓ GARCIA, J., PINTOS, A. 1997. Momentos de cosecha en cuatro variedades de arroz. Tesis Ing. Agrónomo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 91 p.

GONNET, M. 1976. Correlación entre la humedad de cosecha y el rendimiento de molino en la variedad Bluebelle. Tesis Ing. Agrónomo, Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 246p.

✓ HAVE, H.T. 1967. Research and Breeding for mechanical culture of rice in Suriname, Wageningen, Center for Agricultural Publications and Documentation, 309p.

HUBER, E. 1977. Efecto de la época de cosecha y temperatura de secado sobre el rendimiento, calidad industrial y germinación de la semilla en 4 variedades de arroz. Tesis Ing. Agrónomo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 98 p.

MENDEZ J.H. 1996. Arroz, resultados experimentales 1995-96; momento de cosecha. Inia Tacuarembó. Serie actividades de difusión n°. 107. 13p.

PEDROSO, B. A. 1978. Ponto ideal para colheita do arroz. *Lavoura Arrozeira*. Porto Alegre. (304): 4-10, Jan/Feb.

ROEL, A. 1997. Arroz, resultados experimentales 1996-1997; momento de cosecha. *Inia Treinta y tres*. Serie actividades de difusión n°. 135. 2p.

ROY ADAIR, C., MILLER, M.D., BEACHEL, H.M. 1962. Rice improvement and culture in the United States. *Advances in Agronomy*, 14: 61-108.

SIEBENMORGEN, T. J. 1994. Role of moisture content in affecting head rice yield. *In Rice science and technology*. W. Marshall, J. Wadsworth ed. New York, Marcel Dekker, Inc. pp 341-380.

## 9. ANEXO

### 9.1. DATOS CLIMATICOS

MES: ENERO

Día	Radiación	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Precipitación (mm)
1	466	15,4	27	0
2	638	10,1	27,8	0
3	620	12,7	32,8	0
4	534	19,2	33,6	0
5	530	16,4	32,2	0
6	562	21,3	36,8	0
7	476	22,1	39	0
8	288	20,4	28,6	13,4
9	576	16,5	30,7	0
10	622	13	30,2	0
11	522	15,3	30,1	0
12	460	21,1	35,4	0
13	352	22,1	32	2,4
14	434	22,8	32,1	0
15	500	22,4	32	0
16	498	21,4	31,3	0
17	490	20	32,3	0
18	208	22,4	27,3	0,3
19	584	16,4	33,6	4,8
20	542	13,3	31,8	0
21	536	12,3	33,7	0
22	524	17,4	29,9	0
23	572	14,3	30,4	0
24	406	15,5	27,6	0
25	428	22	31,4	5,7
26	526	22,6	31,5	0
27	482	22	32,1	0
28	286	22,6	31,4	1,5
29	486	22,8	33,6	3,4
30	458	19,3	32,6	0
31	584	14,4	35,4	0

MES: FEBRERO

Día	Radiación	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Precipitación (mm)
1	576	13,8	33,7	0
2	600	13,4	30,3	11,6
3	632	9,7	29,1	0
4	352	18	33	0
5	188	17,4	22,4	32
6	258	15,2	23,4	0
7	350	18,1	26,8	1,4
8	382	20,2	29,8	0,5
9	220	22,4	28,1	3,5
10	114	14,3	27	3
11	458	11,3	24	22,2
12	392	13,6	25,3	0
13	230	18,5	24	2,4
14	452	17,8	28,7	4,3
15	470	15,6	29,3	0
16	432	17,8	31	0
17	158	20,6	24,4	11,3
18	332	20,5	29,6	17,4
19	304	17,5	27,7	0
20	470	11,6	24,8	0
21	526	8,6	25,4	0
22	440	15,9	29	0
23	532	16	28,7	0
24	306	17,2	27,6	0
25	382	20,6	29,9	0
26	388	21,4	30,2	0
27	496	16	27	0
28	446	13,5	27,1	0

MES: MARZO

Día	Radiación	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Precipitación (mm)
1	448	17,2	26,6	0
2	386	16,2	24,6	0
3	458	13,8	26,2	2,4
4	376	14,3	26,1	0
5	124	16,3	22,4	2,3
6	322	15,6	27,5	10,8
7	360	16,8	30,3	0
8	424	14,4	33,4	0
9	398	17,2	30,4	2,5
10	366	21,6	31,2	0
11	162	19,8	24,2	0
12	330	17	28,7	46,5
13	474	13,6	24,6	4,4
14	462	10,5	23,8	0
15	450	10,6	23,5	0
16	454	9,2	24,6	0
17	360	13,3	25,2	0
18	370	16	25,7	0
19	388	16,4	26,9	0
20	416	17,2	29,2	0
21	376	18,8	29,5	0
22	198	19,9	26,8	0
23	434	11,8	24,5	13,4
24	506	9,2	21,4	0
25	464	5	25,3	0
26	460	9,8	29,5	0
27	418	11,7	28,9	0
28	416	13,8	29,9	0
29	416	12,3	30,1	0
30	408	9,6	31,2	0
31	415	11,8	28,3	0

MES: ABRIL

Día	Radiación	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Precipitación 'mm)
1	370	15,9	27,9	0
2	365	14,2	31,8	0
3	306	11	24	0
4	420	6,4	19,2	5,4
5	418	5,6	21,9	0
6	414	3,1	23,2	0
7	406	4,1	24,4	0
8	340	9,1	25,4	0
9	398	13,1	29,4	0
10	378	14,1	27,4	20,4
11	164	14,8	22	1,5
12	304	11,8	23,8	0
13	352	10,2	29,4	0
14	394	14,8	31,8	0
15	370	11,8	29,2	0
16	148	18,8	26,4	0
17	60	19,1	21,8	20,1
18	200	18,8	25,8	15,4
19	86	17,2	23,7	0
20	324	12,8	20,8	11,4
21	338	8,9	22,4	0
22	318	9,6	24,3	0
23	352	12,4	25,8	0
24	164	14,4	24,4	0
25	292	12	18	16
26	416	7,8	19,8	0
27	192	11,1	21	0
28	312	10	19,2	8,5
29	378	7,3	21	0
30	372	7	23,8	0

## 9.2. ANALISIS DE VARIANZA

### 9.2.1. Inia Tacuarí

#### 9.2.1.1. Evolución del llenado de grano

Cuadro N°33: Peso de 10 espigas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	232.7302	116.3651	8.83	0.0002
Retiro de agua	4	100.8970	25.2242	0.35	0.8368
Retiro de agua*Bloque	8	575.7019	71.9627	5.46	0.0001
Momento de cosecha	5	3594.2570	718.8514	54.56	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	20	228.6962	11.4348	0.87	0.6275
C.V.	10.9660				
R <sup>2</sup>	0.7195				

Cuadro N°34: Número de granos llenos por espiga.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	4591.1111	2295.5555	8.38	0.0004
Retiro de agua	4	1028.6444	257.1611	0.22	0.9188
Retiro de agua*Bloque	8	9278.8888	1159.8611	4.24	0.0001
Momento de cosecha	5	112011.1611	22402.2322	81.80	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	20	5381.7555	269.0877	0.98	0.4868
C.V.	11.9547				
R <sup>2</sup>	0.7753				

Cuadro N°35: Número de granos vacíos por espiga.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	322.9777	161.4888	2.78	0.0655
Retiro de agua	4	1308.5888	327.1472	1.72	0.2386
Retiro de agua*Bloque	8	1523.9111	190.4888	3.28	0.0019
Momento de cosecha	5	47960.1611	9592.0322	165.10	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	20	2755.8111	137.7905	2.37	0.0018
C.V.	18.2376				
R <sup>2</sup>	0.8688				

Cuadro N°36: Peso de mil granos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	2.3527	1.1763	1.95	0.1466
Retiro de agua	4	0.5834	0.1458	0.27	0.8908
Retiro de agua*Bloque	8	4.3615	0.5451	0.90	0.5166
Momento de cosecha	5	69.9650	13.9930	23.16	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	20	15.2395	0.7619	1.26	0.2155
C.V.	3.5738				
R <sup>2</sup>	0.5223				

### 9.2.1.2. Componentes del rendimiento

Cuadro N°37: Rendimiento.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	5431524.08	2715762.04	6.74	0.0030
Retiro de agua	4	3458880.1866	864720.0466	1.18	0.3905
Retiro de agua*Bloque	8	5887195.2533	735899.4066	1.83	0.1006
Momento de cosecha	4	47109298.85	11777324.71	29.22	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	16	7611999.67	475749.97	1.18	0.3239
C.V.	6.7375				
R <sup>2</sup>	0.8116				

Cuadro N°38: Contenido de humedad del grano.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	1.9832	0.9916	0.73	0.4886
Retiro de agua	4	15.2365	3.8091	1.49	0.2918
Retiro de agua*Bloque	8	20.4394	2.5549	1.88	0.0907
Momento de cosecha	4	1768.4178	442.1044	325.09	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	16	30.9968	1.9373	1.42	0.1795
C.V.	5.8389				
R <sup>2</sup>	0.9712				

Cuadro N°39: Índice de cosecha.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	0.01063467	0.00531733	0.69	0.5074
Retiro de agua	4	0.03738667	0.00934667	0.91	0.5020
Retiro de agua*Bloque	8	0.08212533	0.01026567	1.33	0.2561
Momento de cosecha	4	0.19381333	0.04845333	6.29	0.0005
Mom. cosecha * Ret. de agua	16	0.06846667	0.00427917	0.56	0.8979
C.V.	18.3904				
R <sup>2</sup>	0.56				

Cuadro N°40: Peso de mil granos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	2.35504267	1.17752133	2.98	0.0621
Retiro de agua	4	0.06689867	0.01672467	0.02	0.9988
Retiro de agua*Bloque	8	6.08775733	0.76096967	1.93	0.0826
Momento de cosecha	4	1.38783200	0.34695800	0.88	0.4856
Mom. cosecha * Ret. de agua	16	6.42316800	0.40144800	1.02	0.4610
C.V.	2.9587				
R <sup>2</sup>	0.5080				

Cuadro N°41: Número de espigas por metro cuadrado.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	17593.6266	8796.8133	1.46	0.2442
Retiro de agua	4	16895.92	4223.98	0.33	0.8494
Retiro de agua*Bloque	8	101926.64	12740.83	2.12	0.0568
Momento de cosecha	4	99457.6533	24864.4133	4.13	0.0068
Mom. cosecha * Ret. de agua	16	116197.28	7262.33	1.21	0.3053
C.V.	14.9691				
R <sup>2</sup>	0.5937				

Cuadro N°42: Número de granos llenos por espiga.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	226.88	113.44	0.27	0.7624
Retiro de agua	4	1297.4133	324.3533	0.35	0.8369
Retiro de agua*Bloque	8	7405.7866	925.7233	2.23	0.0454
Momento de cosecha	4	12973.4133	3243.353	7.81	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	16	10010.1866	625.6366	1.51	0.1455
C.V.	18.3208				
R <sup>2</sup>	0.6576				

Cuadro N°43: Número de granos vacíos por espiga.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	1553.3066	776.6533	10.79	0.0002
Retiro de agua	4	234.0533	58.5133	0.43	0.7822
Retiro de agua*Bloque	8	1083.2266	135.4033	1.88	0.0904
Momento de cosecha	4	3057.2533	764.3133	10.61	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	16	1469.8133	91.8633	1.28	0.2591
C.V.	31.8843				
R <sup>2</sup>	0.7197				

**Cuadro N°42: Número total de granos por espiga.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	2928.56	1464.28	2.17	0.1276
Retiro de agua	4	1031.0666	257.7666	0.17	0.9473
Retiro de agua*Bloque	8	12072.7733	1509.0966	2.24	0.0448
Momento de cosecha	4	5583.3333	1395.8333	2.07	0.1032
Mom. cosecha * Ret. de agua	16	16259.6	1016.225	1.51	0.1459
C.V.	18.8562				
R <sup>2</sup>	0.5837				

### 9.2.1.3. Calidad de grano

**Cuadro N°43: Porcentaje de granos enteros.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	80.9034	40.4517	1.73	0.1902
Retiro de agua	4	88.5605	22.1401	0.78	0.5683
Retiro de agua*Bloque	8	226.9658	28.3707	1.21	0.3161
Momento de cosecha	4	7259.8605	1814.9651	77.63	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	16	308.2248	19.2640	0.82	0.6523
C.V.	8.8359				
R <sup>2</sup>	0.8949				

**Cuadro N°44: Porcentaje de granos quebrados.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	9.7112	4.8556	0.59	0.5596
Retiro de agua	4	53.8152	13.4538	2.32	0.1444
Retiro de agua*Bloque	8	46.3528	5.7941	0.70	0.6871
Momento de cosecha	4	7577.7352	1894.4338	229.78	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	16	207.2608	12.9538	1.57	0.1228
C.V.	31.3051				
R <sup>2</sup>	0.9599				

Cuadro N°45: Porcentaje de granos yesosos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	12.2696	6.1348	1.47	0.2416
Retiro de agua	4	17.4773	4.3693	1.59	0.2666
Retiro de agua*Bloque	8	21.961	2.74513	0.66	0.7239
Momento de cosecha	4	17.4213	4.3553	1.05	0.3961
Mom. cosecha * Ret. de agua	16	47.9146	2.9946	0.72	0.7588
C.V.	55.7731				
R <sup>2</sup>	0.4125				

## 9.2.2. Inia Caraguatá

### 9.2.2.1. Evolución del llenado de grano

Cuadro N°46: Peso de 10 espigas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	24.0944	12.0472	1.53	0.2222
Retiro de agua	2	60.7627	30.3813	0.41	0.6861
Retiro de agua*Bloque	4	293.1018	73.2754	9.32	0.0001
Momento de cosecha	5	1484.6667	296.9333	37.75	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	10	52.6416	5.2641	0.67	0.7497
C.V.	10.5261				
R <sup>2</sup>	0.7435				

**Cuadro N°47: Número de granos llenos por espiga.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	235.1296	117.5648	0.97	0.3851
Retiro de agua	2	1413.4074	706.7037	0.56	0.6116
Retiro de agua*Bloque	4	5072.0370	1268.0092	10.41	0.0001
Momento de cosecha	5	23617.6018	4723.5203	38.78	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	10	1025.4814	102.5481	0.84	0.5900
C.V.	10.5099				
R <sup>2</sup>	0.7540				

**Cuadro N°48: Número de granos vacíos por espiga.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	393.6851	196.8425	4.66	0.0120
Retiro de agua	2	269.4074	134.7037	1.29	0.3688
Retiro de agua*Bloque	4	416.5925	104.1481	2.47	0.0511
Momento de cosecha	5	11462.0740	2292.4148	54.27	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	10	847.0370	84.7037	2.01	0.0427
C.V.	26.4870				
R <sup>2</sup>	0.7905				

**Cuadro N°49: Peso de mil granos.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	2.1530	1.0765	1.33	0.2693
Retiro de agua	2	3.6584	1.8292	4.26	0.1022
Retiro de agua*Bloque	4	1.7191	0.4297	0.53	0.7125
Momento de cosecha	5	120.6520	24.1304	29.87	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	10	12.2682	1.2268	1.52	0.1471
C.V.	3.8544				
R <sup>2</sup>	0.6742				

### 9.2.2.2. Componentes del rendimiento

Cuadro N°50: Rendimiento.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	9610439.5111	4805219.7555	15.96	0.0001
Retiro de agua	2	5334721.6444	2667360.8222	1.16	0.4012
Retiro de agua*Bloque	4	9218633.2888	2304658.3222	7.66	0.0004
Momento de cosecha	4	19272158.8	4818039.7	16.00	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	1401720.8	175215.1	0.58	0.7825
C.V.	5.4381				
R <sup>2</sup>	0.8612				

Cuadro N°51: Contenido de humedad.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	2.7253	1.3626	1.49	0.2463
Retiro de agua	2	2.3453	1.1726	0.89	0.4789
Retiro de agua*Bloque	4	5.2693	1.3173	1.44	0.2524
Momento de cosecha	4	637.0377	159.2594	173.70	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	9.31688	1.1646	1.27	0.3043
C.V.	5.0397				
R <sup>2</sup>	0.9675				

Cuadro N°52: Índice de cosecha.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	0.03203111	0.01601556	2.81	0.0802
Retiro de agua	2	0.04725778	0.02362889	2.79	0.1741
Retiro de agua*Bloque	4	0.03383556	0.00845889	1.48	0.2385
Momento de cosecha	4	0.15143556	0.03785889	6.64	0.0010
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	0.01969778	0.00246222	0.43	0.8902
C.V.	14.9505				
R <sup>2</sup>	0.6749				

Cuadro N°53: Peso de mil granos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	1.42177778	0.71088889	1.09	0.3537
Retiro de agua	2	4.06177778	2.03088889	1.60	0.3090
Retiro de agua*Bloque	4	5.08355556	1.27088889	1.94	0.1362
Momento de cosecha	4	18.48088889	4.62022222	7.06	0.0007
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	3.06044444	0.38255556	0.58	0.7808
C.V.	3.4381				
R <sup>2</sup>	0.6714				

Cuadro N°54: Número de espigas por metro cuadrado.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	27748.04	13874.02	1.39	0.2678
Retiro de agua	2	15000.84	7500.42	3.12	0.1526
Retiro de agua*Bloque	4	9616.35	2404.08	0.24	0.9121
Momento de cosecha	4	41296.66	10324.16	1.04	0.4091
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	89725.60	11215.70	1.13	0.3819
C.V.	17.8917				
R <sup>2</sup>	0.4340				

Cuadro N°54: Número de granos llenos por espiga.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	65.24444444	32.6222	0.19	0.8274
Retiro de agua	2	2166.7111	1083.3555	2.70	0.1810
Retiro de agua*Bloque	4	1604.0888	401.0222	2.35	0.0832
Momento de cosecha	4	480.80	120.20	0.70	0.5971
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	1309.0666	163.6333	0.96	0.4902
C.V.	14.3163				
R <sup>2</sup>	0.5784				

Cuadro N°55: Número de granos vacíos por espiga.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	11.5111	5.7555	0.20	0.8221
Retiro de agua	2	42.7111	21.3555	0.51	0.6346
Retiro de agua*Bloque	4	167.2888	41.8222	1.44	0.2528
Momento de cosecha	4	676.8888	169.2222	5.81	0.0020
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	363.5111	45.4388	1.56	0.1895
C.V.	37.3675				
R <sup>2</sup>	0.6434				

Cuadro N°56: Número total de granos por espiga.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	96.9333	48.4666	0.20	0.8232
Retiro de agua	2	2657.20	1328.60	1.93	0.2584
Retiro de agua*Bloque	4	2747.4666	686.8666	2.78	0.0498
Momento de cosecha	4	1531.6888	382.9222	1.55	0.2198
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	2722.5777	340.3222	1.38	0.2559
C.V.	14.8652				
R <sup>2</sup>	0.6219				

### 9.2.2.3. Calidad de grano

Cuadro N°57: Porcentaje de grano entero.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	64.3924	32.1962	1.28	0.2962
Retiro de agua	2	372.8777	186.4388	11.72	0.0213
Retiro de agua*Bloque	4	63.6475	15.9118	0.63	0.6439
Momento de cosecha	4	3715.2088	928.8022	36.94	0.0001
Mom.Cosecha * Ret. de agua	8	210.1844	26.2730	1.04	0.4316
C.V.	9.6656				
R <sup>2</sup>	0.880				

Cuadro N°58: Porcentage de grano quebrado.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	74.9631	37.4815	2.42	0.1106
Retiro de agua	2	291.3297	145.6648	14.02	0.0156
Retiro de agua*Bloque	4	41.5595	10.3898	0.67	0.6192
Momento de cosecha	4	3157.4346	789.3586	50.8966	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	278.5946	34.8243	2.25	0.060
C.V.	30.1762				
R <sup>2</sup>	0.9117				

Cuadro N°59: Porcentage de grano yesoso.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	19.0724	9.5362	2.69	0.0885
Retiro de agua	2	7.2297	3.6148	0.53	0.6264
Retiro de agua*Bloque	4	27.4328	6.8582	1.93	0.1377
Momento de cosecha	4	40.3377	10.0844	2.84	0.0464
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	20.3835	2.5479	0.72	0.6740
C.V.	54.6992				
R <sup>2</sup>	0.5732				

### 9.2.3. El Paso 144

#### 9.2.3.1. Evolución del llenado de grano

Cuadro N°60: Peso de 10 espigas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	14.0582	7.0291	0.78	0.4635
Retiro de agua	2	3.7775	1.8887	0.06	0.9464
Retiro de agua*Bloque	4	135.1697	33.7924	3.74	0.0082
Momento de cosecha	4	131.8878	32.9719	3.65	0.0094
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	62.670	7.8337	0.87	0.5488
C.V.	10.7654				
R <sup>2</sup>	0.3578				

Cuadro N°61: Número de granos llenos por espiga.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	348.8888	174.4444	1.35	0.2648
Retiro de agua	2	66.1555	33.0777	0.08	0.9278
Retiro de agua*Bloque	4	1733.1111	433.2777	3.36	0.0142
Momento de cosecha	4	2341.2666	585.3166	4.54	0.0026
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	1015.40	126.9250	0.99	0.4549
C.V.	10.6881				
R <sup>2</sup>	0.3825				

Cuadro N°62: Número de granos vacíos por espiga.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	787.2666	393.6333	14.54	0.0001
Retiro de agua	2	42.8666	21.4333	0.20	0.8291
Retiro de agua*Bloque	4	436.2666	109.0666	4.03	0.0054
Momento de cosecha	4	1588.2888	397.0722	14.67	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	178.5777	22.3222	0.82	0.5837
C.V.	14.4650				
R <sup>2</sup>	0.6189				

Cuadro N°63: Peso de mil granos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	0.75206889	0.37603444	1.12	0.3322
Retiro de agua	2	3.79886889	1.89943444	2.30	0.2160
Retiro de agua*Bloque	4	3.29799111	0.82449778	2.46	0.0538
Momento de cosecha	4	16.9810	4.2452	12.64	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	7.046597	0.880824	5.66	0.0053
C.V.	2.4258				
R <sup>2</sup>	0.5790				

### 9.2.3.2. Componentes del rendimiento

Cuadro N°64: Rendimiento.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	1226743.5111	613371.7555	0.90	0.4187
Retiro de agua	2	1054698.9777	527349.4888	1.48	0.3306
Retiro de agua*Bloque	4	1427022.3555	356755.5888	0.53	0.7182
Momento de cosecha	4	3940982.9777	985245.7444	1.45	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	1517915.0222	189739.3777	0.28	0.9665
C.V.	8.3628				
R <sup>2</sup>	0.3598				

Cuadro N°65: Contenido de humedad.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	1.57377778	0.78688889	1.15	0.3331
Retiro de agua	2	8.64044444	4.32022222	18.14	0.0099
Retiro de agua*Bloque	4	0.95288889	0.23822222	0.35	0.8425
Momento de cosecha	4	387.10444444	96.77611111	141.57	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	3.03288889	0.37911111	0.55	0.8037
C.V.	4.2963				
R <sup>2</sup>	0.9607				

Cuadro N°66: Índice de cosecha.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	0.00809333	0.00404667	0.64	0.5358
Retiro de agua	2	0.00097333	0.00048667	0.13	0.8799
Retiro de agua*Bloque	4	0.01473333	0.00368333	0.58	0.6779
Momento de cosecha	4	0.04267556	0.01066889	1.69	0.001
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	0.03140444	0.00392556	0.62	0.7516
C.V.	19.9384				
R <sup>2</sup>	0.3922				

Cuadro N°67: Peso de mil granos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	2.38537333	1.19268667	1.66	0.2109
Retiro de agua	2	2.93849333	1.46924667	2.50	0.1976
Retiro de agua*Bloque	4	2.35205333	0.58801333	0.82	0.5256
Momento de cosecha	4	58.53236889	14.63309222	20.39	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	3.34821778	0.41852722	0.58	0.7817
C.V.	3.5919				
R <sup>2</sup>	0.8015				

Cuadro N°68: Número de espigas por metro cuadrado.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	28627.60	14313.80	1.40	0.2654
Retiro de agua	2	30061.7333	15030.8666	0.80	0.5103
Retiro de agua*Bloque	4	75185.0666	18796.2666	1.84	0.1537
Momento de cosecha	4	308086.3555	77021.5888	7.55	0.0004
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	72350.7111	9043.8388	0.89	0.5424
C.V.	17.0382				
R <sup>2</sup>	0.6773				

Cuadro N°69: Número de granos llenos por espiga.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	300.5777	150.2888	0.50	0.6138
Retiro de agua	2	1224.8444	612.4222	3.12	0.1525
Retiro de agua*Bloque	4	784.6222	196.1555	0.65	0.6323
Momento de cosecha	4	3619.4666	904.8666	3.00	0.0386
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	1072.2666	134.0333	0.44	0.8822
C.V.	18.8216				
R <sup>2</sup>	0.4915				

Cuadro N°70: Número de granos vacíos por espiga.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	182.80	91.40	2.29	0.1226
Retiro de agua	2	159.60	79.80	4.99	0.0819
Retiro de agua*Bloque	4	64.0	16.0	0.40	0.8056
Momento de cosecha	4	764.3111	191.0777	4.79	0.0055
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	335.9555	41.9944	1.05	0.4260
C.V.	21.9205				
R <sup>2</sup>	0.6116				

Cuadro N°71: Número total de granos por espiga.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	469.5111	234.7555	0.59	0.5605
Retiro de agua	2	2322.9777	1161.4888	4.55	0.0931
Retiro de agua*Bloque	4	1020.0888	255.0222	0.64	0.6362
Momento de cosecha	4	5588.9777	1397.2444	3.53	0.0211
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	1649.0222	206.1277	0.52	0.8290
C.V.	16.4442				
R <sup>2</sup>	0.5377				

### 9.2.3.3. Calidad de grano

Cuadro N°72: Porcentage de grano entero.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	25.6271	12.8135	0.51	0.6093
Retiro de agua	2	146.2271	73.1135	2.23	0.2237
Retiro de agua*Bloque	4	131.2462	32.8115	1.30	0.2998
Momento de cosecha	4	2220.2080	555.0520	21.91	0.0001
Mom. Cosecha * Ret. de agua	8	248.1973	31.0246	1.22	0.3271
C.V.	9.6733				
R <sup>2</sup>	0.8201				

Cuadro N°73: Porcentage de grano quebrado.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	15.0484	7.5242	0.41	0.6686
Retiro de agua	2	145.7444	72.8722	2.16	0.2308
Retiro de agua*Bloque	4	134.7635	33.6908	1.83	0.1553
Momento de cosecha	4	2134.5208	533.6302	29.04	0.0001
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	232.7311	29.0913	1.58	0.1823
C.V.	36.9272				
R <sup>2</sup>	0.8579				

Cuadro N°74: Porcentage de grano yesoso.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr > F
Bloque	2	6.4031	3.2015	0.43	0.6571
Retiro de agua	2	24.9764	12.4882	2.78	0.1749
Retiro de agua*Bloque	4	17.9515	4.4878	0.60	0.6668
Momento de cosecha	4	36.7057	9.1764	1.23	0.3265
Mom. cosecha * Ret. de agua	8	33.6102	4.2012	0.56	0.7989
C.V.	91.3646				
R <sup>2</sup>	0.3995				