

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA



T. N. I. A.

BIBLIOTECA

FACULTAD DE AGRONOMIA

**Universidad de la República
FACULTAD DE AGRONOMIA**

RENDIMIENTO EN CULTIVARES DE ARROZ

**ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y
COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN
CULTIVARES DE ARROZ**

por

Alfonso PORTO DOS SANTOS
Luis Alberto CASTRO MARTINEZ

TESIS

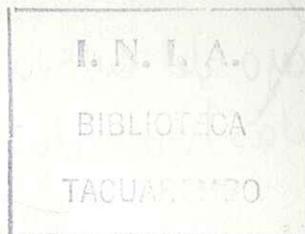
1994

MONTEVIDEO

MONTEVIDEO
URUGUAY
1994

URUGUAY

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA**



**ANALISIS DE CRECIMIENTO Y COMPONENTES DE
RENDIMIENTO EN CULTIVARES DE ARROZ**

por

**Alfonso PORTO DOS SANTOS
Luis Alberto CASTRO MARTINEZ**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
1994**

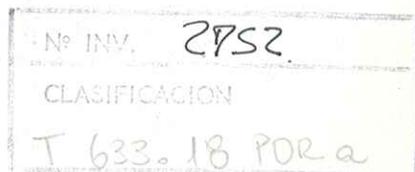


TABLA DE CONTENIDO

Página

Tesis aprobada por:

Director: -----
Pedro Horacio Blanco Barral
Nombre completo y firma

Fernando Blas Pérez de Vida
Nombre completo y firma

Oswaldo Ernst
Nombre completo y firma

Fecha: -----

Autor: -----
Alfonso Porto dos Santos
Nombre completo y firma

Luis Alberto Castro Martínez
Nombre completo y firma

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
PAGINA DE APROBACION	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	V
1. <u>INTRODUCCION</u>	1
2. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	3
2.1 <u>CRECIMIENTO Y FASES DE CRECIMIENTO EN</u>	
<u>PLANTAS DE ARROZ</u>	3
2.1.1 <u>Aspectos generales</u>	3
2.1.2 <u>Duración y variación de las fases</u>	
<u>de crecimiento</u>	5
2.1.3 <u>Caracterización de cada fase</u>	
<u>de crecimiento</u>	8
2.1.3.1 Fase vegetativa	8
2.1.3.2 Fase reproductiva y	
llenado de grano	10
2.1.4 <u>Indicadores de crecimiento y</u>	
<u>eficiencia</u>	14
2.1.4.1 Índice de área foliar	
(IAF) y fotosíntesis	14
2.1.4.2 Tasa de asimilación	
neta (TAN) y peso	
específico de hoja	
(PEH)	16
2.1.4.3 Tasa de crecimiento del	
cultivo (TCC)	17

2.1.5	<u>Relación fosa fuente y</u> <u>rendimiento potencial</u>	19
2.2	COMPONENTES DE RENDIMIENTO	22
2.2.1	<u>Aspectos generales</u>	22
2.2.2	<u>Número de panojas por metro</u> <u>cuadrado</u>	24
2.2.3	<u>Número de granos por panoja</u>	26
2.2.4	<u>Porcentaje de esterilidad</u>	28
2.2.5	<u>Peso de grano</u>	30
2.3	INDICE DE COSECHA	33
2.4	CALIDAD INDUSTRIAL	33
3.	<u>MATERIALES Y METODOS</u>	36
3.1	UBICACION	36
3.2	DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO	36
3.3	DISEÑO EXPERIMENTAL	39
3.4	DETERMINACIONES Y REGISTROS	40
3.4.1	<u>Durante el ciclo de crecimiento</u>	41
3.4.1.1	Evolución del macollaje	41
3.4.1.2	Evolución del número de panojas	41
3.4.1.3	Evolución de la altura	42
3.4.1.4	Evolución de la materia seca	42
3.4.1.5	Evolución del área foliar	44
3.4.1.6	Calculo de índices	44
3.4.2	<u>En madurez fisiológica</u>	46
3.4.2.1	Rendimiento	46

3.4.2.2	Componentes de rendimiento	47
3.4.2.3	Rendimiento potencial y relación fosa fuente	48
3.4.2.4	Calidad industrial	48
3.4.2.5	Índice de cosecha	48
3.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	49
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	52
4.1	FISIOLOGÍA DE LOS CULTIVARES DURANTE EL CICLO	52
4.1.1	<u>Aspectos generales de los factores externos que influyen en el desarrollo del cultivo</u>	52
4.1.1.1	Factores climáticos	52
4.1.1.2	Factores de manejo	53
4.1.1.3	Enfermedades y plagas	53
4.1.2	<u>Fenología</u>	53
4.1.3	<u>Evolución del macollaje</u>	55
4.1.4	<u>Evolución de la altura</u>	59
4.1.5	<u>Evolución del índice de área foliar</u>	61
4.1.6	<u>Evolución y partición de la materia seca</u>	64
4.1.6.1	Materia seca total	64
4.1.6.2	Materia seca de hojas	66
4.1.6.3	Materia seca de vainas	70
4.1.6.4	Materia seca de tallos	72
4.1.6.5	Materia seca de panojas	77
4.1.7	<u>Peso específico de hoja (PEH)</u>	80

4.1.8	<u>Tasa de crecimiento del cultivo (TCC)</u>	81
4.1.9	<u>Tasa de asimilación neta (TAN)</u>	83
4.1.10	<u>Tasa de crecimiento de panoja (TCP)</u>	85
4.1.11	<u>Síntesis de la fisiología de cada uno de los cultivares durante el ciclo</u>	87
4.1.11.1	Bluebelle y El Paso	87
4.1.11.2	El Paso 144	90
4.1.11.3	INIA Yerbál	94
4.1.11.4	INIA Tacuarí	96
4.1.11.5	Línea 813	99
4.2	<u>RENDIMIENTO, COMPONENTES DE RENDIMIENTO Y FACTORES QUE LO AFECTAN</u>	101
4.2.1	<u>Factores climáticos y externos</u>	101
4.2.2	<u>Rendimiento</u>	101
4.2.3	<u>Componentes de rendimiento</u>	102
4.2.4	<u>Correlaciones entre componentes de rendimiento</u>	110
4.2.5	<u>Tamaño de fosa o rendimiento potencial en la floración</u>	111
4.2.6	<u>Relación fosa fuente y consideraciones generales</u>	114
4.2.7	<u>Índice de cosecha</u>	121
4.3	<u>CALIDAD INDUSTRIAL</u>	122
5	<u>CONCLUSIONES</u>	124
6	<u>RESUMEN</u>	129

CONTENIDOS

Página

Ingeniero Agr. Néstor Blanco Barral, Técnico.

7 SUMMARY 131

Ingeniero Agr. Carlos Pérez de Vida, Técnico del Programa

8 BIBLIOGRAFIA 133

Ingeniero Agr. Juan Desambroci, Jefe del Programa

9 APENDICE 137

Ingeniero Agr. Carlos Desambroci, Especializado en Fitopatología,

Ingeniero Agr. Néstor Saldain, Ing.

Ingeniero Agr. Carlos Desambroci, Jefe del Programa Arroz, INIA

Ingeniero Agr. Carlos Desambroci, Servicio de Riego y Drenaje, INIA

Ingeniero Agr. Carlos Desambroci, Responsable de Sección

Ingeniero Agr. Esteban Carriquiry, INIA Treinta y Tres.

Ingeniero Agr. Carlos Desambroci, Responsable de la Unidad de

Ingeniero Agr. Carlos Desambroci, Responsable de

Ingeniero Agr. Carlos Desambroci, INIA Treinta y Tres.

AGRADECIMIENTOS

- Ing. Agr., M.Sc. Pedro Blanco Barral, Técnico Mejoramiento Genético de Arroz, INIA Treinta y Tres.
- Ing. Agr. Fernando Pérez de Vida, Técnico del Programa Arroz, INIA Treinta y Tres.
- Ing. Agr., M.Sc. Enrique Deambrosi, Jefe del Programa Arroz, INIA Treinta y Tres.
- Luis A. Casales, Ayudante especializado en Fitopatología, INIA Treinta y Tres.
- Ing. Agr. Ramón Méndez, Ing. Agr. Nestor Saldain, Ing. Agr. Stella Avila, Técnicos del Programa Arroz, INIA Treinta y Tres.
- Ing. Agr. Alvaro Roel, Técnico de Riego y Drenaje, INIA Treinta y Tres.
- Ing. Agr. Martín Píriz.
- Ing. Agr., M.Sc. Milton Carambula, Responsable de Sección Pasturas, INIA Treinta y Tres.
- Ing. Agr. Walter Ayala, Ing. Agr. Esteban Carriquiry, Técnicos Sección Pasturas, INIA Treinta y Tres.
- Ing. Agr. Horacio Saravia, Responsable de la Unidad de Difusión, INIA Treinta y Tres.
- Verónica Der Gazarian y Laura Olascoaga, Responsables de Biblioteca, INIA Treinta y Tres.
- Funcionarios del Sector de Cultivos, INIA Treinta y Tres.
- Funcionarios del Sector Pasturas, INIA Treinta y Tres.
- Funcionarias de Administración y Central Telefónica, INIA Treinta y Tres.
- Funcionarias de limpieza, INIA Treinta y Tres.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a Fernando Pérez de Vida y Luis A. Casales por habernos recibido en sus hogares y brindarnos su hospitalidad durante el transcurso de este trabajo, y lo más importante, la colaboración y muestras de amistad en todo momento.

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro N ^o		Página
1	Número de macollos en diferentes momentos, promedio para ambos niveles de nitrógeno	56
2	Porcentaje de tallos fértiles	58
3	Altura de la planta en diferentes momentos, promedio para ambos niveles de nitrógeno	61
4	Evolución del IAF, promedio para ambos niveles de nitrógeno	63
5	Materia seca total en diferentes momentos, promedio para ambos niveles de nitrógeno	66
6	Materia seca de hojas en diferentes momentos, promedio para ambos niveles de nitrógeno	67
7	Materia seca de vainas en diferentes momentos, promedio para ambos niveles de nitrógeno	72

8a	Materia seca de tallos en diferentes momentos, para el nivel más bajo de nitrógeno	73
8b	Materia seca de tallos en diferentes momentos, para el nivel más alto de nitrógeno	73
8c	Materia seca de tallos en diferentes momentos, promedio para ambos niveles de nitrógeno	73
8d	Materia seca de tallos con distintos niveles de nitrógeno, promedio de todos los momentos	74
9	Materia seca de 15 tallos en diferentes momentos, promedio de ambos niveles de nitrógeno	75
10	Materia seca de 15 tallos y número de tallos por metro cuadrado para El Paso 144 y El Paso 48 en el momento de máximo peso (12 días post 50% de floración) . .	75
11	Porcentaje de reducción de materia seca de tallos individuales entre llenado de grano temprano y madurez fisiológica . .	77

12	Evolución de la materia seca de panojas, promedio para ambos niveles de nitrógeno	78
13	Peso Específico de hojas en diferentes momentos promedio para ambos niveles de nitrógeno	81
14	Tasa de crecimiento del cultivo en diferentes períodos, promedio para ambos niveles de nitrógeno	82
15	Tasa de crecimiento del cultivo promedio durante el ciclo	83
16	Tasa de asimilación neta en diferentes períodos promedio para ambos niveles de nitrógeno	84
17	Tasa de asimilación neta promedio durante el ciclo	85
18	Tasa de crecimiento de la panoja en diferentes períodos, promedio para ambos niveles de nitrógeno	86
19	Tasa de crecimiento de panoja promedio	86

20	Porcentaje del rendimiento potencial que se concreta	114
21	Porcentaje de descenso del IAF en los 12 días post 50% de floración	116
22	Rendimiento, rendimiento potencial y relación fosa fuente para los diferentes cultivares, promedio de ambos niveles de nitrógeno	116
23	Descenso de peso, entre 12 días post 50% de floración y madurez fisiológica, de tallos, hojas y vainas de cada planta individual	120
24	Índice de cosecha de los diferentes cultivares	121
25	Indicadores de calidad de grano de los diferentes cultivares	123

1	Diseño experimental	40
2	Ilustración de una subparcela	42
3	Procedimiento de cada muestreo	43
4	Modelo de análisis de varianza, factor factorial con divisiones	50
5	Modelo de análisis de varianza, factor factorial parcelas subdivididas	51
6	Duración de las fases de desarrollo	54
7a	Evolución del macollaje de Bluebelle, El Paso 48 y El Paso 144	57
7b	Evolución del macollaje de INIA Yermal, INIA Tacuarí y Línea 813	58
8a	Evolución de la altura de Bluebelle, El Paso 48 y El Paso 144	60
8b	Evolución de la altura de INIA Yermal, INIA Tacuarí y Línea 813	60
9a	Evolución del IAF de Bluebelle, El Paso 48 y El Paso 144	62

9b	Evolución del IAF de INIA Yermal, INIA Tacuarí y Línea 813	63
10a	Materia seca total de Bluebelle, El Paso 48 y El Paso 144	65
10b	Materia seca total de INIA Yermal, INIA Tacuarí y Línea 813	65
11a	Materia seca de hoja de Bluebelle, El Paso 48 y El Paso 144	68
11b	Materia seca de hoja de INIA Yermal, INIA Tacuarí y Línea 813	69
12a	Materia seca de vainas de Bluebelle, El Paso 48 y El Paso 144	71
12b	Materia seca de vainas de INIA Yermal, INIA Tacuarí y Línea 813	71
13a	Materia seca de tallos de Bluebelle, El Paso 48 y El Paso 144	76

13b	Materia seca de tallos de INIA Yermal, INIA Tacuarí y Línea 813	77
14a	Materia seca de panojas de Bluebelle, El Paso 48 y El Paso 144	79
14b	Materia seca de panojas de INIA Yermal, INIA Tacuarí y Línea 813	79
15	Bluebelle, materia seca total y sus componentes	89
16	El Paso 48, materia seca total y sus componentes	89
17	El Paso 144, materia seca total y sus componentes	91
18	INIA Yermal, materia seca total y sus componentes	95
19	INIA Tacuarí, materia seca total y sus componentes	97
20	Línea 813, materia seca total y sus componentes	100
21	Rendimiento	102

22	Componentes de rendimiento	105
23	Número de granos llenos por metro cuadrado	106
24	Temperatura mínima 10 días prefloración	108
25	Temperatura mínima durante la floración	109
26	Temperatura media 10 días prefloración	109
27	Temperatura media durante la floración	110
28	Potencial de rendimiento	113
29	Número de granos totales por metro cuadrado	113
30	Relaciones fosa fuente	117

1 INTRODUCCION

El Programa de Mejoramiento Genético de Arroz del INIA Treinta y Tres, comenzó en los inicios de la década del 70, en base a la evaluación de introducciones y a los primeros cruzamientos locales. El destino exportador de la producción arrocerá uruguayá pautó los objetivos de la selección de el Programa de Mejoramiento Genético de Arroz (PMGA). Así al objetivo primario de alto potencial de rendimiento se adjuntaron parámetros de calidad industrial y culinaria acordes con las exigencias de un producto de exportación. Desde entonces la variedad Bluebelle originada en Estados Unidos ha sido mayoritariamente sembrada en el país y utilizada como genotipo de referencia por su rendimiento y en particular por su calidad en el PMGA.

Los primeros logros del PMGA fueron variedades que superaban alguna limitante de Bluebelle pero sin destacarse en rendimiento. Posteriormente la introducción de genotipos semienanos tropicales permitió acceder a un nivel mayor de rendimiento de grano, pero fuera de la calidad culinaria tipo americano. Por último se llega a la obtención de variedades de alto rendimiento, alta respuesta a nitrógeno y baja altura de planta, con buen comportamiento en siembras tardías producto de cruzamientos locales y selección basada en genotipos de zonas templadas de buena adaptación y calidad de grano.

La participación de nuevos genotipos en los cruzamientos con tipos de plantas más adaptadas a la fertilización nitrogenada y a un alto control de los

factores de manejo, ha generado una mayor diversidad en tipos de planta en lo que respecta a altura, ciclo y potencial de rendimiento. Esta mayor diversidad hace necesario estudiar los diferentes tipos de materiales que se disponen ya sea como variedades o líneas, de modo de conocer sus características biológicas, agronómicas y posibles interacciones con el medio ambiente. El conocimiento de sus curvas de crecimiento, fisiología del rendimiento e importancia relativa de los componentes se espera que retroalimente al PMGA, contribuyendo a orientar la selección, así como aportar elementos para estudios de manejo de genotipos con diferentes ideotipos.

El propósito del trabajo fue estudiar la fenología, componentes del rendimiento, crecimiento y partición de la materia seca de cultivares con diferente arquitectura de planta y ciclo, para lo cual se utilizaron técnicas de análisis de crecimiento.

2 REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 CRECIMIENTO Y FASES DE CRECIMIENTO EN PLANTAS DE ARROZ

2.1.1 Aspectos generales

El crecimiento comprende dos aspectos: producción de materia seca (cambio cuantitativo) y el desarrollo de fases durante la ontogénesis (cambio cualitativo). La ontogénesis de la planta de arroz es generalmente considerada como consistente en tres fases: vegetativa, reproductiva y madurez o llenado de grano (Tanaka, 1976; citado por De Datta, 1986). La fase vegetativa va desde germinación hasta el estadio de iniciación del primordio de la panoja y la fase reproductiva va desde la iniciación de la panoja hasta el final de la floración (De Datta, 1986).

Tanaka (1976) citado por Blanco (1991), clasificó las curvas de crecimiento de arroz en varios tipos. El tipo I tiene crecimiento vigoroso en estadios tempranos seguido de un crecimiento débil en estadios más tardíos y algunas veces con descenso de peso. Este tipo se observa tradicionalmente en cultivares altos y está asociado a una alta producción de materia seca total, pequeño índice de cosecha y un bajo rendimiento de grano. El tipo II considerado como normal tiene una tasa de crecimiento continua y moderada seguido por un leve descenso en el final. Es generalmente asociado con una producción total de materia seca moderada, alto índice de cosecha y un buen rendimiento de grano. El tipo III con un crecimiento lento en etapas tempranas seguido de una tasa de crecimiento alta hasta la madurez, es frecuentemente observado donde la

temperatura es baja en primavera. El total de la producción de materia seca es bajo y el rendimiento es de moderado a bajo, dependiendo del índice de cosecha. El tipo V tiene una tasa de crecimiento moderada a alta durante las etapas tempranas seguido de tasas de crecimiento alta durante las etapas tardías. Esto solo es posible con alta radiación solar y buen tipo de planta. El rendimiento puede ser extremadamente alto debido a altos valores de materia seca total e índice de cosecha.

Tanaka (1976), también clasificó los modelos de crecimiento en tres tipos, según el punto de vista de las fases de desarrollo. En el tipo A (fase vegetativa - fase reproductiva) la panoja se inicia prontamente luego del estadio de máximo número de macollos, considerado como normal. La curva de crecimiento es generalmente del tipo II o V. En el tipo B (fase vegetativa - fase reproductiva superpuesta con fase vegetativa), el macollaje continúa luego de la iniciación de la panoja y puede ser causado por bajas temperaturas, exceso de nitrógeno, o del uso de cultivares de ciclo muy corto. El número de granos por panoja es pequeño debido a la competencia entre la panoja y los nuevos tallos desarrollados luego de la iniciación de la panoja, y es frecuentemente asociado con la curva de crecimiento de tipo III y un bajo rendimiento en grano. En el tipo C (fase vegetativa - fase vegetativa tardía - fase reproductiva), con macollaje discontinuo antes del estadio de iniciación de la panoja. Este tipo ocurre cuando la fase vegetativa es extremadamente larga, el número de panojas por unidad de área tiende a ser bajo debido al alto porcentaje de tallos inefectivos, el número de granos es

frecuentemente bajo debido al insuficiente suministro de nitrógeno durante la fase reproductiva y el rendimiento de grano es frecuentemente bajo, la curva de crecimiento es generalmente del tipo I .

Las curvas de crecimiento de tipo II y V indican un buen balance entre crecimiento vegetativo y reproductivo, el tipo de curva I muestra un excesivo crecimiento vegetativo, y el tipo de curva III indica un crecimiento vegetativo débil en relación al crecimiento reproductivo (Tanaka, 1976; citado por Blanco, 1991).

2.1.2 Duración y variación de las fases de crecimiento

Existe una variación importante en la duración del crecimiento entre los cultivares de arroz. El ciclo total es generalmente controlado por poligenes, por eso la segregación transgresiva es común para ambos: precoces y tardíos. La madurez muy temprana de las variedades americanas Belle Patna y Bluebelle aparece como controlada por un gen dominante simple, haciendo de ellos una importante fuente de precocidad (Jennings y col., 1979; citado por Blanco, 1991).

El ciclo de un cultivar de arroz puede ser influenciado por el fotoperíodo y la temperatura. Los cultivares insensibles al fotoperíodo son característicos de la agricultura moderna (Yoshida, 1981). El ciclo de cultivares insensibles al fotoperíodo es fuertemente afectado por la temperatura. Bluebelle, un viejo cultivar en Texas tiene un ciclo de 110 días, mientras que en Uruguay varía entre 130 y 150 días (Blanco, 1991).

Hay un rango de temperaturas mínimas entre cultivares por debajo de las cuales estos no tienen crecimiento, este varía entre 9 y 18°C . Cuando la temperatura es alta, el macollaje es aumentado, el intervalo foliar es corto y cada hoja es más larga. Un aumento de la temperatura aumenta la tasa de emergencia de hojas, siendo que el número de hojas desarrolladas en el tallo medio antes de la floración es bastante constante, por lo tanto el efecto de la temperatura influye en el período desde la siembra hasta la iniciación de la panoja, que cuenta en mucho para la variabilidad en la duración del crecimiento de los cultivares de arroz (Yoshida, 1981).

El período desde iniciación de la panoja hasta floración se menciona como bastante constante, pero varía con el cultivar y el clima en un rango entre 27 y 46 días. La duración del desarrollo de la panoja es menor en cultivares de maduración temprana que en cultivares de maduración tardía. En general la duración total del crecimiento y la longitud del período desde primordio hasta floración están correlacionados positivamente. La extensión de este período, independiente de la duración total del crecimiento puede mejorar el potencial de rendimiento de cultivares de ciclo muy corto (Yoshida, 1981). Esta fase puede ser algo más corta cuando la temperatura es alta (Tanaka, 1976; citado por Blanco, 1991).

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 (Murata y Matsushima, 1975). Jennings y col. (1979) citado por Blanco (1991), creen que esta extensión en el período de llenado de grano es medianamente afectada por la temperatura y que el conocimiento en la variabilidad en los cultivares de arroz es bajo. Estudios realizados en el IRRI (1977), mostraron que cultivares de grano pequeño llevaron 12 días para completar el llenado de grano, mientras los cultivares de grano grande llevaron de 15 a 21 días.

Los genotipos de senescencia lenta, de origen templado, frecuentemente tienen un período de madurez lento. Chang y Vergara (1972), citado por Blanco (1991), se refirieron que esta senescencia lenta de las hojas puede ser un índice de selección indirecto para una extendida maduración del grano. Estos científicos creen que la extensión de la fase reproductiva y de maduración de grano es independiente de la duración del período vegetativo, pudiendo resultar en un aumento en el suministro de productos asimilados o capacidad de almacenaje o de ambos. Como el período de llenado de grano es generalmente considerado como una constante para cada área de cultivo de arroz y las diferencias entre variedades son bajas, la clasificación de la duración del crecimiento puede ser basada en la duración desde la siembra a la floración (Blanco, 1991).

2.1.3 Caracterización de cada fase de crecimiento

2.1.3.1 Fase vegetativa. En esta fase se determina el número de macollos que equivale al número potencial de panojas, también se determina el estado de las hojas que funcionan durante la etapa reproductiva (De Datta, 1986).

La máxima cantidad de macollos se alcanza aproximadamente al mes del trasplante decreciendo posteriormente a causa de la muerte de los últimos que emergieron, por resultar perjudicados en la competencia por luz y nutrientes. La mayoría de los nutrientes de los macollos que no prosperan son traslocados a otros (Murata y Matsushima, 1975).

La iniciación de primordio de macollo no esta sujeta a la influencia del ambiente, pero su emergencia y desarrollo se ven muy influidos por el suministro de nitrógeno, radiación solar y la temperatura. De estos el más importante es el contenido de nitrógeno en la planta, siendo necesaria una concentración superior al 3,5% para que exista un macollaje activo, y por debajo de 1,5% comienza a ocurrir la muerte de los mismos (Ishizuka y Tanaka, 1963; citado por Murata y Matsushima, 1975).

En la fase vegetativa el aumento del IAF se debe a dos factores: el incremento del número de macollos y el tamaño de las hojas sucesivas. Por lo tanto, el principal contribuyente al IAF es el primero en las variedades que macollan abundantemente mientras que es el segundo en las poco macolladoras (Tanaka y col., 1964; citado por Murata

y Matsushima, 1975). Al considerar los distintos factores ambientales, se observó que la fertilización con nitrógeno provocaba el efecto más marcado sobre el IAF, actuando sobre los dos componentes. La aplicación inmediatamente antes de la iniciación de la panoja es la que tiene mayor incidencia (Murata y Matsushima, 1975).

La influencia de la radiación solar en el IAF puede explicarse como una adaptación de las plantas a desarrollar hojas finas y largas cuando la luz es débil. Sin embargo, el incremento del IAF también resulta limitado por radiaciones solares demasiado bajas (Murata y Matsushima, 1975).

Se observó una correlación estrecha y positiva entre la capacidad fotosintética de las hojas y la tasa de crecimiento relativo de plantas de arroz muy jóvenes. Sin embargo, en los cultivos de arroz que poseen un IAF pequeño, el factor más importante para la producción de materia seca es generalmente el IAF, con escasa incidencia del efecto de la capacidad fotosintética. A medida que el IAF se incrementa su efecto es progresivamente menor (Murata y Matsushima, 1975). Según una revisión realizada por Yoshida (1972) muchos investigadores indicaron que el IAF óptimo oscila entre 4 y 7 (Murata y Matsushima, 1975). Monsi y Saeki (1953) citado por Murata y Matsushima (1975), indicaron que al incrementarse el IAF el coeficiente de extinción de la población de plantas y la actividad fotosintética de hojas juegan un papel cada vez más importante en la fotosíntesis de la comunidad vegetal. Su ecuación mostró que la distribución de la luz en la

población de plantas depende del IAF y del coeficiente de extinción, que a su vez está principalmente determinado por el ángulo de las hojas. Cuanto menor es el coeficiente de extinción más uniforme es la distribución de luz dentro de la comunidad y existe menor saturación de luz de la fotosíntesis de hojas individuales.

Tsunoda (1959, 1962, 1964), citado por Murata y Matsushima (1975), señaló que el espesor y la distribución espacial de las hojas también son importantes, postulando un tipo de planta ideal para el arroz, que posee hojas pequeñas, gruesas y erectas, distribuidas muy próximas entre sí. Con valores análogos de IAF las poblaciones con muchas hojas pequeñas son superiores a aquellos que poseen pocas hojas grandes.

2.1.3.2 Fase reproductiva y llenado de grano. Durante la fase reproductiva se determina el número y tamaño de los granos, así como el estado de las hojas que contribuyen a la maduración (Tanaka, 1976; citado por De Datta, 1986).

El crecimiento de los órganos vegetativos tales como macollos, hojas y raíces nuevas, se cumple a un ritmo más lento luego de la iniciación de la panoja. Como resultado, comienza la acumulación de carbohidratos disponibles (principalmente almidón y azúcares) en la vaina foliar y en la base del tallo para incrementarse marcadamente durante las dos semanas previas al panojamiento, alcanzando su valor máximo en la antesis (Murata y Matsushima, 1975). Luego de esta fase, las reservas disminuyen rápidamente llegando a su valor más bajo unas tres semanas más tarde.

Los cambios en los pesos secos de hojas y tallos se producen aproximadamente paralelos a los de carbohidratos almacenados y además el incremento en peso seco de la panoja resulta casi igual a la suma del aumento del peso seco total y a la disminución de los carbohidratos almacenados después del panojamiento. Estos hechos sugieren que los carbohidratos almacenados antes de esta última fase se traslocan eficientemente a la inflorescencia luego de la antesis (Yoshida, 1972; citado por Murata y Matsushima, 1975). No obstante no todas las reservas se traslocan: en el experimento de Cock y Yoshida, el 68% se traslocó a la inflorescencia, el 20% se consumió en la respiración y el 12% permaneció en las vainas foliares y tallos.

La contribución de el almacenamiento previo al panojamiento al rendimiento de grano es variable, situándose entre 0 y 90% en casos extremos y entre 20 y 40% en la generalidad de las veces (Murata y Matsushima, 1975), es más bajo con altos niveles de aplicación de fertilizante y mayor con una variedad de ciclo más largo (Yoshida y Ahn, 1968; citado por Murata y Matsushima, 1975). Soga y Nozaki (1957) citado por Murata y Matsushima (1975), sugieren que las reservas acumuladas antes de la espigazón cumplen una acción buffer en la etapa de llenado de grano. La mayor tasa de movilización de las reservas preespigazón ocurre aproximadamente una semana después de la antesis (Monsi y Murata, 1970; citado por Murata y Matsushima, 1975).

El almacenamiento prefloración juega un rol importante en rendimiento para cultivares modernos de arroz de alto rendimiento, bajo condiciones de campo (Park y col., 1988;

citado por Blanco, 1991). Los carbohidratos como azúcares y almidón comienzan a acumularse abruptamente alrededor de dos semanas antes de la floración en la parte vegetativa de las plantas, principalmente en la vaina de la hoja y el tallo, alcanzando un contenido máximo alrededor de la floración (Yoshida, 1981). En general de acuerdo con Yoshida (1981), la fotosíntesis durante la madurez contribuye en los carbohidratos del grano entre 60 y 100%. La extendida removilización de carbohidratos desde fosas vegetativas durante la madurez, puede reflejar el grado al cual la actividad de la fosa está combinada con el suministro de la fuente. En otro estudio los cultivares de ciclo corto produjeron una gran cantidad de carbohidratos durante su floración y fases de madurez, pero en la variedad de ciclo largo, se produjo un gran porcentaje antes de la floración. En la floración los cultivares de ciclo corto tuvieron de 10 a 20% del total de carbohidratos que ellos acumularían en la cosecha y los cultivares de ciclo largo tuvieron de 40 a 80% (Vergara y col., 1966; citado por Blanco, 1991).

Según Counce, Moldenhauer y Costello (1991), una enzima en particular puede ser crítica para la liberación de carbohidratos desde tallos para el llenado de grano. Dicha enzima, sucrosa fosfato sintetasa, produce sucrosa fosfato y es la enzima limitante para la exportación de carbohidratos en varios tipos de tejidos de la planta. Un trabajo inicial de laboratorio indicó que la sucrosa fosfato esta activa en tallos y hojas de arroz de una línea japónica (Línea SLG-1).

Todas las partes vegetativas detienen su crecimiento luego de la floración y como resultado, la mayoría de los compuestos asimilados se traslocan a la inflorescencia. Por consiguiente el incremento de la materia seca total y los carbohidratos durante el llenado de grano muestran por lo general, una estrecha correlación con el rendimiento de grano (Murata y Matsushima, 1975).

La producción de grano que es el producto final de los procesos de crecimiento y desarrollo es controlada por la producción de materia seca durante la fase de maduración. A su vez, la producción de materia seca es controlada por dos factores: capacidad potencial de la población para fotosintetizar (fuente) y la capacidad de los granos para aceptar los fotosintatos (fosa) (Tanaka, 1972; citado por De Datta, 1986).

El IAF influye marcadamente sobre la producción de compuestos orgánicos en la última etapa del período de llenado de grano, momento en que el IAF disminuye rápidamente; pero en la primera parte cuando el IAF es alto a menudo existe una relación negativa con el llenado de grano. El incremento de materia seca durante el período de llenado de grano esta positivamente correlacionado, en muchas variedades, con la tasa de fotosíntesis cuando el nivel de radiación solar es alto; pero cuando este es bajo aparece una correlación negativa con el IAF (Murata y Matsushima, 1975).

El contenido de nitrógeno de una hoja y su tasa de fotosíntesis, por lo general guardan una estrecha relación,

de manera que la aplicación de nitrógeno en cobertura rara vez fracasa en promover la tasa referida. Puede observarse la misma correlación entre diferentes variedades cuando se hallan en un estado comparativamente temprano, pero como la tasa disminuye en fases más tardías de crecimiento debido a la edad más avanzada, especialmente en las variedades de ciclo largo, el resultado visible es que en la antesis y llenado del grano la tasa de fotosíntesis es generalmente más alta en las variedades de ciclo corto (Murata y Matsushima, 1975).

2.1.4 Indicadores de crecimiento y eficiencia

2.1.4.1 Índice de área foliar (IAF) y fotosíntesis. El total de área foliar o IAF aumenta rápidamente por un tiempo después del estadio de máximo número de tallos, pero el aumento se vuelve pequeño hasta que la planta alcanza el máximo de área foliar, alrededor del tiempo de floración. El área foliar decrece después que la planta madura debido a la muerte de las hojas más bajas. Un aumento rápido en el IAF en fases de crecimiento temprano es generalmente asociado con una tasa de crecimiento de cultivo baja durante la fase de crecimiento tardío, mientras que un crecimiento lento en estados tempranos es asociado con una alta tasa de crecimiento de cultivo en etapas de crecimiento tardío (Tanaka, 1976; citado por Blanco, 1991).

Según Tanaka y col. (1964), citado por Murata y Matsushima (1975), la fertilización con nitrógeno provoca un incremento en el IAF por medio de un aumento del número de macollos y el tamaño de las hojas sucesivas, la

aplicación inmediatamente antes de la iniciación de la panoja fue la que tuvo un mayor efecto.

Un IAF alto es necesario para interceptar la radiación solar incidente, pero el tamaño de IAF necesario para dar una máxima fotosíntesis depende de la orientación de la hoja en la canopia. Canopia de hoja erecta requiere un mayor IAF que lo que necesita la canopia de hoja curvada y recibe menos luz solar por unidad de hoja, resultando en una fotosíntesis mayor de la canopia. Hojas erectas reciben menor intensidad de luz por superficie foliar pero para una área foliar más grande. En general, un IAF de 4 a 8 es necesario para una buena fotosíntesis en arroz (Yoshida, 1981). Un IAF óptimo ha sido repetidamente observado en poblaciones de cultivares de arroz hojoso, mientras que no fue reportado un IAF óptimo en poblaciones con buen tipo de planta. Sin duda hay un techo de IAF y no ocurre ningún cambio en la producción de materia seca cuando el IAF aumenta por encima de ese techo (Tanaka, 1972; citado por Blanco, 1991).

Yoshida (1981), reportó que el potencial neto de fotosíntesis de las hojas era del 94% sobre el total. Las tres hojas superiores de la planta de arroz exportan asimilados hacia la panoja y las hojas bajas envían sus asimilados hacia la raíz. Las tres hojas superiores de la planta en el cultivar IR8 hace 74% del área foliar total cuando el IAF es 5,5 en floración. La fotosíntesis neta de las vainas de las hojas y panojas se indicó que era extremadamente baja. Recientemente Imaizumi (1990), citado por Blanco (1991), encontró altos niveles de actividad de

enzimas involucradas en fotosíntesis C4 en espiguillas, e indicó la posible existencia de una fotosíntesis intermedia C3-C4 o fotosíntesis C4 en lemmas y paleas del arroz.

Las tasas fotosintéticas promediadas para todo el ciclo, no tienen buena correlación con la acumulación total de peso seco. Las tasas medidas a la iniciación de la panoja y/o durante la madurez están correlacionadas con el rendimiento (Lafitte y Travis, 1984; citado por Blanco, 1990). En los estadios de crecimiento tardío las tasas de fotosíntesis decaen debido a la madurez, especialmente en los cultivares de ciclo largo, resultando que en anthesis y llenado de grano, la tasa fotosintética es generalmente más alta en cultivares de ciclo corto (Murata y Matsushima, 1975).

2.1.4.2 Tasa de asimilación neta (TAN) y peso específico de hoja (PEH). La tasa de asimilación neta definida como la producción de materia seca por metro cuadrado de hoja por unidad de tiempo, permite la estimación de la capacidad fotosintética neta. La TAN es afectada por la radiación solar, el IAF y edad o estado fisiológico de las hojas. Temperaturas menores a 18 °C pueden reducir la TAN durante los estados tempranos de crecimiento, pero no tienen efectos en fases tardías (Murata y Matsushima, 1975). Monteith, citado por Blanco (1991), sostiene la idea de que el concepto de TAN y tasa de crecimiento relativo, deriva inicialmente del espaciado de las plantas y panojas en canopias cerradas. La tasa de crecimiento de la canopia queda limitada por el aprovechamiento de la luz y no por el tamaño del sistema fotosintético.

Blanco (1991), trabajando con cinco cultivares de arroz de diferente ciclo, determinó que la tasa de asimilación media estuvo inversamente relacionada con la duración del crecimiento.

En el estudio de Lafitte y Travis (1978), las líneas de arroz de hoja pequeña mostraron una mayor fotosíntesis aparente, tuvieron mayor peso específico de hoja (PEH) y más nitrógeno por unidad de hoja. Una demanda aumentada por asimilados tuvo lugar en cada unidad de área de hoja en líneas de hoja pequeña, y ese aumento en la demanda fue asociado con la mayor actividad de la fuente por unidad de área de hoja. Blanco (1991), obtuvo que un cultivar de hoja chica, con alto peso específico de hoja (L202), resultó tener una alta TAN, sin embargo el cultivar RU9101001, con un bajo PEH y con un área foliar similar a la de L202, logró tener una TAN significativamente mayor que este. Según Livore (1990), hojas de mayor espesor están asociados con hábitos de crecimiento erecto y una más alta tasa de fotosíntesis por unidad de área foliar.

2.1.4.3 Tasa de crecimiento del cultivo (TCC). La tasa de crecimiento se define como la producción de materia seca por día de un metro cuadrado del cultivo. La TCC en un período largo alcanzó a 22,9 g/m²/día en un cultivar de hoja erecta semejante a IR8, mientras que la TCC de un período corto, record para el arroz, fue de 36 g/m²/día (Yoshida, 1981).

La producción de materia seca es generalmente más alta en los cultivares de madurez tardía, que en aquellos de

madurez temprana, mientras ocurre lo inverso con la tasa de crecimiento de cultivo promedio. Se obtuvieron valores de tasas de cultivo promedio en Japón tan altas como de 14,08 g/m²/día (Murata, 1976; citado por Blanco 1991).

La eficiencia de crecimiento se expresa como: $E.C. = N.O./N.O.+R$, donde R es respiración, y N.O.+R representa el total de la cantidad de sustrato consumido para producir nuevos órganos (N.O.) (Yoshida, 1981). La eficiencia de crecimiento (E.C.) indica cuanto del sustrato se convierte en constituyente de los nuevos tejidos.

La tasa de crecimiento es fuertemente afectada por la temperatura, y la eficiencia de crecimiento se dice que es de un 60%. El concepto puede ser aplicado al crecimiento de las plantas hasta la madurez, y al crecimiento de órganos individuales, como hojas y panojas. Cuando hay un crecimiento vegetativo activo, la eficiencia de crecimiento es alta (60- 65%). La eficiencia de crecimiento decae abruptamente luego del estado lechoso (durante la madurez), pero la eficiencia de crecimiento de la panoja es alta (60- 75%) (Yoshida, 1981).

La respiración puede ser dividida en respiración necesaria para el crecimiento (R_c) y aquella para el mantenimiento (R_m). En estadios de crecimiento temprano, las eficiencias de crecimiento que se registraron fueron de aproximadamente un 60%, empezando a caer luego de la iniciación de la panoja y continuaron decreciendo hasta el final del crecimiento (Tanaka, 1972; citado por Blanco, 1991). Cuando la actividad de llenado de grano tiende a la

madurez, R_c decrece y R_m aumenta, entonces la proporción de R_c en el total de la respiración decrece, como también la eficiencia de crecimiento (Yoshida, 1981).

Los valores de eficiencia de crecimiento altos de la panoja durante la madurez, ocurren debido a que la sustancia producida es almidonada. La formación de almidón de sacarosa, que es la mayor sustancia traslocada en el grano, requiere poca energía, mientras la retraslocación de sustancias de descomposición de órganos viejos para el crecimiento de nuevos órganos causa un descenso de la eficiencia de crecimiento. El reaprovechamiento de sustancias de órganos vegetativos para el desarrollo del grano, es indicada como una razón para la baja eficiencia de crecimiento de toda la planta después de la floración. Durante este período la eficiencia de crecimiento de los órganos reproductivos es alta, pero la eficiencia de crecimiento en toda la planta es baja, debido al reuso de las sustancias de los órganos vegetativos, la respiración de los entrenudos elongados y la capacidad de almacenamiento reducida (Tanaka, 1972; citado por Blanco, 1991). La removilización no es importante en los cultivares de ciclo corto y puede ser una de las razones que contribuye para altas tasas de crecimiento durante el llenado de grano en estos cultivares (Vergara y col., 1966; citado por Blanco, 1991).

2.1.5 Relación fosa fuente y rendimiento potencial

Fuente son órganos que exportan fotosintatos y fosa son órganos que importan fotosintatos. El vigor o capacidad de la fuente es expresada como el producto del estado

variable del tamaño de la fuente (área foliar) y la tasa variable de actividad de la fuente (tasa de fotosíntesis), y la capacidad de la fosa, como el tamaño de la fosa por la actividad de la fosa (Wilson, 1972; citado por Blanco, 1991).

Según Arguissain (1992), al integrar el número de flores por panoja con el número de panojas por unidad de área, se obtiene el componente base que determina el número potencial de destinos. Este número de destinos resulta importante en la medida que su tamaño condiciona la actividad de la fuente; un reducido número de flores no permite que la actividad fotosintética se exprese en todo su potencial durante el período de llenado de grano, debido que una baja demanda de fotosintatos limita la fotosíntesis por retrocontrol.

Según Hay y Walker (1989), existieron trabajos en donde la demanda por asimilados de la fosa era baja, resultando en una acumulación de azúcares y almidón en la hoja, suprimiendo la fotosíntesis por un mecanismo de feed back. Estos autores dicen que la relación causal de la acumulación de carbohidratos y tasa de fotosíntesis aún no ha sido bien establecida, ni tampoco se sabe como se dan los mecanismos para que esto suceda. Sin embargo Venkateswarlu y Visperas (1987), creen que la fuente aparece como la limitante principal para altos rendimientos en arroz de climas tropicales y subtropicales, debido a la diferencia que hay entre número de granos y número de granos llenos. En climas templados, particularmente con japónicas, estos científicos sostienen que la fosa es el

factor limitante, a pesar de que todos los granos sean llenos, pero el alto porcentaje de granos llenos puede ser una característica varietal de las japónicas relacionado con una polinización efectiva durante la antesis.

Lafitte y Travis (1984), citado por Blanco (1991), mencionaron que el aumento de las tasas de intercambio de carbono, pueden asociarse con un incremento de la relación fosa fuente solamente cuando esas fueron alcanzadas por la reducción en el área foliar y aumentos concomitantes en el peso específico de hoja.

En cultivares modernos bajo prácticas de cultivo contemporáneas, frecuentemente más de 85% de los granos son llenados, pero niveles apreciables de carbohidratos no estructurales permanecen en las vainas de las hojas, sugiriendo que el tamaño de la fosa es inadecuado (Murata y Matsushima, 1975).

La capacidad de la fosa es gobernada por ciertas enzimas como fosforilasas y amilasas, basadas en niveles hormonales endógenos sobre los cuales poco es conocido (Venkateswarlu y Visperas, 1987). Recientemente Counce, Moldenhauer y Costello (1991), identificaron una enzima, la sucrosa fosfato sintetasa que puede ser crítica para la liberación de carbohidratos desde tallos para el llenado de granos.

Venkateswarlu y Visperas (1987), creen que la posibilidad de manipulación de potenciales de rendimiento se puede hacer a través del concepto fosa fuente y que el

sistema fosa fuente merece prioridad en la continuación de las investigaciones sobre cultivos.

2.2 COMPONENTES DE RENDIMIENTO

2.2.1 Aspectos generales

El rendimiento de grano en arroz (Ton/ha) puede ser expresado por la siguiente fórmula: $\text{panojas/m}^2 \times \text{granos/panoja} \times \text{peso de grano} \times \text{porcentaje de grano lleno} \times 10^{-5}$ (IRRI, 1977).

Según Tanaka (1976), citado por Blanco (1991), la producción de materia seca durante el período de llenado de grano es determinada por la habilidad potencial de la población fotosintetizante (fuente) y por la capacidad de los granos de aceptar los fotosintatos (fosa). La fosa es compuesta por: a) número de panojas por unidad de área de suelo, b) número de granos por panoja, c) porcentaje de granos llenos y d) tamaño individual de los granos o peso de grano.

El número de panojas es determinado predominantemente durante el período vegetativo, los granos por panoja y tamaño de grano durante la fase reproductiva o de desarrollo de la panoja y el porcentaje de granos llenos durante el desarrollo de la panoja y anthesis (Tanaka, 1976; citado por Blanco, 1991). El tamaño de fosa es determinado antes de la floración y tiene relativa importancia la influencia climática antes y después de la floración, dependiendo del clima el tamaño de fosa es o no limitante

para el rendimiento de grano (Yoshida y Parao, 1976; citado por Blanco, 1991).

El tamaño de fosa o capacidad de rendimiento en plantas de arroz depende del número total de granos por metro cuadrado y del tamaño promedio de los granos individuales, pero algunos científicos creen que esto es altamente determinado por el número de granos por metro cuadrado (Murata, 1976; Yoshida y Parao, 1976; citado por Blanco, 1991). Hay frecuentemente correlaciones negativas entre número de panojas y número de granos por panoja o entre número de granos por área de suelo y porcentaje de granos llenos o peso de grano debido a los efectos compensatorios. Por eso es necesario alcanzar el balance óptimo entre esos componentes de rendimiento dentro del potencial de la fuente (Tanaka, 1976; citado por Blanco, 1991).

En lo que respecta a la respuesta a la fertilización nitrogenada de los diferentes componentes, el más sensible es el número de panojas por metro cuadrado. El número de granos por panoja tiene poca variación que puede ser mayor si la densidad de plantas es muy diferente. El peso individual de grano es más o menos constante y característico de cada cultivar, excepto en condiciones en que haya una disminución importante en la duración de la canopia durante el llenado de grano. Las variaciones de rendimiento dentro de un cultivar están dadas principalmente por el producto de los dos primeros componentes, o sea el número de granos totales (Hay y Walker, 1989). Deambrosi y Méndez (1992), trabajando con

los cultivares Bluebelle, El Paso 48 y El Paso 144 con dosis de 0, 40, 80 y 120 kg de nitrógeno por hectárea, al analizar los componentes de rendimiento encontraron respuestas diferentes a los niveles de nitrógeno según la variedad. El Paso 144 tuvo una respuesta a dosis creciente de nitrógeno hasta 80 kg/ha para los componentes panojas/m², granos totales/m² y granos llenos/m², mientras que en Bluebelle y El Paso 48 estos componentes tuvieron una respuesta positiva hasta los 120 kg/ha. Con respecto a peso de 1.000 granos Bluebelle y El Paso 144 no respondieron a incrementos en la dosis de nitrógeno, mientras que El Paso 48 tuvo una respuesta positiva. En otros ensayos realizados el mismo año se encontraron respuesta al nitrógeno en rendimiento, que estuvo asociado a un incremento en el número de panojas y granos llenos/m².

Jones, Peterson y Geng (1979), 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 del llenado de grano 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 mil granos, y negativamente correlacionada con el número de panojas por metro cuadrado.

2.2.2 Número de panojas por metro cuadrado

Según Murata y Matsushima (1975), 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 muy influenciado por el suministro de nitrógeno y el nivel de radiación solar en el momento del 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 con estas características, panojas muy grandes favorecen el vuelco. Pero esta capacidad de macollaje también tiene su inconveniente, plantas que presentan un período de macollaje muy prolongado favorecen la formación de macollos infértiles. Estos macollos infértiles (menos de tres hojas al momento de diferenciación del primordio floral del tallo principal), 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. En un ensayo realizado en la Estación Experimental de Concepción del Uruguay, Argentina, se observó que la aplicación de fertilizante durante el macollaje tardío indujo a la planta a producir un alto número de macollos infértiles, generando además una disminución en el rendimiento (Arguissain, 1992). Una asociación negativa también fue hallada en el IIRRI entre el número de panojas/número máximo de macollos y el número de macollos al momento de diferenciación de la panoja. La selección de líneas con un bajo número de macollos improductivos permite que la materia seca producida sea dirigida con mayor eficiencia a la generación de rendimiento (Arguissain, 1992).

Fue reportado que el macollaje se incrementa con una temperatura mayor a 31°C. En un clima templado la radiación solar durante la fase vegetativa tiene un efecto favorable sobre el número de granos por metro cuadrado, a través de un aumento en el número de panojas por metro cuadrado (Murata, 1976; Stansel, 1975; citado por Blanco, 1991). Sin embargo, ni la temperatura ni la radiación solar durante el crecimiento vegetativo afectaron el número de granos por metro cuadrado en IRRI (Yoshida y Parao, 1976; citado por Blanco, 1991).

Según Hay y Walker (1989), la fertilización nitrogenada en los cereales causa un incremento en la densidad de población de tallos y/o tallos fértiles, con una dependencia de la dosis y el tiempo de aplicación. Consecuentemente con algunas excepciones, un incremento en la aplicación de nitrógeno entre 0 y 100 kg/ha incrementan la densidad de población de panojas en la cosecha en los ensayos realizados. En ensayos realizados por Deambrosi y Méndez (1992), se comprobó que el número de panojas por unidad de superficie se vio afectado positivamente por aplicaciones crecientes de nitrógeno entre 0 y 120 kg/ha.

2.2.3 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 los arrozces de clima templado), siendo el resultado de la diferencia entre el número de primordios diferenciados y la cantidad que degenera. El primero se ve sumamente afectado por el suministro de nitrógeno durante la diferenciación de la panoja (32-20 días antes del panojamiento en arrozces de

clima templado), mientras que el nivel de radiación solar y otros factores ambientales afectan a la última en el momento del estado de división reduccional (15-5 días antes de la espigazón) (Murata y Matsushima, 1975). La temperatura media y radiación solar durante el desarrollo de la panoja afecta el número de granos por panoja (Murata, 1976; Yoshida y Parao, 1976; citado por Blanco, 1991). Entre un rango moderado de 24 a 29°C la baja temperatura durante el estado reproductivo aparece como favorable para aumentar el número de granos. Yoshida y Parao (1976), citado por Blanco (1991), reportaron una correlación lineal negativa entre el número de granos por planta y la temperatura media diaria. La radiación solar durante la fase reproductiva está correlacionada positivamente con el número de granos por metro cuadrado y por panoja.

El número de granos está también lineal y positivamente correlacionado con la producción de materia seca durante la fase reproductiva, y parece estar unida con la producción fotosintética durante esta fase. La competición por asimilados durante los estadios tardíos de crecimiento de la panoja puede provocar la degeneración de granos anteriormente diferenciados y el tamaño final de la cáscara. Dicha competición puede ser crítica en determinar el número final de granos cuando el nivel de radiación solar es bajo (IRRI, 1977).

La influencia de la fertilización nitrogenada en el número de granos por panoja es normalmente positiva, pero dicho efecto tiende a ser más pequeño que sobre la densidad de panojas y puede no ser estadísticamente diferente o aún

negativa en algunos casos (Evans, 1977; citado por Hay y Walker, 1989). Estas diferencias son probablemente el resultado de interacciones entre cultivar y nitrógeno.

2.2.4 Porcentaje de esterilidad

El término porcentaje de esterilidad generalmente no es usado estrictamente y se refiere al porcentaje de granos infértiles más los granos parcialmente llenos. Panojas sombreadas durante el período de madurez tienen bajo porcentaje de granos llenos, no debido a un incremento de esterilidad sino al incremento de granos parcialmente llenos. Sin embargo temperaturas extremadamente bajas durante el desarrollo de la panoja, en el estado meiótico de la célula madre de polen, causa un abrupto incremento en la esterilidad. La radiación solar, parece afectar el llenado de grano y el porcentaje de granos llenos mayormente por el control de la actividad de la fuente, mientras que la temperatura entre un rango moderado parece afectar este componente controlando la capacidad de los granos de aceptar carbohidratos o la longitud del período de madurez. La tendencia del porcentaje de granos llenos de descender con el incremento del número de granos parece ser un carácter interno de la variedad (Yoshida y Parao, 1976; citado por Blanco, 1991).

Según De Souza (1990), las flores incompletas por esterilidad masculina ocurren por la dificultad de alimentación de las células durante la microsporogénesis. La baja fecundación por la inviabilidad del polen es la consecuencia del crecimiento retardado del tubo polínico. En el período de floración, la fecundación ocurre durante

el día (más intensamente entre las 10 y 14 horas), debiendo el polen llegar al óvulo en un período máximo de tres horas. Así que la ocurrencia de temperaturas bajas en este período podrá ocasionar un retardamiento en el crecimiento del tubo polínico y por lo tanto, su inviabilidad para fecundar el óvulo. Cuando esto sucede la panoja presenta una faja de granos estériles, ya que la fecundación dura aproximadamente una semana y se da desde el ápice hacia la base de la panoja. Por lo tanto, en el período de floración las temperaturas bajas durante la noche no son tan perjudiciales como las diurnas.

En un trabajo conducido en el Instituto Central de Investigación de Arroz en India, se trataron 15 cultivares con estrés lumínico (50%), durante el período de llenado de grano, en ellos se pudo observar que el porcentaje de esterilidad y el peso de grano resultan afectados, pero existen cultivares en donde los porcentajes de esterilidad aumentan muy poco por efecto del sombreado, esto se debe probablemente a que su capacidad de removilización permitió asegurar los destinos reproductivos, otras en cambio, si bien removilizaron, también el peso de mil granos se vio afectado, probablemente debido a una menor eficiencia fotosintética (Arguissain, 1992).

Para ensayos de fecha de siembra, ubicados en la Estación Experimental del Paso de la Laguna, Treinta y Tres, abarcando un rango de fechas de siembra del 11 de octubre al 4 de enero, para los años 1989/90 a 1992/93 se ajustaron ecuaciones para esterilidad sobre fecha de siembra y también se relacionó la temperatura media de 10

días prefloración y la temperatura media de floración (10 días luego del comienzo de floración), con la esterilidad resultante para los cultivares Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbal e INIA Tacuarí. Según Blanco, Perez de Vida y Roel (1993), El Paso 144 y Bluebelle incrementaron rápidamente su porcentaje de esterilidad en siembras posteriores a mediados de noviembre, mientras que INIA Yerbal mostró un leve aumento en la esterilidad, estimándose en un 21-24% en siembras extremadamente tardías, frente a 49-61% de El Paso 144. La esterilidad de INIA Tacuarí no estuvo significativamente asociada a la fecha de siembra, alcanzando una media de 14,9% en el período estudiado, con un máximo valor observado de 25%. Las regresiones entre esterilidad y temperatura media 10 días prefloración y temperatura media en floración con mayores ajustes se obtuvieron en los cultivares susceptibles Bluebelle y El Paso 144. Para INIA Tacuarí se ajustó una regresión en prefloración mientras que en floración la ocurrencia de bajas temperaturas no aumento significativamente la esterilidad. INIA Yerbal mostró un comportamiento inverso, con menor incidencia de las bajas temperaturas durante prefloración y mayor durante la floración. El destacado comportamiento de los nuevos cultivares INIA Yerbal e INIA Tacuarí en siembras tardías, con menor incidencia de esterilidad en los rendimientos, fue debido a una mayor tolerancia a bajas temperaturas en el período reproductivo.

2.2.5 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 grano, desde la antesis hasta la madurez (Hay y Walker, 1989).

La variabilidad en peso de grano entre los mismos cultivares fue descrita como muy restringida. El peso constante para un determinado cultivar se puede deber al tamaño de la cáscara rígida, determinado durante el crecimiento reproductivo. Por eso, de acuerdo con Yoshida y Parao (1976), citado por Blanco (1991), cuando el suministro de asimilados es adecuado (desde fotosíntesis o asimilados almacenados) muchos granos maduran y hay un excedente remanente en la paja. Cuando hay carencia de carbohidratos, algunos granos maduran a expensas de otros granos, alcanzando de ese modo un peso casi constante. Sin embargo Murata (1976), citado por Blanco (1991), registró que cuanto mayor es la temperatura durante el período más activo del llenado de grano el peso de grano es menor.

Según Hay y Walker (1989), el peso de grano puede ser afectado más por la duración que por la tasa de llenado de grano.

Como el grano está rígidamente encerrado en la lemma y palea cuyos tamaños quedan determinados unos cinco días antes de la antesis, no puede adquirir más tamaño que el permitido por la cáscara. El nivel de radiación durante las dos semanas previas a la antesis influye en el tamaño de las cáscaras (Murata y Matsushima, 1975).

Las variaciones que ocurren en componentes de rendimiento son complejas y frecuentemente correlacionadas,

pero los cultivares de arroz se diferencian marcadamente en el peso de mil granos, dicho componente tiene más alta heredabilidad que los otros. Chang y Vergara (1972), citado por Blanco (1991), reportaron que el peso de grano puede ser compensado prontamente por más granos por panoja o por más panojas, pero los cultivares que tienen bajo peso de grano usualmente tienen un techo de rendimiento más bajo que los de grano más pesado, bajo los sistemas de cultivo más favorables. Venkateswarlu y col.(1981), citado por Blanco (1991), encontró una asociación negativa del tamaño de grano (entre 15 y 30 gramos cada mil granos) con el número de granos y con el rendimiento en cultivares de ciclo largo. Esta asociación negativa entre tamaño de grano y número de granos aparece alrededor de 20-22 gramos por mil granos.

Hay una variabilidad en el peso de grano dentro de la misma panoja. Granos de alta densidad (gravedad específica mayor a 1,2) se encuentran mayormente en las ramificaciones primarias del arroz. La heredabilidad de los granos de alta densidad fue estimada en un 80%. Aumentando el porcentaje de granos de alta densidad por el decrecimiento de ramificaciones secundarias en la panoja se puede incrementar el rendimiento en grano. El número de granos de alta densidad puede inclusive mejorar con un mejor sistema de entrega de los asimilados, tal como haces vasculares y tallos gruesos. Panojas con más ramificaciones primarias y menos secundarias se pueden obtener sin reducir el total de granos por panoja (Mallik y col., 1988; citado por Blanco, 1991).

Deambrosi y Méndez (1992), encontraron una respuesta positiva en peso de 1.000 granos para el cultivar El Paso 48 trabajando con dosis creciente de nitrógeno desde 0 hasta 120 kg/ha, mientras que Bluebelle y El Paso 144 no tuvieron respuesta.

2.3 INDICE DE COSECHA

Siendo el índice de cosecha una medida de eficiencia del transporte de fotoasimilados para el grano (Ferraz, 1987), el mayor índice de cosecha obtenido por un cultivar demuestra una mayor eficiencia de conversión de productos sintetizados en material de importancia económica. Según Donald y Hamblin (1976), citado por Paranhos, Marchezan y Costa Dutra (1991), el éxito en el aumento en el rendimiento del arroz está relacionado con mayores índices de cosecha de los cultivares modernos, con pequeña variación en la acumulación de materia seca, en comparación con los cultivares tradicionales.

Según Arguissain (1992), ante la imposibilidad de aumentar el tamaño de panoja, disminuir el tamaño de planta fue una alternativa para aumentar la producción, pero fue necesario generar plantas con alta eficiencia fotosintética para mantener la relación fosa fuente. La estructura de plantas con hojas erectas fue determinante para tal fin.

2.4 CALIDAD INDUSTRIAL

Uno de los criterios mas importantes de calidad del arroz cáscara, es el rendimiento de 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 molinado. Si se hace una determinación de rendimiento de molino, una alta cantidad de granos quebrados es indicativo de una baja calidad, mientras un alto porcentaje de granos enteros es indicativo de alta calidad. El precio que reciben los productores por su arroz esta basado en el rendimiento de molino.

Estudios realizados por Desikachar y col. (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 grano en estado de masa.

Se considera como blanco total a la suma de los granos enteros y quebrados producto del proceso de molienda. El menor rendimiento en porcentaje de arroz blanco del arroz inmaduro es atribuido a que tiene un más alto porcentaje de cáscara y a que son más susceptibles durante el proceso de molinado (descascarado y blanqueado) a ser pulverizados (Montenegro y col., 1975; citado por Acosta 1988).

Si el arroz es cosechado con una humedad superior al 20 - 25%, se encuentran muchos granos inmaduros en la porción inferior de la panoja, que van a ser yesosos y quiebran en el molino. Cuando la cosecha se realiza con un contenido de humedad menor al 18%, los granos son

susceptibles a agrietarse o quebrarse, resultando en un menor rendimiento de granos enteros. Las grietas o fracturas en el grano son causadas por las variaciones extremas de temperatura acompañadas por la alternancia de mojado por rocío y secado por el sol. El fisurado del grano esta siempre relacionado al contenido de humedad en la cosecha.

Larrea y Sánchez (1970), citado por Acosta (1988), indican que las variedades que poseen diferentes zonas tizosas, denominadas panza blanca, centro blanco o dorso blanco, pueden quebrarse con mayor facilidad debido a que en estas zonas existe una menor densidad de moléculas de almidón, lo que representa una debilidad estructural. Bhashyan y col. (1982), citado por Acosta (1988), informa que incrementando el nivel de nitrógeno en el suelo de 75 a 175 kg/ha se redujo la proporción de granos panza blanca, porcentaje de granos fisurados y porcentaje de quebrado en el molino. Sin embargo según Chebataroff y col. (1981), el rendimiento industrial está afectado principalmente por las condiciones ambientales en el momento de la maduración, por lo que la incidencia de la fertilización en el mismo es variable en los años, y a menudo relacionada con fechas de siembra y duración del ciclo de cultivo.

Webb (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, en determinado medio ambiente, hacia la obtención de variedades con los menores porcentajes de yesosos posibles.

3 MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACION

El estudio fue realizado en el Campo Experimental Paso de la Laguna de la Estación Experimental del Este (INIA Treinta y Tres) a 28 km al Este de la ciudad de Treinta y Tres.

Latitud 33° 14' Sur

Longitud 54° 22' Oeste

Altitud 25 m.s.n.m.

El suelo sobre el cual se implantó el ensayo corresponde a un Solod Melánico/Ocrico, Unidad La Charqueada, según la clasificación de la Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes.

3.2 DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO

Se evaluaron un grupo de seis cultivares de arroz, en dos niveles de fertilización, realizándose muestreos en etapas fenológicas definidas: macollaje (M), primordio (P), 50% de floración (F), llenado de grano temprano (F+12), y madurez fisiológica (MF), dividiéndose la muestra en los diferentes órganos de la planta, determinándose materia seca y área foliar. A partir de estas mediciones básicas se calculó la tasa de crecimiento del cultivo, y la tasa de asimilación neta para cada etapa de desarrollo, así como la curva de crecimiento de cada cultivar. En algunos momentos fenológicos además se calculó peso específico de hoja y tasa de crecimiento de la panoja. En el muestreo de

madurez fisiológica se evaluaron los componentes de rendimiento. Las parcelas fueron cosechadas determinándose rendimiento, índice de cosecha y calidad industrial.

Los cultivares utilizados fueron:

- Bluebelle: tipo grano largo americano, ciclo medio, 91 días de siembra a floración, con hojas semierectas, una altura media de 104 cm y un rendimiento medio de 7.227 kg/ha.
- El Paso 48: tipo grano largo americano, ciclo medio, 93 días de siembra a floración, con hojas semierectas, una altura media de 101 cm y un rendimiento medio de 7.367 kg/ha.
- El Paso 144: tipo tropical, ciclo largo, 102 días de siembra a floración, planta de tipo semienana, de alto macollaje con hojas erectas pilosas, una altura media de 91 cm y un rendimiento medio de 8.554 Kg/ha.
- INIA Yermal: tipo grano largo americano, ciclo corto, 85 días de siembra a floración, planta de tipo moderno, con hojas erectas glabras, una altura promedio de 88cm y un rendimiento medio de 7.748 kg/ha.

- INIA Tacuarí: tipo grano largo americano, ciclo corto, 87 días de siembra a floración, planta de tipo moderno, con hojas erectas glabras, una altura promedio de 84 cm y un rendimiento medio de 8.972 kg/ha.
- Línea 813: tipo grano largo americano, ciclo semitardío, 95 días de siembra a floración, planta de tipo semienano con hojas erectas, una altura media de 79cm y un rendimiento medio de 7.629 kg/ha.

Se realizó un laboreo convencional, obteniéndose una cama de siembra adecuada. El ensayo fue sembrado el día 13 de noviembre de 1992, con una densidad de 180 kg/ha, corregido por porcentaje de germinación. La siembra se realizó en línea, con sembradora experimental marca Hege 90 de seis hileras y 20 cm entre hileras. La emergencia comenzó el 25 de noviembre de 1992.

Se realizó una fertilización basal de 130 kg/ha de 13-46 (17 kg de nitrógeno y 60 kg de P2O5) y luego una fertilización en cobertura con dos niveles diferentes de nitrógeno: nivel 1, con 20 kg de nitrógeno (urea) en macollaje y en primordio; nivel 2, con 35 kg de nitrógeno (urea) en macollaje y en primordio.

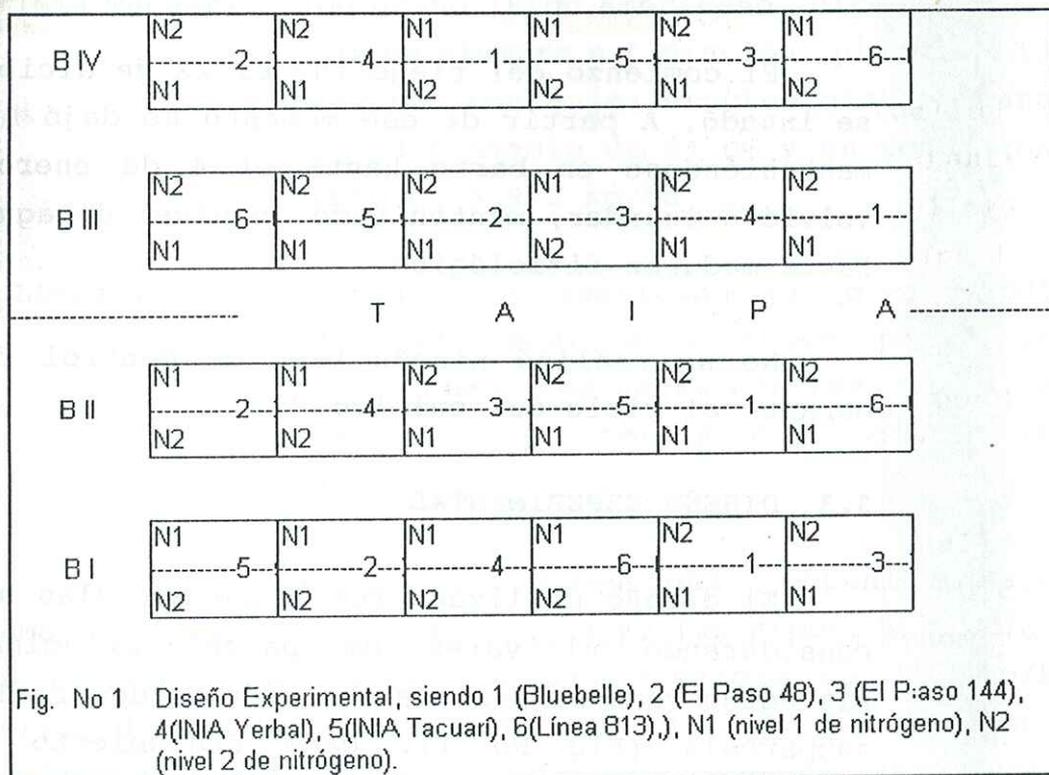
El control de malezas fue realizado con una aplicación de Facet el 21 de diciembre, con una dosis de 780 g/ha y una aplicación de Basagran el 29 de diciembre, con una dosis de 3 litros/ha.

El comienzo del riego fue el 22 de diciembre, cuando se inundó. A partir de ese momento se dejó bajar el agua manteniéndose en barro hasta el 4 de enero, cuando se volvió a inundar, manteniendo un nivel de agua permanente hasta madurez fisiológica.

No se realizó ningún tipo de control fitosanitario durante el ciclo del cultivo.

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño utilizado fue el de parcelas subdivididas, considerando cultivares como parcela principal, nivel de nitrógeno como subparcela y estado de desarrollo como sub-subparcela (Fig No 1), cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones. La parcela principal tenía 7 metros de largo y 2,4 m de ancho, mientras que cada subparcela medía 3,5 m de largo y 2,4 m de ancho. Las sub-subparcelas corresponden a los diferentes estados fenológicos de los cultivares en los cuales se hicieron los muestreos: macollaje (M), primordio (P), 50% de floración (F), llenado de grano temprano (F+12) y madurez fisiológica (MF).



3.4 DETERMINACIONES Y REGISTROS

Antes de comentar como fueron realizadas las determinaciones y registros, es importante hacer una precisión sobre el cultivar Línea 813, el cual mostró un gran número de plantas atípicas, que no respondían a su ideotipo característico. Por lo tanto los resultados obtenidos no son característicos del cultivar, ya que las plantas atípicas mostraron un mayor vigor, desarrollo y altura.

3.4.1 Durante el ciclo de crecimiento.

3.4.1.1 Evolución del macollaje. Con la finalidad de seguir la evolución del número de macollos durante el desarrollo se realizaron siete registros: el 16 de diciembre, el 30 de diciembre y el 5 de enero para todos los cultivares y luego en fechas diferentes para cada cultivar según cuando alcanzaban las siguientes etapas fenológicas: primordio, 50 % floración, 12 días post 50% floración y madurez fisiológica.

El seguimiento del número de macollos se realizó en dos lugares fijos, cada uno de ellos de un metro, ubicados dentro de cada subparcela, dentro de los surcos denominados B (Fig. No 2), estos lugares fueron elegidos como representativos y promediales de la subparcela. Los dos registros obtenidos en cada subparcela fueron promediados y multiplicados por cinco para obtener el número de macollos promedio por metro cuadrado de cada subparcela.

3.4.1.2 Evolución del número de panojas. El seguimiento del número de panojas se realizó en el mismo lugar en donde se evaluó el número de macollos, obteniéndose de igual forma dos registros por subparcela, que fueron promediados y multiplicados por cinco para obtener número de panojas por metro cuadrado. Las determinaciones para cada cultivar se hicieron en tres momentos diferentes: 50% de floración, 12 días post 50% floración y madurez fisiológica.

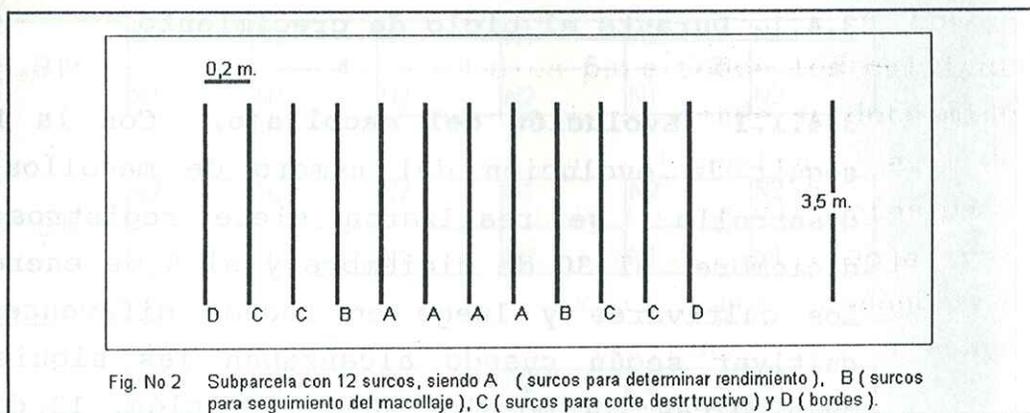


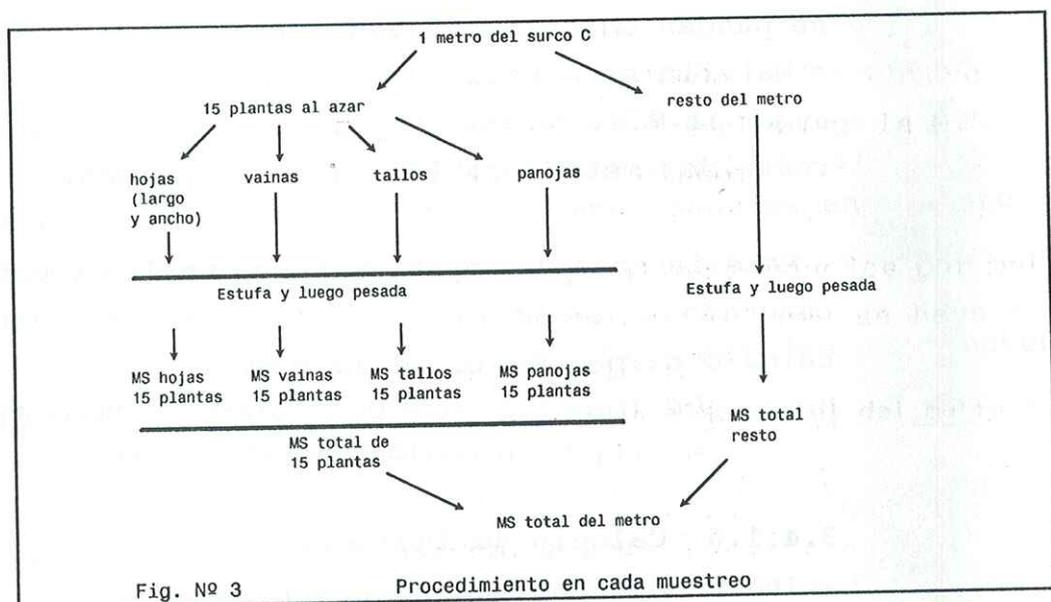
Fig. No 2 Subparcela con 12 surcos, siendo A (surcos para determinar rendimiento), B (surcos para seguimiento del macollaje), C (surcos para corte destructivo) y D (bordes).

3.4.1.3 Evolución de la altura. Se hicieron determinaciones en los siguientes momentos: macollaje, primordio, 50% floración y 12 días post 50% floración, en madurez fisiológica se asumió que las plantas tenían igual altura que en el último momento.

Se usó una regla específica para medir altura de plantas, se tomó la distancia desde la base contra el suelo hasta la hoja más alta extendida, y luego hasta la punta de la panoja más alta durante el período reproductivo. En cada subparcela se hicieron ocho mediciones, promediándolas luego entre sí, obteniéndose de esta forma la altura promedio de cada subparcela.

3.4.1.4 Evolución de la materia seca. Dentro de cada subparcela en los cuatro surcos destinados a realizar los muestreos destructivos, surcos C (Fig. No 2), se eligió un metro representativo y se cortó con hoz al ras del suelo sin la raíz, esto se repitió durante cinco momentos:

macollaje, primordio, 50% floración, 12 días post 50% floración y madurez fisiológica para todos los cultivares. La muestra se llevó a laboratorio en donde se determinó el número de macollos, y se sacó una submuestra al azar de 15 tallos, a los cuales se los separó en sus distintas partes: hoja y vaina en los dos primeros muestreos y hoja, vaina, tallo y panoja en los otros tres. Estos componentes se colocaban en un sobre de papel individual y se llevaban a estufa a 100°C hasta lograr 0% de humedad. El resto de la muestra no sufrió alteraciones siendo que se colocaba en una caja e iba directamente a estufa en igual condición que las submuestras. Luego todas se pesaron en balanza electrónica marca Sartorius Universal determinándose hasta décima de gramo, obteniéndose de esta manera la materia seca de hojas, vainas, tallos y panojas de 15 plantas (Fig. No 3).



La materia seca total del metro, se obtuvo de sumar la materia seca de todos los componentes de las 15 plantas muestreadas mas la materia seca del resto del metro.

El muestreo en madurez fisiológica se hizo en uno de los metros en que se hizo el seguimiento de la evolución del macollaje (surco B) y no en los surcos destinados a los muestreos destructivos (surcos C).

3.4.1.5 Evolución del área foliar. A las mismas hojas de las 15 plantas muestreadas al azar a las cuales se le determinó materia seca, se les midió el largo y el ancho, el producto de ambas medidas se multiplicó por el coeficiente 0,802 obteniéndose así el área foliar de las 15 plantas.

A partir de los registros y determinaciones anteriores se pueden calcular nuevas variables :

- Materia seca total por metro cuadrado - Se obtuvo de sumar la M.S. de las 15 plantas muestreadas mas la M.S. del resto del metro multiplicadas por cinco.

- Materia seca de hojas, vainas, tallos y panojas por metro cuadrado - La mejor forma de demostrar como se hace este cálculo es por medio de un ejemplo :

$$\text{M.S. hoja/m}^2 \text{ (kg)} = \frac{\text{M.S. hoja de 15 plantas} * \text{M.S. total del metro} * 5}{\text{M.S. total de 15 plantas}}$$

3.4.1.6 Calculo de índices.

- Índice de área foliar (IAF) -

$$\text{IAF (m}^2 \text{ hoja/m}^2 \text{ suelo)} = \frac{\text{A.F. 15 plantas} * \text{M.S. total del metro} * 5}{\text{M.S. total de 15 plantas}}$$

- Peso específico de hoja (PEH) -

$$\text{PEH (kg M.S. hoja/m}^2 \text{ hoja)} = \frac{\text{M.S. hojas de 15 plantas}}{\text{A.F. de 15 plantas}}$$

- Tasa de crecimiento del cultivo (TCC) -

$$\text{TCC (g/m}^2 \text{/día)} = \frac{(1/\text{GA}) * (\text{M.S.T2} - \text{M.S.T1})}{(\text{T2} - \text{T1})}$$

siendo GA= área de suelo

M.S.T1 y M.S.T2 = materia seca total momento 1 y 2 respectivamente. T1 y T2 = días de ciclo al momento 1 y 2 respectivamente

- Tasa de asimilación neta (TAN)

$$\text{TAN (g/m}^2 \text{/día)} = \frac{(\text{M.S.T2} - \text{M.S.T1})}{(\text{T2} - \text{T1}) * (\text{Ln AF2} - \text{Ln AF1}) / \text{AF2} - \text{AF1}}$$

siendo AF1 y AF2= área foliar en momento 1 y 2 respectivamente.

- Tasa de crecimiento de la panoja (TCP)

$$\text{TCP (g/m}^2 \text{/día)} = (1/\text{GA}) * (\text{M.S.P2} - \text{M.S.P1}) / (\text{T2} - \text{T1})$$

siendo M.S.P1 y M.S.P2= materia seca panojas en momento 1 y 2 respectivamente.

El IAF y la TCC se calcularon para los siguientes períodos:

- 1- emergencia hasta macollaje
- 2- macollaje hasta primordio
- 3- primordio hasta 50% de floración
- 4- 50% de floración hasta 12 días post 50% de floración
- 5- 12 días post 50% de floración hasta madurez fisiológica

La TAN se calculó solo para los últimos cuatro períodos, y la TCP para los últimos tres períodos. El PEH no se calculó en el último período para evitar errores causados por las diferentes senescencias de hojas observadas en los cultivares durante la madurez.

Se calculó la TCC, TAN Y TCP promedio diario para todo el ciclo, o sea la TCC promedio desde emergencia a madurez, TAN promedio desde macollaje hasta madurez y TCP promedio desde el primordio hasta madurez.

3.4.2 En madurez fisiológica.

3.4.2.1 Rendimiento . Se obtuvo de la siguiente manera: los cuatro surcos centrales (surcos A) de cada subparcela, se desbordaron 0,25 m de ambos lados, quedando cuatro surcos de tres metros, los cuales se cortaron con hoz y se trillaron con máquina marca Almaco. El grano obtenido se limpio con zaranda y ventilador y se secó hasta 13% de humedad con secador marca Satake. Luego de secado se peso en balanza electrónica marca Sartorius Universal, obteniéndose valores hasta décimas de gramos. El valor obtenido determinó el rendimiento de cuatro surcos de la subparcela, para obtener el valor de rendimiento por hectárea se usó la siguiente formula:

$$\text{kg/ha} = \frac{\text{kg de subparcela} * 10.000 \text{ m}^2}{2,4 \text{ m}^2}$$

El cálculo del área de la subparcela que fue cosechada se hizo de la siguiente forma: se multiplicó el largo de los surcos (3 m), por el ancho de los cuatro que es 0,8 m.

3.4.2.2 Componentes de rendimiento. A partir de las panojas de las 15 plantas muestreadas al azar en madurez fisiológica se determinó :

- número de granos totales
- número de granos llenos
- número de granos parcialmente llenos
- número de granos estériles
- porcentaje de esterilidad
- peso de 1.000 granos con 0% de humedad

Estas panojas se trillaron a mano, luego se paso por un separador de grano marca Kiya Seisakusho obteniéndose de esta forma granos llenos, parcialmente llenos y estériles. Luego se los pasó por un contador de granos marca Kiya Seisakusho, obteniéndose así el número de granos. Para obtener estas variables por panoja se dividió por el número de panojas de la muestra.

Para obtener las primeras cuatro variables relacionadas por metro cuadrado, se multiplica el valor de cada una de ellas por panoja, por el número de panojas que tenía ese metro, multiplicadas por cinco que es el número de surcos que hay en un metro.

Porcentaje de esterilidad se obtuvo de dividir número de granos estériles entre número de granos totales, multiplicados por 100.

Para obtener el peso de 1.000 granos con 0% de humedad se contaron en la máquina 1.000 granos llenos elegidos al azar y luego se pesaron. El peso de 1.000 granos con 13% de humedad se obtuvo sacando una muestra al azar de

aproximadamente 200 g del arroz en el cual se midió rendimiento de la subparcela luego de secado, y de ahí, se contaron 1.000 granos llenos los cuales se pesaron.

3.4.2.3 Rendimiento potencial y relación fosa fuente. El rendimiento potencial o tamaño de fosa en floración fue estimado como: panojas/m² * granos totales/panoja * peso de grano.

La relación fosa fuente fue calculada por tres procedimientos distintos:

- a) relación 1 = rendimiento potencial / IAF en 50% floración
- b) relación 2 = rendimiento / IAF en 50% floración
- c) relación 3 = rendimiento / IAF en 50% floración + 12 días.

3.4.2.4 Calidad industrial. Del arroz en el cual se midió rendimiento de la subparcela, se sacó una muestra de aproximadamente 200 g, la cual fue entregada al laboratorio del INIA Treinta y Tres, en donde se hicieron los análisis de calidad industrial, obteniéndose de esta forma los resultados de blanco total, entero, quebrado, panza blanca y manchado de cada subparcela.

3.4.2.5 Índice de Cosecha. De cada subparcela se muestrearon dos metros que son los mismos en los cuales se hizo el seguimiento de la evolución del macollaje durante el ciclo. Se trillaron con máquina marca Almaco, el rendimiento en grano obtenido se pesó en balanza electrónica. Este valor obtenido dividido la materia seca total de los dos metros sumados nos da el índice de cosecha.

3.5 ANALISIS ESTADISTICO

Para realizar el análisis se uso el programa MSTAT. Dentro de este se uso Factor Factorial, Analisis de varianza .

Para las variables medidas solo en madurez fisiológica se usó el modelo de análisis de varianza, Factor Factorial con parcelas divididas (Fig. No 4). Las mínimas diferencias significativas dentro de cada variable se obtuvieron a partir de la separación de medias en ese mismo programa.

Para las variables medidas durante la evolución del cultivo se usó el modelo de análisis de varianza, Factor Factorial, parcelas subdivididas (Fig. No 5). Las mínimas diferencias significativas con $P= 0,05$ cuando se encontraron interacciones se obtuvieron con la siguiente formula ejemplificada para la interacción cultivar por momento (AC) (Petersen, 1985).

$$df = \frac{ab (r-1) (a-1) [(c-1) CMeABC + CMeA]^2}{[(a-1) (c-1) (CMeABC)^2 + ab(CMeA)^2]}$$

donde: a- es el número de cultivares

b- los niveles de nitrógeno

c- momentos fenológicos de muestreo

CMeA- cuadrado medio del error de A

CMeABC- cuadrado medio del error de la interacción ABC

El valor obtenido de esta formula son los grados de libertad con los cuales se entra a la tabla t de Student. El valor obtenido de tabla se multiplica por el resultado

de la siguiente formula para obtener la mínima diferencia significativa:

$$\sqrt{\frac{2 [(c-1) CMeABC + CMeA]}{r b c}}$$

donde: r- es el número de repeticiones

Para las variables que se midieron durante el ciclo y en el mismo lugar, como la evolución del macollaje y el número de flores, para determinar cuando las diferencias fueron significativas se calculó un F crítico, que fue sacado de la tabla de distribución F acumulativa, ingresando a ella con los grados de libertad obtenidos de dividir los grados de libertad de C, AC, BC y ABC por los grados de libertad de C. En los casos en que el F crítico fue menor al F calculado es que hay un efecto significativo al 5% (Apéndice, Cuadro No 2a).

Valor de K	Fuente	Grados de libertad
1	Rep	r-1
2	A	a-1
3	Error	(r-1)(a-1)
4	B	b-1
6	AB	(a-1)(b-1)
	Error	a(b-1)(r-1)

Fig. No 4 Modelo de análisis de varianza, Factor factorial con parcelas divididas siendo A (cultivar) y B (nivel de nitrógeno).

Valor de K	Fuente	Grados de libertad
1	Rep	$r-1$
2	A	$a-1$
3	Error	$(r-1)(a-1)$
4	B	$b-1$
6	AB	$(a-1)(b-1)$
7	Error	$a(b-1)(r-1)$
8	C	$c-1$
10	AC	$(a-1)(c-1)$
12	BC	$(b-1)(c-1)$
14	ABC	$(a-1)(b-1)(c-1)$
	Error	$ab(c-1)(r-1)$

Fig. No 5 Modelo de análisis de varianza, Factor factorial, parcelas subdivididas siendo A (cultivar), B (nivel de nitrógeno) y c (momento)

4 RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 FISIOLOGIA DE LOS CULTIVARES DURANTE EL CICLO.

4.1.1 Aspectos generales de los factores externos que influyen en el desarrollo del cultivo.

4.1.1.1 Factores climáticos. En general no hubo grandes diferencias con respecto a la serie histórica desde 1972 a 1992. Lo mas destacable con respecto a esta serie histórica fueron las mayores precipitaciones ocurridas en la zafra 1992-93 durante el mes de febrero y las menores durante el mes de noviembre, la cual permitió la siembra en época adecuada (Apéndice, Cuadro No 1a). Estas bajas precipitaciones en el mes de noviembre conjuntamente con temperaturas mínimas promedio menores con respecto a la serie histórica, determinó un ambiente poco favorable para el desarrollo de las primeras etapas fenológicas de las plantas.

Las temperaturas menores de 15°C entre las 10 y 14 horas previa y durante la floración son muy importantes por el efecto negativo que tienen, provocando un incremento en la esterilidad. En los meses de enero, febrero y marzo no hubo ningún día en que esto sucediera. Se produce también un incremento en la esterilidad cuando se dan temperaturas extremadamente bajas durante el desarrollo de la panoja, en el estado meiótico de la célula madre de polen. Durante el período previo a la floración y durante la floración hubieron cinco días con temperaturas mínimas inferiores a 13°C, principalmente durante la floración de los cultivares de ciclo medio y largo (Fig. No 24 y 25).

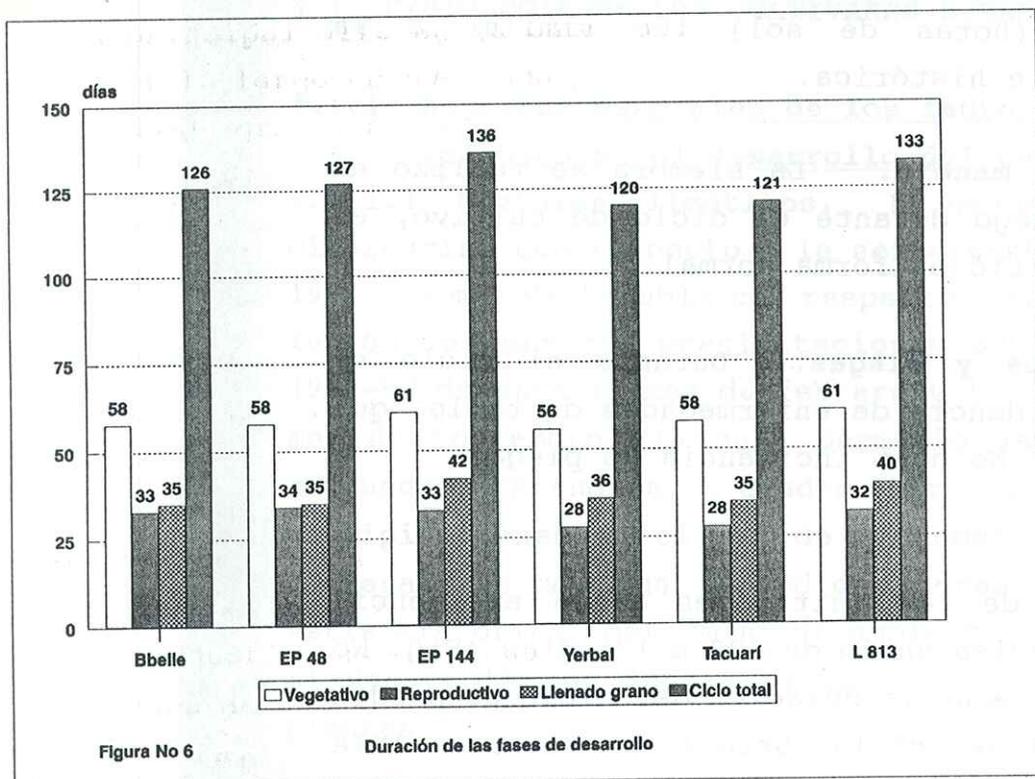
La heliofania (horas de sol) fue similar a la registrada en la serie histórica.

4.1.1.2 Factores de manejo. La siembra se realizó en fecha adecuada, y luego durante el ciclo de cultivo, el manejo del riego ocurrió en forma normal.

4.1.1.3 Enfermedades y plagas. Durante el ciclo se detectó una baja incidencia de enfermedades de tallo, que no afectó al cultivo. No hubo incidencia de plagas.

4.1.2 Fenología .

El ciclo total de los cultivares desde emergencia hasta madurez fisiológica varió de 120 a 136 días (Fig. No 6). Estos cultivares según la duración del ciclo se pueden clasificar en tres tipos: ciclo corto (INIA Yerbal e INIA Tacuarí), ciclo medio (Bluebelle y El Paso 48) y ciclo largo (El Paso 144 y Línea 813).



La duración de la fase vegetativa, que abarca desde emergencia hasta iniciación de primordio floral, fue similar entre los cultivares de ciclo corto y ciclo medio, siendo que en los cultivares de ciclo largo esta fase duró tres días más.

En el período reproductivo, que va desde la iniciación del primordio floral hasta 50% de floración, fue donde se encontraron las diferencias entre los cultivares de ciclo corto y ciclo medio, estas fueron las determinantes de las diferencias en la duración total del ciclo entre ambas, que fue de 5 a 6 días. En este período los cultivares de ciclo medio y ciclo largo fueron similares.

La principal diferencia entre los cultivares de ciclo medio y ciclo largo estuvo dada por la duración de la etapa de llenado de grano, que va desde 50% de floración hasta la madurez fisiológica, en donde se observó que en los cultivares de ciclo largo esta fase duró 5 días más en la Línea 813 y 7 días más en El Paso 144.

Por lo tanto la variabilidad en la duración total del ciclo estuvo determinada fundamentalmente por la longitud de la fase reproductiva y de llenado de grano, opuesto a lo que menciona la bibliografía, que considera la fase vegetativa como la responsable de la mayor parte de las diferencias en ciclo entre variedades, mientras que la etapa reproductiva se menciona como relativamente constante y a la etapa de llenado de grano como una constante de cada área arrocera.

De los resultados obtenidos se concluye que los cultivares de ciclo corto requieren un período de inundación menor, aproximadamente 5 y 8 días con respecto a los cultivares de ciclo medio y largo respectivamente. Los de ciclo largo, requieren apenas tres días más que los medios, ya que sus principales diferencias con estos es en la etapa de llenado de grano tardío donde el cultivo no tiene necesidad de estar inundado.

4.1.3 Evolución del macollaje.

Del análisis de varianza (Apéndice, Cuadro 2a) surge que hay una tendencia significativa al 8% que los tratamientos con el nivel más alto de nitrógeno tengan un mayor número de macollos, pero no hay una interacción

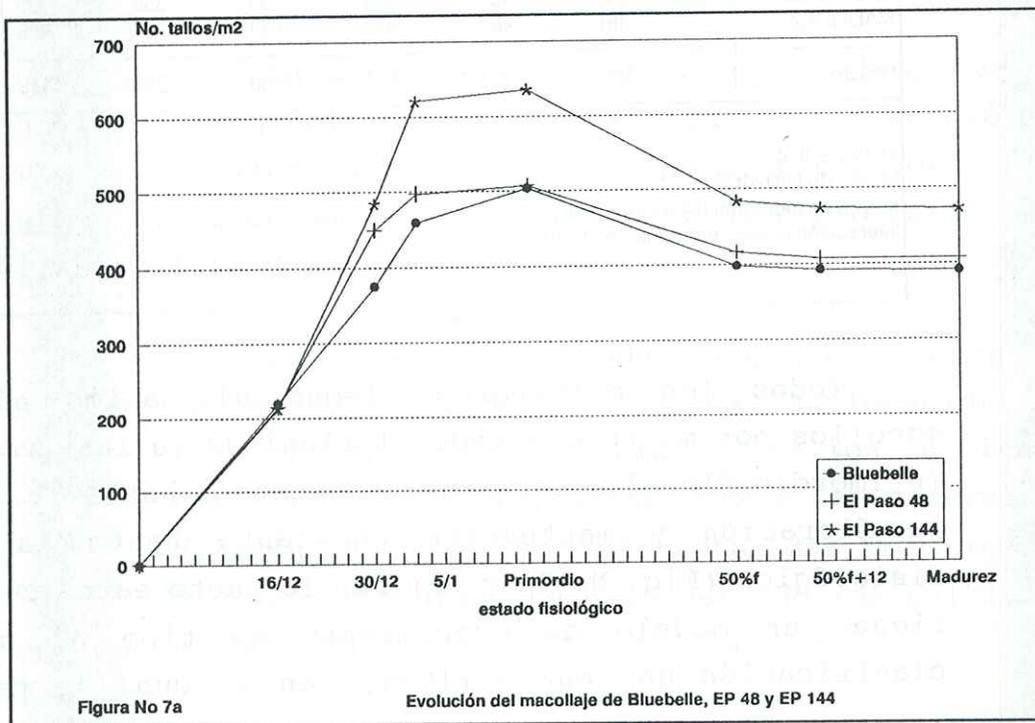
significativa cultivar con nivel de nitrógeno. Se encontró un efecto significativo ($P= 0,05$) para la variable momento y la interacción variedad por momento. El coeficiente de variación fue de 8,1%. La mínima diferencia significativa (MDS) para la interacción cultivar por momento fue de 81,9 macollos por metro cuadrado (Cuadro No 1).

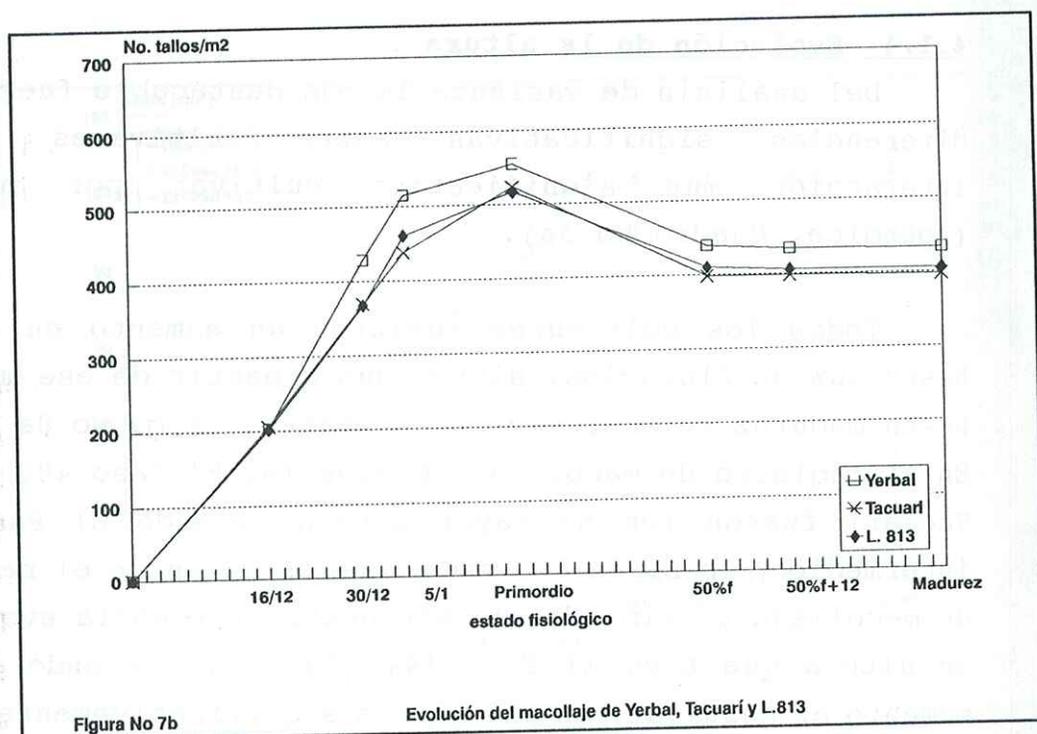
Cuadro No 1		Número de macollos en diferentes momentos, promedio para ambos niveles de nitrógeno (No/m ²).					
	B.BELLE	E.P. 48	E.P. 144	YERBAL	TACUARI	L. 813	MEDIA
	No/m ²						
16 DICIEMBRE	220	215	213	203	206	202	210
30 DICIEMBRE	375	449	484	428	369	367	412
5 ENERO	459	497	621	515	438	461	498
PRIMORDIO	504	507	636	555	524	517	540
50% FLORACIO	398	416	484	439	398	410	424
50%+ 12 DIAS	392	407	474	434	398	406	419
MADUREZ	391	407	473	433	397	406	418
MEDIA	391	414	484	430	390	395	417
MDS P = 0,05 Media de cultivar (A) = 77 Media de momento (C) = 13,6 Interacción cultivar momento (AC) = 81,9							

Todos los cultivares llegan al máximo número de macollos por metro cuadrado al final de la fase vegetativa (primordio floral), para luego descender hasta el inicio de la floración y mantenerse constante hasta la madurez fisiológica (Fig. No 7a y 7b). Por lo tanto estos cultivares tienen un modelo de crecimiento de tipo A, según la clasificación de Tanaka (1976), en el cual la panoja se

inicia prontamente luego del estadio de máximo número de macollos, o sea están bien divididas las fases vegetativa y reproductiva.

A partir del segundo registro es donde se observaron algunas diferencias significativas entre los cultivares, siendo El Paso 144 significativamente mayor a INIA Tacuarí, línea 813 y Bluebelle. Las diferencias significativas de El Paso 144 con respecto a los demás cultivares se da durante la época de pleno macollaje y se mantiene hasta primordio. En 50% de floración El Paso 144 es significativamente mayor que INIA Tacuarí y Bluebelle, luego en la etapa de llenado de grano y madurez fisiológica no se encontraron diferencias significativas entre todos los cultivares (Cuadro No 1).





El cálculo de porcentaje de macollos fértiles (macollos que dan panoja) surge de dividir el número de panojas por metro cuadrado sobre el número de macollos por metro cuadrado en el momento de máximo macollaje. Se destacó El Paso 144 el cual tuvo el menor valor para esta variable (Cuadro No 2).

Bluebelle	El Paso 48	El Paso 144	Yerbal	Tacuarí	L.813
74,4	73,9	70,3	75,1	72,3	73,5

4.1.4 Evolución de la altura .

Del análisis de varianza lo más destacable fueron las diferencias significativas entre cultivares y la interacción muy significativa cultivar por momento (Apéndice, Cuadro No 3a).

Todos los cultivares tuvieron un aumento en altura hasta 50% de floración, siendo que a partir de ese momento hasta madurez se mantuvieron constantes (Fig. No 8a y 8b). En el registro de macollaje, Bluebelle, El Paso 48, e INIA Tacuarí fueron los de mayor altura, siendo El Paso 144 intermedio y la Línea 813 menor que este. Entre el registro de macollaje y primordio lo más destacable es la evolución en altura que tuvo El Paso 144 (26,9 cm), siendo en ese momento el cultivar con una altura significativamente mayor a los demás (Cuadro No 3). En el período entre primordio y 50% de floración vuelve a destacarse El Paso 144, pero por ser en este período el que tiene un menor aumento en altura, los que tienen una mayor evolución son los ciclos intermedios (Bluebelle y El Paso 48). Al final del ciclo Bluebelle y El Paso 48 son significativamente más altos que todos los demás, INIA Yerbál intermedio, El Paso 144 e INIA Tacuarí similares entre sí y menores que INIA Yerbál y la Línea 813 significativamente menor a todos. Estos resultados fueron similares a los promedios obtenidos por los distintos cultivares a través de los años en la Estación Experimental del Este.

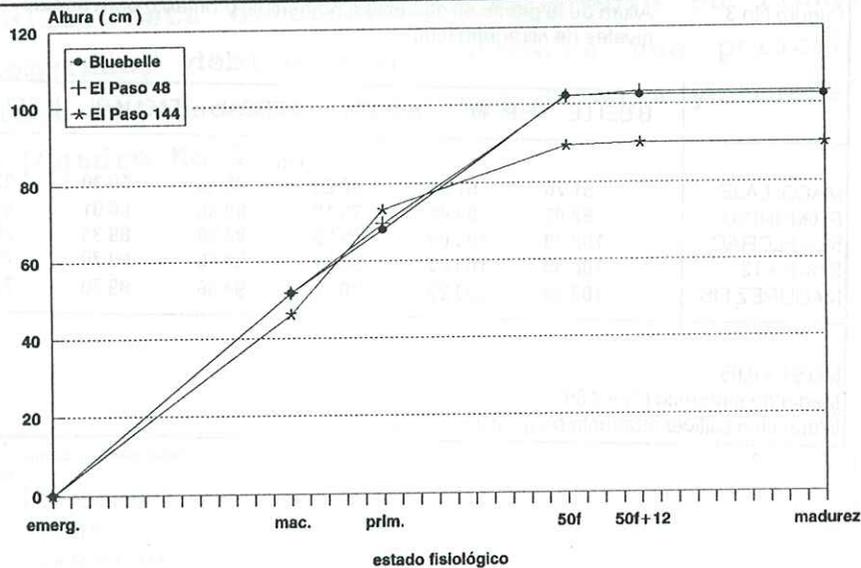


Figura No 8a

Evolución de la altura de Bluebelle, EP 48 y EP 144

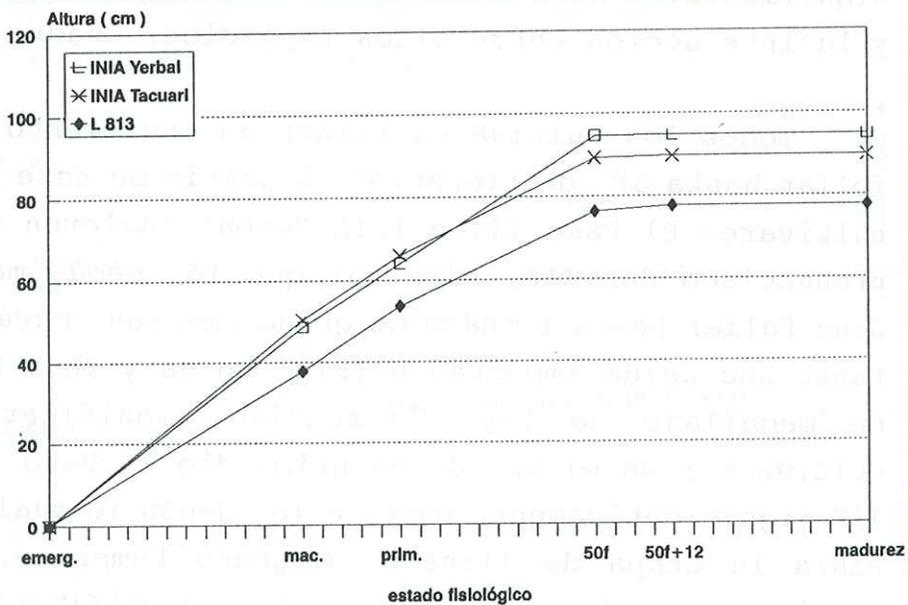


Figura No 8b

Evolución de la altura de Yermal, Tacuarí y L.813

Cuadro No 3		Altura de la planta en diferentes momentos, promedio para ambos niveles de nitrógeno (cm).					
	B.BELLE	E.P. 48	E.P. 144	YERBAL	TACUARI	L. 813	MEDIA
	cm						
MACOLLAJE	51.76	51.24	46.28	48.46	50.30	37.74	47.63
PRIMORDIO	67.98	69.46	73.19	63.95	66.01	53.66	65.71
50% FLORAC.	102.29	102.04	89.56	94.58	89.33	76.40	92.37
50% F.+ 12	102.49	103.23	90.21	94.66	89.70	77.68	92.99
MADUREZ FIS.	102.49	103.23	90.21	94.66	89.70	77.68	92.99

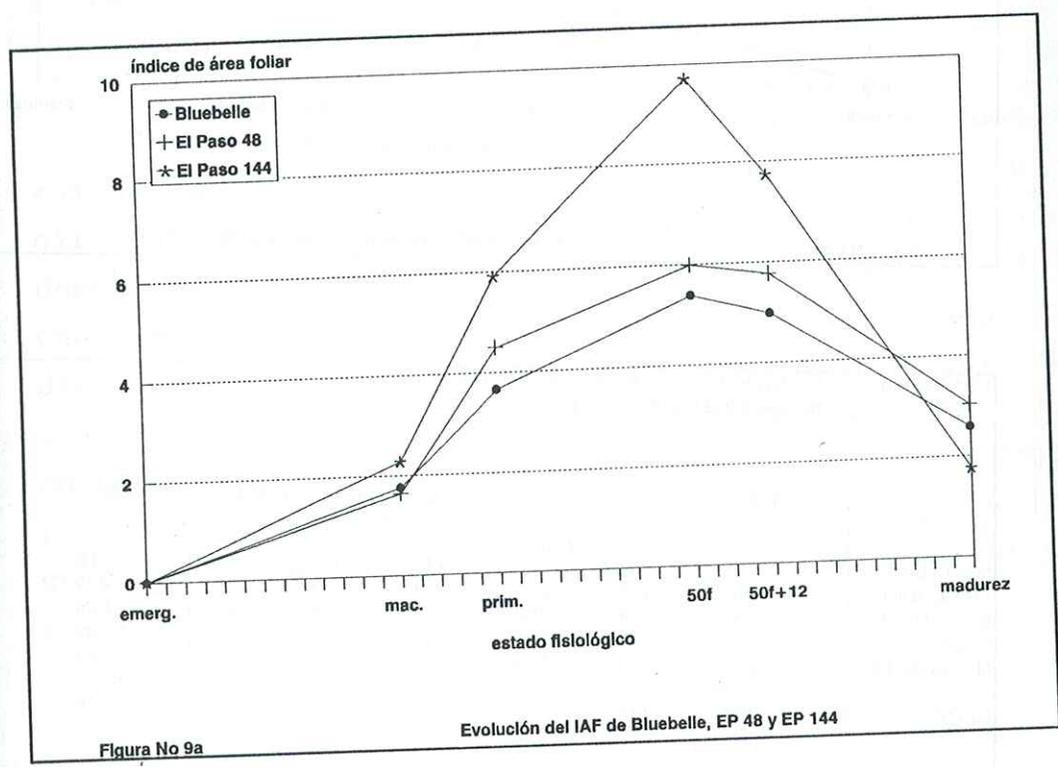
MDS P= 0,05
 Media de momento (C) = 0,89
 Interaccion cultivar momento (AC) = 2,93

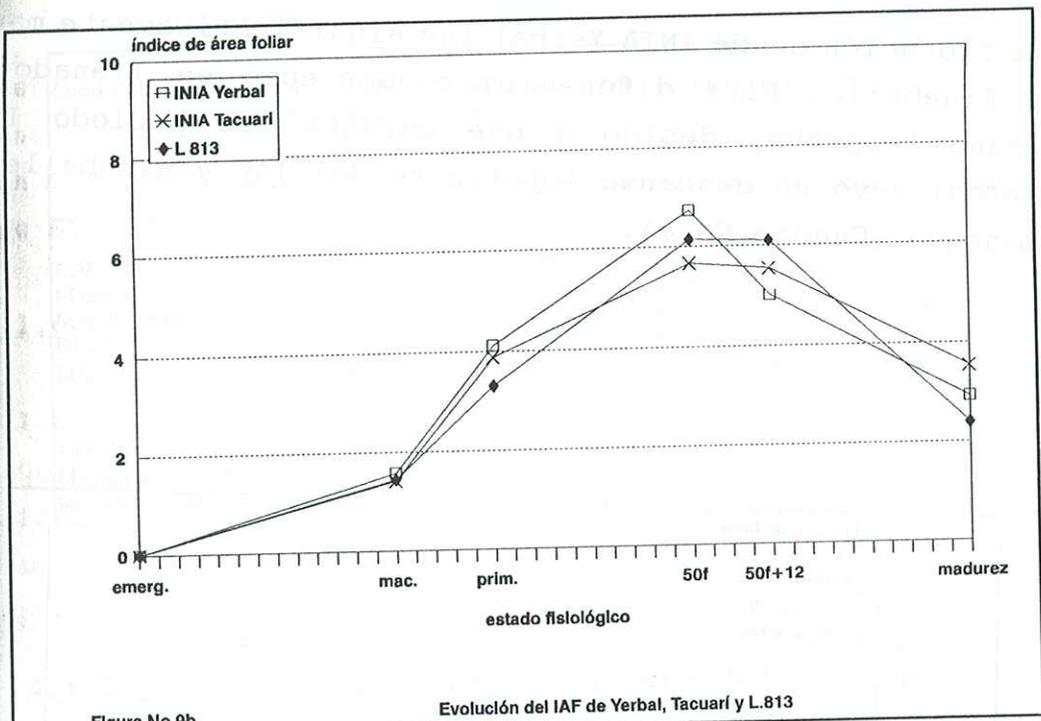
4.1.5 Evolución del índice de área foliar (IAF).

El análisis de varianza mostró diferencias muy significativas para los efectos simples cultivar y momento y la interacción entre ellos (Apéndice, Cuadro No 4a).

Todos los cultivares tienen un incremento en el área foliar hasta 50% de floración, a partir de este momento los cultivares El Paso 144 e INIA Yerbabal tuvieron un descenso pronunciado del IAF, mientras que los demás mantienen el área foliar hasta llenado de grano temprano para recién ahí tener una caída importante (Fig. No 9a y 9b). En la etapa de macollaje no hay diferencias significativas entre cultivares; en el estado de primordio El Paso 144 tuvo un IAF significativamente mayor a los demás lo cual se mantuvo hasta la etapa de llenado de grano temprano. Los demás cultivares no tuvieron diferencias significativas en IAF durante todas las etapas del ciclo, excepto en el período

de floración donde INIA Yermal fue significativamente mayor a Bluebelle. Esta diferencia desapareció en llenado de grano temprano, debido a que durante ese período INIA Yermal tuvo un descenso importante del IAF y Bluebelle lo mantuvo (Cuadro No 4).





CUADRO No 4 Evolución del IAF promedio para ambos niveles de nitrógeno (m² hoja/m² suelo).

	B.BELLE	E.P. 48	E.P.144	YERBAL	TACUARI	L. 813	MEDIA
	m ² / m ²						
MACOLLAJE	1.75	1.63	2.28	1.57	1.41	1.44	1.68
PRIMORDIO	3.66	4.49	5.90	4.11	3.88	3.31	4.23
50% FLORAC.	5.38	5.98	9.70	6.72	5.66	6.14	6.60
50% F.+ 12	4.98	5.76	7.72	5.01	5.54	6.10	5.85
MADUREZ FIS.	2.59	3.03	1.75	2.92	3.54	2.40	2.61
MEDIA	3.67	4.18	5.36	4.07	4.01	3.88	4.19

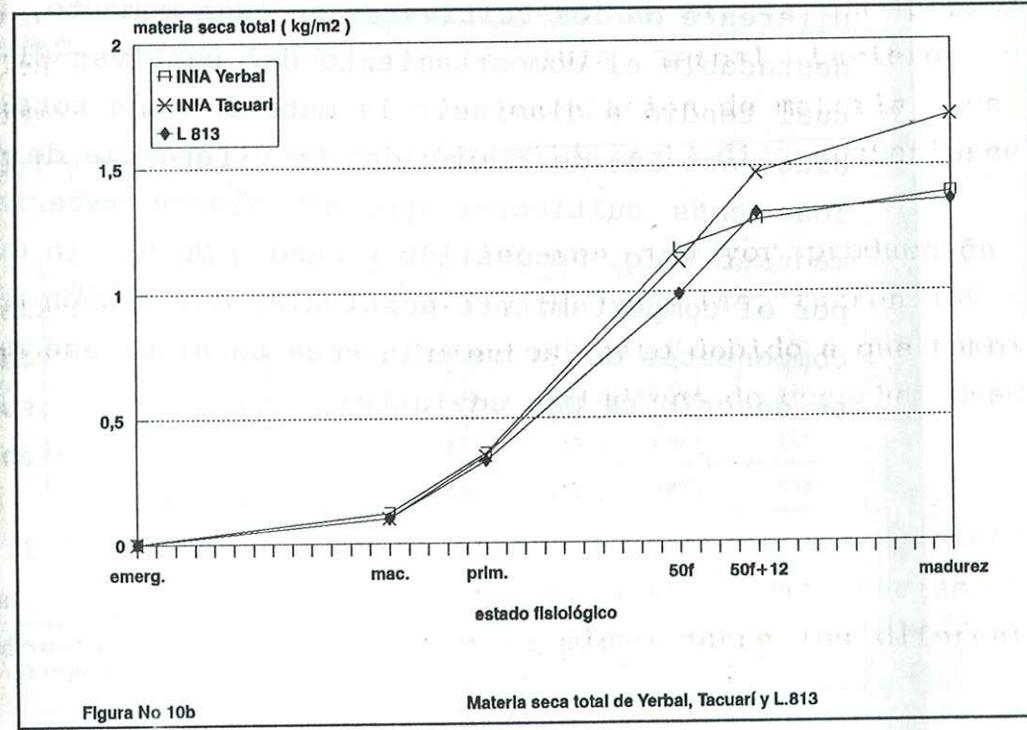
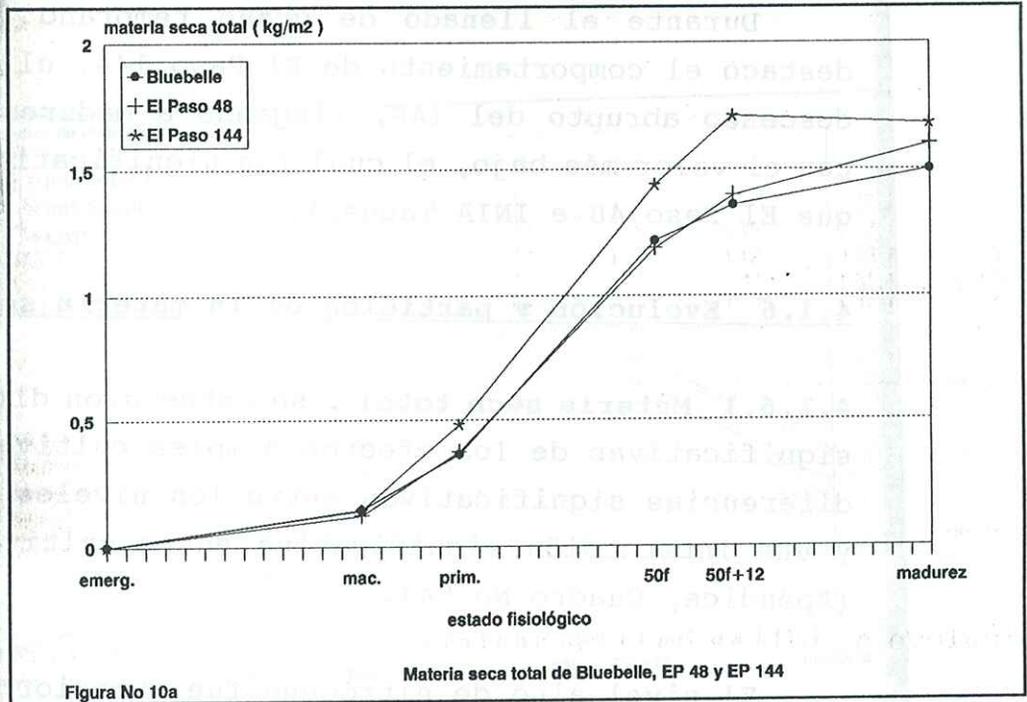
MDS P = 0.05
 Media de cultivar (A) = 0.581
 Media de momento (C) = 0.506
 Interacción cultivar momento (AC) = 1.22

Durante el llenado de grano temprano y madurez se destacó el comportamiento de El Paso 144, el cual tuvo un descenso abrupto del IAF, llegando a madurez fisiológica con el valor más bajo, el cual fue significativamente menor que El Paso 48 e INIA Tacuarí.

4.1.6 Evolución y partición de la materia seca .

4.1.6.1 Materia seca total . Se detectaron diferencias muy significativas de los efectos simples cultivar y momento, diferencias significativas entre los niveles de nitrógeno y una interacción significativa entre cultivar y momento (Apéndice, Cuadro No 5a).

El nivel alto de nitrógeno fue superior en todos los momentos. La interacción indica que hubo un comportamiento diferente de los cultivares en cada momento, siendo lo más destacable el comportamiento del cultivar El Paso 144, el cual tendió a disminuir la materia seca total luego de 12 días post 50% de floración. Se diferencia de esta forma de los demás cultivares que acumularon materia seca hasta madurez (Fig. No 10a, 10b y Cuadro No 5), lo que se explica por el comportamiento particular que tienen algunos de los componentes de la materia seca total de ese cultivar y que se describirá más adelante.



Cuadro No 5		Materia seca total en diferentes momentos, promedio para ambos niveles de nitrógeno (g/m ² suelo).					
	B.BELLE	E.P. 48	E.P. 144	YERBAL	TACUARI	L. 813	MEDIA
	kg/m ²						
MACOLLAJE	0.14	0.12	0.14	0.12	0.10	0.10	0.12
PRIMORDIO	0.36	0.37	0.48	0.36	0.35	0.33	0.38
50% FLORAC.	1.22	1.19	1.44	1.17	1.12	0.99	1.19
50% F.+ 12	1.36	1.40	1.71	1.28	1.47	1.31	1.42
MADUREZ FIS.	1.50	1.60	1.68	1.39	1.70	1.36	1.53
MEDIA	0.91	0.93	1.09	0.86	0.94	0.82	0.93
MDS P= 0,05 Media de cultivar (A) = 0,086 Media de momento (C) = 0,069 Interacción cultivar momento (AC) = 0,171							

Otra diferencia a resaltar es como se dio la evolución entre primordio y 12 días post 50% de floración, siendo que los cultivares El Paso 144, INIA Tacuarí, Línea 813 y El Paso 48 tuvieron un crecimiento lineal en ese período, mientras que Bluebelle e INIA Yerbal tuvieron una disminución en el ritmo de acumulación de materia seca en el período entre 50% de floración y 12 días posteriores.

Los cultivares que llegaron a mayor producción de materia seca, INIA Tacuarí y El Paso 144, fueron los que obtuvieron mayores rendimientos, esto debido a que también fueron los que tuvieron mayores índices de cosecha (Cuadro No 24).

4.1.6.2 Materia seca de hojas. Las variables cultivar y momento como efecto simple tuvieron diferencias muy significativas, sucediendo lo mismo entre los diferentes

niveles de nitrógeno y la interacción cultivar por momento, con un coeficiente de variación de 21,29% (Apéndice, Cuadro No 6a).

Los tratamientos con mayor dosis de nitrógeno en promedio acumularon más materia seca de hojas en todos los momentos.

Hubieron distintas formas de evolución de materia seca de hojas entre los cultivares, Bluebelle, El Paso 48, El Paso 144 e INIA Yerbál alcanzaron el máximo peso de hojas al 50% de floración, mientras INIA Tacuarí y Línea 813 recién lo hicieron 12 días después (Cuadro No 6).

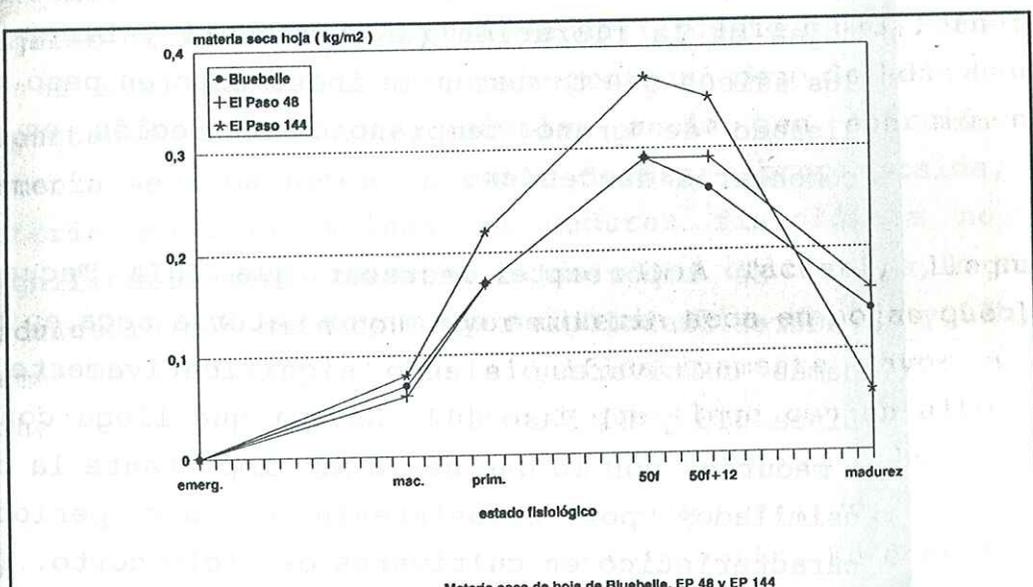
CUADRO No 6		Materia seca de hojas en diferentes momentos, promedio para ambos niveles de nitrógeno (kg/m ² suelo).					
	B.BELLE	E.P. 48	E.P. 144	YERBAL	TACUARI	L. 813	MEDIA
	kg/m ²						
MACOLLAJE	0.07	0.06	0.08	0.07	0.06	0.05	0.07
PRIMORDIO	0.17	0.17	0.22	0.18	0.17	0.15	0.18
50% FLORAC.	0.29	0.29	0.37	0.32	0.27	0.25	0.30
50% F.+ 12	0.26	0.29	0.35	0.25	0.30	0.27	0.29
MADUREZ FIS.	0.14	0.16	0.06	0.15	0.18	0.12	0.13
MEDIA	0.19	0.19	0.22	0.19	0.19	0.17	0.19
MDS P = 0,05							
Media de cultivar (A) = 0,021							
Media de momento (C) = 0,018							
Interacción cultivar momento (AC) = 0,044							

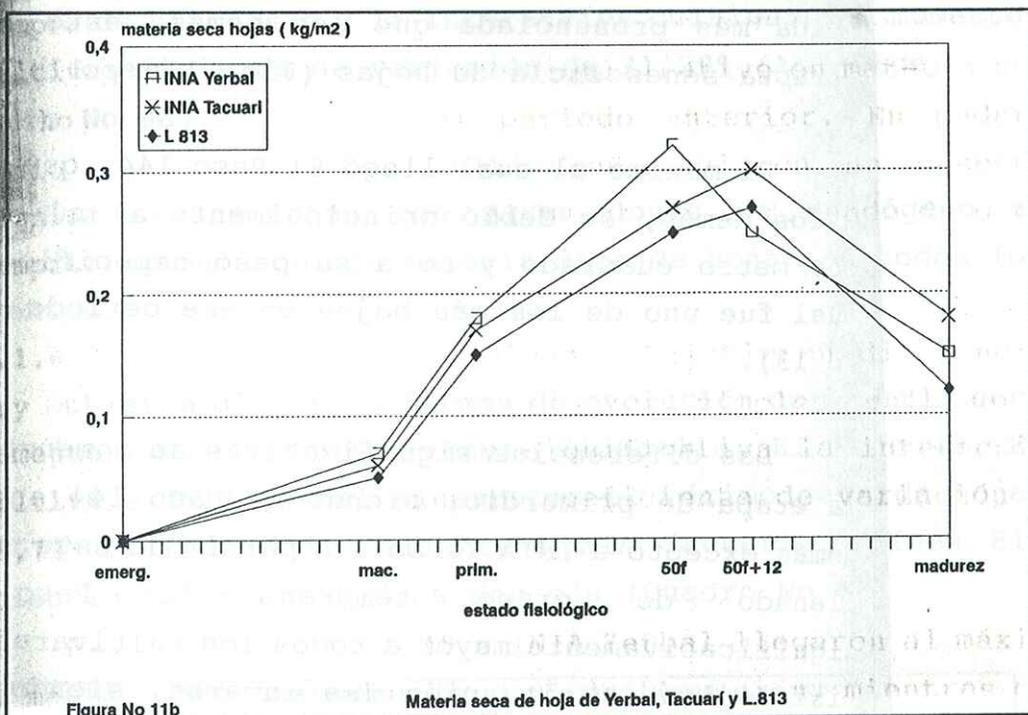
Se observó en el último período una tasa de descenso de la materia seca de hojas diferente entre los cultivares, destacándose lo que ocurrió con El Paso 144 que tuvo una

aída más pronunciada que los demás, esto debido a una abrupta senescencia de hojas (Fig. 11a y 11b).

El máximo al cual llegó El Paso 144, que fue superior a los demás, se debió principalmente al número de tallos por metro cuadrado y no a su peso específico de hoja el cual fue uno de los más bajos en ese período (Cuadro 13).

Las diferencias significativas se comenzaron a dar en la etapa de primordio, siendo El Paso 144 superior a los demás excepto a INIA Yerbál. A partir de este momento hasta llenado de grano temprano El Paso 144 fue significativamente mayor a todos los cultivares. En madurez fisiológica la situación fue inversa, siendo el cultivar que tuvo una materia seca en hojas significativamente menor a los demás.





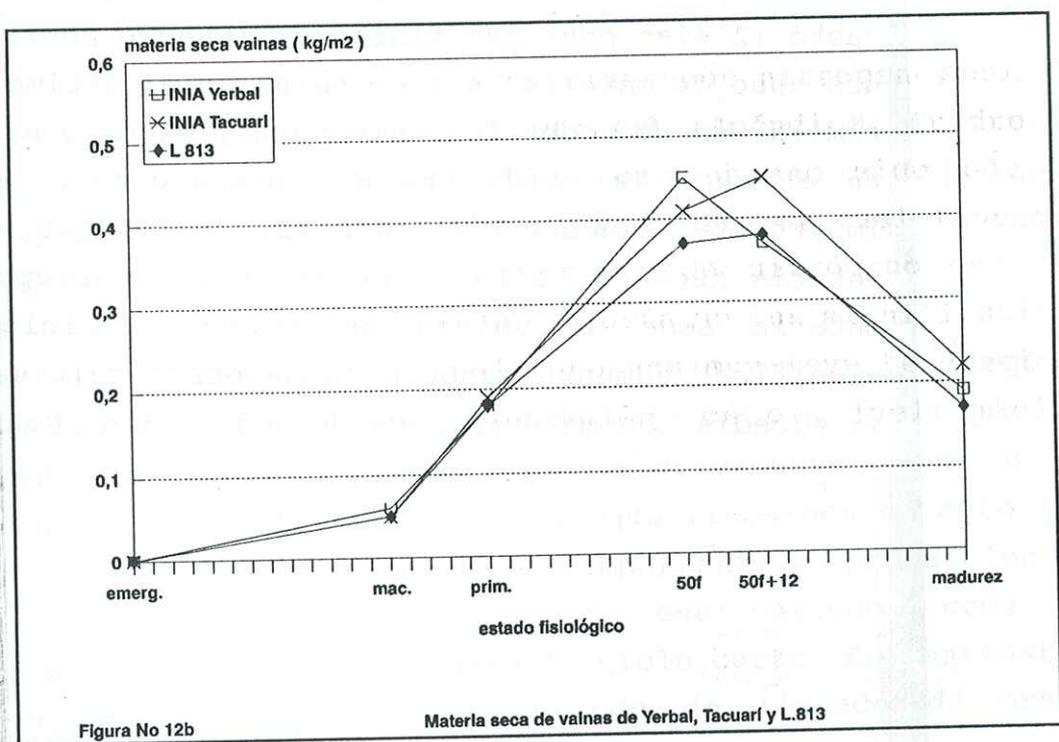
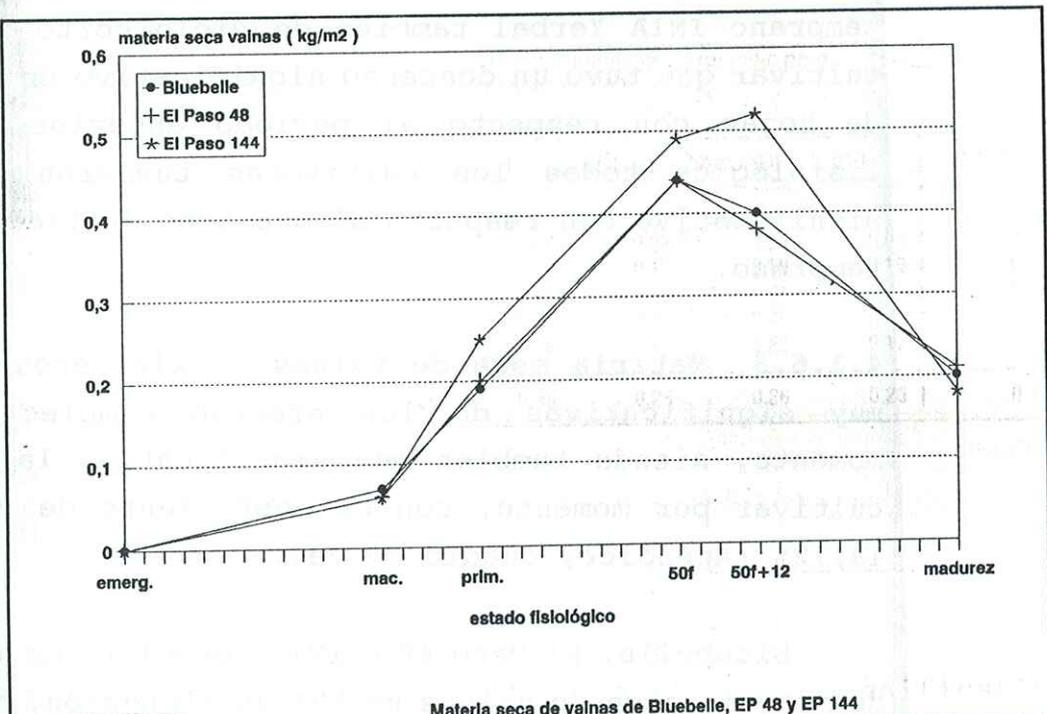
Los cultivares que tuvieron menor materia seca de hojas en la floración (INIA Tacuarí y Línea 813), fueron los únicos que tuvieron un incremento en peso de hoja hasta llenado de grano temprano para recién en ese momento comenzar a descender.

Es importante destacar que INIA Tacuarí, llegó a madurez fisiológica con mayor materia seca en hojas que los demás cultivares, siendo significativamente mayor a la Línea 813 y El Paso 144. Es así que llega con un alto IAF a madurez, por lo que sería muy importante la producción de asimilados por fotosíntesis en ese período, como es característico en cultivares de ciclo corto. En contraste, sin embargo, durante el período de llenado de grano

temprano INIA Yermal también de ciclo corto fue el único cultivar que tuvo un descenso significativo en materia seca de hojas con respecto al período anterior. En madurez fisiológica todos los cultivares tuvieron un descenso significativo con respecto al muestreo de llenado de grano temprano.

4.1.6.3 Materia seca de vainas. Existieron diferencias muy significativas de los efectos simples cultivar y momento, siendo también muy significativa la interacción cultivar por momento, con un coeficiente de variación de 19,72% (Apéndice, cuadro No 7a).

Bluebelle, El Paso 48 e INIA Yermal llegaron al máximo de materia seca de vainas en 50% de floración, mientras que El Paso 144, INIA Tacuarí y Línea 813 siguieron acumulando hasta 12 días post 50% floración (Cuadro No 7). La tasa de descenso de materia seca de vaina en el último período fue similar entre todos los cultivares, excepto en El Paso 144 en el cual la caída fue más pronunciada, debido a una importante senescencia, similar a lo que ocurrió con materia seca de hojas. A pesar de esta abrupta caída, la materia seca de vainas en madurez fisiológica no es significativamente menor a la de otros cultivares, lo cual si sucedía con materia seca de hojas (Fig. No 12a y 12b).



Cuadro No 7		Materia seca de vainas en diferentes momentos, promedio para ambos niveles de nitrógeno (kg/m ² suelo).					
	B.BELLE	E.P. 48	E.P.144	YERBAL	TACUARI	L. 813	MEDIA
	kg/m ²						
MACOLLAJE	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06
PRIMORDIO	0.19	0.20	0.25	0.18	0.19	0.18	0.20
50% FLORAC.	0.44	0.44	0.49	0.45	0.41	0.37	0.44
50% F.+ 12	0.40	0.38	0.52	0.37	0.45	0.38	0.42
MADUREZ FIS.	0.20	0.21	0.18	0.19	0.22	0.17	0.19
MEDIA	0.26	0.26	0.30	0.25	0.26	0.23	0.26

MDS P = 0,05
 Media de cultivar (A) = 0,015
 Media de momento (C) = 0,022
 Interacción cultivar momento (AC) = 0,049

4.1.6.4 Materia seca de tallos. Fueron muy significativas las diferencias de los efectos simples cultivar y momento, y significativa las diferencias entre los niveles de nitrógeno y la interacción cultivar por nitrógeno, con un coeficiente de variación de 19,75% (Apéndice, Cuadro No 8a). La interacción detectada pudo haber sido por el comportamiento del cultivar El Paso 48, el cual tuvo una mayor respuesta al nivel superior de nitrógeno que los demás cultivares, a pesar de que esta no fue significativa, o por la Línea 813, la cual tuvo una muy leve tendencia a tener menor materia seca de tallo con el nivel alto de nitrógeno (Cuadro No 8d).

Cuadro No 8a							
Materia seca de tallo en diferentes momentos, para el nivel más bajo de nitrógeno (kg/m ² suelo).							
	B.BELLE	E.P. 48	E.P. 144	YERBAL	TACUARI	L. 813	MEDIA
	kg/m ²						
50% FLORAC.	0.28	0.27	0.32	0.20	0.26	0.22	0.26
50% F.+ 12	0.44	0.42	0.49	0.35	0.40	0.46	0.43
MADUREZ FIS.	0.25	0.28	0.32	0.24	0.23	0.24	0.26
MEDIA	0.33	0.32	0.37	0.26	0.30	0.31	0.31

Cuadro No 8b							
Materia seca de tallo en diferentes momento para el nivel más alto de nitrógeno (kg/m ² suelo).							
	B.BELLE	E.P. 48	E.P. 144	YERBAL	TACUARI	L. 813	MEDIA
	kg/m ²						
50% FLORAC.	0.33	0.30	0.37	0.23	0.26	0.24	0.29
50% F.+ 12	0.42	0.55	0.50	0.37	0.41	0.39	0.44
MADUREZ FIS.	0.27	0.34	0.28	0.19	0.24	0.27	0.27
MEDIA	0.34	0.40	0.38	0.26	0.30	0.30	0.33

Cuadro No 8c							
Materia seca de tallo en diferentes momentos, promedio para ambos niveles de nitrógeno (kg/m ² suelo).							
	B.BELLE	E.P. 48	E.P. 144	YERBAL	TACUARI	L. 813	MEDIA
	kg/m ²						
50% FLORAC.	0.30	0.29	0.34	0.21	0.26	0.23	0.27
50% F.+ 12	0.43	0.49	0.49	0.36	0.40	0.42	0.43
MADUREZ FIS.	0.26	0.31	0.30	0.22	0.24	0.26	0.26
MEDIA	0.33	0.36	0.38	0.26	0.30	0.30	0.32

MDS P = 0,05

Media de cultivar (A) = 0,044

Media de momento (C) = 0,026

Cuadro No 8d		Materia seca de tallos con distintos niveles de nitrógeno, promedio de todos los momentos (kg/m ²).					
	B.BELLE	E.P. 48	E.P. 144	YERBAL	TACUARI	L. 813	MEDIA
			kg/m ²				
NIVEL 1	0.33	0.32	0.37	0.26	0.30	0.31	0.32
NIVEL 2	0.34	0.40	0.38	0.26	0.30	0.30	0.33
MEDIA	0.33	0.36	0.38	0.26	0.30	0.30	0.32

MDS P = 0,05
Interacción cultivar nitrógeno (AB) = 0,09

Todos los cultivares acumularon materia seca de tallos hasta llenado de grano temprano (Cuadro No 8a, 8b y 8c). En madurez fisiológica los valores disminuyeron, debido al tiempo transcurrido entre los dos últimos registros no se sabe con exactitud en que momento del llenado de grano comenzó a descender la materia seca de tallos. La pérdida de materia seca de tallos se debió a la movilización de nutrientes hacia la panoja, ya que cuando se describió la evolución del número de macollos, en estas últimas etapas se mantuvieron en un número constante.

Los cultivares El Paso 144 y El Paso 48 fueron los que tuvieron un mayor valor de materia seca de tallos (Fig. No 13a y 13b), pero este máximo está dado por diferentes motivos en cada variedad. Para detectar esto se hizo un análisis de varianza para el peso de 15 tallos individuales de cada cultivar en el cual se encontraron diferencias significativas de los efectos simples cultivar y momento y la interacción cultivar con momento (Apéndice, Cuadro No 9a) y se calcularon las mínimas diferencias significativas

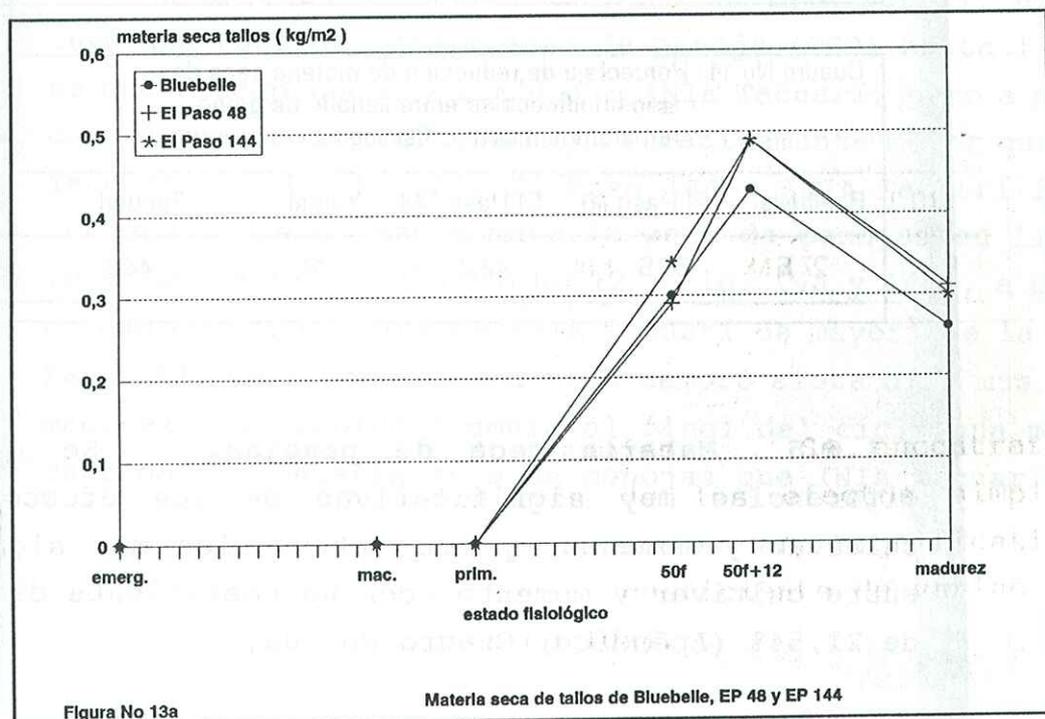
Cuadro No 9). El Paso 144 tuvo un bajo peso de tallos individuales pero un mayor número de tallos por metro cuadrado con respecto a El Paso 48. En esta variedad fue muy importante el peso de tallos individuales, siendo significativamente mayor a los demás cultivares (Cuadro No 10).

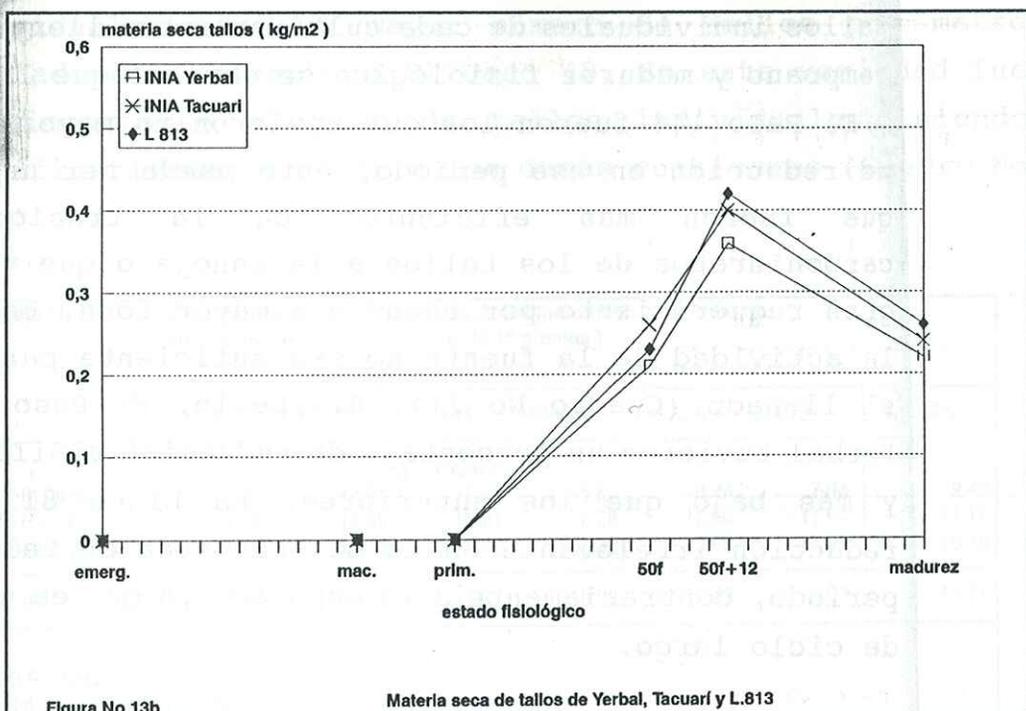
Cuadro No 9		Materia seca de 15 tallos en diferentes momentos, promedio de ambos niveles de nitrógeno (g de 15 plantas).						
	B.BELLE	E.P. 48	E.P. 144	YERBAL	TACUARI	L. 813	MEDIA	
	g 15 tallos							
50% FLORAC.	12.65	11.84	10.38	5.61	9.44	7.04	9.49	
50% F.+ 12	16.80	18.95	15.81	12.28	15.58	11.54	11.16	
MADUREZ FIS.	12.16	13.14	9.13	8.83	8.66	11.04	10.49	
MEDIA	13.87	14.64	11.77	8.90	11.23	9.87	11.71	

MDS P = 0,05
 Media de cultivar (A) = 1,38
 Media de momento (C) = 0,86
 Interacción cultivar momento (AC) = 2,13

Cuadro No 10		Materia seca de 15 tallos y número de tallos por metro cuadrado para El Paso 144 y El Paso 48 momento de máximo peso (50% F + 12 días).	
		MS 15 TALLOS	TALLOS/m2
		g	No/m2
EL PASO 48	NIVEL 1	17.65	409
	NIVEL 2	20.25	405
	PROMEDIO	18.95	407
EL PASO 144	NIVEL 1	15.6	438
	NIVEL 2	16.03	430
	PROMEDIO	15.81	434

Del análisis de los resultados de la materia seca de tallos individuales de cada cultivar entre llenado de grano temprano y madurez fisiológica se observó que INIA Tacuarí y El Paso 144 fueron los que tuvieron un mayor porcentaje de reducción en ese período, esto puede ser un indicador que fueron más eficientes en la traslocación de carbohidratos de los tallos a la panoja o que tuvieron un gran requerimiento por tener una mayor fosa, es decir que la actividad de la fuente no sea suficiente para terminar el llenado (Cuadro No 11). Bluebelle, El Paso 48 e INIA Yermal tuvieron un porcentaje de reducción similar entre sí y más bajo que los anteriores. La Línea 813 tuvo una reducción irrelevante en la materia seca de tallos en ese período, contrariamente a lo esperado ya que es un cultivar de ciclo largo.





Cuadro No 11 Porcentaje de reducción de materia seca de tallos individuales entre llenado de grano temprano y madurez fisiológica.

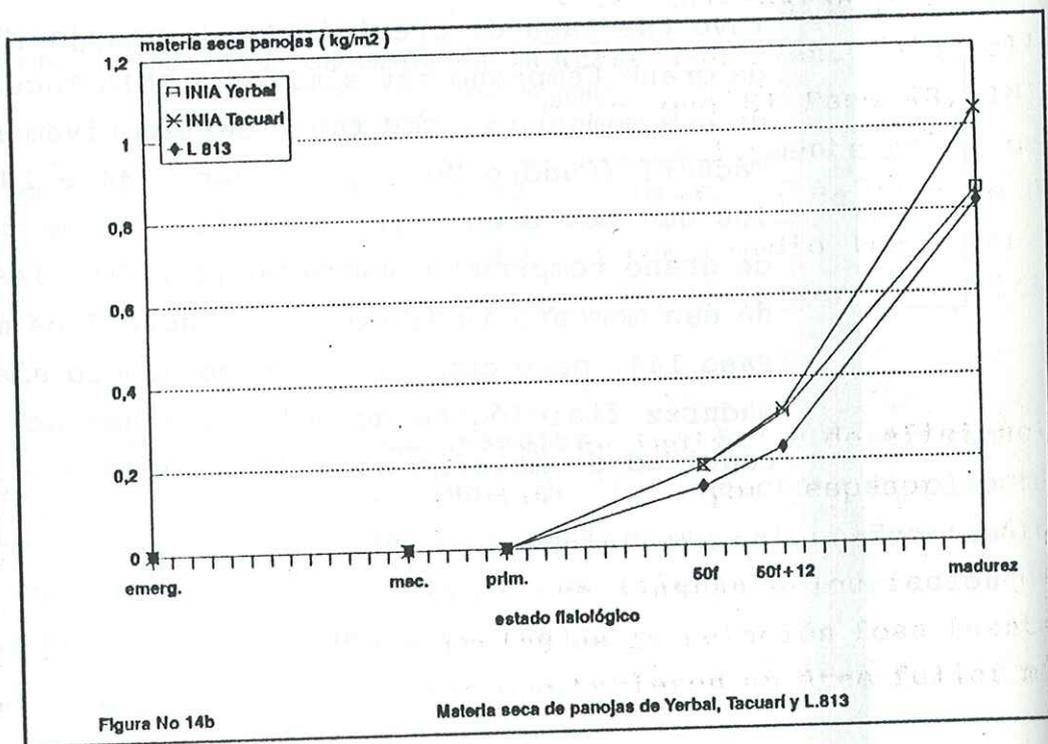
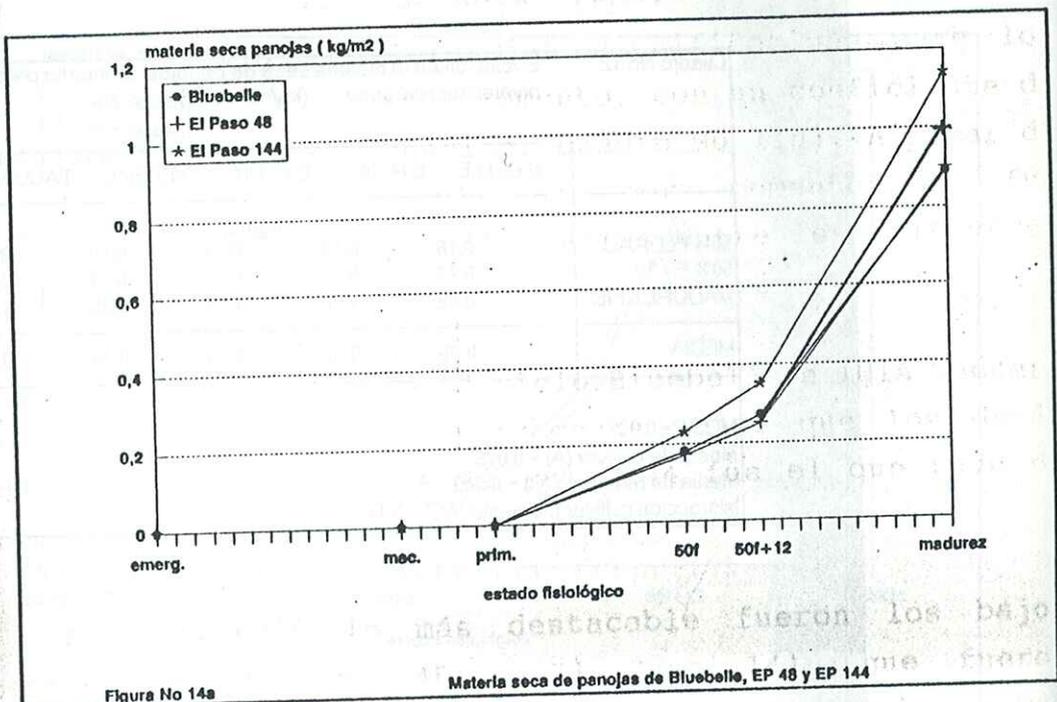
Bluebelle	El Paso 48	El Paso 144	Yerbal	Tacuarí	L.813
27,6	30,6	42,2	28,1	44,4	4,3

1.1.6.5 Materia seca de panojas. Se encontraron diferencias muy significativas de los efectos simples cultivar y momento, y una interacción muy significativa entre cultivar y momento, con un coeficiente de variación de 21,54% (Apéndice, Cuadro No 10a).

Cuadro No 12		Evolución de la materia seca de panojas, promedio para ambos niveles de nitrógeno. (kg/m ² suelo).					
	B.BELLE	E.P. 40	E.P. 144	YERBAL	TACUARI	L. 813	MEDIA
	kg/m ²						
50% FLORAC.	0.18	0.17	0.23	0.19	0.19	0.14	0.18
50% F.+ 12	0.27	0.25	0.35	0.31	0.32	0.23	0.29
MADUREZ FIS.	0.89	1.00	1.14	0.85	1.04	0.82	0.96
MEDIA	0.45	0.47	0.58	0.45	0.52	0.40	0.48

MDS P= 0,05
 Media de cultivar (A) = 0,075
 Media de momento (C) = 0,043
 Interacción cultivar momento (AC) = 0,11

Se destacó el comportamiento de INIA Yerbál, el cual tuvo una tasa de crecimiento de panoja (TCP) hasta llenado de grano temprano muy similar a INIA Tacuarí, pero a partir de ese momento su TCP fue significativamente menor que INIA Tacuarí (Cuadro No 18). El Paso 144 e INIA Tacuarí fueron los que tuvieron mayor materia seca de panojas en llenado de grano temprano (Cuadro No 12, Fig. 14a y 14b), a partir de ese momento la TCP de INIA Tacuarí es mayor que la de El Paso 144, pero como este último demoró siete días más hasta madurez fisiológica acumula al final del ciclo una mayor cantidad de materia seca de panojas que INIA Tacuarí.



1.7 Peso Específico de hoja (PEH).

El PEH mostró diferencias significativas para los efectos simples cultivar y momento, con un coeficiente de variación de 21,04% (Apéndice, cuadro No 11a). A pesar de que la interacción cultivar por momento no fue significativa se notaron diferencias entre los cultivares en algunos momentos.

En promedio durante el ciclo Bluebelle e INIA Tacuarí tuvieron un PEH significativamente mayor que los demás cultivares, mientras que El Paso 144 fue el que tuvo el menor valor.

En primordio lo más destacable fueron los bajos valores de El Paso 48 y El Paso 144, que fueron significativamente menores que Bluebelle y tuvieron una tendencia a ser menores que los demás cultivares (Cuadro No 13). En 50% de floración se destacó nuevamente Bluebelle que tuvo una tendencia a ser mayor que El Paso 48, INIA Yermal e INIA Tacuarí y fue significativamente mayor que los cultivares de ciclo largo. En comienzo de llenado de grano los cultivares de ciclo corto y medio tendieron a tener mayores valores de PEH que los cultivares de ciclo largo.

El PEH se puede tomar como un indicador de eficiencia fotosintética, ya que hojas de mayor espesor están asociadas a altas tasas de fotosíntesis por unidad de área foliar. Los valores obtenidos se ajustan a los resultados que se lograron en los cálculos de la relación fosa fuente, en donde se observó que los que tuvieron un área foliar más

eficiente fueron Bluebelle e INIA Tacuarí, que a su vez fueron dos de los cultivares que tuvieron una mayor TAN promedio durante el ciclo junto con El Paso 48.

Cuadro No 13	Peso específico de hoja en diferentes momentos, promedio para ambos niveles de nitrógeno (g/m ² hoja).						
	BB	EP 48	EP 144	YERBAL TACUARI	L813	MEDIA	
	g/m ²						
MACOLLAJE	48.35	42.59	36.53	44.49	48.93	39.04	43.32
PRIMORDIO	47.64	38.50	38.33	43.68	44.28	46.10	43.09
50% FLORACION	54.28	48.19	40.75	46.76	47.78	41.34	46.52
50% FLOR.+12 DIAS	51.84	49.80	45.84	49.91	53.33	45.09	49.30
MEDIA	50.53	44.77	40.36	46.21	48.58	42.89	45.56
MDS P = 0,05 Media de cultivar (A) = 2,08 Media de momento (B) = 3,49 Interacción cultivar momento (AC) = 8,39							

4.1.8 Tasa de crecimiento del cultivo (TCC).

La TCC mostró alta variabilidad (CV= 98,9%) y solamente el efecto simple momento fue significativo (Apéndice, Cuadro 12a). Este alto coeficiente de variación determinó que no hubiera una buena precisión para detectar efectos significativos en interacciones, por esto a pesar de que la interacción A por C no fuera significativa, se calculó la mínima diferencia significativa, ya que se observaron diferencias muy importantes en TCC entre algunos cultivares en determinados períodos del ciclo. (Cuadro No 14).

Cuadro No 14 Tasa de crecimiento del cultivo en diferentes períodos, promedio para para ambos niveles de nitrógeno (g/m ² suelo/día).							
	B.BELLE	E.P. 48	E.P. 144	YERBAL	TACUARI	L. 813	MEDIA
	g/m ² /día						
EMERG.-MAC.	3.47	2.91	3.42	2.92	2.48	2.40	2.93
MAC.-PRIMOR.	12.84	14.65	16.93	16.26	14.74	11.44	14.48
PRIM.-50% FL.	25.98	24.09	29.11	28.66	27.56	20.85	26.04
50%F-50%F+12	11.45	17.56	22.44	9.40	28.44	26.06	19.22
50%F+12-MAD.	6.16	13.88	-0.88	4.84	7.15	2.05	5.53
MEDIA	11.98	14.62	14.20	12.41	16.07	12.56	13.64

MDS P = 0,05
 Media de momento (C) = 5,44
 Interacción cultivar momento (AC) = 12,45

Las TCC de los dos primeros períodos fueron similares entre los cultivares, en el período de formación de la panoja la Línea 813 tendió a tener una menor TCC que los demás cultivares. En la etapa de llenado de grano temprano fue donde se dieron las mayores diferencias entre cultivares, siendo INIA Tacuarí y Línea 813 significativamente mayores que INIA Yerbal y Bluebelle y tuvieron una tendencia a ser mayores que El Paso 144 y El Paso 48. En la etapa de llenado de grano tardío, a pesar de que no hubo diferencias significativas, estas fueron importantes, destacándose El Paso 48 e INIA Tacuarí por sus altos valores y El Paso 144 por tener una TCC negativa.

Es destacable lo que sucedió con INIA Yerbal y Bluebelle que tuvieron un descenso muy significativo entre el período de formación de la panoja y llenado de grano temprano, cosa que no sucedió con los demás cultivares, siendo que incluso Línea 813 tuvo una tendencia a aumentar. Entre el período de llenado de grano temprano y tardío los

que tuvieron una mayor variabilidad fueron los cultivares de ciclo largo, que tuvieron una reducción significativa en la TCC.

La TCC media según bibliografía esta inversamente relacionada con el largo del ciclo, esto se cumple para INIA Tacuarí (ciclo corto y mayor TCC medio) y Línea 813 (ciclo largo y menor TCC medio), no siendo así para El Paso 144 e INIA Yerbal (Cuadro No 15). INIA Tacuarí tuvo una TCC promedio alta, teniendo en cuenta que los mayores valores, registrados en Japón fueron de 14,08 g/m²/día.

Cuadro No 15. Tasa de crecimiento de cultivo promedio durante el ciclo (g/m ² suelo/día).					
Bluebelle	El Paso 48	El Paso 144	Yerbal	Tacuarí	Línea 813
11,9	12,5	12,3	11,6	13,5	10,2

4.1.9 Tasa de asimilación neta (TAN).

Paralelamente a la TCC, la TAN mostró alta variabilidad (CV=78,3%) y el análisis detectó solamente diferencias significativas en los efectos simples, la interacción cultivar por momento no fue significativa (Apéndice, Cuadro No 13a). De igual manera, como se hizo con la TCC, se calculó la MDS para la interacción cultivar por momento.

Las TAN más altas se dieron en las etapas vegetativa y reproductiva, no habiendo diferencias significativas entre los cultivares.

En la etapa de llenado de grano temprano todos los cultivares tuvieron una tendencia a disminuir la TAN, destacándose la diferencia significativa que hubo entre los cultivares de ciclo corto, siendo INIA Yerbal significativamente menor a INIA Tacuarí (Cuadro No 16).

Cuadro No 16		Tasa de asimilación neta en diferentes períodos, promedio para ambos niveles de nitrógeno (g/m ² hoja/día).					
	B.BELLE	E.P. 48	E.P. 144	YERBAL	TACUARI	L. 813	MEDIA
	g/m ² /día						
MAC-PRIMOR.	5.16	5.33	4.59	6.26	6.84	5.15	5.55
PRIM.-50% FL.	5.85	4.68	3.98	5.36	5.95	4.56	5.06
50% F.-F+12	2.59	2.96	2.73	1.96	4.88	4.09	3.20
F.+12-MADUR.	1.68	2.96	-0.04	0.98	2.01	0.45	1.34
MEDIA	3.82	3.98	2.81	3.64	4.92	3.56	3.79
MDS P = 0,05							
Media de cultivar (A) = 1,18							
Media de momento (B) = 1,20							
Interacción cultivar momento (AC) = 2,75							

En el período de llenado de grano tardío, todos los cultivares mantuvieron la tendencia a disminuir la TAN, excepto El Paso 48 que la mantuvo. En esta etapa los menores valores lo tuvieron los cultivares de ciclo largo.

INIA Yerbal fue el único cultivar que tuvo un descenso significativo entre el período de formación de la panoja y llenado de grano temprano.

El cultivar de ciclo corto INIA Tacuarí fue el que tuvo el mayor valor de TAN promedio durante el ciclo, como era de esperar y el menor valor lo tuvo El Paso 144 (Cuadro No 17). INIA Yerbal tuvo un comportamiento atípico, teniendo en cuenta que es un cultivar de ciclo corto, ya que su TAN promedio fue menor a la de los cultivares de ciclo intermedio.

Cuadro No 17. Tasa de asimilación neta promedio durante el ciclo (g/m² hoja/día).

Bluebelle	El Paso 48	El Paso 144	Yerbal	Tacuarí	Línea 813
4,12	4,11	2,68	3,68	4,85	3,38

4.1.10 Tasa de crecimiento de panoja (TCP).

La TCP mostró diferencias significativas para los efectos simples cultivar y momento, y la interacción entre ambos, con un coeficiente de variación de 38,05% (Apéndice, Cuadro No 14a).

En las etapas de formación de la panoja y llenado de grano temprano no hubieron diferencias significativas entre los cultivares. En la etapa de llenado de grano tardío es donde todos los cultivares presentaron una TCP más alta, destacándose INIA Tacuarí, El Paso 144, Bluebelle y El Paso 48 como similares entre sí y significativamente mayores a

a Línea 813. Los cultivares de ciclo corto fueron significativamente diferentes entre sí en este período, sucediendo lo mismo entre los cultivares de ciclo largo, mientras los de ciclo medio fueron similares (Cuadro No. 18).

Cuadro No 18 Tasa de crecimiento de la panoja en diferentes períodos, promedio para ambos niveles de nitrógeno (g/m ² suelo/día).							
	B.BELLE	E.P. 48	E.P. 144	YERBAL	TACUARI	L. 813	MEDIA
	g/m ² /día						
PRIM.-50% FL.	5.38	5.00	7.08	6.69	6.78	4.48	5.90
50% F.-F+12	7.45	6.43	9.96	9.75	10.93	7.53	8.67
F.+12-MADUR.	27.18	34.56	26.26	22.63	29.58	21.04	26.87
MEDIA	13.33	15.33	14.43	13.02	15.76	11.01	13.81

MDS P = 0,05
 Media de cultivar (A) = 3,12
 Media de momento (C) = 2,14
 Interacción cultivar momento (AC) = 5,18

Los cultivares que llegaron a mayores rendimientos fueron los que tuvieron mayor TCP promedio, la tendencia de INIA Tacuarí de tener una mayor tasa que El Paso 144, fue compensado por este último por tener más días de ciclo, principalmente en la etapa de llenado de grano tardío (Cuadro No 19).

Cuadro No 19. Tasa de crecimiento de panoja promedio (g/m ² suelo/día).						
Bluebelle	El Paso 48	El Paso 144	Yerbal	Tacuari	Línea 813	
12,24	13,1	15,21	13,24	15,89	11,43	

4.1.11 Síntesis de la fisiología de cada uno de los cultivares durante el ciclo.

4.1.11.1 Bluebelle y El Paso 48 . Estos cultivares de ciclo intermedio por no haber presentado diferencias muy contrastantes durante la estación de crecimiento se analizaron en forma conjunta.

Ambos acumularon materia seca total hasta madurez fisiológica, siendo que El Paso 48 acumuló 15.980 kg/ha contra 14.970 kg/ha de Bluebelle (Fig. No 15 y 16).

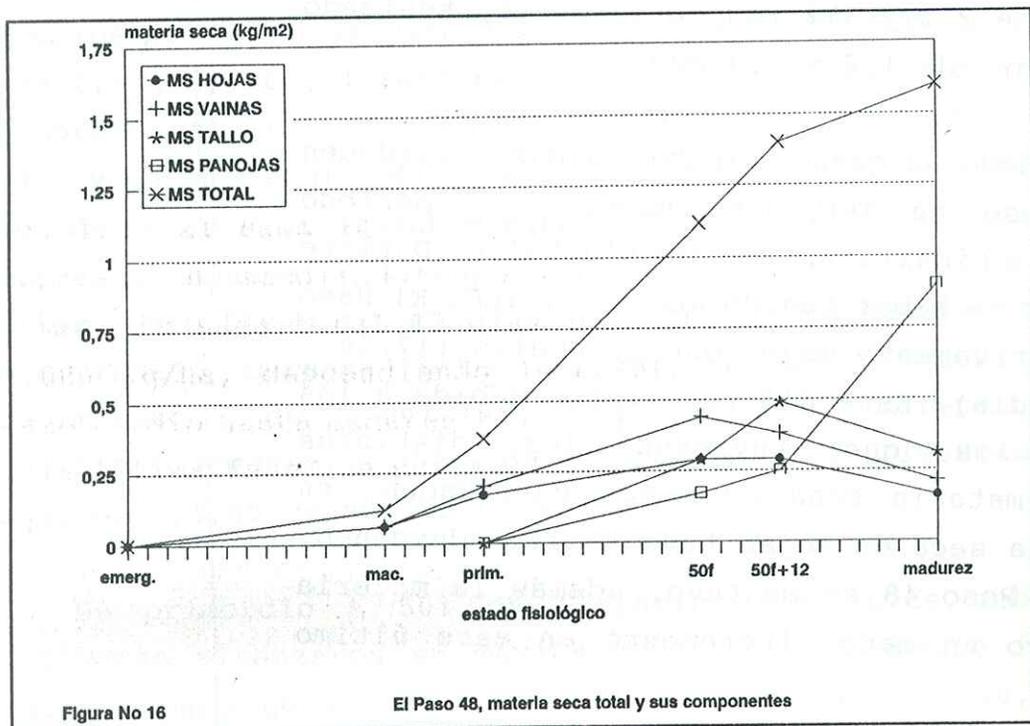
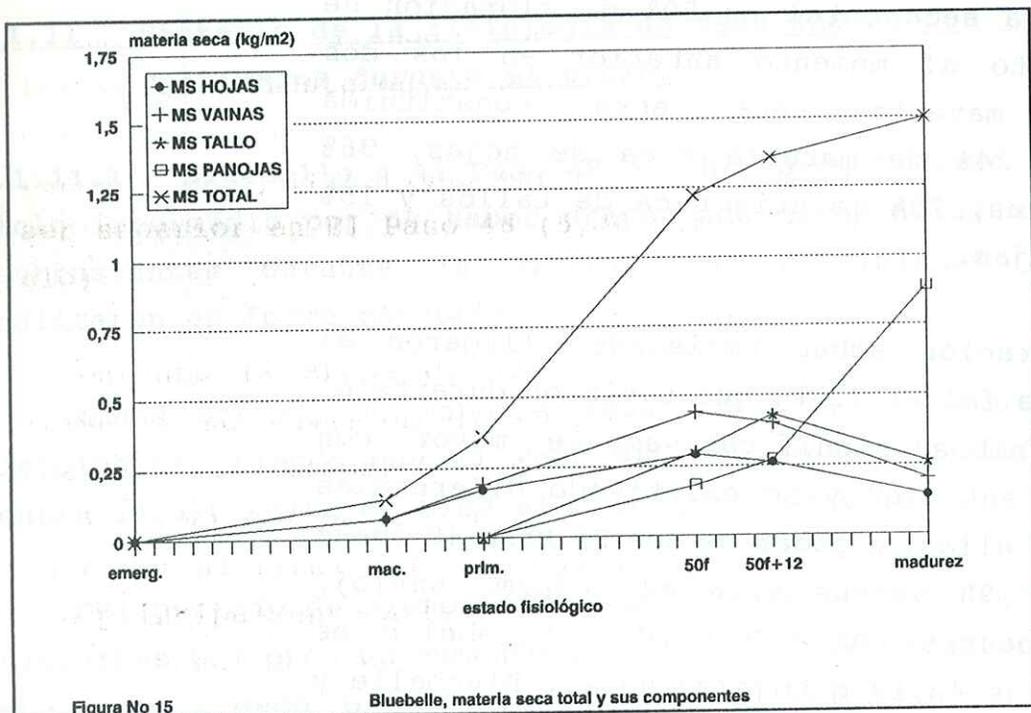
Del período de pleno macollaje hasta primordio ambos cultivares tuvieron un aumento significativo de la materia seca total, dado principalmente por el aumento de la materia seca de hojas y vainas, en ese período el número de macollos promedio por planta pasó de 2,1 a 2,3 en Bluebelle y de 2,3 a 2,4 en El Paso 48. El total de materia seca en primordio esta constituida en un 47% por materia seca de hojas y en un 53% por materia seca de vainas. Esta materia seca de hojas similar entre ambos fue determinada en forma diferente, Bluebelle llega a primordio con una menor área foliar, pero tiene sin embargo un mayor peso específico de hoja (PEH). Durante este período tuvieron tasas de crecimiento de cultivo (TCC) no diferentes significativamente, a pesar de que El Paso 48 fue levemente superior (14,65 versus 12,84 g/m²/día).

De primordio a 50% de floración fue donde ambos cultivares alcanzaron su máxima TCC, donde Bluebelle fue superior pero no significativamente, 25,98 versus 24,09

g/m²/día. La materia seca total en 50% de floración se triplica con respecto al momento anterior en los dos cultivares, esta materia seca esta constituida aproximadamente por 24% de materia seca de hojas, 36% materia seca de vainas, 25% materia seca de tallos y 15% materia seca de panojas.

En 50% de floración ambas variedades llegaron al máximo índice de área foliar (IAF) que tuvieron durante el ciclo, siendo en ambos significativamente mayor con respecto al período anterior y no existiendo diferencias significativas entre ellas, a pesar de que El Paso 48 fuese un poco superior (5,98 versus 5,38 m² hoja/m² suelo), opuesto a lo que ocurre con PEH donde Bluebelle es superior (54,28 versus 48,19 g hoja/m² hoja). Bluebelle y El Paso 48 tuvieron en ese período una reducción en el número de macollos de 21% y 17% respectivamente, teniendo un promedio por planta de 1,8 y 1,9 macollos.

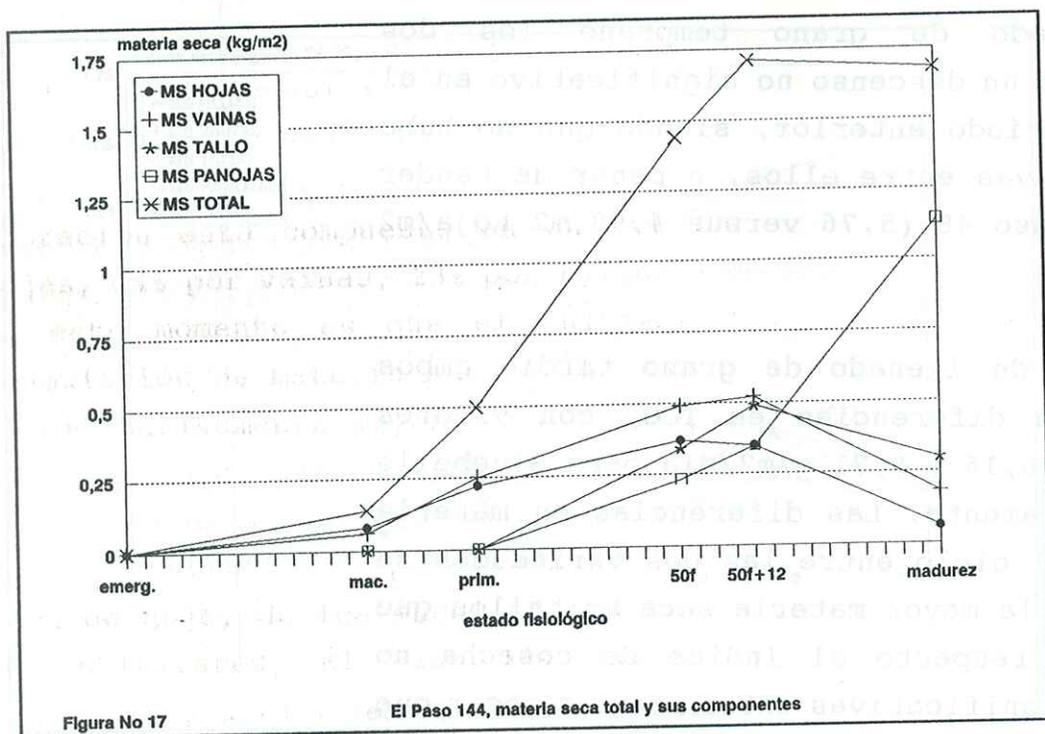
Durante el llenado de grano temprano ambas variedades tuvieron un descenso en TCC con respecto al período anterior, siendo este significativo para Bluebelle. Durante este período a pesar de haber tenido una mayor TCC, El Paso 48 no fue significativamente mayor que Bluebelle (17,56 versus 11,45 gr/m²/día). Esta diferencia fue debida a las diferentes tendencias que tuvieron los distintos componentes de la materia seca de ambas variedades, en Bluebelle la materia seca de hojas tuvo un leve descenso, mientras que en El Paso 48 se mantuvo, además la materia seca de tallos tuvo un mayor incremento en este último cultivar.



Durante el llenado de grano temprano los dos cultivares manifestaron un descenso no significativo en el rendimiento con respecto al período anterior, siendo que no hubo diferencias significativas entre ellos, a pesar de tender a ser superior en El Paso 48 (5,76 versus 4,98 m² hoja/m² de suelo).

Durante la etapa de llenado de grano tardío ambos cultivares no tuvieron diferencias en TCC, con valores de 6,16 y 8,71 g/m²/día para Bluebelle y El Paso 48 respectivamente. Las diferencias en materia seca total al final del ciclo entre las dos variedades se debió principalmente a la mayor materia seca en tallos que tuvo El Paso 48. Con respecto al índice de cosecha no hubo diferencias significativas entre ambos a pesar que Bluebelle tendió a ser superior (50,6 versus 48,6). El porcentaje de tallos fértiles fue similar entre ambas, 74,4% y 73,9% para Bluebelle y El Paso 48 respectivamente.

1.11.2 El Paso 144 . Este es un cultivar de origen tropical, muy macollador, que llegó a su máxima acumulación de materia seca total 12 días post 50% de floración, con un rendimiento de 10,080 kg/ha, descendiendo levemente durante llenado de grano tardío hasta madurez fisiológica, este comportamiento en la última fase fue particular de esta variedad (Fig. No 1.11.2).



Entre el período de pleno macollaje y hasta comienzo de iniciación de la panoja (primordio), se triplica la materia seca, este incremento se dió principalmente por la acumulación de materia seca de hojas y vainas. Del total de materia seca en el primordio corresponde un 47% a hojas y un 53% a vainas. El incremento que hubo en materia seca de hojas se debió al aumento del número y tamaño de hojas, ya que el PEH tuvo un aumento de poca importancia. Al mantenerse el PEH prácticamente constante, la proporción del aumento de materia seca de hojas en ese período se traduce en un incremento del IAF en una proporción similar. Durante el período de macollaje a primordio, El Paso 144 tuvo una TCC de 16,93 g/m²/día, el mayor de todos los cultivares.

Entre la etapa de primordio y 50% de floración es donde este cultivar tuvo la mayor TCC, 29,11 g/m²/día, ya que la materia seca total en ese período (33 días) se triplica. La materia seca total a la que llega a 50% de floración está compuesta en un 26% por materia seca de hojas, 34% por vainas, 23% por tallos y un 16% por panojas. En este momento es que el cultivar llega a su máxima acumulación de materia seca de hojas, la cual a su vez es significativamente mayor a los demás cultivares. Esto se debió al mayor número de hojas que tuvo El Paso 144 en el período, que fue consecuencia del mayor número de macollos por metro cuadrado, ya que cuando se analizó la materia seca de hoja, de los macollos individualmente para todos los cultivares, El Paso 144 fue levemente inferior a Bluebelle y a El Paso 48.

El IAF en el momento de 50% de floración fue el más alto de todo el ciclo, 9,7 m² hoja/m² suelo, el cual fue significativamente mayor al de los otros cultivares, mientras el PEH tuvo un incremento no significativo con respecto al período anterior, siendo el cultivar con menor PEH durante este período. En esta fase hubo una gran disminución en el número de macollos, 24% de los macollos mueren, posiblemente debido a la competencia.

Durante el período de llenado de grano temprano el cultivar continuó acumulando materia seca pero a una tasa menor que en el período anterior, siendo que al final de esta fase llegó al máximo de producción de materia seca de todo el ciclo. El incremento en materia seca en este período se debió al incremento en materia seca de tallos y

panojas, ya que materia seca de vainas y hojas se mantuvieron constantes con respecto al período anterior. El número de tallos no tuvo variaciones, esto lleva a suponer que al aumentar el peso seco individual de los macollos se están acumulando carbohidratos, estructurales o de reserva.

En la última etapa de desarrollo la TCC fue negativa, o sea, que la acumulación de materia seca de panojas fue levemente inferior a la pérdida de materia seca de los órganos vegetativos. La disminución en la materia seca de tallos se debió a la disminución de los pesos individuales de cada uno de ellos, ya que el número de tallos permaneció constante con respecto al período anterior, esto indica que hubo una removilización interna de carbohidratos hacia la panoja, sucediendo lo mismo desde las vainas, las cuales tuvieron una senescencia abrupta.

Durante la fase de llenado de grano tardío fue donde se dio un incremento importante en materia seca de panojas, 70% se acumuló en este período, con una tasa de crecimiento de la panoja (TCP) de 26,26 g/m²/día, significativamente mayor que en los períodos anteriores. Esta TCP en el último período es muy importante para El Paso 144, ya que la duración de esta fase en este cultivar es de siete días más larga que en los cultivares de ciclo intermedio y corto.

El Paso 144 fue el que tuvo más bajo porcentaje de fertilidad de los macollos, 70,4% de ellos llegaron a dar panojas.

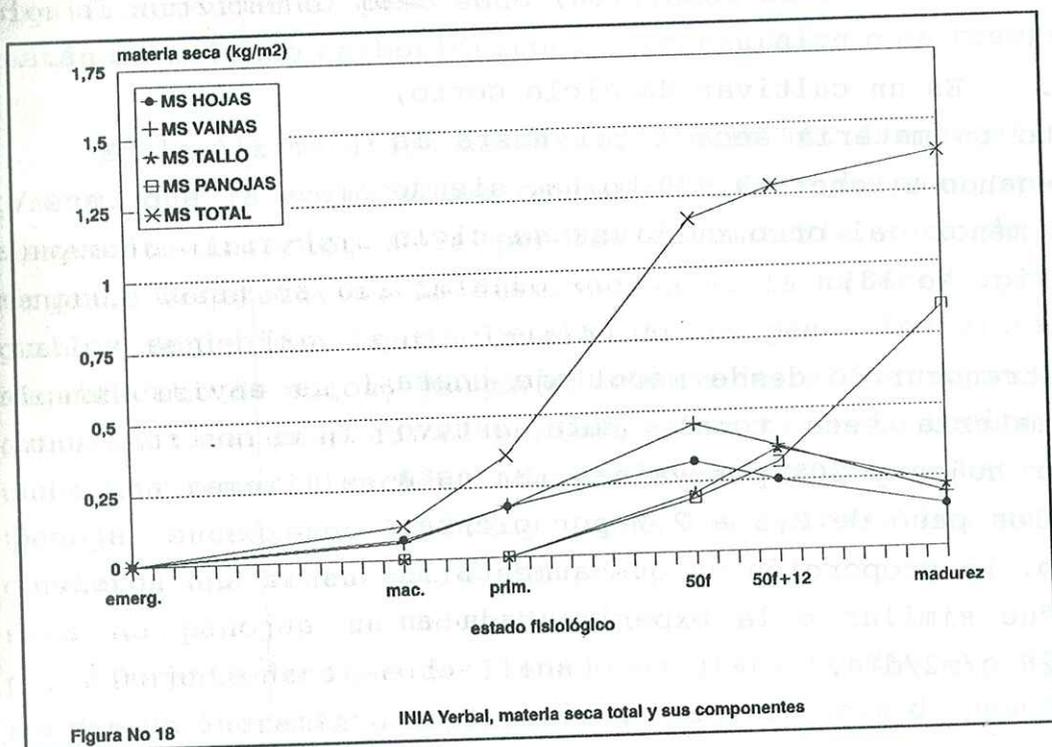
El alto rendimiento al que llegó El Paso 144 fue determinado por la alta producción de materia seca y el índice de cosecha (51,4%), similar a lo que ocurrió en INIA Tacuarí.

1.11.3 INIA Yerbal . Es un cultivar de ciclo corto, que mostró un incremento en materia seca total hasta la madurez fisiológica, llegando a tener 13.900 kg/ha, siendo esto significativamente menor al otro cultivar de ciclo similar, INIA Tacuarí (Fig. No 18).

En el período que transcurrió desde macollaje hasta primordio duplicó la materia seca total, esta estuvo constituida en un 50% por hojas y 50% por vainas. En esta época el número de macollos pasó de 2,5 a 2,7 por planta, incremento no significativo. La proporción en que aumentó la materia seca de hojas fue similar a la experimentada en P. La TCC fue de 16,26 g/m²/día.

Entre primordio y 50% de floración fue el período del ciclo donde alcanzó la mayor TCC, 28,66 g/m²/día, duplicando la materia seca total con respecto al período anterior, siendo que la materia seca con que llega a 50% de floración fue dada en un 27% por hojas, 38% por vainas, 19% por tallos y 16% por panojas. La materia seca de hojas en este período aumenta en una proporción mayor al IAF, debido a que el PEH tuvo un leve incremento. El número de macollos tuvo una reducción significativa, pasando de 2,7 a 2,2 macollos por planta, lo que representa un 21% de muerte de macollos. A partir de este momento hasta madurez

fisiológica el número de macollos no sufrió diferencias significativas.



Lo que se destacó más durante el ciclo de este cultivar fue lo que sucedió en el período de llenado de grano temprano, en donde tuvo la más baja TCC entre todos los cultivares, siendo esta significativamente inferior a la que tuvo en el período anterior. Esto se debió a la disminución significativa de la materia seca de hojas, comportamiento que fue único entre todos los cultivares, ocurriendo lo mismo para materia seca de vainas. Esto determinó una reducción significativa en el IAF, cosa que no ocurrió con el otro cultivar de ciclo similar. Doce días

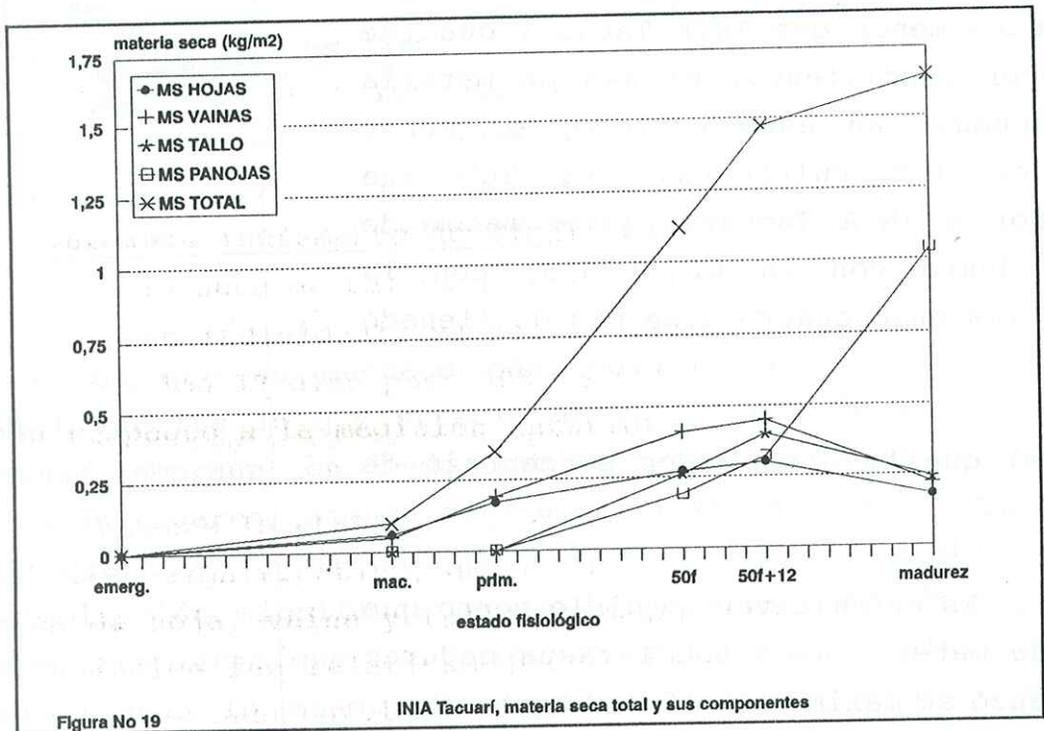
después de 50% de floración INIA Yerbal tuvo menor materia seca de hojas, vainas y tallos que INIA Tacuarí lo que determinó que la materia seca total en ese momento fuera significativamente menor a este, y la menor de todos los cultivares.

Durante el último período tuvo una TCC de 4,84 g/m²/día que tendió a ser menor a la de INIA Tacuarí, aunque la diferencia no alcanzó a ser significativa. Estas menores tasas de crecimiento durante todo el llenado de grano son las que determinaron las diferencias significativas en la materia seca total con que llegan ambos cultivares al final del ciclo. Además de haber tenido una menor materia seca en madurez fisiológica, INIA Yerbal tuvo un índice de cosecha menor que INIA Tacuarí que fue determinante de su menor rendimiento. El 64% de materia seca de panojas se acumuló en este período, el menor porcentaje entre todos los cultivares. La TCP fue significativamente menor a INIA Tacuarí, y la menor de todos los cultivares junto con la Línea 813, con la diferencia que esta última tuvo cuatro días más de llenado de grano.

INIA Yerbal fue el que tuvo un mayor porcentaje de macollos fértiles, 75,1%.

4.1.11.4 INIA Tacuarí . Es un cultivar de ciclo corto que tuvo una acumulación de materia seca total hasta madurez fisiológica, donde alcanzó su máximo con 16.460 kg/ha (Fig. No 19).

En el período de pleno macollaje hasta primordio, hubo un aumento significativo de la materia seca total, esto se debió a un aumento importante en el número de macollos, materia seca de hojas y vainas. Durante esta fase el número de macollos promedio por planta pasó de 2,1 a 2,5, el aumento en materia seca de hojas fue debido a un mayor número de estas y mayor desarrollo, ocurriendo algo similar con vainas. Al momento de primordio el 48,3% de la materia seca total corresponde a hojas y un 51,7% a vainas. En el transcurso de este período la proporción en la cual aumentó la materia seca de hojas fue similar al aumento en el IAF.



Entre primordio y 50% de floración se triplica la materia seca total, teniendo este cultivar una TCC para este período relativamente alta (27,56 g/m²/día). La materia seca a la que llega este cultivar a 50% de floración es constituida en un 24% por hojas, 36% vainas, 23% tallos y 17% panojas. La proporción de aumento de materia seca de hoja fue levemente superior a la del IAF, esto determinó que hubiera un aumento en el PEH. Durante este período hubo un descenso significativo en el número de macollos por planta, pasando de 2,5 a 1,9, que representa una reducción de un 24%. Este cultivar junto con INIA Yermal se distinguieron de los ciclos medios por una menor duración de este período, cinco días menos.

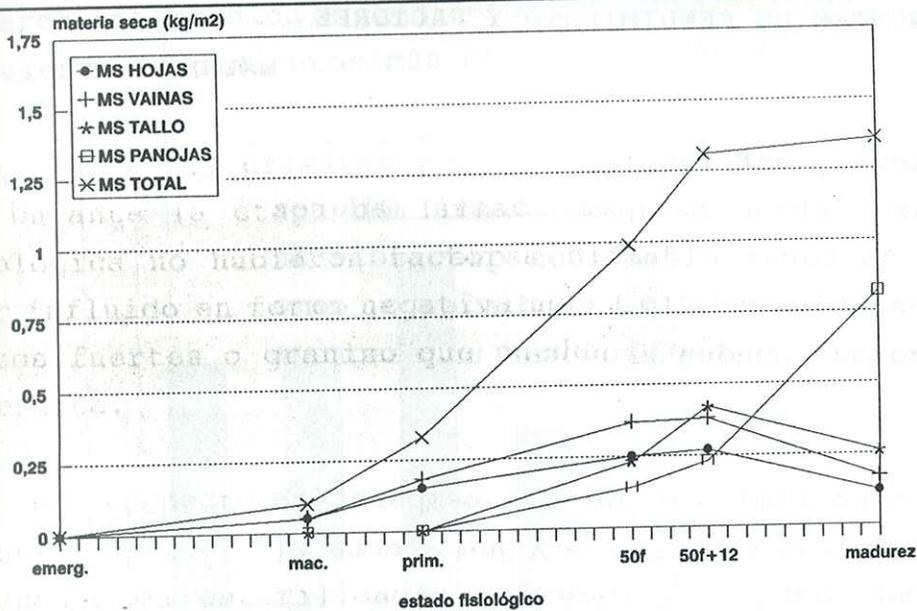
En la etapa de llenado de grano temprano fue donde el cultivar tuvo la mayor TCC de todo el ciclo, esto fue causado principalmente por el aumento en la materia seca de tallos y panojas ya que la materia seca de hojas y vainas tuvieron un incremento no significativo. El incremento en la materia seca de tallos fue ocasionado por un incremento en su peso individual, ya que su número no varió. El área foliar a los 12 días post 50% de floración no tuvo cambios con respecto a la medición anterior.

Durante la etapa final de crecimiento, la TCC tuvo un descenso significativo, debido a la disminución de materia seca de hoja, vaina y tallo. A pesar de esto el valor de este índice fue relativamente alto para esta etapa, esto fue determinado por la alta TCP que tuvo en el transcurso de esta fase (29,58 g/m²/día). Un 70% de la materia seca de panojas se acumuló en este período. Hubo un descenso

significativo en el IAF pero de todas formas fue el cultivar que llegó a madurez fisiológica con el valor más alto, esto acompañado de un descenso moderado de la materia seca de hojas y órganos vegetativos hace suponer que la producción de asimilados por fotosíntesis en el último período es muy importante, siendo de menor importancia la traslocación interna.

El 72,3% de los macollos llegaron a dar panojas. El alto rendimiento a que llegó fue determinado por la alta producción de materia seca y el alto índice de cosecha (52,9 %).

4.1.11.5 Línea 813 . Este cultivar mostró en las diferentes parcelas una cantidad importante de plantas atípicas, lo que hace difícil hacer una síntesis precisa de su fisiología durante el ciclo. Debido a esto se creyó que lo más correcto sería no hacer una descripción detallada como se hizo para los demás cultivares, ya que esta no se identificaría realmente con lo que son las plantas típicas de este cultivar. Se presentará en forma general como fue evolución de la materia seca y su partición durante el ciclo (Fig. No 20).



Línea 813, materia seca total y sus componentes

Figura No 20

4.2 RENDIMIENTO, COMPONENTES DE RENDIMIENTO Y FACTORES QUE LO AFECTAN

4.2.1 Factores climáticos y externos.

Durante la etapa de llenado de grano hasta madurez fisiológica no hubieron factores climáticos que pudieran haber influido en forma negativa sobre el rendimiento, como vientos fuertes o granizo que pueden provocar un desgrane importante.

Con respecto al comportamiento de la temperatura durante el período prefloración y floración, que afecta el porcentaje de esterilidad, esta será descrita para cada cultivar cuando sea analizado esterilidad en particular.

No hubieron problemas de enfermedades ni daños provocados por pájaros durante la época de grano lechoso y madurez fisiológica.

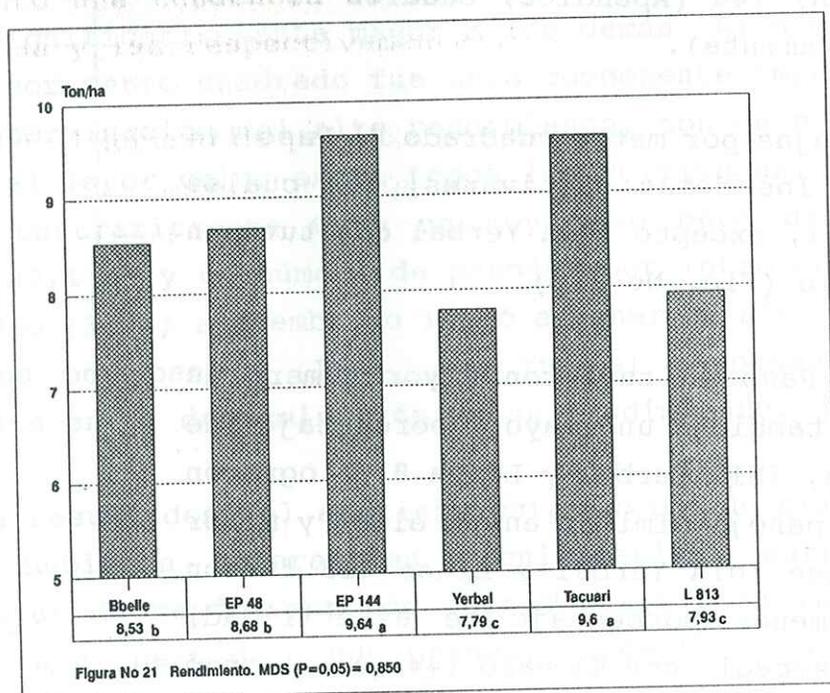
La cosecha se realizó en momento adecuado, pocos días después de haber alcanzado la madurez fisiológica en cada uno de los cultivares.

4.2.2 Rendimiento .

Hubieron diferencias muy significativas entre los cultivares, con un coeficiente de variación de 6,48% (Apéndice, Cuadro No 15a).

Los cultivares El Paso 144 e INIA Tacuarí fueron los que alcanzaron mayores rendimientos, Bluebelle y El Paso 48

fueron intermedios e INIA Yerbal y Línea 813 fueron los que tuvieron rendimientos más bajos (Fig. No 21).



4.2.3 Componentes de rendimiento

El rendimiento es determinado principalmente por cuatro componentes básicos: número de panojas por metro cuadrado, número de granos por panoja, porcentaje de granos vacíos y peso de 1.000 granos. En los resultados obtenidos no se observaron diferencias significativas entre los dos niveles de nitrógeno en lo que respecta a las variables de componentes de rendimiento, por lo tanto los valores presentados corresponden al promedio de ambos niveles de nitrógeno. El número de granos por panoja, el porcentaje de granos vacíos y el peso de 1.000 granos tuvieron

diferencias muy significativas entre cultivares ($P=0,01$), mientras que el número de panojas por metro cuadrado presentó una tendencia al 14% (Apéndice, Cuadros No 16a, 17a, 18a y 19a respectivamente).

En el número de panojas por metro cuadrado El Paso 144 tendió a ser mayor que los demás cultivares, los cuales fueron similares entre sí, excepto INIA Yermal que tuvo un comportamiento intermedio (Fig. No 22a).

INIA Tacuarí y El Paso 48 tuvieron mayor número de granos por panoja y también un mayor porcentaje de esterilidad. El Paso 144, INIA Yermal y Línea 813 lograron un número de granos por panoja similar entre ellos y menor a los demás. En tanto que INIA Yermal y Línea 813 fueron los que mostraron un menor porcentaje de esterilidad, contrariamente a lo que sucedió con El Paso 144 que alcanzó valores altos, similares a los obtenidos por INIA Tacuarí y El Paso 48. Bluebelle tuvo un comportamiento intermedio para las dos variables mencionadas anteriormente (Fig. No 22b y 22c).

El peso de 1.000 granos de El Paso 144 fue muy superior a los demás, que mostraron un peso de grano medio, excepto INIA Tacuarí que se destacó por su muy bajo peso de grano (Fig. No 22d).

La importancia relativa de cada uno de los componentes en la determinación del rendimiento fue diferente entre los cultivares estudiados. Los cultivares El Paso 144 e INIA Tacuarí, que alcanzaron rendimientos similares y

significativamente mayores a los demás, tuvieron grandes diferencias entre sus componentes. En El Paso 144 fue muy importante el peso de 1.000 granos (27,4 g) que es un valor alto y significativamente mayor a los demás. El número de panojas por metro cuadrado fue otro componente importante en la determinación del alto rendimiento, con un promedio de 447, el mayor valor entre todos los cultivares. INIA Tacuarí contrariamente tuvo un muy bajo peso de 1.000 granos (22,1 g) y un número de panojas por metro cuadrado intermedio (379); sin embargo llegó a tener un alto número de granos por panoja (163), que fue el componente más influyente en la determinación de su rendimiento.

Los resultados del análisis estadístico determinaron que no hubieron diferencias significativas entre los componentes de rendimiento de INIA Tacuarí y El Paso 48, excepto en el peso de 1.000 granos, donde El Paso 48 fue significativamente mayor (Fig. No 22d). El mayor rendimiento de INIA Tacuarí está explicado por la suma de diferencias no significativas que tuvo este cultivar sobre El Paso 48 en los componentes número de panoja por metro cuadrado y número de granos por panoja, además importa el porcentaje de esterilidad que a pesar de ser similar entre ambos influye en forma más negativa en El Paso 48 ya que este tiene un grano más pesado. Por lo tanto la suma de efectos positivos de INIA Tacuarí con respecto a El Paso 48 a pesar de que no sean significativos determinó que el primero llegara a tener un mayor número de granos llenos por metro cuadrado (Fig. No 23), esta diferencia compensó el mayor peso de 1000 granos de El Paso 48, ya que INIA Tacuarí tuvo rendimientos significativamente superiores.

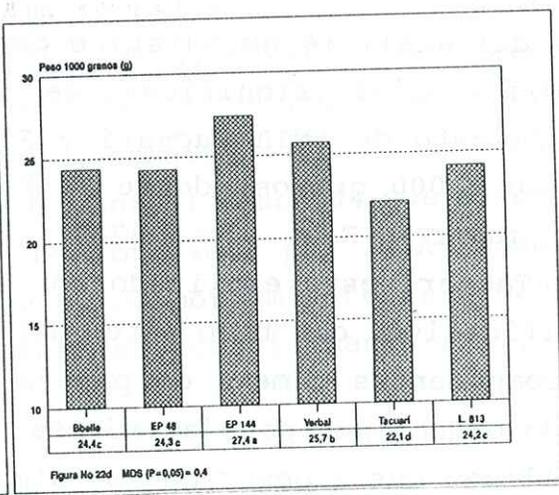
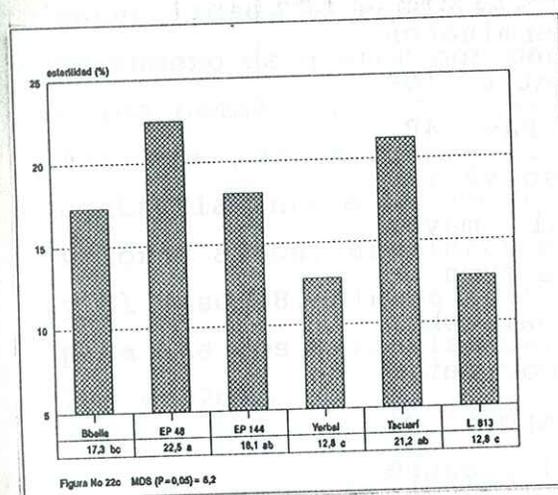
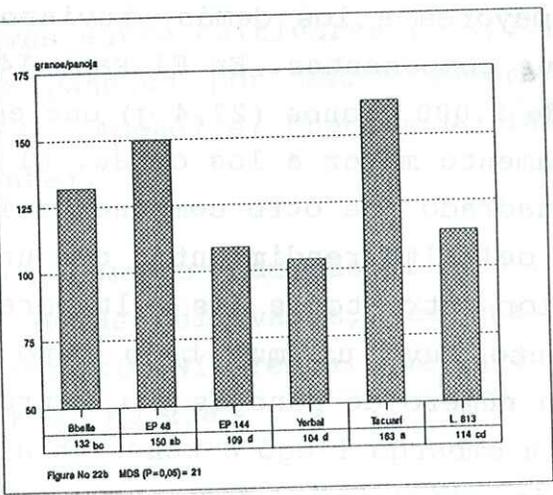
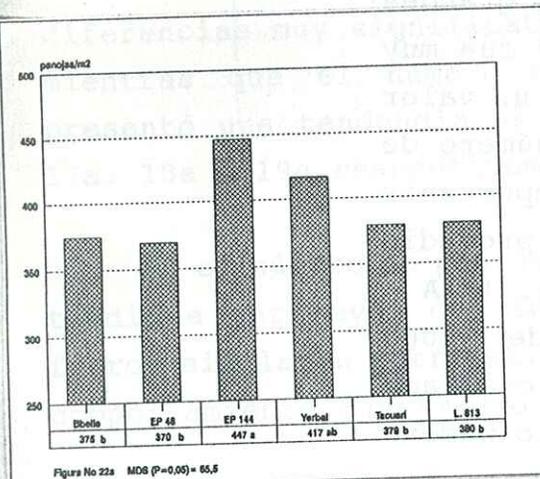
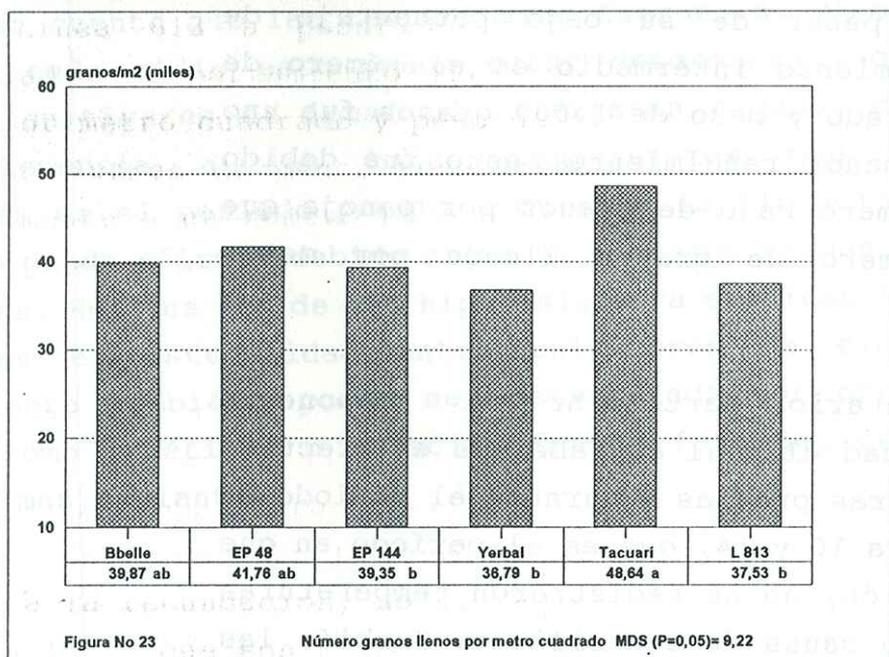


Figura No 22 Componentes de Rendimiento



INIA Yermal a pesar de tener un alto peso de grano, muy bajo porcentaje de esterilidad y un buen número de panojas por metro cuadrado no logró buen rendimiento, siendo el cultivar que junto con Línea 813 tuvieron rendimientos más bajos. Esto se debió a su bajo número de granos por panoja (104), que fue determinante de su bajo número de granos llenos por metro cuadrado (Fig. No 23), el menor de todos los cultivares.

En Bluebelle no hubo un componente de rendimiento destacado, teniendo todos ellos un comportamiento intermedio, que determinó un rendimiento de 8.530 kg/ha, que fue muy similar al obtenido por El Paso 48 de 8.680 kg/ha.

La Línea 813 a pesar de su bajo porcentaje de esterilidad y comportamiento intermedio en el número de panojas por metro cuadrado y peso de 1.000 granos fue uno de los cultivares de menor rendimiento, esto fue debido principalmente a un número bajo de granos por panoja que determinó un bajo número de granos llenos por metro cuadrado (Fig. No 23).

Merece un comentario particular el componente porcentaje de esterilidad el cual se sabe que es afectado por las bajas temperaturas previas y durante el período de floración. Entre la hora 10 y 14, que es el período en que se produce la fecundación, no se registraron temperaturas menores a 15°C, que son causa de esterilidad. También las temperaturas bajas durante el período anterior a la floración y durante la floración pueden afectar la formación del polen. Durante el período previo a la floración los cultivares de ciclo corto y medio tuvieron un día con temperatura por debajo de 13°C, mientras que durante la floración los cultivares de ciclo medio y largo tuvieron cuatro días con temperaturas inferiores a 13°C. En las figuras No 24, 25, 26 y 27 se presenta cuales fueron las temperaturas mínimas y medias 10 días prefloración y durante los 10 días aproximados de floración en cada uno de los cultivares.

En los resultados obtenidos en la variable porcentaje de esterilidad se destacaron las diferencias significativas entre los cultivares con igual ciclo, teniendo INIA Tacuarí mayor esterilidad que INIA Yerbal, El Paso 144 mayor que Línea 813 y El Paso 48 mayor que Bluebelle (Fig. No 22c).

Teniendo en cuenta que las temperaturas fueron las mismas dentro de cada ciclo esto puede estar determinando que dentro de cultivares de igual ciclo existan algunos con mayor tolerancia a las bajas temperaturas que se registraron en el período previo y durante la floración, esto no se puede afirmar debido a que no hubieron rangos de temperatura. Esta es una de las hipótesis para explicar las diferencias en esterilidad entre cultivares de ciclo similar, pero también puede ser determinada por otros factores como genéticos o relación fuente fosa que será discutido más adelante.

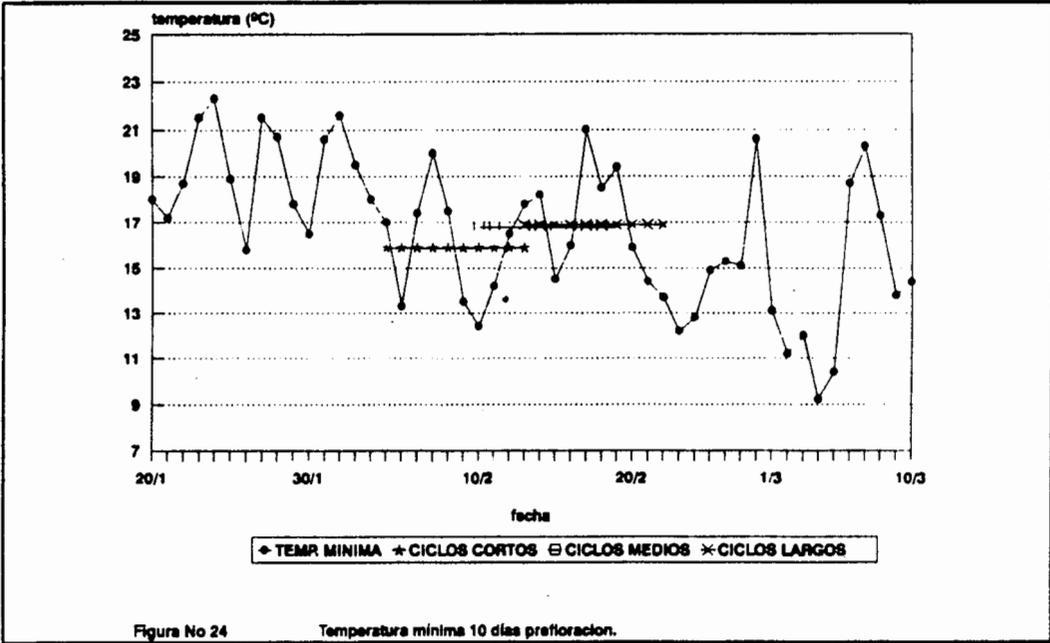
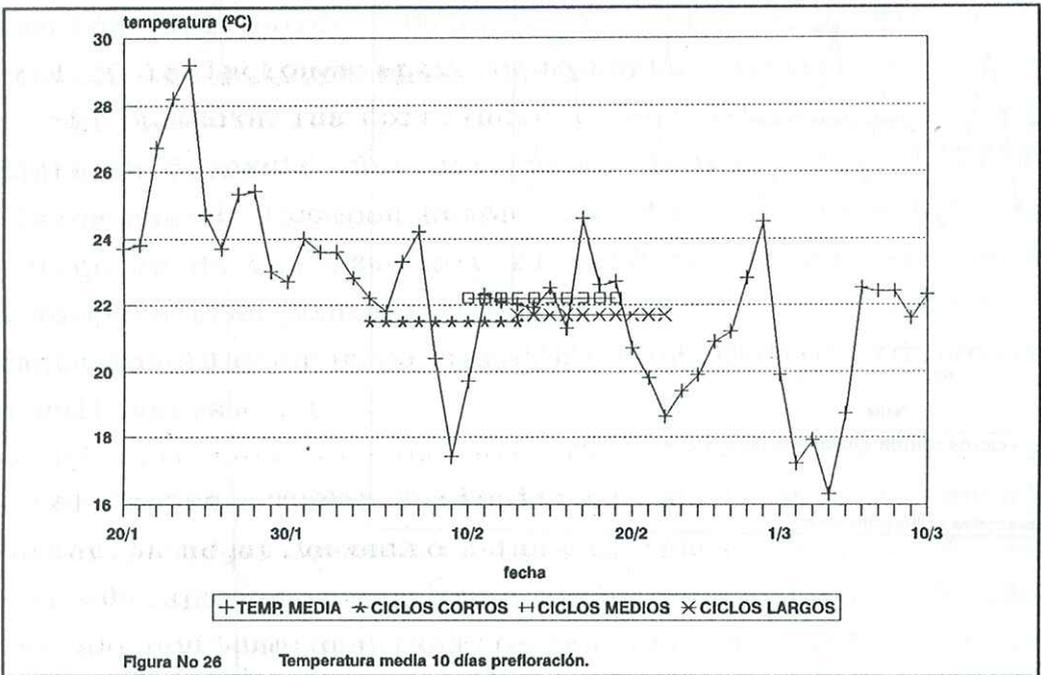
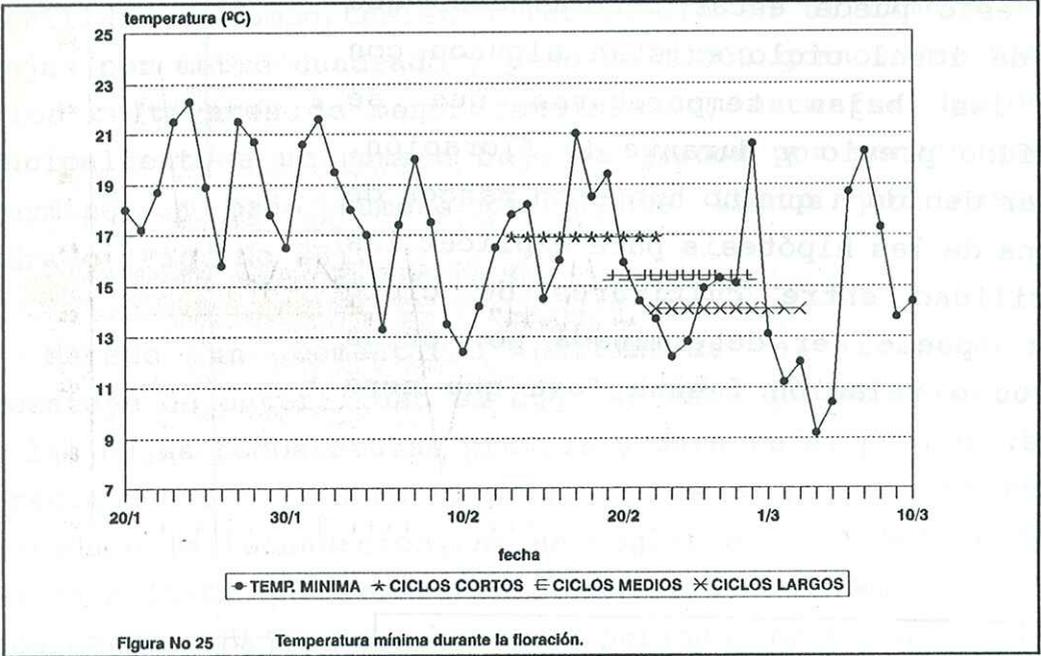


Figura No 24 Temperatura mínima 10 días prefloración.



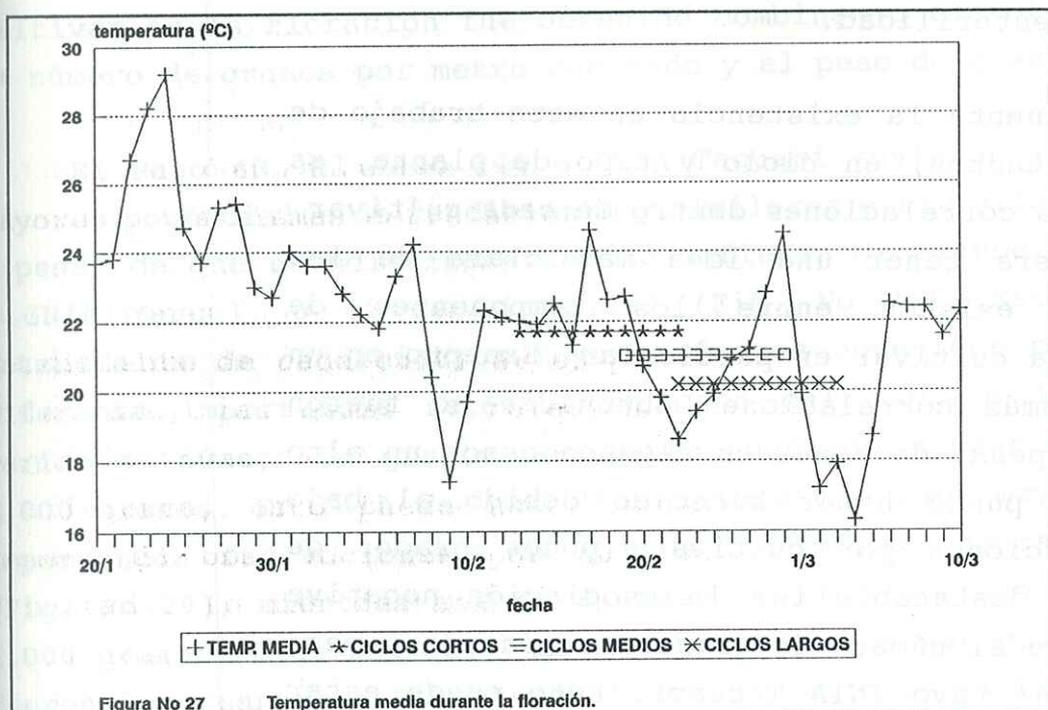


Figura No 27 Temperatura media durante la floración.

4.2.4 Correlaciones entre componentes de rendimiento.

Se buscaron las correlaciones entre los componentes de rendimiento, para de esta forma lograr comprender los mecanismos de compensación en la determinación del rendimiento. Se calcularon las siguientes correlaciones: entre número de granos por panoja con peso de 1.000 granos, número de granos por panoja con porcentaje de esterilidad y número de panojas por metro cuadrado con número de granos por panoja. Para el conjunto de los cultivares las tres correlaciones fueron significativas, existiendo una asociación negativa entre número granos por panoja con peso de 1.000 granos y entre número de panojas por metro cuadrado con número de granos por panoja, mientras que la

asociación fue positiva entre número de granos por panoja con porcentaje de esterilidad.

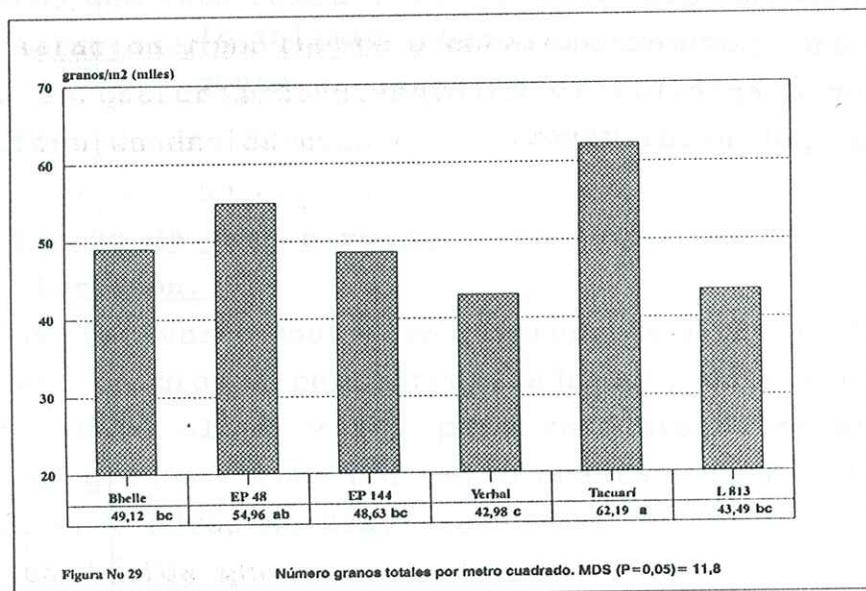
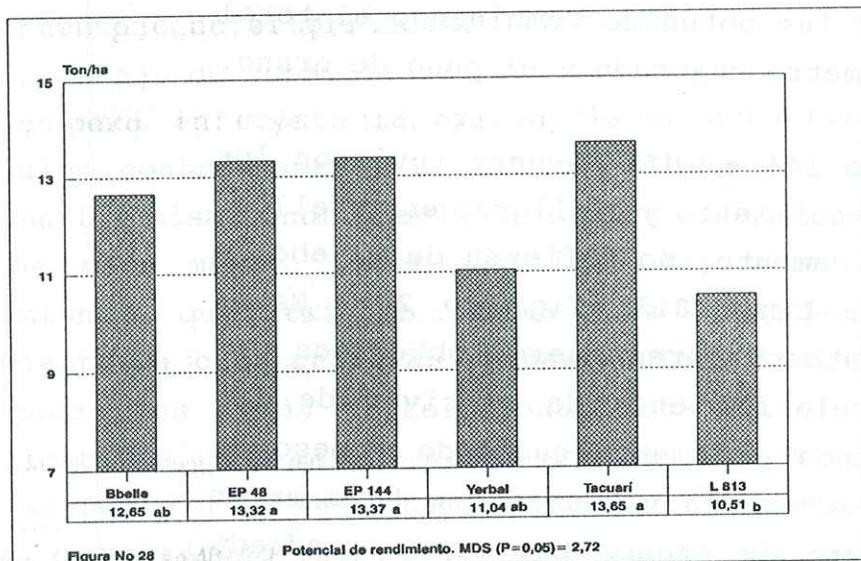
Teniendo en cuenta la existencia en este trabajo de materiales contrastantes, en ciclo y tipo de planta, se buscaron las mismas correlaciones dentro de cada cultivar, para de esta manera tener una idea más clara de las asociaciones que existen entre los componentes de rendimiento de cada cultivar en particular. Excepto en un solo caso, las demás correlaciones obtenidas no fueron significativas, a pesar de tener en algunos casos un alto coeficiente, esto puede haber sucedido debido al bajo número de observaciones por cultivar (pocos grados de libertad). Lo más destacable fue la asociación negativa significativa entre el número de granos por panoja y peso de 1.000 granos que tuvo INIA Tacuarí. Esto puede estar indicando que este cultivar no tenga fuente suficiente como para llenar esa fosa, provocando que cuanto mayor sea el número de granos para llenar disminuye el peso de estos (Apéndice, Cuadro 20a).

4.2.5 Tamaño de fosa o rendimiento potencial en la floración.

Los cultivares mostraron diferencias significativas en el número de granos por metro cuadrado y diferencias con una tendencia al 11 y 14% para rendimiento potencial y número de granos llenos por metro cuadrado respectivamente (Apéndice, Cuadros No 21a, 22a y 23a).

El tamaño de la fosa o rendimiento potencial de cada cultivar en la floración fue obtenido combinando el total de número de granos por metro cuadrado y el peso de grano.

El Paso 48, El Paso 144 e INIA Tacuarí tuvieron los mayores potenciales de rendimiento y similares entre ellos, a pesar de que estadísticamente, no difieren de Bluebelle e INIA Yermal, y si de Línea 813 (Fig. No 28). Estos potenciales de rendimientos mayores fueron obtenidos por diferente importancia relativa en cada cultivar de las variables número de granos por metro cuadrado y peso de 1.000 granos. En INIA Tacuarí la variable que tuvo mayor importancia fue el número de granos por metro cuadrado (Fig. No 29), mientras que en El Paso 144 fue el peso de 1.000 granos (Fig. No 22d). En El Paso 48 ambas variables fueron importantes. El potencial de rendimiento más bajo lo tuvo la Línea 813, que fue determinada principalmente por su bajo número de granos por metro cuadrado, similar al que tuvo INIA Yermal, pero este último al tener un mayor peso de grano llega a un potencial mayor.



El Paso 48 fue el que tuvo un menor porcentaje del rendimiento potencial que se concretó, esto fue debido a su alto porcentaje de esterilidad, que fue similar al de INIA Tacuarí, pero influye más en El Paso 48 ya que este cultivar tiene el grano más pesado (Cuadro No 20). Las diferencias entre rendimiento potencial y el obtenido, en parte se pueden deber a errores en la combinación de los componentes de rendimiento cuando se calculó el rendimiento potencial, debido a errores de muestreo.

Cuadro No 20. Porcentaje del rendimiento potencial que se concreta					
Bluebelle	El Paso 48	El Paso 144	Yerbal	Tacuarí	Línea 813
67,4	65,1	72,1	70,6	70,3	75,5

4.2.6 Relación fosa fuente y consideraciones generales.

Se encontraron diferencias muy significativas entre los cultivares en los tres tipos de cálculo de la relación fosa fuente (Apéndice, Cuadro No 24a, 25a y 26a), estas fueron expresadas en gramos de grano por metro cuadrado de hoja.

Cuando rendimiento potencial fue usado en los cálculos con el IAF en floración (relación 1), INIA Tacuarí, Bluebelle y El Paso 48 tuvieron una relación similar y superior a los demás cultivares (Fig. No 30 y Cuadro No 22). Esto indica que estos cultivares tuvieron una menor área foliar en ese momento con respecto a su potencial de rendimiento, por lo tanto para que se concrete el

rendimiento potencial el área foliar de estos tres cultivares va a tener que ser más eficiente que los demás. Lo que se observó fue que justamente estos tres cultivares fueron los que tuvieron un menor porcentaje de rendimiento potencial que se concretó en rendimiento (Cuadro No 20), principalmente El Paso 48 y Bluebelle.

En la relación fosa fuente calculada a partir del rendimiento real y el IAF en floración (relación 2), los cultivares tuvieron relaciones más bajas, pero se mantuvieron las mismas tendencias entre ellos, destacándose El Paso 144 que tuvo la relación más baja (Fig. No 30). Los valores más bajos obtenidos mediante esta forma de calculo con respecto a la anterior fue debido a que se usó el rendimiento real que es menor al potencial. INIA Tacuarí y Bluebelle principalmente, al momento de 50% de floración fueron los que tuvieron menor área foliar con respecto al rendimiento que alcanzaron, esto quiere decir que si tomamos en cuenta ese momento, el área foliar de estos cultivares fue más eficiente que los demás, opuesto a lo que ocurrió con El Paso 144. Esto se confirma si analizamos la TAN entre primordio y 50% de floración en donde INIA Tacuarí y Bluebelle tendieron a tener mayor TAN que los demás cultivares.

En la tercera forma de calculo (relación 3) lo que varió con la anterior fue el IAF, el cual fue el de llenado de grano temprano. Se observó que los valores obtenidos en todos los cultivares fueron mayores a los obtenidos con la anterior fórmula, debido a que el IAF disminuyó en todos ellos. Las tasas de descenso del IAF fueron diferente para

cada cultivar, siendo destacable las altas tasas de El Paso 144 e INIA Yerbál (Cuadro No 21), que determinó que con esta forma de cálculo estos dos cultivares tuvieran una relación marcadamente superior con respecto al período anterior. Con esta forma de cálculo nuevamente INIA Tacuarí y Bluebelle fueron los que tuvieron una mayor relación.

Cuadro No 21. Porcentaje de descenso del IAF en los 12 días post 50% de floración					
Bluebelle	El Paso 48	El Paso 144	Yerbál	Tacuarí	Línea 813
7,4	3,7	20,4	25,4	2,1	0,7

Cuadro No 22 Rendimiento, rendimiento potencial y relación fosa fuente para los diferentes cultivares, promedio de ambos niveles de nitrógeno.					
	RENDIM. g/m ²	POT. REND. g/m ²	FOSA-FUENTE1 g/m ² hoja (*1)	FOSA-FUENTE2 g/m ² hoja (*2)	FOSA-FUENTE g/m ² hoja (*3)
BLUEBELLE	853.10	1264.90	245.30	165.10	171.80
EP 48	868.30	1331.80	222.60	148.60	155.70
EP 144	963.90	1336.60	150.60	110.30	129.70
YERBAL	779.30	1104.20	172.90	121.50	157.40
TACUARI	960.00	1365.20	246.50	174.00	182.30
L.813	793.40	1051.30	173.70	134.70	136.90
MEDIA	869.67	1242.33	201.93	142.37	155.63

(*1) = Potencial de rendimiento / IAF 50% floración.

(*2) = Rendimiento / IAF 50% floración.

(*3) = Rendimiento / IAF 50% floración+12 días.

MDS P = 0,05

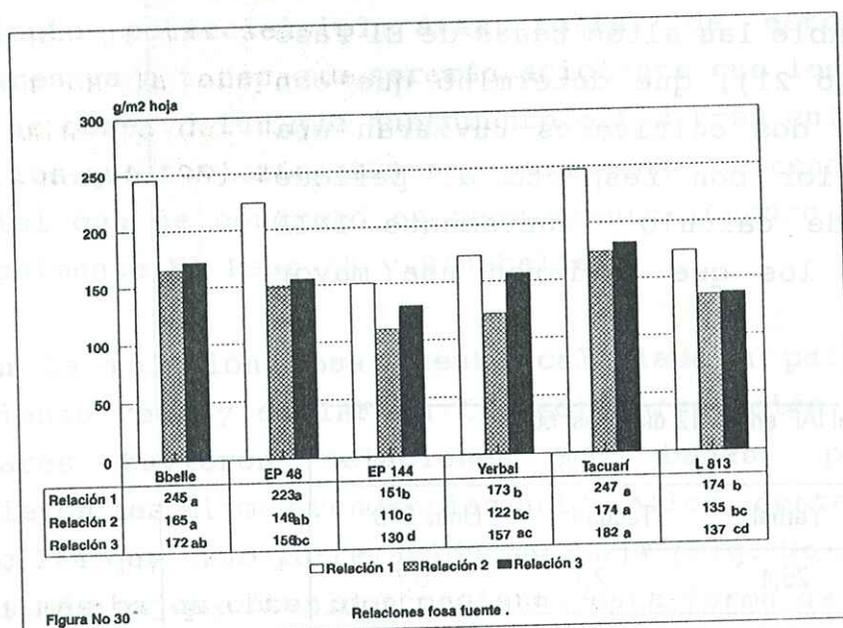
Rendimiento = 85,02

Rendimiento potencial = 272,34

Fosa-fuente1 = 44,68

Fosa-fuente2 = 31,07

Fosa-fuente3 = 25,77



Todo lo presentado y discutido anteriormente nos permite hacer una serie de consideraciones de importancia para los diferentes cultivares. Entre los cultivares de ciclo intermedio El Paso 48 tiene un mayor potencial de rendimiento que Bluebelle, y un menor porcentaje de ese potencial se transforma en rendimiento realmente. Este potencial que no se concreta fue debido al porcentaje de granos estériles, el cual en El Paso 48 fue mayor que en Bluebelle. En las tres formas de calculo Bluebelle siempre tuvo una tendencia a ser mayor en la relación que El Paso 48, esto indica que había menor área foliar por unidad de rendimiento potencial u obtenido en Bluebelle, lo que nos conduce a pensar que pueden haber sucedido uno o ambos de los siguientes hechos: a) que el área foliar de Bluebelle es más eficiente como fuente de asimilados que la de El Paso 48 y es la causa, o una de las causas, del menor porcentaje de esterilidad de Bluebelle, b) el cultivar El

Paso 48 fue más sensible a las bajas temperaturas que se dieron en la etapa de prefloración y floración, siendo determinante del mayor porcentaje de esterilidad de este (Fig. No 24, 25, 26 y 27).

Los cultivares de ciclo largo tuvieron un comportamiento similar en las tres formas de calculo, siendo que Línea 813 mostró siempre una tendencia a ser mayor, estas relaciones fueron siempre menores que las de los ciclos medios e INIA Tacuarí. Esto significa que fueron los cultivares con más área foliar por unidad de rendimiento, lo que hace pensar que el porcentaje de rendimiento que no se concreta no se debe a falta de fuente, inclusive estos son los cultivares que concretaron un mayor porcentaje del rendimiento potencial (Cuadro No 20). Aparentemente las diferencias en porcentaje de esterilidad entre estos cultivares estuvo dada por una mayor sensibilidad a las bajas temperaturas de El Paso 144, característica que ya es conocida en esta variedad.

Los cultivares de ciclo corto se comportaron en forma diferente hasta 50% de floración y luego 12 días post 50% de floración hubo una tendencia de INIA Tacuarí de mantener una relación mayor que INIA Yerbal pero que no es significativa estadísticamente. INIA Yerbal en 50% de floración (relaciones 1 y 2) tiene alta área foliar por unidad de rendimiento, lo que hace pensar que hasta ese momento no tiene problemas de fuente, luego de 12 días de 50% de floración tuvo un descenso abrupto de área foliar que puede hacer pensar que pueda faltar fuente de asimilados en la última parte del ciclo, ya que es un

cultivar de ciclo corto, pero esto se comprueba que no sucedió debido al bajo porcentaje de esterilidad que obtuvo. INIA Tacuarí fue el cultivar más eficiente en lo que respecta al área foliar por unidad de rendimiento obtenido, a pesar de esto, fue uno de los cultivares que tuvo un mayor porcentaje de esterilidad. A partir de esto se podría pensar que este cultivar posiblemente tuvo una carencia de fuente de asimilados, que provocó la aparición de un gran porcentaje de granos vacíos, principalmente en la base de la panoja, pero esto no se puede afirmar ya que no se hizo un estudio de carbohidratos.

Los cultivares El Paso 144 e INIA Tacuarí fueron los que tuvieron mayores rendimientos, y también son los cultivares que en los últimos años tuvieron mayor productividad a nivel experimental. Debido a esto, ya que son cultivares contrastantes en sus características de ciclo, tipo de planta y tipo de grano, se hizo un análisis más detallado de sus comportamientos en la última etapa del ciclo, entre 12 días post 50% de floración y madurez fisiológica.

En base a los datos de componentes de rendimiento se calculó el peso de grano de cada planta individual, que tuvo cada cultivar en madurez fisiológica. INIA Tacuarí tuvo 2,84 y El Paso 144 2,44 gramos de grano por planta.

Entre el momento de 12 días post 50% de floración y madurez fisiológica se analizaron los datos de materia seca de tallos, vainas y hojas individuales de cada planta sin relacionarlo por unidad de superficie, y se obtuvieron las

perdidas de peso que tuvieron los diferentes componentes de la materia seca total en ese período (Cuadro No 23).

Cuadro No 23. Descenso de peso entre 12 días post 50% de floración y madurez fisiológica de tallos, hojas y vainas de cada planta individual (g)		
	El Paso 144	INIA Tacuarí
TALLO	0,45	0,46
HOJA	0,62	0,30
VAINA	0,75	0,60
TOTAL	1,82	1,36

De los resultados obtenidos, se observa que el descenso de materia seca vegetativa de cada planta individual en el último período equivale en El Paso 144 a un 74% del peso en grano por planta al cual llega este cultivar, mientras que para INIA Tacuarí representa un 48%. Como no se hizo un análisis de carbohidratos, no se sabe realmente cuanto de ese descenso en peso de hoja, vainas y tallos se debió a una removilización hacia la panoja, y a una concreción en peso de grano. Pero en base a antecedentes mencionados por la bibliografía y a los resultados obtenidos se puede concluir que en El Paso 144 es más importante la removilización de carbohidratos desde los órganos vegetativos hacia la panoja, que en INIA Tacuarí, en el cual la producción de carbohidratos en el último período es más dependiente de la fotosíntesis, hecho que se confirma por la mayor área foliar y materia seca de hojas con la cual este cultivar llega a madurez fisiológica.

La contribución del almacenamiento previo al panojamiento, al rendimiento de grano es variable, situándose entre 0 y 90% en casos extremos, y entre 20 y 40% la generalidad de las veces (Matsushima y Wada, 1959; Yoshida, 1972; citado por Evans, 1973), y es mayor con una variedad de ciclo más largo (Yoshida y Ahm, 1968; citado por Evans, 1973).

4.2.7 Índice de cosecha .

Hubo un efecto muy significativo del cultivar y significativo del nitrógeno, con un coeficiente de variación de 3,79% (Apéndice, Cuadro No 27a).

Los cultivares que acumularon más materia seca total, El Paso 144 e INIA Tacuarí, fueron los que obtuvieron mayores rendimientos ya que se observó que el índice de cosecha de ambos es similar y son los más altos entre los cultivares (Cuadro No 24). La Línea 813, de ciclo largo fue el cultivar que tuvo menor índice de cosecha.

Cuadro No 24. Índice de cosecha de los diferentes cultivares

Bluebelle	El Paso 48	El Paso 144	Yerbal	Tacuarí	Línea 813
50,6 ab	48,6 bc	51,4 a	50,9 ab	52,9 a	47,6 c
MDS (P=0,05) = 2,3					

Siendo el índice de cosecha una medida de eficiencia de transporte de fotoasimilados para el grano (Ferraz, 1987), el mayor índice de cosecha observado por un cultivar

debe demostrar mayor eficiencia de conversión de productos sintetizados en material de importancia económica. Según Donald y Hamblin (1976), el éxito en el aumento en el rendimiento en el arroz está relacionado con mayores índices de cosecha de los cultivares modernos, con poca variación en la acumulación de materia seca, en comparación con los cultivares tradicionales.

4.3 CALIDAD INDUSTRIAL

No se hizo un análisis profundo de los indicadores de calidad de los diferentes cultivares, ya que sobre este tema hay trabajos realizados y suficiente información disponible.

En los análisis de varianza se encontraron diferencias muy significativas entre cultivares para blanco total, grano entero, quebrado y panza blanca y una tendencia al 9,4% para manchado (Apéndice, Cuadro No 28a, 29a, 30a, 31a y 32a respectivamente). No hubo efecto significativo de los diferentes niveles de nitrógeno.

Las bases de comercialización del arroz en el Uruguay son para blanco total 70% y granos enteros 58%, siendo que por cada 1% o fracción proporcional que exceda o sea inferior a la base comercial habrá una bonificación o deducción respectivamente de 0,5% en el precio.

Tomando cuenta lo mencionado anteriormente, se observó que solo el cultivar El Paso 144 se encuentra por debajo de la base de comercialización en blanco total. En lo que

respecta a grano entero todos se encuentran por encima de 58%, siendo nuevamente El Paso 144 que tiene menor porcentaje entre los cultivares (Cuadro No 25). Este comportamiento de El Paso 144 era esperado, ya que es el único cultivar de origen tropical, y no es una variedad de grano largo tipo americano. Todos los demás cultivares tendrían bonificaciones ya sea por blanco total o grano entero, o ambos. Se destacó INIA Tacuarí que fue el que alcanzó el mayor valor de grano entero, significativamente mayor a El Paso 144, INIA Yerbál y Línea 813.

Cuadro No 25 Indicadores de calidad de grano de los diferentes cultivares					
	BLANCO	ENTERO	QUEBRADO	PANZA BLANCA	MANCHADO
BLUEBELLE	71,0 abc	64,4 abc	6,6 a	0,6 d	0,05 b
EL PASO 48	70,0 c	65,8 ab	4,3 b	1,0 bc	0,04 b
EL PASO 144	68,2 d	60,7 d	7,5 a	1,4 a	0,11 ab
INIA YERBAL	71,3 ab	63,9 c	7,4 a	1,1 abc	0,16 a
INIA TACUARI	70,3 bc	66,2 a	4,1 b	1,1 abc	0,09 ab
LINEA 813	71,4 a	64,2 bc	7,2 a	0,8 cd	0,03 b

MDS (0,05) = 0,97 BLANCO
MDS (0,05) = 1,84 ENTERO
MDS (0,05) = 1,29 QUEBRADO
MDS (0,05) = 0,37 PANZA BLANCA
MDS (0,05) = 0,10 MANCHADO

5 CONCLUSIONES

- Los dos niveles de fertilización nitrogenada que se usaron, en general, no provocaron interacciones significativas entre cultivar y nitrógeno en las variables que se midieron, tanto durante el ciclo como en madurez fisiológica.
- Los cultivares El Paso 144 e INIA Tacuarí obtuvieron los mayores rendimientos, significativamente superiores a los demás. El Paso 48 y Bluebelle tuvieron comportamiento intermedio, mientras INIA Yermal y la Línea 813 fueron los de más bajo rendimiento, significativamente menor a los demás.
- En la determinación de los altos rendimientos obtenidos por El Paso 144 e INIA Tacuarí tuvieron diferente importancia relativa los componentes. En El Paso 144 fue muy importante el peso de 1.000 granos el cual fue significativamente mayor a los demás cultivares y el número de panojas por metro cuadrado, opuesto a lo que ocurrió con INIA Tacuarí, que tuvo un peso de grano muy liviano, pero a su vez, tuvo un gran número de granos por panoja que determinó que fuera el cultivar con un mayor número de granos llenos por metro cuadrado. Fue destacable lo que sucedió con INIA Yermal, que tuvo un buen número de panojas por metro cuadrado, buen peso de grano y bajo porcentaje de esterilidad, pero fue el que tuvo un menor número de granos por panoja, que determinó que fuera el cultivar con un menor número de granos llenos por metro cuadrado.

- El ciclo total de los cultivares desde emergencia hasta madurez fisiológica varió desde 120 a 136 días. La diferencia en la duración del ciclo total entre cultivares de ciclo corto y ciclo medio estuvo dado únicamente por la duración del período reproductivo, mientras que la diferencia entre ciclos medios y largos, estuvo dada principalmente por la duración del período de llenado de grano y en menor medida por la duración del período vegetativo.

- Todos los cultivares llegaron al máximo número de macollos por metro cuadrado al final de la fase vegetativa (primordio floral), destacándose en ese momento El Paso 144 el cual tuvo un número significativamente mayor a los demás. A partir de primordio floral todos tuvieron un descenso en el número de macollos hasta inicio de la floración y luego se mantuvieron constantes hasta la madurez fisiológica. Al final del ciclo no hubieron diferencias significativas entre los cultivares, a pesar de la tendencia de El Paso 144 de tener un mayor número de macollos. El Paso 144 fue el que tuvo un menor porcentaje de macollos que llegaron a dar panoja.

- Todos los cultivares tuvieron aumento en la materia seca total hasta madurez fisiológica, excepto El Paso 144 que llegó al máximo 12 días post 50% floración, disminuyendo a partir de este momento. Este comportamiento particular de El Paso 144 se debió a la abrupta senescencia de hojas y vainas y a una disminución importante en el peso de los tallos, debido posiblemente a la removilización de carbohidratos hacia la panoja. Los cultivares que

acumularon más materia seca total fueron El Paso 144 e INIA Tacuarí, que a su vez fueron los que llegaron a mayores rendimientos, ya que fueron los que tuvieron un mayor índice de cosecha.

- La mayor tasa de crecimiento del cultivo promedio fue la de INIA Tacuarí, característica esperable por ser este un cultivar de ciclo corto, pero inverso a lo que ocurrió con el otro cultivar de ciclo similar, INIA Yerbál, que tuvo una tasa de crecimiento del cultivo promedio menor que El Paso 144 y los cultivares de ciclo intermedio.

- Entre los cultivares de ciclo intermedio, El Paso 48 tuvo un mayor porcentaje de esterilidad, esto pudo haber sucedido debido a una mayor sensibilidad de este cultivar a las bajas temperaturas que se dieron en prefloración y floración, pero no se puede afirmar ya que se trabajó con una sola fecha de siembra y no hay rangos de temperatura que permitan realizar esta afirmación. Lo mismo ocurre entre los cultivares de ciclo largo, entre los cuales El Paso 144 tiene un mayor porcentaje de esterilidad. Con respecto a los cultivares de ciclo corto, INIA Tacuarí tuvo un mayor porcentaje de esterilidad que INIA Yerbál, presentando un número importante de granos vacíos en la base de la panoja.

- De acuerdo a los resultados obtenidos, el cultivar INIA Tacuarí que obtuvo un alto rendimiento es muy eficiente durante su ciclo, ya que es el que posee una mayor TAN y la más alta TCC promedio. A si mismo, tiene un alto porcentaje de esterilidad con muchos granos vacíos en

la base de la panoja, que pudo haber sido consecuencia de una carencia de fuente de asimilados, ya que es un cultivar de ciclo corto y con una alta relación fosa fuente. Esta hipótesis no se puede afirmar debido a que no se hizo un análisis de contenido de carbohidratos.

- En base al comportamiento que tuvieron los cultivares de mayor rendimiento en la última etapa del ciclo, es posible pensar que en El Paso 144 fuera más importante la removilización de carbohidratos desde los órganos vegetativos hacia la panoja que en INIA Tacuarí, el cual tiene una mayor dependencia de asimilados producidos a partir de la fotosíntesis en este último período. Por lo tanto es muy importante para el cultivar INIA Tacuarí mantener un buen índice de área foliar hasta madurez fisiológica.

- Los resultados de calidad de grano de los cultivares demostraron que todos ellos superaron la base de comercialización en lo que respecta a grano entero, y todos, excepto El Paso 144 superan la base de comercialización en lo que respecta a porcentaje de blanco total. Se destacaron INIA Tacuarí y El Paso 48 que tuvieron un porcentaje de grano quebrado significativamente menor que los demás cultivares.

- Algunas sugerencias para trabajos similares que se puedan realizar en el futuro, que permita de esta manera confirmar algunas tendencias obtenidas en este ensayo y obtener nuevos resultados de interés, serían: a) un mayor número de muestreos durante el ciclo, para de esta forma

tener una mayor precisión de cuando se dan los puntos de inflexión en las curvas de crecimiento de los cultivares y b) Hacer análisis de contenido de carbohidratos para saber de esta forma con seguridad cuando se están almacenando o movilizandore reservas, o si hay carencia de ellas.

6 RESUMEN

El experimento se realizó en el Campo Experimental Paso de La Laguna del INIA Treinta y Tres, teniendo como objetivos estudiar la fisiología del rendimiento de cultivares de arroz con diferente ciclo y arquitectura de planta empleando técnicas de análisis de crecimiento. Se evaluaron seis cultivares: INIA Tacuarí e INIA Yerbal (ciclo corto), Bluebelle y El Paso 48 (ciclo intermedio) y El Paso 144 y Línea 813 (ciclo largo), con dos niveles de fertilización nitrogenada. El diseño estadístico empleado fue el de parcelas subdivididas con cultivar como parcela principal, nivel de nitrógeno como subparcela y estado de desarrollo como sub-subparcela.

Los dos niveles de fertilización nitrogenada usados no provocaron diferencias significativas en las variables medidas. Los cultivares EP 144 e INIA Tacuarí tuvieron rendimientos superiores (9,64 y 9,60 Ton/ha respectivamente), siendo en EP 144 muy importante en la determinación de ese rendimiento el peso de 1.000 granos y el número de panojas, mientras en INIA Tacuarí fue más importante el número de granos por panoja. Estos dos cultivares fueron los que acumularon más materia seca total durante el ciclo y los que tuvieron un mayor índice de cosecha. EP 48 y Bluebelle tuvieron un rendimiento intermedio (8,68 y 8,63 Ton/ha respectivamente), mientras que INIA Yerbal y Línea 813 fueron los de menor rendimiento (7,79 y 7,93 Ton/ha respectivamente). El ciclo total de los cultivares varió desde 120 hasta 136 días, la diferencia en la duración del ciclo entre cultivares de ciclo corto y

ciclo medio fue debida a la duración del período reproductivo, mientras que las diferencias entre ciclos medios y largos estuvo determinada principalmente por la duración del período de llenado de grano y en menor medida por la duración del período vegetativo. Todos los cultivares llegaron al máximo número de macollos en primordio y acumularon materia seca hasta madurez fisiológica, excepto EP 144 que llegó al máximo 12 días post 50% floración. INIA Tacuarí demostró ser el cultivar más eficiente durante el ciclo, tuvo mayor TAN (4,85 g/m²/día) y la más alta TCC promedio (13,5 g/m²/día), siendo además el cultivar que tuvo la mayor relación fosa fuente contrastando con lo sucedido en EP 144.

7 SUMMARY

The experiment was conducted at INIA Treinta y Tres experimental field, Paso de la Laguna. The objective of the research was to study the yield physiology of rice cultivars from different maturity groups and plant type, using growth analysis techniques. Six cultivars were evaluated at two levels of nitrogen fertilization: INIA Tacuarí and INIA Yermal (Short - season), Bluebelle and El Paso 48 (mid-season), and El Paso 144 and the line L 813 (Long-season). The experiment was arranged as a RCBD with split-split plot considering Cultivar as main plot, Nitrogen level as split-plot, and Growth Stage as split-split plot.

Both levels of nitrogen fertilization did not produce significant differences in the studied variables. The cultivars El Paso 144 and INIA Tacuarí had the highest yields, 9.64 and 9.60 t/ha respectively. El Paso 144 showed higher 1000 grain weight and number of panicles, while INIA Tacuarí had more grains per panicle. Both cultivars had the highest dry matter accumulation during growth and the highest harvest index. Grain yield, of El Paso 48 and Bluebelle was 8.68 and 8.63 t/ha respectively, while INIA Yermal and L 813 showed the lowest yields (7.79 and 7.93 t/ha respectively). Growth duration of the cultivars ranged from 120 to 136 days. Growth duration difference between short-season and mid season cultivars was due to a shorter reproductive period, while the difference between mid-season and long-season cultivars was determined mainly by the duration of the grain filling period and by the

duration of the vegetative phase in second term. All cultivars reached the maximum tiller number at panicle initiation and increased dry matter until physiological maturity, except El Paso 144 that showed a maximum 12 days after 50 % flowering. INIA Tacuarí proved to be highly efficient during growth, having higher NAR (4.85 g/m²/day) and the highest average CGR (13.5 g/m²/day). It also had the largest sink-source ratio in contrast with El Paso 144.

8 BIBLIOGRAFIA

1. ACOSTA, O.G. 1988. Efecto de distinto momento de drenaje y épocas de cosecha sobre rendimiento, calidad industrial y germinación del arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 13-27.
2. ARGUISSAIN, G. 1992. Componentes de rendimiento del cultivo de arroz. Utilidad de su determinación para el mejoramiento varietal. E.E.A.C. del Uruguay, INTA, Entre Ríos, Argentina. 12p.
3. BLANCO, P.H. 1991. Growth and assimilate partitioning in rice cultivars of different maturity groups. Tesis M.Sc. Arkansas, USA, University of Arkansas. 141 p.
4. BLANCO, P.H., PIRIZ M., PEREZ DE VIDA F. y DEAMBROSI E. 1993. INIA Yermal nueva variedad de arroz precoz y tolerante a bajas temperaturas. INIA Treinta y Tres (Uruguay). Boletín de divulgación N° 30. 10p.
5. BLANCO, P.H., PEREZ DE VIDA F. y PIRIZ. M. 1993. INIA Tacuarí nueva variedad de arroz precoz de alto rendimiento. INIA Treinta y Tres (Uruguay). Boletín de divulgación N° 31, 10p.
6. BLANCO, P.H. y PEREZ DE VIDA F. 1992. Mejoramiento. In Arroz. Resultados Experimentales 1991-1992. Treinta y Tres (Uruguay), Estación Experimental del Este, pp. 2-1/2-11.

- BLANCO, P.H. y PEREZ DE VIDA F. 1993. Mejoramiento Genético. In Arroz. Resultados Experimentales 1992-1993. Treinta y Tres (Uruguay), INIA, Estación Experimental del Este. pp. 2-8/2-11.
- BLANCO, P.H., PEREZ DE VIDA F. y ROEL A. Tolerancia al frío de los nuevos cultivares precoces INIA Yermal e INIA Tacuarí. In Reuniao da cultura do arroz irrigado, (XX, 1993, Pelotas), 1993. Anais. Pelotas, Brasil, EMBRAPA-CPACT. pp. 73-79.
- COUNCE, P.A., MOLDENHAUER K.A.K. and COSTELLO T.A. 1992. Physiology of rice yield. In Arkansas Rice Research Studies 1991. Arkansas Agricultural Experiment Station. Division of Agriculture. University of Arkansas. Research Series 422. June 1992. pp. 22-28.
- CHEBATAROFF, N. 1980. Variedades de arroz en certificación en el país. CIAAB. Estación Experimental del Este, Treinta y Tres (Uruguay). Miscelánea Nº 26. pp. 4-12.
- CHEBATAROFF, N., BLANCO P.H. y AVILA. S. 1987. Nuevos cultivares de arroz en certificación. CIAAB. Estación Experimental del Este, Treinta y Tres (Uruguay). Miscelánea Nº 65. pp. 1-7.
- DEAMBROSI, E. y MENDEZ. R. 1993. Fertilización. In Arroz. Resultados Experimentales 1992-1993. Treinta y Tres (Uruguay), INIA, Estación Experimental del

- Este. pp. 5-1/5-47
13. DE DATTA, S.K. 1986. Producción de Arroz. Fundamentos y prácticas; Morfología, crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. México. Limusa. pp. 175-203.
 14. DE SOUSA, P.R. 1990. Alguns aspectos da influencia do clima temperado sobre o cultivo do arroz irrigado, no sul do Brasil. Lavoura Arrozeira (Brasil) Jan/fev 1990: 9-10.
 15. DIARIO OFICIAL. Decreto 321/988. 1º de Julio de 1988. pp. 11-A - 14-A.
 16. FERRAZ, E.C. 1987. Ecofisiología do arroz. In CASTRO, P.R.C., FERREIRA S.O. y YAMADA T. Ecofisiología da producao agrícola. Piracicaba, Brasil. POTAFOS. pp. 185-202.
 17. HAY, R.K.M. and WALKER A.J. 1989. An introduction to the physiology of crop yield. Auchincruive, Ayr, England. Scottish Agricultural Colleges. pp. 5-185.
 18. INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. 1977. Growth duration, plant height, and yield. In Annual Report for 1976. Los Baños, Philippines. IRRI. pp. 21-25.
 19. JONES, D.B., PETERSON M.L. and GENG. S. 1979. Association Between Grain Filling Rate and Duration and Yield Components in Rice. Crop-Science. 19 (5): 641-644.

20. LITTLE, T.M. and HILLS F.J. 1978. Agricultural Experimentation. Design and Analysis. USA. pp. 101-113.
21. LIVORE, A.B. 1990. Los ideotipos en el mejoramiento genético. s.p.i.
22. MURATA, Y. and MATSUSHIMA S. 1975. Rice. In L.T. EVANS. Crop Physiology. Some case histories. Londres. Cambridge University Press. pp. 83-105.
23. PARANHOS, J.T., MARCHEZAN E. and DUTRA COSTA L.M.C. 1991. Grain Yield, harvest index and yield components of three irrigated rice varieties. Ciencia Rural (Brasil). 21(2): 169-177.
24. PETERSEN, R.G. 1985. Design and Analysis of Experiments. Oregon, USA. pp. 112-145.
25. VENKATESWARLU, B. and VISPERAS R.M. 1987. Source sink relationships in crop plants. IRRI, Los Baños, Philippines. Research Paper, Serie Nº 125. 19p.
26. YOSHIDA, S. 1981. Fundamentals of rice crop Science. Los Baños, Philippines. IRRI. 268p.

Cuadro No 1a

Precipitaciones, temperatura mínima, temperatura media y radiación desde desde noviembre de 1992 hasta abril de 1993

NOVIEMBRE				
	PRECIPITACIONES (mm)	TEMP. MINIMA (C)	TEMP. MEDIA (C)	RADIACION (cal/cm ²)
1/11	—	10.4	19.4	456.0
2/11	—	12.3	18.8	439.0
3/11	13.2	8.6	15.0	384.0
4/11	—	4.5	9.8	400.0
5/11	—	2.5	10.4	429.0
6/11	—	5.5	12.4	369.0
7/11	—	4.8	13.7	477.0
8/11	—	5.4	15.9	442.0
9/11	—	9.9	19.2	474.0
10/11	—	16.6	20.2	215.0
11/11	—	19.2	23.0	367.0
12/11	—	14.8	21.0	414.0
13/11	—	11.6	19.1	443.0
14/11	—	17.2	21.8	426.0
15/11	15.6	12.8	20.7	384.0
16/11	—	8.4	15.3	491.0
17/11	—	6.3	13.0	494.0
18/11	—	9.8	15.7	491.0
19/11	—	10.2	20.2	526.0
20/11	—	13.2	19.8	397.0
21/11	—	14.5	16.8	162.0
22/11	—	7.4	14.7	477.0
23/11	—	3.4	14.2	443.0
24/11	—	11.2	18.7	445.0
25/11	—	15.4	18.6	199.0
26/11	—	14.1	18.9	350.0
27/11	—	11.5	18.6	412.0
28/11	—	12.9	20.1	426.0
29/11	0.4	17.2	22.1	286.0
30/11	1.8	17.8	19.9	151.0
Total	31,0			11869.0

DICIEMBRE

	PRECIPITACIONES (mm)	TEMP. MINIMA (C)	TEMP. MEDIA (C)	RADIACION (cal/cm ²)
1/12	5,4	8,7	17,9	477,0
2/12	—	6,7	16,8	507,0
3/12	—	7,3	17,6	541,0
4/12	—	6,4	18,5	518,0
5/12	—	12,2	21,1	415,0
6/12	2,4	17,7	22,1	364,0
7/12	—	15,2	21,2	370,0
8/12	—	12,1	20,3	415,0
9/12	—	16,0	21,4	370,0
10/12	—	15,9	20,6	367,0
11/12	—	13,7	19,4	446,0
12/12	—	8,3	19,3	507,0
13/12	—	13,2	21,2	398,0
14/12	10,2	11,1	21,1	440,0
15/12	—	8,1	18,3	510,0
16/12	—	9,9	19,5	527,0
17/12	8,4	16,4	20,9	163,0
18/12	30,5	11,7	20,9	163,0
19/12	—	12,8	23,1	459,0
20/12	—	14,8	24,2	194,0
21/12	—	12,6	21,2	490,0
22/12	—	17,4	24,6	398,0
23/12	—	20,6	24,5	227,0
24/12	24,5	17,6	22,3	369,0
25/12	—	16,1	21,3	457,0
26/12	—	15,3	20,5	474,0
27/12	—	12,8	20,1	429,0
28/12	—	11,4	20,5	504,0
29/12	—	17,8	23,2	274,0
30/12	8,4	20,1	21,8	103,0
31/12	35,4	19,4	20,7	37,0
Total	129,2			12647,0

ENERO

	PRECIPITACIONES (mm)	TEMP. MINIMA (C)	TEMP. MEDIA (C)	RADIACION (cal/cm ²)
--	-------------------------	---------------------	--------------------	-------------------------------------

1/1	22.5	18.5	19.8	98.0
2/1	0.9	18.2	20.5	132.0
3/1	3.2	16.8	21.8	460.0
4/1	-	16.7	23.2	491.0
5/1	-	18.8	24.8	412.0
6/1	-	19.3	25.0	462.0
7/1	-	19.9	24.6	243.0
8/1	22.3	19.1	22.9	319.0
9/1	-	14.2	20.7	526.0
10/1	2.5	13.0	22.7	487.0
11/1	-	17.8	25.5	519.0
12/1	-	19.4	27.9	526.0
13/1	-	18.9	26.8	468.0
14/1	-	20.1	25.5	320.0
15/1	7.4	20.1	25.0	381.0
16/1	-	19.6	23.2	238.0
17/1	16.7	11.8	19.1	425.0
18/1	-	10.8	17.2	351.0
19/1	-	14.4	21.1	477.0
20/1	-	18.0	23.7	473.0
21/1	-	17.2	23.8	426.0
22/1	-	18.7	26.7	467.0
23/1	-	21.5	28.2	442.0
24/1	-	22.3	29.2	432.0
25/1	0.5	18.9	24.7	289.0
26/1	-	15.8	23.7	417.0
27/1	-	21.5	25.3	244.0
28/1	20.5	20.7	25.4	365.0
29/1	15.9	17.8	23.0	445.0
30/1	-	16.5	22.7	322.0
31/1	-	20.6	24.0	197.0

Total	109.7			11854.0
-------	-------	--	--	---------

FEBRERO

	PRECIPITACIONES (mm)	TEMP. MINIMA (C)	TEMP. MEDIA (C)	RADIACION (cal/cm ²)
1/2	57.4	21.6	23.6	274.0
2/2	68.7	19.5	23.6	440.0
3/2	-	18.0	22.8	429.0
4/2	-	17.0	22.2	477.0
5/2	-	13.3	21.8	474.0
6/2	-	17.4	23.3	383.0
7/2	83.4	20.0	24.2	281.0
8/2	0.5	17.5	20.4	247.0
9/2	-	13.5	17.4	202.0
10/2	-	12.4	19.7	383.0
11/2	-	14.2	22.3	524.0
12/2	-	16.5	22.1	322.0
13/2	4.3	17.8	22.0	353.0
14/2	-	18.2	21.9	386.0
15/2	-	14.5	22.5	426.0
16/2	-	16.0	21.3	205.0
17/2	28.6	21.0	24.6	351.0
18/2	3.3	18.5	22.6	274.0
19/2	17.4	19.4	22.7	289.0
20/2	42.4	15.9	20.7	227.0
21/2	-	14.4	19.8	395.0
22/2	-	13.7	18.6	418.0
23/2	-	12.2	19.4	488.0
24/2	-	12.8	19.9	428.0
25/2	-	14.9	20.6	367.0
26/2	-	15.3	21.2	400.0
27/2	-	15.1	22.8	411.0
28/2	-	20.6	24.5	370.0
Total	306			10224.0

MARZO

	PRECIPITACIONES (mm)	TEMP. MINIMA (C)	TEMP. MEDIA (C)	RADIACION (cal/cm ²)
1/3	45.8	13.1	19.9	163.0
2/3	-	11.2	17.2	318.0
3/3	-	12.0	17.9	383.0
4/3	-	9.2	16.3	395.0
5/3	-	10.4	18.7	385.0
6/3	2.1	18.7	22.5	293.0
7/3	-	20.3	24.4	275.0
8/3	19.3	17.3	22.4	365.0
9/3	-	13.8	21.6	399.0
10/3	-	14.4	22.3	376.0
11/3	-	14.8	22.4	368.0
12/3	-	17.6	23.7	365.0
13/3	3.6	20.8	23.7	228.0
14/3	-	19.8	23.9	398.0
15/3	-	21.3	23.1	119.0
16/3	-	20.4	22.7	276.0
17/3	-	15.6	22.8	368.0
18/3	-	19.2	24.4	368.0
19/3	-	14.5	20.8	292.0
20/3	1.5	11.2	16.3	365.0
21/3	-	8.5	17.1	365.0
22/3	-	13.8	21.1	351.0
23/3	-	13.7	21.7	356.0
24/3	-	15.6	20.7	261.0
25/3	-	17.4	22.0	275.0
26/3	-	15.6	21.7	320.0
27/3	-	15.0	21.9	370.0
28/3	-	16.4	22.5	351.0
29/3	-	18.8	22.6	270.0
30/3	-	16.4	21.2	311.0
31/3	-	13.2	20.8	273.0
Total	72.3			10002.0

Fig. 24. Analisis de variacion del clima de...

ABRIL

	PRECIPITACIONES (mm)	TEMP. MINIMA (C)	TEMP. MEDIA (C)	RADIACION (cal/cm ²)
1/4	—	16.4	22.1	289.0
2/4	—	20.4	24.4	290.0
3/4	5.1	21.2	22.3	116.0
4/4	7.6	19.2	20.6	208.0
5/4	2.6	18.4	20.3	105.0
6/4	2.5	16.7	18.6	223.0
7/4	—	13.2	17.8	337.0
8/4	—	19.8	15.0	318.0
9/4	—	5.2	13.6	335.0
10/4	—	5.8	16.8	384.0
11/4	—	7.0	17.1	286.0
12/4	—	14.3	20.2	258.0
13/4	—	12.4	21.2	293.0
14/4	—	19.3	21.2	66.0
15/4	51.7	16.8	17.7	28.0
16/4	23.6	17.7	20.3	88.0
17/4	—	19.8	22.1	222.0
18/4	3.1	19.8	22.9	160.0
19/4	—	18.8	24.9	261.0
20/4	—	14.0	20.5	192.0
21/4	2.1	8.0	14.1	253.0
22/4	—	6.8	11.4	292.0
23/4	—	4.6	13.3	257.0
24/4	—	10.4	17.2	239.0
25/4	—	13.6	18.7	144.0
26/4	6.8	8.7	14.2	166.0
27/4	—	5.6	13.4	276.0
28/4	—	7.1	15.0	289.0
29/4	—	12.7	18.0	229.0
30/4	—	14.0	18.8	230.0
Total	105.1			6834.0

Cuadro No 2a. Análisis de varianza del número de macollos en distintos momentos

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	71604.56	23868.186	0.65	
2	A	5	361165.41	72233.083	1.98	0.141
-3	Error	15	548495.89	36566.393		
4	B	1	42637.57	42637.574	3.42	0.081
6	AB	5	20584.91	4116.982	0.33	
-7	Error	18	224685.45	12482.525		
8	C	1	3111656.21	518609.368	453.66	Fc(1)(0.05)= 4.11
10	AC	5	132690.11	4423.004	3.87	Fc(5)(0.05)= 2.48
12	BC	1	12917.45	2152.908	1.88	Fc(1)(0.05)= 4.11
14	ABC	5	16505.45	550.182	0.48	Fc(5)(0.05)= 2.48
-15	Error	36	246923.36	1143.164		

Coefficiente de variación= 8.10%

Cuadro No 3a. Análisis de varianza de altura en diferentes momentos

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	140.29	46.763	2.08	0.146
2	A	5	11873.97	2374.794	105.41	0.000
-3	Error	15	337.94	22.529		
4	B	1	155.69	155.687	10.22	0.004
6	AB	5	85.91	17.182	1.13	0.381
-7	Error	18	274.17	15.232		
8	C	4	82985.67	20746.417	4216.27	0.000
10	AC	20	1979.04	98.952	20.11	0.000
12	BC	4	25.61	6.403	1.30	0.272
14	ABC	20	78.77	3.938	0.80	
-15	Error	144	708.56	4.921		

Coefficiente de variación= 2.83%

Cuadro No 4a. Análisis de varianza del área foliar en diferentes momentos

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	7.88	2.626	1.76	0.197
2	A	5	71.17	14.234	9.57	0.000
-3	Error	15	22.32	1.488		
4	B	1	10.42	10.418	10.16	0.005
6	AB	5	4.63	0.926	0.90	
-7	Error	18	18.45	1.025		
8	C	4	832.5	208.124	131.86	0.000
10	AC	20	134.25	6.713	4.25	0.000
12	BC	4	10.27	2.567	1.63	0.170
14	ABC	20	15.62	0.781	0.49	
-15	Error	144	227.28	1.578		

Coefficiente de variación= 29.97%

Cuadro No 5a. Análisis de varianza de la materia seca total en diferentes momentos

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	36044.76	12014.92	0.37	
2	A	5	1725570.19	345114.039	10.50	0.000
-3	Error	15	492801.22	32853.415		
4	B	1	96220.13	96220.126	4.50	0.047
6	AB	5	58057.72	11611.544	0.54	
-7	Error	18	384618.58	21367.699		
8	C	4	79191736.85	18797934.212	660.11	0.000
10	AC	20	1108217.55	55410.878	1.85	0.020
12	BC	4	94237.64	23559.41	0.79	
14	ABC	20	433477.61	21673.881	0.72	
-15	Error	144	4318797.75	29991.651		

Coefficiente de variación =18.63%

Cuadro No 6a. Análisis de varianza de materia seca de hojas en diferentes momentos.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	0.00	0.001	0.69	0.003
2	A	5	0.05	0.009	5.81	
-3	Error	15	0.02	0.002		
4	B	1	0.01	0.014	10.33	0.004
6	AB	5	0.00	0.000	0.36	
-7	Error	18	0.02	0.001		
8	C	4	1.90	0.474	283.04	0.000
10	AC	20	0.17	0.008	5.02	0.000
12	BC	4	0.01	0.003	1.74	0.143
14	ABC	20	0.02	0.001	0.46	
-15	Error	144	0.24	0.002		

Coefficiente de variación = 21.29%

Cuadro No 7a. Análisis de varianza de materia seca de vainas en diferentes momentos.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	0.00	0.001	0.75	
2	A	5	0.11	0.022	19.63	0.000
-3	Error	15	0.02	0.001		
4	B	1	0.00	0.002	0.74	
6	AB	5	0.01	0.002	0.60	
-7	Error	18	0.05	0.003		
8	C	4	5.05	1.262	483.67	0.000
10	AC	20	0.14	0.007	2.70	0.000
12	BC	4	0.01	0.003	1.02	0.401
14	ABC	20	0.04	0.002	0.70	
-15	Error	144	0.38	0.003		

Coefficiente de variación = 19.72%

Cuadro no 8a. Análisis de varianza de materia seca de tallos en diferentes momentos.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	0.02	0.007	1.26	0.322
2	A	5	0.22	0.043	8.01	0.000
-3	Error	15	0.08	0.005		
4	B	1	0.01	0.009	5.49	0.030
6	AB	5	0.02	0.005	3.12	0.033
-7	Error	18	0.03	0.002		
8	C	2	0.87	0.433	107.08	0.000
10	AC	10	0.03	0.003	0.67	
12	BC	2	0.00	0.001	0.35	
14	ABC	10	0.04	0.004	0.96	
-15	Error	72	0.29	0.004		

Coeficiente de variación= 19.75%

Cuadro No 9a. Análisis de varianza de materia seca de tallos de 15 macollos.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	16.16	5.386	1.07	0.392
2	A	5	594.19	118.838	23.54	0.000
-3	Error	15	75.71	5.047		
4	B	1	0.19	0.188	0.09	
6	AB	5	14.83	2.965	1.40	0.271
-7	Error	18	38.15	2.119		
8	C	2	878.22	439.111	98.73	0.000
10	AC	10	161.90	16.190	3.64	0.000
12	BC	2	8.11	4.055	0.91	
14	ABC	10	52.71	5.271	1.19	0.315
-15	Error	72	320.22	4.447		

Coeficiente de variación= 18.00%

Cuadro No 10a. Análisis de varianza de materia seca de panojas en diferentes momentos.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	0.01	0.004	0.23	
2	A	5	0.47	0.093	6.02	0.002
-3	Error	15	0.23	0.015		
4	B	1	0.01	0.008	0.77	
6	AB	5	0.03	0.005	0.53	
-7	Error	18	0.19	0.010		
8	C	2	16.97	8.483	806.66	0.000
10	AC	10	0.28	0.028	2.62	0.008
12	BC	2	0.00	0.002	0.17	
14	ABC	10	0.09	0.009	0.81	
-15	Error	72	0.76	0.011		

Coefficiente de variación= 21.54%

Cuadro No 11a. Análisis de varianza de peso específico de hoja en diferentes momentos.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	3069.80	1023.266	56.86	0.000
2	A	5	2206.76	441.351	24.52	0.000
-3	Error	15	269.96	17.997		
4	B	1	1.86	1.860	0.09	
6	AB	5	72.44	14.488	0.71	
-7	Error	18	368.49	20.472		
8	C	3	1250.18	416.728	4.54	0.004
10	AC	15	801.98	53.465	0.58	
12	BC	3	5.23	1.743	0.02	
14	ABC	15	212.45	14.163	0.15	
-15	Error	108	9919.99	91.852		

Coefficiente de variación= 21.04%

Cuadro No 12a. Análisis de varianza de la tasa de crecimiento del cultivo en diferentes periodos.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	61.87	20.622	0.26	
2	A	5	504.93	100.987	1.26	0.332
-3	Error	15	1205.61	80.374		
4	B	1	22.26	22.259	0.38	
6	AB	5	182.07	36.414	0.62	
-7	Error	18	1050.58	58.365		
8	C	4	17566.32	4391.580	24.12	0.000
10	AC	20	3492.52	174.626	0.96	
12	BC	4	934.46	233.616	1.28	0.279
14	ABC	20	2443.01	122.150	0.67	
-15	Error	144	26214.07	182.042		

Coefficiente de variación= 98.91%

Cuadro No 13a. Análisis de varianza de la tasa de asimilación neta en diferentes periodos.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	14.54	4.849	0.99	
2	A	5	74.91	14.983	3.06	0.042
-3	Error	15	73.41	4.895		
4	B	1	5.78	5.775	1.63	0.217
6	AB	5	12.29	2.458	0.70	
-7	Error	18	63.64	3.536		
8	C	3	532.04	177.347	20.15	0.000
10	AC	15	71.76	4.784	0.54	
12	BC	3	20.03	6.678	0.76	
14	ABC	15	100.72	6.714	0.76	
-15	Error	108	950.54	8.801		

Coefficiente de variación= 78.30%

Cuadro No 14a. Análisis de varianza de la tasa de crecimiento de panoja en diferentes periodos.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	27.65	9.216	0.36	
2	A	5	364.04	72.808	2.83	0.054
-3	Error	15	386.43	25.762		
4	B	1	3.52	3.516	0.23	
6	AB	5	82.83	16.565	1.08	0.406
-7	Error	18	277.06	15.392		
8	C	2	12462.26	6231.130	225.46	0.000
10	AC	10	761.05	76.105	2.75	0.006
12	BC	2	18.26	9.131	0.33	
14	ABC	10	459.09	45.909	1.66	0.106
-15	Error	72	1989.88	27.637		

Coefficiente de variación= 38.05%

Cuadro No 15a. Análisis de varianza de rendimiento.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	889006.00	296335.334	0.47	
2	A	5	25042710.18	5008542.036	7.87	0.000
-3	Error	15	9547006.10	636467.073		
4	B	1	674265.14	674265.137	2.12	1.620
6	AB	5	708712.88	141742.575	0.45	
-7	Error	18	5711947.91	317330.440		

Coefficiente de variación= 6.48%

Cuadro No 16a. Análisis de varianza del número de granos por panoja.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	847.09	282.363	0.74	0.000
2	A	5	22917.23	4583.447	11.99	
-3	Error	15	5732.15	382.143		
4	B	1	2.04	2.042	0.01	0.346
6	AB	5	1672.79	334.558	1.20	
-7	Error	18	5001.74	277.875		

Coeficiente de variación= 12.97%

Cuadro No 17a. Análisis de varianza del porcentaje de esterilidad.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	29.20	9.735	0.41	0.004
2	A	5	662.50	132.501	5.63	
-3	Error	15	352.90	23.526		
4	B	1	21.33	21.333	0.83	0.49
6	AB	5	62.26	12.452		
-7	Error	18	462.02	25.668		

Coeficiente de variación= 29.05%

Cuadro No 18a. Análisis de varianza del peso de 1.000 granos.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	0.58	0.194	1.36	0.292
2	A	5	128.33	25.665	179.98	0.000
-3	Error	15	2.14	0.143		
4	B	1	0.35	0.350	1.66	0.214
6	AB	5	0.85	0.171	0.81	
-7	Error	18	3.80	0.211		

Coefficiente de variación= 1.86%

Cuadro No 19a. Análisis de varianza del número de panojas por metro cuadrado.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	7202.73	2400.910	0.64	
2	A	5	37704.60	7540.921	2.00	0.137
-3	Error	15	56691.15	3779.410		
4	B	1	3727.69	3727.688	1.91	0.183
6	AB	5	2957.44	591.487	0.30	
-7	Error	18	35074.38	1948.576		

Coefficiente de variación= 11.18%

Cuadro No 20a Coeficiente de correlación entre componentes de rendimiento para los diferentes cultivares, promedio de ambos niveles de nitrógeno.

	r1	r2	r3
CONJUNTO DE CULT.	-0,638 **	0,572 **	-0,266 +
BLUEBELLE	0,567 NS	0,212 NS	-0,283 NS
EL PASO 48	-0,256 NS	0,489 NS	0,419 NS
EL PASO 144	0,502 NS	0,131 NS	-0,064 NS
INIA YERBAL	-0,430 NS	-0,035 NS	-0,253 NS
INIA TACUARI	-0,731 *	0,495 NS	0,123 NS
LINEA 813	-0,230 NS	0,572 NS	0,528 NS

r1 = correlación entre granos/panoja y peso 1.000 granos
 r2 = correlación entre granos/panoja y porcentaje de esterilidad
 r3 = correlación entre panojas/m2 y granos/panoja

** P < 0,01

* P < 0,05

+ P < 0,10

NS No significativo

Cuadro No 21a. Análisis de varianza del número de granos por metro cuadrado.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	170529118.73	56843039.576	0.46	
2	A	5	%2137244860.85	%427448972.171	3.47	0.027
-3	Error	15	%1847553875.90	%123170258.393		
4	B	1	16524053.52	16524053.521	0.20	
6	AB	5	467828959.85	93565791.971	1.14	0.374
-7	Error	18	%1473467643.13	81859313.507		

Coefficiente de variación= 18.01%

Cuadro No 22a. Análisis de varianza del potencial de rendimiento.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	88391.53	29463.844	0.45	
2	A	5	704571.23	140914.247	2.16	0.114
-3	Error	15	979583.74	65305.583		
4	B	1	706.87	706.869	0.02	
6	AB	5	215569.95	43113.990	0.96	
-7	Error	18	805279.61	44737.756		

Coefficiente de variación= 17.03%

Cuadro No 23a. Análisis de varianza del número de granos llenos por metro cuadrado.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	118011288.17	39337096.056	0.53	
2	A	5	736672682.42	147334536.483	1.97	0.142
-3	Error	15	1123156845.08	74877123.006		
4	B	1	472827.00	472827.000	0.01	
6	AB	5	260872105.75	52174421.150	1.24	0.330
-7	Error	18	755114385.25	41950799.181		

Coefficiente de variación= 15.93%

Cuadro No 24a. Análisis de varianza de la relación fosa fuente 1.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	5344.42	1781.474	1.01	0.414
2	A	5	68507.03	13701.405	7.79	0.000
-3	Error	15	26370.45	1758.030		
4	B	1	8026.43	8026.427	3.87	0.640
6	AB	5	10162.81	2032.563	0.98	
-7	Error	18	37328.79	2073.822		
Coeficiente de variación= 22.56%						

Cuadro No 25a. Análisis de varianza de la relación fosa fuente 2.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	2641.21	880.402	1.04	0.405
2	A	5	25066.25	5013.251	5.90	0.003
-3	Error	15	12751.16	850.077		
4	B	1	2015.02	2015.020	2.29	0.147
6	AB	5	2018.07	403.615	0.46	
-7	Error	18	15817.39	878.744		
Coeficiente de variación= 20.89%						

Cuadro No 26a. Análisis de varianza de la relación fosa fuente 3.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	984.05	328.015	0.56	
2	A	5	15994.55	3198.910	5.47	0.004
-3	Error	15	8773.43	584.895		
4	B	1	16.69	16.685	0.01	
6	AB	5	3994.95	798.990	0.60	
-7	Error	18	24131.18	1340.621		

Coefficiente de variación= 23.52%

Cuadro No 27a. Análisis de varianza del índice de cosecha.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	11.48	3.826	0.80	
2	A	5	146.80	29.360	6.17	0.002
-3	Error	15	71.33	4.756		
4	B	1	18.25	18.253	5.02	0.038
6	AB	5	28.22	5.643	1.55	0.226
-7	Error	18	61.81	3.636		

Coefficiente de variación= 3.79%

Cuadro No 28a. Análisis de varianza del porcentaje de blanco total.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	1.98	0.661	0.78	
2	A	5	58.10	11.620	13.75	0.000
-3	Error	15	12.68	0.845		
4	B	1	0.02	0.017	0.02	
6	AB	5	1.52	0.304	0.38	
-7	Error	18	14.45	0.803		
Coeficiente de variación= 1.27%						

Cuadro No 29a. Análisis de varianza del porcentaje de grano entero.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	2.32	0.775	0.26	
2	A	5	148.33	29.667	9.88	0.000
-3	Error	15	45.04	3.003		
4	B	1	2.08	2.083	0.49	
6	AB	5	4.36	0.872	0.20	
-7	Error	18	77.14	4.285		
Coeficiente de variación= 3.22%						

Cuadro No 30a. Análisis de varianza del porcentaje de grano quebrado.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	0.47	0.155	0.10	
2	A	5	97.94	19.588	13.22	0.000
-3	Error	15	22.22	1.482		
4	B	1	1.73	1.725	0.57	
6	AB	5	1.67	0.333	0.11	
-7	Error	18	54.27	3.015		

Coefficiente de variación= 28.09%

Cuadro No 31a. Análisis de varianza del porcentaje de grano panza blanca.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	0.32	0.107	0.85	
2	A	5	3.32	0.664	5.28	0.005
-3	Error	15	1.89	0.126		
4	B	1	0.19	0.187	2.76	0.113
6	AB	5	0.80	0.160	2.36	0.082
-7	Error	18	1.22	0.068		

Coefficiente de variación= 26.28%

Cuadro No 32a. Análisis de varianza del porcentaje de grano manchado.

Código	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
1	Rep	3	0.01	0.003	0.33	0.940
2	A	5	0.11	0.022	2.33	
-3	Error	15	0.14	0.009		
4	B	1	0.00	0.003	0.80	0.127
6	AB	5	0.04	0.008	2.00	
-7	Error	18	0.08	0.004		

Coefficiente de variación= 81.54%