

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

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

por

Dysber Gustavo BAEZ TORRES
Enrique Darío TOLEDO ANTUNEZ

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
1998**

Tesis aprobada por:

Director: Fernando Blas Pérez de Vida
Nombre completo y firma

Oswaldo Ernst
Nombre completo y firma

Esteban Hoffman
Nombre completo y firma

Fecha: _____

Autor: Dysber Gustavo Baez Torres
Nombre completo y firma

Enrique Darío Toledo Antunez
Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

- A nuestras familias, en especial a nuestros padres, por lo que representan en nuestras vidas, su apoyo constante y su gran paciencia, a todos ellos va dedicado este trabajo, sin los cuales, éste, no hubiese sido posible.
- A nuestros amigos, por su apoyo moral, sus consejos y por estar allí.
- Al Ing. Agr. Fernando Pérez de Vida, por sus importantes aportes para este trabajo, sus comentarios enriquecedores, su gran paciencia, su ayuda para la obtención de alojamiento en la ciudad de Treinta y Tres y su amistad franca y cordial.
- A todo el equipo técnico de INIA Treinta y Tres, y en especial al del “Programa de Arroz”, por su apoyo y contribuciones en este trabajo.
- Al Personal Administrativo de INIA Treinta y Tres, Personal de Limpieza y Personal de Campo y Talleres, por las molestias ocasionadas y su amable atención.
- Un agradecimiento especial a la “Villa Estudiantil de Varones” de la Intendencia Municipal de Treinta y Tres y a todas las personas que allí viven y trabajan, por la concesión de alojamiento durante la mayor parte de la realización de este trabajo.

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro N°	Pag.
1. Evolución del número de tallos.....	51.
2. Porcentaje de tallos que llegan a madurez respecto al máximo.....	54.
3. Evolución del índice de área foliar.....	55.
4. Composición porcentual de la materia seca de El Paso 144 y L1796 a partir de 50% de floración.....	59.
5. Evolución de la materia seca total.....	60.
6. Evolución de la materia seca de lámina.....	63.
7. Evolución de la materia seca de vaina.....	66.
8. Evolución de la materia seca de tallo.....	69.
9. Reducción de peso de tallos en el período de 15 días pos 50% de floración a 25 días pos 50% de floración.....	72.
10. Evolución de la materia seca de panícula.....	72.
11. Evolución del peso específico de hoja.....	75.
12. Tasa de crecimiento del cultivo en los diferentes períodos.....	77.
13. Tasa de crecimiento del cultivo promedio ponderada por tiempo.....	77.
14. Tasa de asimilación neta en los diferentes períodos.....	78.
15. Tasa de asimilación neta promedio ponderada por tiempo.....	79.
16. Tasa de crecimiento de panícula en los diferentes períodos.....	80.
17. Tasa de crecimiento de panícula promedio ponderada por tiempo.....	83.
18. Rendimiento.....	85.

19. Componentes del rendimiento	94.
20. Granos totales y llenos por metro cuadrado	95.
21. Rendimiento potencial	97.
22. Rendimiento, rendimiento potencial y relación fosa - fuente en los diferentes materiales	98.
23. Índice de cosecha	102.

Figura N°

1. Esquema de una parcela.....	41.
2. Esquema de procedimiento de cada muestreo	42.
3. Modelo de análisis de varianza para el diseño de Bloques completos al azar	48.
4. Modelo de análisis de varianza para el diseño de Parcelas divididas con bloques completos al azar.....	48.
5a. Evolución del número de tallos de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130	52.
5b. Evolución del número de tallos de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824	53.
5c. Evolución del número de tallos de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbal, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá	53.
6a. Evolución del IAF de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130	56.
6b. Evolución del IAF de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824	57.
6c. Evolución del IAF de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbal, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá.....	57.
7a. Evolución de materia seca total de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130	61.

7b. Evolución de materia seca total de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824	61.
7c. Evolución de materia seca total de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbal, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá	62.
8a. Evolución de materia seca de lámina de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130	64.
8b. Evolución de materia seca de lámina de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824	64.
8c. Evolución de materia seca de lámina de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbal, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá	65.
9a. Evolución de la materia seca de vaina de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130	67.
9b. Evolución de la materia seca de vaina de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824	68.
9c. Evolución de la materia seca de vaina de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbal, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá	68.
10a. Evolución de materia seca de tallo de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130	70.
10b. Evolución de materia seca de tallo de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824	71.
10c. Evolución de materia seca de tallo de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbal, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá	71.
11a. Evolución de materia seca de panícula de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130	73.
11b. Evolución de materia seca de panícula de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824	74.
11c. Evolución de materia seca de panícula de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbal, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá	74.
12. Tasa de crecimiento del cultivo y panícula de El Paso 144 en la etapa de llenado de grano	81.

13. Tasa de crecimiento del cultivo y panícula de L1796 en la etapa de llenado de grano	81.
14. Tasa de crecimiento del cultivo y panícula de INIA Tacuarí en la etapa de llenado de grano	82.
15. Heliofanía en los meses de enero, febrero, marzo y abril para el año 1996 y la serie histórica 72 - 96	84.
16. Rendimiento	85.
17a. Pérdidas de peso de la materia seca de láminas, vainas y tallos en la etapa de llenado de grano de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130 expresadas como porcentaje de sus rendimientos	88.
17b. Pérdidas de peso de la materia seca de láminas, vainas y tallos en la etapa de llenado de grano de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824 expresadas como porcentaje de sus rendimientos	88.
17c. Pérdidas de peso de la materia seca de láminas, vainas y tallos en la etapa de llenado de grano de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yermal, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá expresadas como porcentaje de sus rendimientos	89.
18. Panículas por metro cuadrado	92.
19. Granos por panícula	92.
20. Peso de mil granos	93.
21. Porcentaje de esterilidad	93.
22. Granos totales por metro cuadrado	94.
23. Granos llenos por metro cuadrado.....	95.
24. Régimen térmico en los meses de enero, febrero y marzo.....	96.
25. Rendimiento potencial	97.
26a. Relaciones fosa - fuente de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130	99.
26b. Relaciones fosa - fuente de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824	99.

26c. Relaciones fosa - fuente de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbal, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá.....	100.
27. Evolución de la materia seca total y sus componentes en L1796	103.
28. Evolución de la materia seca total y sus componentes en INIA Tacuarí	105.
29. Evolución de la materia seca total y sus componentes en INIA Caraguatá	107.
30. Evolución de la materia seca total y sus componentes en L1701	110.
31. Evolución de la materia seca total y sus componentes en L1707	111.
32. Evolución de la materia seca total y sus componentes en L1119	114.
33. Evolución de la materia seca total y sus componentes en L1130	115.
34. Evolución de la materia seca total y sus componentes en El Paso 144	117.
35. Evolución de la materia seca total y sus componentes en L933	119.

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
PAGINA DE APROBACION	I.
AGRADECIMIENTOS.....	II.
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	III.
I. <u>INTRODUCCION</u>	1.
II. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	3.
A. <u>EVOLUCION DE LA PLANTA DE ARROZ</u>	3.
1. <u>Estructura fotosintética básica del arroz en su hábitat primario</u>	3.
2. <u>Modificación de la estructura fotosintética básica con la expansión del área cultivada</u>	4.
3. <u>Estructura fotosintética para obtención de altos rendimientos con cultivo intensivo</u>	5.
B. <u>CRECIMIENTO Y FASES DE CRECIMIENTO EN PLANTAS DE ARROZ</u>	6.
1. <u>Generalidades</u>	6.
2. <u>Duración y variación de las fases de crecimiento</u>	8.
3. <u>Características de las fases de crecimiento</u>	10.
a. Fase vegetativa	10.
b. Fase reproductiva	13.
c. Madurez.....	14.
4. <u>Indicadores de crecimiento y eficiencia</u>	16.
a. Índice de área foliar y fotosíntesis	16.
b. Tasa de asimilación neta (TAN) y peso específico de hoja (PEH).....	21.
c. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC).....	23.
5. <u>Relación fosa - fuente y rendimiento potencial</u>	26.
C. <u>COMPONENTES DE RENDIMIENTO</u>	29.
1. <u>Generalidades</u>	29.
2. <u>Número de panículas por metro cuadrado</u>	29.
3. <u>Número de granos por panícula</u>	31.
4. <u>Porcentaje de esterilidad</u>	32.
5. <u>Peso de grano</u>	35.
D. <u>INDICE DE COSECHA</u>	37.
III. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	38.
A. <u>LOCALIZACION</u>	38.
B. <u>DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO</u>	38.
C. <u>DISEÑO EXPERIMENTAL</u>	41.
D. <u>DETERMINACIONES Y REGISTROS</u>	41.

1.	<u>Ciclo de crecimiento</u>	41.
a.	Evolución del macollaje.....	41.
b.	Evolución de la materia seca.....	42.
c.	Evolución del área foliar.....	43.
d.	Cálculo de índices.....	44.
2.	<u>Madurez fisiológica</u>	45.
a.	Rendimiento.....	45.
b.	Componentes del rendimiento.....	46.
c.	Rendimiento potencial y relación fosa - fuente.....	47.
d.	Índice de cosecha.....	47.
E.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	47.
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	49.
A.	<u>FISIOLOGÍA DE LOS CULTIVARES DURANTE EL CICLO DE CRECIMIENTO</u>	49.
1.	<u>Generalidades de los factores externos que influyen en el desarrollo del cultivo</u>	49.
a.	Clima.....	49.
b.	Manejo.....	50.
c.	Enfermedades y plagas.....	50.
2.	<u>Duración del ciclo</u>	50.
3.	<u>Evolución del macollaje</u>	51.
4.	<u>Evolución del índice de área foliar (IAF)</u>	55.
5.	<u>Evolución de la materia seca y su partición</u>	59.
a.	Materia seca total.....	59.
b.	Materia seca de lámina.....	62.
c.	Materia seca de vaina.....	65.
d.	Materia seca de tallo.....	69.
e.	Materia seca de panícula.....	72.
6.	<u>Evolución del peso específico de hoja (PEH)</u>	75.
7.	<u>Evolución de la tasa de crecimiento del cultivo (TCC)</u>	76.
8.	<u>Evolución de la tasa de asimilación neta (TAN)</u>	78.
9.	<u>Evolución de la tasa de crecimiento de la panícula (TCP)</u>	79.
B.	<u>RENDIMIENTO, COMPONENTES DE RENDIMIENTO Y FACTORES QUE LO AFECTAN</u>	83.
1.	<u>Factores climáticos y externos</u>	83.
2.	<u>Rendimiento</u>	84.
3.	<u>Componentes del rendimiento</u>	89.
4.	<u>Tamaño de fosa o rendimiento potencial en la floración</u>	96.
5.	<u>Relación fosa - fuente</u>	98.
6.	<u>Índice de cosecha</u>	101.
C.	<u>RESUMEN DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LOS CULTIVARES DE INTERÉS</u>	102.
1.	<u>Ciclo corto</u>	102.
a.	L1796.....	102.

b. INIA Tacuarí	104.
2. <u>Ciclo medio</u>	106.
a. INIA Caraguatá	106.
b. L1701 y L1707	109.
c. L1119 y L1130	112.
3. <u>Ciclo largo</u>	116.
a. El Paso 144	116.
b. L933	118.
V. <u>CONCLUSIONES</u>	121.
VI. <u>RESUMEN</u>	123.
VII. <u>SUMMARY</u>	125.
VIII. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	127.
IX. <u>APENDICE</u>	130.

I. INTRODUCCION

Los primeros cultivos de arroz en Uruguay datan de los años 20, de ahí en adelante el cultivo ha mostrado un crecimiento ininterrumpido en todos sus indicadores. En los últimos 10 años ha tenido una tendencia clara a crecer en área sembrada y en rendimiento, con el consecuente incremento de la producción total. Una peculiaridad al respecto es que el crecimiento del sector, no ha llevado a la concentración de las explotaciones, si no que su número tiende a crecer.

Al presente el arroz se sitúa como el principal rubro agrícola del país y el tercer rubro en volumen total de exportaciones, detrás de la carne y la lana.

El cultivo durante mucho tiempo se concentró en las planicies esteñas de la cuenca de la Laguna Merín y en algunas planicies rivereñas del norte. En los últimos 10 años se observa una gran dispersión, con un crecimiento explosivo en zonas de lomadas de basalto en Artigas y Salto y sobre diversos tipos de suelo en Tacuarembó y sur de Rivera. En la zafra 1997/98 se reportaron once departamentos con presencia del cultivo.

Es difícil opinar sobre cuales han sido los factores que han llevado al cultivo a la situación en que hoy se encuentra. Pero sin duda, la integración de la cadena agroindustrial, la integración regional, y la tecnología disponible han tenido un rol fundamental.

En lo que respecta al primer punto, la buena relación del sector productivo e industrial e incluso con los organismos públicos (financiero, tecnológico, gobierno) es muy conocida y no cabe ninguna duda que ha hecho un aporte trascendental. Ejemplos muy conocidos son la fijación conjunta del precio del producto, la estandarización de las normas de recibo del grano y la existencia de un contrato de producción con la mayoría de los productores. Esta capacidad de asociación en procura de un objetivo común, es en buena medida responsable de la posición de privilegio que tiene hoy el arroz uruguayo en el mercado mundial.

El crecimiento continuo de la producción ha sido posible por la capacidad del sector de encontrar los mercados internacionales que recibieran dicho producto. El Uruguay ha tenido y tiene aún hoy una gran diversidad de mercados en todo el mundo. Primero con el "Protocolo Expansión Comercial" y luego con la concreción del Mercosur, Brasil ha tomado cada vez más importancia, como destino de nuestro arroz. En los últimos años un 70% del total de las exportaciones se han conducido hacia este país. Este hecho ha sido importante en el desarrollo del sector, pero resulta también en una debilidad al depender casi de un solo mercado.

Las primeras acciones organizadas de investigación fueron realizadas por el sector privado en la década del sesenta. Con la concreción en 1970 de la Estación Experimental del Este y luego con el INIA en 1991, el esfuerzo mayor de desarrollo tecnológico se ha concentrado en estos organismos.

La investigación ha tenido un rol fundamental en la evolución del uso de las variedades. La introducción desde Texas de la variedad Bluebelle marcó un escalón fundamental en la producción arrocerá uruguaya. Durante muchos años fue la principal variedad sembrada y permitió que el arroz uruguayo entrara a los mercados más selectos del mundo.

Los primeros éxitos de la investigación en nuestro país fue la creación de materiales que levantaron algunas de las restricciones de Bluebelle, pero que no superaron su rendimiento. Luego, la introducción de genotipos semienanos tropicales, permitió llegar a mayores rendimientos, pero con niveles de calidad inferiores a Bluebelle. Más tarde por cruzamientos y selección de materiales, adaptados a zonas templadas se llega a cultivares de alto rendimiento, que soportan altas fertilizaciones nitrogenadas y que tienen buena calidad de grano.

El INIA no ha cesado en el esfuerzo por la creación de nuevos cultivares de arroz de alto rendimiento y buena calidad de grano. En este sentido el presente trabajo pretende hacer un aporte sobre la fisiología de crecimiento y los componentes de rendimiento de algunas líneas que han demostrado tener altos potenciales de rendimiento durante tres años de evaluación, tomando como testigo algunas variedades de las que hay mayores conocimientos generados. El objetivo fundamental es conocer cuales son las estrategias de crecimiento y composición de los rendimientos de estos cultivares. Mediante técnicas de análisis de crecimiento, se pretende conocer características biológicas y agronómicas que hagan un aporte al manejo de dichos cultivares y sirvan como punto de partida para siguientes estudios de líneas promisorias tales como L1119, L1130, L1701 y L1707.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

A. EVOLUCION DE LA PLANTA DE ARROZ.

De acuerdo con Tsunoda (1984), se pueden distinguir tres grandes etapas en la evolución de la estructura fotosintética de la planta de arroz:

- Formación de una estructura fotosintética básica del arroz bien adaptada a su hábitat primario.
- Modificación de la estructura fotosintética con la expansión del área cultivada.
- Cambios de importancia en la estructura fotosintética en modernas variedades de arroz adaptadas a cultivo intensivo.

1. Estructura fotosintética básica del arroz en su hábitat primario.

El ambiente del centro de origen del arroz (Sudeste de Asia) es cálido y muy húmedo con un modelo de pluviosidad de tipo monzónico y niveles de radiación solar directa más bajos que en otras áreas de la Tierra (Huke, 1976; citado por Tsunoda, 1984). Es bajo estas condiciones que se desarrollan los progenitores del arroz, la perenne *O. rufigon* y la anual *O. nivara*, (Chang, 1976; citado por Tsunoda, 1984). Las condiciones de inundación provocada por este medioambiente crean una serie de cambios químicos, físicos y microbiológicos que toma a los suelos inundados completamente diferentes de los bien drenados (Brady, 1978; citado por Tsunoda, 1984).

En cuanto a temperatura, el arroz está fotosintéticamente adaptado a un rango desde 25°C a casi 35°C, como resultado del régimen térmico de su principal estación de crecimiento (Tsunoda, 1984).

Con respecto a la respuesta fotosintética a la intensidad de luz, Tsunoda (1984), concluye que existe una buena adaptación a una baja intensidad de luz de 30 klx.

La respuesta fotosintética al suministro de nitrógeno en arroz en variedades *indica*, viene dada principalmente por una importante expansión del área foliar y en menor grado por un aumento de la tasa de fotosíntesis (Osada, 1964; citado por Tsunoda, 1984). Se han encontrado relaciones lineales y curvilíneas entre contenido de nitrógeno en hoja y fotosíntesis de hoja (Ishizuka y Tanaka, 1958; citados por Tsunoda, 1984).

Concerniente al intercambio gaseoso, Tsunoda (1984), señala tres grandes propiedades de la hoja de arroz: a) importante área foliar desarrollada con un bajo espesor de hojas, b) muy alta frecuencia estomática, y c) una alta superficie de células del mesófilo en relación con su volumen. Estas características le confieren al arroz una resistencia mínima a la difusión de CO₂ en comparación con la mayoría de otras plan-

tas incluyendo cultivos como trigo y maíz. Murata (1981) citado por Tsunoda (1984), sostiene que el arroz presenta altos valores de tasa fotosintética de hoja así como de crecimiento del cultivo, comparables a los de los cultivos C4. Esta alta eficiencia fotosintética de las hojas puede estar estrechamente vinculada con la baja resistencia a la difusión de gas (Tsunoda, 1984).

Las estructuras de hoja y canopia de los arroces primitivos de tierras bajas, según Tsunoda (1984), poseen las siguientes tres características: a) hojas "delgadas" y grandes, b) disposición horizontal de la parte más ancha de la superficie foliar, y c) tipo "disperso" de arreglo de las hojas, lo cual representa una adaptación a su medioambiente primario.

2. Modificación de la estructura fotosintética básica con la expansión del área cultivada.

La diferenciación de ecotipos de arroz *índica* y *japónica* se relaciona con la adaptabilidad térmica. Es por tanto evidente que la extensión del cultivo hacia zonas templadas fue hecha a través de variedades *japónica* (Tsunoda, 1984).

Las variedades *japónica* tienen ciertas características diferentes a las de las variedades *índica*, que le confieren adaptabilidad a zonas templadas. La frecuencia estomática es generalmente menor en *japónica* (Yoshida y Ono, 1978; citados por Tsunoda, 1984). La mínima resistencia de hoja a la difusión de gas es más alta en *japónica* al igual que el contenido de N aéreo de hoja que es un índice del espesor de la hoja, (Kishitani y Tsunoda, 1974; citados por Tsunoda, 1984). La frecuencia estomática y el espesor de hoja están relacionados al balance de agua y al presupuesto térmico (Tsunoda, 1984).

En cuanto a la estructura de hoja, variedades *japónica* presentan células del clorénquima dispuestas más compactamente en el mesófilo, y la superficie adaxial del mismo es muy ondulada, siendo estas diferencias más marcadas a la etapa de implantación (Tsunoda, 1984). Estas diferencias pueden ser concernientes con la adaptabilidad de *Índica* y *japónica* a altas y baja temperaturas respectivamente, ya que el mesófilo ondulado, compacto puede absorber y conservar calor mejor durante la etapa de implantación en *japónica* (Vergara, 1976; citado por Tsunoda, 1984).

De lo expuesto se concluye que las propiedades morfoanatómicas de hoja tienen una importante relación sobre la sensibilidad y resistencia de variedades de arroz a baja temperatura, a través de la regulación del balance de agua y el presupuesto térmico (Tsunoda, 1984).

Tsunoda y Singh (datos no publicados) citados por Tsunoda (1984), observaron marcadas diferencias entre variedades de arroz en su respuesta fotosintética a la tensión de humedad del suelo y humedad del aire. La tasa fotosintética, bajo variados niveles de tensión de humedad del suelo y humedad del aire fue más estable en Bluebelle con hoja gruesa (18 - 19 mg N/dm²) y menos estable en IR8 con hoja delgada (10 - 11 mg N/dm²). La tasa fotosintética evaluada por unidad de N de hoja fue la más alta en IR8 bajo condiciones húmedas, mientras fue la más baja en condiciones secas. Las variedades de arroz de zonas templadas tienden a tener hojas gruesas, disminuyendo el área específica de hoja y reteniendo mucha agua y N por unidad de área de hoja (Tsunoda, 1984).

Takano y Tsunoda (1971) citados por Tsunoda (1984), señalan que hojas "gruesas" son eficientes bajo altas intensidades de luz, mientras hojas "delgadas" son más efectivas con intensidades más bajas.

3. Estructura fotosintética para obtención de altos rendimientos con cultivo intensivo.

Dado que la obtención de altos rendimientos sólo es posible con elevadas dosis de N, los atributos que confieren a las variedades una alta capacidad de rendimiento, se relacionan con la respuesta a este nutriente (Yoshida, 1972). Las variedades de arroz con alta respuesta a nitrógeno tienen hojas erectas, cortas, estrechas, "gruesas" y de color verde-oscuro agrupadas regularmente con tallos cortos y compactos (Jennings, 1964; Athwal, 1971 y Yoshida, 1972; citados por Tsunoda, 1984).

Tsunoda (1984), señaló la importancia del índice de cosecha en el rendimiento en grano, y enumeró las propiedades efectivas en incrementar dicho índice: corta altura, duración corta a floración, más largo mantenimiento de una canopia eficiente, y gran tamaño de espiga.

Con respecto al primer punto, Athwal (1971) citado por Tsunoda (1984), encontró que IR8, una moderna variedad semienana *indica*, tiene una proporción grano/paja de cerca de 1.0, mientras su padre Peta, una tradicional variedad alta *indica*, tiene una proporción de cerca de 0.5. El cultivo intensivo con abundante suministro de nutrientes favorece las variedades de corta altura con tallos cortos y un tipo de disposición de hoja reunida; con este tipo de arquitectura de la canopia se ahorran materiales usados para el sistema de tallo y se disminuyen las pérdidas por su respiración (Tsunoda, 1984).

Venkateswarlu y col. (1976) citados por Tsunoda (1984), reportaron que la duración a floración exhibió una relación lineal con el total de peso seco y el IAF y que mostró una relación negativa con el índice de cosecha. Con fuerte fertilización, se logra una óptima o cercanamente óptima área foliar en un más corto período de crecimiento, por lo que, variedades desarrolladas con fuerte fertilización entran a la etapa reproduc-

tiva más temprano que aquellas desarrolladas con fertilización ligera, produciendo más o menos un alto índice de cosecha sin disminución de la producción total (Tsunoda, 1984).

Para un más largo mantenimiento de la canopia eficiente, Tsunoda (1984) mencionó dos puntos. Uno es el estado de la canopia formada: hojas densas gruesas y estrechamente agrupadas en los tallos, junto con tallos cortos, fuertes, pueden favorecer la longevidad de la canopia eficiente. El otro es una moderada tasa de llenado de grano como se observó en recientes variedades japonesas; rápida tasa de llenado de grano como se observó en *indica* tradicional fue acompañada por rápida senescencia de hoja y un corto período desde floración a madurez.

Concerniendo a la relación fosa - fuente, Kumura (1956) citado por Tsunoda (1984), señaló la importancia de la capacidad de almacenamiento de las panículas bajo condiciones donde las actividades fotosintéticas fuesen vigorosas. El Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Arroz (IRRI) (1977) citado por Tsunoda (1984), sugirió la posibilidad de un más alto rendimiento de grano por la combinación de mayor tamaño de grano con corta altura de planta.

B. CRECIMIENTO Y FASES DE CRECIMIENTO EN PLANTAS DE ARROZ.

1. Generalidades.

El crecimiento es un proceso que comprende dos aspectos diferentes: producción de materia seca (cambio cuantitativo) y desarrollo de fases durante la ontogénesis (cambio cualitativo). La ontogénesis de la planta de arroz consta de tres fases: vegetativa, reproductiva y madurez o llenado de grano (Tanaka, 1976). La fase vegetativa va desde germinación hasta la iniciación del primordio de la panícula, la fase reproductiva desde la iniciación del primordio hasta el final de la floración y la fase de madurez va desde la floración a la madurez completa (Tanaka, 1976).

Los tipos de curva de crecimiento varían de acuerdo a la combinación de variedades, condiciones ambientales y prácticas culturales (Tanaka, 1976). El mismo autor clasificó las curvas de crecimiento de arroz en los siguientes tipos:

* Tipo I: Un vigoroso crecimiento en etapas tempranas seguido por un crecimiento débil (a veces disminuye de peso) en etapas tardías de crecimiento. Frecuentemente observado en viejas variedades tropicales, altas, y hojosas; asociado a una enorme producción total de materia seca, un pequeño valor de índice de cosecha y escaso rendimiento en grano.

* Tipo II: Una moderada y continua velocidad de crecimiento, seguida por una superficial caída al final, considerada como normal. Generalmente asociado con una producción moderada de materia seca, un índice de cosecha alto y un buen rendimiento en grano.

* Tipo III: Un lento crecimiento en etapas tempranas, seguido de una alta tasa de crecimiento hasta madurez. Frecuentemente observado en latitudes altas donde la temperatura es baja en primavera, generalmente el total de producción de materia seca es pequeño, y a veces el rendimiento en grano es moderado debido a una razonable relación grano/paja pero frecuentemente el rendimiento es bajo debido a una pequeña relación grano/paja.

* Tipo IV: Crecimiento lento continuo, causado por una nutrición insuficiente, suelo pobre, etc.; muy bajo rendimiento en grano.

* Tipo V: Una moderada o alta tasa de crecimiento en las etapas tempranas seguido por una alta tasa de crecimiento en etapas tardías, posible sólo con abundante radiación solar durante el llenado (o a lo largo del crecimiento) y con buen tipo de planta. Un rendimiento extremadamente alto debido a altos valores de producción total de materia seca con un buen índice de cosecha.

Si se observan los variados tipos de modelos de crecimiento anteriormente citados, desde el punto de vista de las fases de crecimiento los siguientes tres tipos se pueden clasificar (Tanaka, 1964 y 1976):

* Tipo A (fase vegetativa - fase reproductiva): El primordio de panícula se inicia pronto después del período de máximo número de tallos, considerado normal. La curva de crecimiento es generalmente II o V, la floración es uniforme y el rendimiento generalmente es alto.

*Tipo B (fase vegetativa - fase reproductiva superpuesta a la primera): El mcollaje continúa luego de la iniciación del primordio de panícula, generalmente causado por una activa y continua absorción de nitrógeno la cual es inducida por una lenta absorción de nitrógeno en etapas tempranas de crecimiento debido a bajas temperaturas, una inoportuna aplicación de nitrógeno, excesivo espaciamento o el uso de variedades de ciclo muy corto. La curva de crecimiento es con frecuencia de tipo III; la floración es irregular debido a una gran variación de edades entre tallos, el número de espiguillas por panícula es pequeño porque los fotosintatos después de la etapa de iniciación del primordio de la panícula son consumidos no sólo por los primordios de panículas sino también por los nuevos tallos en desarrollo. El rendimiento en grano generalmente es bajo.

* Tipo C (fase vegetativa - fase vegetativa tardía - fase reproductiva): Con macollaje largo y discontinuo previo a la iniciación del primordio de panícula. Ocurre cuando la fase vegetativa es extremadamente larga. Está asociado con altas temperaturas desde el trasplante, y agotamiento del suministro de nitrógeno en el suelo desde una etapa temprana del crecimiento. La curva de crecimiento es generalmente de tipo I. El número de panículas por unidad de área tiende a ser pequeño debido a un alto porcentaje de tallos estériles. El número de espiguillas es frecuentemente pequeño, ya que el suministro de nitrógeno es insuficiente durante la fase reproductiva. El rendimiento en grano es a menudo bajo.

Los tipos de crecimiento II y V indican buen balance entre crecimiento vegetativo y reproductivo, la curva de tipo I muestra un excesivo crecimiento vegetativo y el tipo de curva III indica un crecimiento vegetativo débil con relación al reproductivo. Variedades, estaciones y prácticas culturales deben ser seleccionadas para realizar el modelo A con una curva de tipo II; cuando las condiciones ambientales son favorables se debería intentar lograr la curva tipo V (Tanaka, 1976).

2. Duración y variación de las fases de crecimiento.

La variación en la duración del crecimiento es debida principalmente a diferencias en el período de crecimiento vegetativo. Existe, sin embargo, una correlación positiva entre duración del crecimiento y el largo del período desde la iniciación de la panícula a floración (Yoshida, 1972). Sin embargo Castro y Porto (1994), trabajando con 6 cultivares nacionales de distinto ciclo, hallaron que la duración de la fase vegetativa fue similar entre los cultivares de ciclo corto y medio, siendo dicha fase 3 días más larga en los cultivares de ciclo largo.

Existe una importante variabilidad en la duración del crecimiento entre cultivares. El período de madurez es controlado generalmente por poligenes, tal que la segregación transgresiva es común para líneas de maduración temprana y tardía. La muy temprana madurez de las variedades americanas "Belle Patna" y "Bluebelle" parece estar controlada por un gen dominante simple, haciendo de ellas importantes fuentes de precocidad (Jennings y col., 1979; citados por Blanco, 1991). Sin embargo, para nuestras condiciones Bluebelle no resulta una fuente de precocidad, en el trabajo de Castro y Porto (1994), dicho material se comportó como de ciclo medio, con una duración del ciclo total de 126 días.

La duración de la fase vegetativa varía enormemente con la combinación de: a) carácter varietal, como la duración de la fase vegetativa basal y la respuesta al fotoperíodo, y b) condiciones climáticas, como largo del día y temperatura (Vergara y col., 1969; citados por Tanaka, 1976). De los resultados de Méndez y Roel (1997), en un ensayo efectuado en INIA Treinta y Tres, con los cultivares El Paso 144, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá, se observó una reducción de la etapa vegetativa de 4, 6 y 5 días

respectivamente, de la segunda época de siembra (2/12) con respecto a la primera (23/10).

Los cultivares insensibles al fotoperíodo son característicos de la agricultura moderna (Yoshida, 1981; citado por Blanco, 1991). La madurez o la duración del crecimiento de los cultivares insensibles al fotoperíodo es fuertemente afectado por la temperatura del aire (Blanco, 1991).

Cuando la temperatura del aire cae a un cierto nivel, el crecimiento y desarrollo puede detenerse, y las temperaturas debajo de este umbral son consideradas ineffectivas. El umbral estimado de temperaturas para algunas variedades de arroz oscila entre 9 y 18°C (Yoshida, 1981; y Dua y Garrity, 1988; citados por Blanco, 1991); siendo este umbral para nuestras condiciones de 10°C (Roel y Blanco, 1993). Cuando la temperatura aumenta o se acorta el largo del día, se acorta la fase vegetativa. Incluso después de la etapa de iniciación de primordio de la panícula, nuevos tallos emergen cuando el contenido de N es mantenido alto (Tanaka, 1976). Cuando la temperatura es alta el macollaje es incrementado, el intervalo foliar es más corto y cada hoja es más grande. Un aumento en la temperatura aumenta la tasa a la que emergen las hojas, aunque el número de hojas desarrolladas sobre el tallo principal antes de floración es bastante constante (Stansel, 1975a; Tanaka, 1976 y Yoshida, 1981; citados por Blanco, 1991).

A diferencia de la anterior, la fase reproductiva es bastante constante y cercana a 25 días, sin tener en cuenta la variedad, aunque es algo acortada cuando la temperatura es más alta (Tanaka, 1976). Teniendo en cuenta la variedad y el clima varía de 27 a 46 días (Yoshida, 1981; citado por Blanco, 1991). La duración de esta etapa varió entre 28 y 34 días entre cultivares de distintos ciclos, y fue la etapa que explicó las mayores diferencias en el largo total de los mismos (Castro y Porto, 1994). La duración del desarrollo de la panícula es más corta en cultivares de maduración temprana que en los cultivares de maduración tardía. En general, la duración total del crecimiento y el largo del período desde inicio de la panícula a floración están positivamente correlacionadas. La extensión de este período, independientemente de la duración total del crecimiento, puede mejorar el potencial de rendimiento de cultivares de ciclo muy corto (Yoshida, 1981; citado por Blanco, 1991). Por otro lado, Castro y Porto (1994), encontraron que INIA Tacuarí, variedad de alto potencial de rendimiento y ciclo corto a floración (87 días), presenta una alta tasa de crecimiento en el período reproductivo, lo que constituye una posible razón de su alto potencial.

La duración de la fase de llenado de grano es casi constante entre variedades. En los trópicos es cerca de 25 - 30 días, mientras que en áreas templadas la temperatura, especialmente durante la última parte de esta fase, es bastante baja, y su duración puede ser de 60 días o más (Tanaka, 1976); en el trabajo realizado por García y Pintos (1997), la duración de la etapa de llenado de grano fue de 40 días para las variedades INIA Tacuarí e INIA Yerbál (ciclo corto), INIA Caraguatá (ciclo medio) y El Paso 144 (ciclo largo). Un amplio suministro de radiación solar promueve el llenado y

resulta en un mayor rendimiento en grano (De Datta y Zárate, 1970; citados por Tanaka, 1976). Relativamente bajas temperaturas cerca de un punto crítico hacen el llenado lento pero continuo, y resulta en un rendimiento en grano incrementado, mientras que bajas temperaturas críticas detienen el llenado (Murata, 1964; citado por Tanaka, 1976). Jennings y col. (1979) citados por Blanco (1991), creen que la extensión en el período de llenado de grano es principalmente un efecto de la temperatura y que la variabilidad conocida entre cultivares de arroz es baja. Sin embargo estudios en IIRI (1977) citado por Blanco (1991), sugirieron que cultivares de grano pequeño llevaron 12 días para completar el llenado de grano, y los cultivares de grano grande llevaron 15 a 25 días.

Los genotipos de senescencia lenta de origen templado a menudo tienen un período de llenado más largo. Chang y Vergara (1972) citados por Blanco (1991), reportaron que la senescencia foliar lenta puede ser un índice de selección indirecto para una maduración de grano extendida. Estos científicos creen que la extensión de las fases reproductiva y de llenado de grano, independiente del período de crecimiento vegetativo, puede resultar en un aumento en el suministro de productos asimilados, o capacidad de almacenamiento, o ambos (Blanco, 1991).

Como el período de llenado de grano es considerado generalmente una constante para cada área de crecimiento y las diferencias varietales son reportadas como bajas, la clasificación de la duración del crecimiento puede ser basada en la duración desde siembra a floración (Blanco, 1991). Sin embargo, García y Pintos (1997), encontraron que existe una tendencia al acortamiento de la etapa de llenado de los cultivares de ciclo largo respecto a los de ciclo corto, ya que, por ejemplo El Paso 144 (ciclo largo) a los 20 días de iniciado el llenado de grano, el peso de 1000 granos es el 70% del peso final, mientras que en INIA Tacuarí (ciclo corto), es de 46%.

3. Características de las fases de crecimiento.

a. Fase vegetativa.

Una planta de arroz puede llevar de tres a seis meses desde la siembra a la madurez, dependiendo de la variedad y del ambiente, pero la mayoría de las variedades tiene un ciclo que va desde 100 a 150 días (Ferraz, 1987). El ciclo en nuestras condiciones varió de 120 a 136 días, para una siembra de 20/10 para la zona este del país (Castro y Porto, 1994).

La fase vegetativa abarca el período desde la germinación hasta el inicio del primordio de la panícula (Ferraz, 1987).

La etapa de plántula comprende el período desde la emergencia hasta poco antes de la aparición del primer vástago (De Datta, 1986).

El macollaje comienza en el estado de cuatro a cinco hojas. La emergencia de los macollos está estrechamente relacionada con la de las hojas (Murata y Matsushima, 1975). El largo del período de emergencia a inicio del macollaje es de 23 días para El Paso 144 y de 29 días para INIA Tacuarí y Bluebelle para una siembra del 23/10, acortándose en 4 a 5 días para siembras del 1/12 (Méndez, 1996).

Los macollos al principio dependen de los nutrientes que le suministren el tallo madre hasta que tienen tres hojas y cuatro o cinco raíces en que se vuelven autotróficos. La máxima cantidad de macollos se alcanza aproximadamente al mes de transplante, decreciendo posteriormente a causa de la muerte de los últimos que emergieron, por resultar perjudicados en la competencia por luz y nutrientes (Ishizuka y Tanaka, 1963; citados por Murata y Matsushima, 1975). Castro y Porto (1994), para una siembra directa sobre suelo seco, obtuvieron el máximo número de macollos a los 60 días pos siembra.

La capacidad de macollaje es una de las características más importantes de una variedad. La iniciación del primordio de macollo no está sujeta a la influencia del ambiente (Yamazaki, 1960; citado por Murata y Matsushima, 1975), pero su emergencia y desarrollo se ven muy influenciados por el suministro de nitrógeno, la radiación solar y la temperatura. De éstos el más importante es el contenido de nitrógeno de la planta siendo necesaria una concentración mayor al 3.5% para que exista un macollaje activo, mientras que a 2.5% se detiene la producción de macollos y por debajo de 1.5% comienza a ocurrir la muerte de los mismos (Ishizuka y Tanaka, 1963; citados por Murata y Matsushima, 1975).

El nivel de fósforo también se encuentra estrechamente correlacionado con el macollaje, viéndose éste fuertemente disminuido cuando el contenido de dicho nutriente en el tallo madre es menor a 0.25% (Honya, 1961; citado por Murata y Matsushima, 1975).

Los factores climáticos también resultan importantes. La mayor cantidad de macollos que emergen se obtiene con temperaturas del agua de 15 - 16°C en la noche y 31°C en el día, pero la temperatura óptima para el desarrollo de los mismos es de 31°C, tanto en el día como en la noche (Tsunoda, 1964; citado por Murata y Matsushima, 1975). Según Stansel y Fries (1980), el rango de temperatura del aire favorable para el crecimiento en la etapa vegetativa se encuentra entre los 15 y 30°C. De la información agroclimática publicada por Roel (1997), sobre temperaturas medias para la zona Este del país (serie histórica 1972 - 1997), se deduce que no existen problemas de temperatura para un desarrollo normal en la etapa vegetativa, incluso en siembras tempranas (primera quincena de octubre).

Murata y Matsushima (1975), encontraron para diferentes localidades del Japón, que la radiación solar promedio durante las seis semanas posteriores al trasplante no mostró ninguna correlación significativa con el número máximo de macollos por metro cuadrado, pero si presentó una alta correlación con el número de macollos que daban inflorescencia.

El aumento del IAF, en la fase vegetativa se debe a dos factores: el aumento del número de macollos y el tamaño de las hojas sucesivas. Por el cual, 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; citados 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 panícula es la que posee 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, pero, el aumento del IAF también es limitado por radiaciones muy bajas (Murata y Matsushima, 1975).

Se ha observado una correlación alta 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 poca incidencia del efecto de la capacidad fotosintética. A medida que el IAF se incrementa, su efecto es cada vez menor (Murata y Matsushima, 1975).

De acuerdo a una revisión realizada por Yoshida (1972) citado por Murata y Matsushima (1975), muchos investigadores indicaron que el IAF óptimo para poblaciones de arroz oscila entre 4 y 7, suponiendo que la fotosíntesis bruta se incrementa asintóticamente al aumentar el IAF, mientras que la respiración aumenta en forma más o menos lineal. En oposición a esto, Yoshida y col. (1973) citados por Murata y Matsushima (1975), encontraron que en IR8, la variedad de alta capacidad productiva seleccionada en el IRRI, la cantidad de materia seca producida tendía a un *plateau*, a causa de que la respiración se incrementaba asintóticamente al aumentar el IAF. Castro y Porto (1994), obtuvieron valores máximos de IAF en 50% de floración de 10 para El Paso 144 y 6 para INIA Tacuarí, mientras que los rendimientos de ambos cultivos fueron iguales (9.6 t/ha), explicado esto por una mayor TAN promedio a lo largo del ciclo en el cultivar INIA Tacuarí (4.85 g/m² de hoja/día) respecto a El Paso 144 (2.68 g/m² de hoja/día).

Monsi y Saeki (1953) citados por Murata y Matsushima (1975), indicaron que al incrementarse el IAF, el coeficiente de extinción de la población de plantas y la fotosíntesis de las hojas individuales, juegan un papel cada vez más importante en la fotosíntesis de la comunidad vegetal. Su ecuación mostró que la distribución de 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 la luz dentro de la canopia y existe menor saturación de las hojas individuales. A medida que la fotosíntesis de las hojas de arroz alcanza la saturación lumínica alrededor de 50 klx, próximo a la mitad de la luz solar plena, el efecto del coeficiente es de tal magnitud que produce diferencias de importancia sobre la producción de materia seca (Hashayi, 1969 y 1972; citado por Murata y Matsushima, 1975).

El coeficiente de extinción, que ha sido reconocido como una de las características morfológicas más importantes relacionadas con la utilización de la luz por parte de una variedad, muestra cierta variación según el manejo cultural y otras condiciones (Murata y Matsushima, 1975).

Tsunoda (1959a y b, 1962 y 1964) citado por Murata y Matsushima (1975), señaló que el espesor y la distribución espacial de 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.

b. Fase reproductiva.

La condición de la planta durante la fase vegetativa determina el número de tallos el cual es el número potencial de panículas, y también la condición de las hojas que funcionan durante la fase reproductiva. La condición durante la fase reproductiva determina el número y tamaño de espiguillas, y también el estado de las hojas que contribuyen al llenado (Tanaka, 1976).

Durante esta fase se desarrolla el primordio de la panícula, se elongan tres entrenudos de la parte superior de cada tallo y se desarrollan las tres hojas superiores sobre cada tallo las cuales fueron diferenciadas en la fase previa (Tanaka, 1976).

Según Murata y Matsushima (1975), la cantidad de panículas por metro cuadrado se establece durante el período que comprende hasta unos 10 días después de que se alcanza el máximo número de tallos y está muy influenciado por el suministro de nitrógeno, y por la radiación solar en el momento de macollaje. Por otro lado la cantidad de espiguillas por panícula, se determina en el período que va desde 32 a 5 días antes de la emergencia de la panícula (en los arroces de clima templado), siendo resultado del 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 panícula (32 - 20 días antes del panojamiento en los arroces de clima templado),

mientras que el nivel de radiación solar y la temperatura afectan durante el período de división reduccional al segundo (15 - 5 días antes de la emergencia de la panícula).

Dentro de los factores ambientales que afectan la esterilidad, la temperatura ha sido motivo de múltiples estudios; el período que parece ser más afectado por bajas temperaturas es el de división meiótica. Es más afectado por dichas temperaturas la formación de polen que otros procesos a nivel de la flor (Terao y col., 1940 y Sakai, 1943; citados por Nishiyama, 1984).

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 panícula. 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).

c. Madurez.

Dicha fase se extiende desde floración hasta la madurez fisiológica del cultivo. La extensión de esta fase no varía demasiado con las variedades, pero sí lo hace con las condiciones ambientales. En los trópicos dura alrededor de 25 a 30 días mientras que en regiones más templadas, la temperatura especialmente durante la segunda mitad del llenado es frecuentemente baja y la duración puede llegar a ser de 60 días o más (Tanaka, 1976). En cambio, Sashara y col. (1982a y 1982b), expresan que el largo del período de llenado y la tasa del mismo varía entre variedades. El tipo de panícula caracterizado por el modelo de distribución nodal de espiguillas sobre las ramas secundarias del raquis apareció relacionado a la duración y tasa de llenado de grano. Variedades *Japónicas* mostraron tasas más lentas y períodos más largos que *Indica*, y *Javánicas* más rápidas tasas como *Indica* y períodos más largos como *Japónica*.

La cantidad de carbohidratos almacenados en tallos y vainas foliares comienza a disminuir luego de la fase reproductiva para llegar a su valor mínimo unas dos o tres semanas de comenzado el período de llenado de grano (Yoshida, 1972; citado por Murata y Matsushima, 1975). Los cambios en peso seco de la panícula se producen en forma paralela a la de los carbohidratos almacenados y además el incremento de peso seco de la panícula resulta casi igual a la suma del aumento del peso seco total, y a la disminución de los hidratos de carbono almacenados después de la emergencia de la panícula. Esto sugiere que los carbohidratos almacenados antes de la emergencia de la panícula son translocados eficientemente a la inflorescencia luego de la antesis (Murata y Matsushima, 1975). No obstante, no todas las reservas son translocadas, en el experimento de Cock y Yoshida (1972) citado por Murata y Matsushima (1975), el 68% de las reservas eran translocadas a la inflorescencia, el 20% se consumió en la respiración y el 12% permaneció en los tallos y vainas foliares.

La contribución del almacenamiento previo a la emergencia de la panícula al rendimiento en grano es variable, situándose entre 0 y 90% en casos extremos y entre 20 y 40% la mayoría de las veces (Yoshida, 1972; citado por Murata y Matsushima, 1975); siendo más bajo con altos niveles de aplicación de fertilizantes y mayor con una variedad de ciclo más largo (Yoshida y Ahn, 1968; citados por Murata y Matsushima, 1975). Soga y Nozaki (1957) citados por Murata y Matsushima (1975), sugieren que las reservas acumuladas antes de la emergencia de la panícula cumplen una acción buffer sobre el llenado del grano en condiciones de clima desfavorable. Ferreira y Montauban (1998), encontraron que el cultivar El Paso 144 (ciclo largo) sembrado en octubre y noviembre (siembras normales) se comporta con buena estabilidad en los rendimientos a través de varios años.

La mayor tasa de movilización de las reservas previas a la emergencia de la panícula ocurre aproximadamente una semana después de la anthesis, representando, en este momento, el doble de la tasa de incremento total de la materia seca (Monsi y Murata, 1970; citados por Murata y Matsushima, 1975).

De acuerdo con Counce, Moldenhauer y Costello (1991), una enzima en particular, parece ser crítica en la liberación de carbohidratos desde tallos para el llenado de grano. Esta enzima, sucrosa fosfato sintetasa, produce sucrosa fosfato y es la enzima limitante para la exportación de carbohidratos desde varios tipos de tejidos de la planta. Un trabajo inicial de laboratorio indicó que la sucrosa fosfato sintetasa fue activa en tallos y hojas de arroz de la línea japonesa SLG - 1.

La relación de la capacidad fotosintética de un cultivo de arroz con su capacidad de crecimiento en el período comprendido entre la iniciación de la panícula y su emergencia es de suma importancia, puesto que cuando la misma es alta el almacenamiento es alto; mientras que cuando es baja las reservas son escasas (Murata y Matsushima, 1975). Esto está muy relacionado con lo dicho por Yoshida y Ahn (1957) citados por Murata y Matsushima (1975), en que las reservas contribuían en mayor proporción a llenar el grano en cultivares de ciclo largo que en cultivares de ciclo corto. La cantidad de compuestos translocados a la inflorescencia durante el llenado de grano incide en la relación grano/paja, y, a su vez, depende de la capacidad de rendimiento, cantidad de fotosíntesis, tasa de respiración, capacidad de los tejidos conductores, etcétera. Cuando la capacidad de translocación no resulta limitante, la relación grano/paja se encuentra estrechamente correlacionada con $(P_o \cdot ns) / A_o$, donde P_o significa la capacidad fotosintética promedio de las hojas, ns , la cantidad de espiguillas por m^2 , y A_o el IAF a la emergencia de la panícula. Esto es así porque P_o es menor para una variedad de ciclo corto; porque A_o que es la capacidad para crecer y respirar varía en sentido opuesto a P_o a medida que se extiende la duración del crecimiento y por último, porque ns puede tomarse como representante de la capacidad de rendimiento (Murata y Matsushima, 1975).

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

Después de floración, en las flores glumáceas los cariopses están formados después de la antesis y fertilización, comenzando a operar como las grandes y más vigorosas fosas de la planta. Pero el período en que los cariopses juegan el rol de fosas no es muy largo; ellos pierden esta función en varias semanas. Si las hojas retienen su actividad fotosintética hasta después del final del llenado, tallos y vainas foliares acumulan un plus de fotosintatos en sus tejidos en la forma de almidón, etc. A partir de esto, se reconoce que los tejidos de tallos y vainas foliares mantienen su función como fosa más tiempo que los cariopses (Kumura, 1995).

No hay duda que la producción de materia seca durante el período de madurez es fundamental en la producción de granos, este proceso está regulado por dos factores: a) la habilidad potencial de la población para fotosintetizar (la fuente) y b) la capacidad de las espiguillas para recibir los fotosintatos (la fosa). El potencial de la fuente es una función del estado morfológico y fisiológico de la población, representado por el área foliar, el arreglo de las hojas y su estado nutricional y también las condiciones climáticas. El estado de las plantas puede ser modificado por mejoramiento varietal o métodos culturales pero es imposible mejorar la radiación solar o la temperatura. Por consiguiente el medio ambiente climático durante la fase de llenado impone el tope del potencial de la fuente. La fosa es compuesta por: a) número de panículas por m^2 , b) el número de espiguillas por panícula, c) % de granos llenos, d) tamaño de grano (Tanaka, 1976).

4. Indicadores de crecimiento y eficiencia.

a. Índice de área foliar y fotosíntesis.

El IAF de una población de arroz aumenta lentamente en etapas tempranas de crecimiento, más rápido en etapas tardías, continuando su incremento hasta floración, y de ahí en adelante decrece debido a la muerte de las hojas inferiores. Un muy vigoroso aumento en la materia seca, y consecuentemente un rápido aumento del IAF, a etapas tempranas del crecimiento está frecuentemente asociado con una baja tasa de crecimiento del cultivo durante etapas tardías del crecimiento, mientras que un muy lento crecimiento a etapas tempranas está asociado con una alta tasa de crecimiento durante etapas tardías del mismo (Tanaka, 1976). Castro y Porto (1994), en un estudio con cultivares nacionales corroboraron lo mencionado anteriormente para los cultivares El Paso 144 (que mostró un explosivo aumento del IAF en etapas tempranas seguido de tasas muy bajas de crecimiento en la mayor parte del período de llenado de grano), y El Paso 48 e INIA Tacuarí (que tuvieron un aumento inicial del IAF bajo pero que

terminaron con altas tasas de crecimiento en la mayor parte del llenado de grano). El resto de los cultivares presentaron comportamientos que no se vieron asociados con los anteriores conceptos.

La tasa de aumento del IAF está determinada genética y ambientalmente. Algunas variedades son más vigorosas en el crecimiento vegetativo, y expanden el IAF más rápidamente que otras. Altas temperaturas y altos niveles de nitrógeno promueven el aumento del IAF (Tanaka, 1976).

La intercepción de luz de una canopia y por consiguiente su fotosíntesis está fuertemente influenciada por: tamaño y forma de hoja, ángulo de hoja, separación vertical de hoja, orientación azimutal e intercepción de luz de estructuras improductivas (Yoshida, 1972).

De los factores que afectan la intercepción de luz por una canopia de hojas, el ángulo de hoja ha atraído especial atención en términos de fotosíntesis total. Cuando el ángulo solar es alto y el IAF es grande, una canopia de hojas erectas tiene una mayor superficie foliar iluminada que una canopia de hojas curvadas, pero recibe más baja intensidad de luz por unidad de superficie foliar de acuerdo a la ley del coseno. Ya que la eficiencia fotosintética es alta a baja intensidad de luz como visto de la curva de luz - fotosíntesis de una hoja individual, y ya que la mayor porción de la fotosíntesis diaria es alcanzada cuando el ángulo solar es alto, se deduce que una canopia de hojas erectas proporciona una más alta tasa de fotosíntesis diaria que una de hojas curvadas. Pero el arreglo de hojas erectas sólo puede ser beneficioso cuando el IAF es grande (Yoshida, 1972). Muchas personas, por diferentes razones, han llegado a la conclusión que plantas con hojas erectas superiores graduando a hojas curvadas a bajos niveles de la canopia parece ser lo más deseable (Matsushima, Tanaka y Hoshino, 1964; Pendleton y col., 1968 e Isobe, 1969; citados por Yoshida, 1972).

En el arroz, la longitud de hoja es mucho más variable que el ancho de hoja, y el largo de hoja está estrechamente asociado con el ángulo de hoja. Cuando más largas las hojas, más curvadas son. Como resultado, hojas cortas y pequeñas están asociadas con hojas erectas (Tanaka, Kawano y Yamaguchi, 1966; citados por Yoshida, 1972). Teóricamente, hojas cortas y pequeñas pueden ser más uniformemente distribuidas que hojas largas y grandes por una canopia. Mediante manipulación mecánica del número de tallos y el tamaño de las hojas, Matsushima y col. (1964), mostraron que la fotosíntesis de una canopia que tiene un mayor número de tallos pero más pequeño tamaño de hojas fue mayor que la de una canopia que tiene menos tallos pero hojas más grandes y el mismo IAF (Yoshida, 1972).

Se ha discutido bastante acerca de la existencia de un IAF óptimo o de un IAF crítico, todos llegan a la conclusión de que la fotosíntesis bruta de una canopia aumenta curvilíneamente al incrementarse el IAF, porque en la medida que este crece, las hojas inferiores son cada vez más sombreadas. La discusión se centra entonces en el comportamiento de la respiración, en modelos matemáticos tempranos se soste-

nía que ésta tenía un comportamiento lineal al incrementarse el IAF y por lo tanto un modelo de IAF óptimo era de esperar (Davidson y Donald, 1958; citados por Yoshida, 1972).

Muchos discrepan con esta suposición, considerar que la respiración aumenta en forma lineal significaría que la intensidad de luz no afecta la misma. Amplia evidencia indica sin embargo que el sombreado reduce la respiración sensiblemente (Rabinowitch, 1951; citado por Yoshida, 1972). Además la existencia de fotorrespiración aumenta más el gradiente entre fotosíntesis y respiración (King y Evans, 1967; citados por Yoshida, 1972), contribuyendo a reducir la posible ocurrencia de un IAF óptimo. En general se maneja que dentro de un rango de 4 y 7 se encontraría el valor crítico u óptimo de IAF (Yoshida, 1972).

La tasa de fotorrespiración aumenta con el aumento de la intensidad de luz, pero la tasa de fotorrespiración relativa a la tasa de fijación de CO_2 es más alta a más bajas intensidades de luz. A intensidades de luz más bajas que 10 klx, la fotorrespiración comprende el 70 a 90% de la fijación de CO_2 , mientras que a 40 klx sólo representa el 40% (Ishii y col., 1977; citados por Blanco, 1991).

Por otro lado, la eficiencia fotosintética, cuando es definida como fotosíntesis por unidad de energía lumínica, es más alta a bajas intensidades de luz. Cuando la cantidad de radiación solar incidente diaria es constante, la intensidad de energía lumínica por unidad de tiempo disminuye como el largo del día aumenta. En consecuencia, como los días se alargan, la fotosíntesis diaria aumenta, y este efecto es considerado una ventaja del clima templado sobre el tropical (Yoshida, 1981; citado por Blanco, 1991).

El IAF influye marcadamente sobre la producción de carbohidratos en la última parte del período de llenado de grano, momento en que aquel disminuye marcadamente, pero en la primera parte cuando el IAF es alto, a menudo existe una relación negativa con el llenado de grano. El incremento de peso seco durante el período de llenado está positivamente correlacionado, en muchas variedades, con la tasa de fotosíntesis cuando el nivel de radiación solar es alto; pero cuando éste es bajo aparece una correlación negativa con el IAF (Murata y Matsushima, 1975).

En el período de llenado, no se desarrollan nuevas hojas y el envejecimiento de las hojas existentes prosigue (Kumura, 1995). Como resultado, la actividad fotosintética de hojas individuales declina con el tiempo (Murata, 1961; Takeda y col., 1983; Sasaki y col., 1986 y Jiang y col., 1988c; citados por Kumura, 1995).

A partir de información de 4 años de distintas localidades del Japón, en un rango de 33 a 39° de latitud norte, Miyasaka y col. (1975) citados por Murata (1976), calcularon los coeficientes de correlación de la tasa relativa de descenso del área foliar durante las 3 semanas inmediatamente después de floración y en las siguientes 3 semanas, con el contenido de nitrógeno foliar, temperatura media diaria y radiación solar,

usando la información experimental de campo del IBP. Durante el período temprano no hubo correlaciones significativas en ninguno de los parámetros estudiados. Sin embargo, durante el último período, el contenido de nitrógeno estuvo negativamente correlacionado en la mayoría de los casos. En el otro extremo, la temperatura estuvo positivamente correlacionada, mientras que la radiación no mostró una tendencia consistente. A partir de estos resultados puede ser concluido que en la mitad temprana del período de llenado de grano, el descenso del área foliar no tuvo una relación estrecha con nitrógeno, temperatura o radiación. En la última mitad del período, el contenido de nitrógeno y la temperatura parece mostrar considerable influencia sobre el descenso del área foliar: cuanto más bajo el contenido de nitrógeno y más alta la temperatura, mayor tiende a ser el descenso en el área foliar (Murata, 1976).

Kuroda y Kumura (1990b), citados por Kumura (1995), humedecieron el aire ambiental de una lámina foliar individual temporariamente y midieron fotosíntesis, bajo condiciones de campo. De acuerdo a sus resultados, el tratamiento de humedecimiento resultó en un considerable aumento en fotosíntesis, y el grado de aumento fue más grande en la tarde que en la mañana; y después de antrésis, continuó aumentando hasta madurez completa. Esto sugiere que, bajo condiciones de campo, la realización del potencial fotosintético de las hojas es siempre restringido por escasez fisiológica de agua y que esta restricción se vuelve más fuerte en la tarde que en la mañana y como la planta envejece.

Si la actividad radical es mantenida alta durante el período de llenado, las láminas foliares mantienen su postura vertical; ellas también envejecen lentamente, de esta forma el marchitamiento y la caída de la actividad fotosintética son retrasados. Además, cuando la actividad radical es alta, la fotosíntesis no cae tanto en la tarde (Jiang y col., 1985b y 1988a; citados por Kumura, 1995).

El contenido de azúcar de las raíces tiene una estrecha relación con su tasa de respiración (Tsuno y Yamaguchi, 1987; citados por Kumura, 1995). Los proveedores de fotosintatos a las raíces son las hojas inferiores (Tanaka, 1958; citado por Kumura, 1995). Por consiguiente, en el mantenimiento de alta actividad radical, se requiere que la postura de la planta de arroz permita a la luz solar alcanzar las hojas inferiores. Por tanto, mantener las hojas superiores erectas es importante también desde este punto de vista (Kumura, 1995). El suministro de oxígeno a las raíces es más fácil desde las hojas inferiores que desde las superiores, y las hojas marchitas pierden la función de toma de oxígeno (Arikado, 1975; citado por Kumura, 1995). Por esto, es esencial mantener las hojas inferiores vivas mientras sea posible para proveer a las raíces no sólo fotosintatos sino también oxígeno (Kumura, 1995).

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

La aplicación de nitrógeno aumentó la fotosíntesis por dos medios, uno por el aumento de tasa fotosintética de hoja y otro por el aumento del área foliar del cultivo (Mitsui, 1940; citado por Tsunoda, 1984).

En el arroz, comparado con las láminas foliares, la fotosíntesis neta de la panícula y vaina foliar es muy baja; a veces es negativa (Takeda y Murata, 1956; Matsushima, 1957; Tanaka, 1958 y Tanaka y col., 1968; citados por Yoshida, 1972). La contribución estimada de la fotosíntesis de la panícula al grano va desde 8 a 23% para el arroz (Takeda y Murata, 1956 y Enyi, 1962; citados por Yoshida, 1972). Las panículas de las variedades de arroz mejorados tienden a doblarse y están posicionadas debajo de la hoja bandera, tal que ellas son fuertemente sombreadas por la canopia de hojas. Por lo tanto, junto con su bajo potencial de actividad fotosintética, las panículas de estas variedades son incapaces de hacer una contribución significativa al llenado de grano (Yoshida, 1972).

Setter, Conocono y Egdane (1996) trabajaron con líneas isogénicas de las variedades IR36 e IR50 (IR36EUI e IR50EUI) que difieren en la altura de la panícula en la canopia. Las líneas isógenicas de estas variedades con entrenudos superiores alargados (líneas EUI) presentaron panículas a una altura de 96 - 100% de la altura de la canopia, mientras que en las líneas con baja altura de panícula éstas se ubicaron a 74 y 82% de la altura de la canopia. Ellos encontraron que las líneas con baja altura de panícula tuvieron cerca de 10% más del IAF encima de las panículas y esto resultó en arriba de un 35% más de intercepción de luz por las hojas encima de las panículas relativas a las plantas de alta altura de panícula. A 0, 7, 14 y 21 días después de floración, IR36, con baja altura de panícula, tuvo un 10 - 30% mayor fotosíntesis de la canopia que IR36EUI; mayor fotosíntesis de la canopia fue observada para IR50 relativo a IR50EUI. Estos efectos beneficiosos de baja altura de la panícula sobre la fotosíntesis de la canopia ocurrieron incluso aunque las máximas tasas de fotosíntesis individual de hoja y respiración fueron similares en ambas líneas isogénicas durante el llenado de grano.

Las tres hojas superiores de la canopia exportan asimilados a la panícula. Las hojas inferiores envían sus asimilados mayoritariamente a las raíces (Tanaka, 1958; citado por Yoshida, 1972).

Las hojas del arroz permanecen verdes casi hasta la madurez, mientras la panícula se vuelve amarilla a etapas relativamente tempranas del llenado (Takeda y Murata, 1956; citados por Yoshida, 1972).

Por otro lado, Imaizumi y col. (1990) citados por Blanco (1991), reportaron que la contribución de la fotosíntesis de la panícula al llenado de grano aumenta a medida que el proceso de llenado avanza. En su experimento, la cantidad bruta de CO_2 asimilado en una panícula entera fue cerca de 30% del de la hoja bandera. Las espiguillas poseen una alta habilidad de fotosintetizar en relación con su contenido de clorofila, y la afinidad por CO_2 , a través de la reacción de carboxilación, es más alta en lemas y paleas que en la hoja bandera.

Mediciones directas de intercambio de CO_2 indican que la actividad fotosintética de la segunda y tercer hoja es más alta que la de la hoja bandera a etapas tempranas del llenado (Yoshida, 1972). La remoción de la segunda a la cuarta hoja descendió el rendimiento en grano mucho más que removiendo la hoja bandera (Takeda y Murata, 1956; citados por Yoshida, 1972). De acuerdo con Yoshida (1972), en una medición el área foliar de las tres hojas superiores de una variedad *Indica* mejorada constituyó cerca del 74% del área foliar total a floración cuando el IAF fue de 5.5.

Las tasa fotosintéticas promedio sobre la estación no se correlacionan bien con la acumulación total de peso seco. Las tasas medidas al momento del inicio de la panícula y/o durante el llenado están correlacionadas con el rendimiento (Lafitte y Travis, 1984; citados por Blanco, 1991). En etapas de crecimiento tardías la tasa fotosintética baja debido a envejecimiento, especialmente en cultivares de ciclo largo, con el resultado que, en anthesis y llenado de grano, la tasa fotosintética es generalmente más alta en cultivares de ciclo corto (Murata y Matsushima, 1975; citados por Blanco, 1991).

b. Tasa de asimilación neta (TAN) y peso específico de hoja (PEH).

La tasa de asimilación neta (TAN) de una planta en un instante de tiempo es definida como el aumento de materia seca de la planta por unidad de área foliar por unidad de tiempo (Radford, 1967).

Comparada con otras especies C_3 , el arroz tiene una relativamente alta tasa fotosintética neta individual de hoja por unidad de área de hoja, con un rango típico de 25 a 32 micromoles de $\text{CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ (Yoshida, 1983; citado por Peng, Khush y Cassman, 1993).

La TAN es afectada por radiación solar, IAF y edad o estado fisiológico de las hojas. Temperaturas menores que 18°C pueden reducir la TAN a etapas tempranas pero no tienen efecto en fases tardías (Murata, 1976; citado por Blanco, 1991). Monteith (discutiendo sobre el trabajo de Murata, 1976; citado por Blanco, 1991), sostiene la idea que los conceptos de TAN y tasa de crecimiento relativa (TCR) fueron derivados inicialmente del espaciado de plantas y cultivos en una canopia cerrada, la tasa de crecimiento de la canopia se vuelve limitada por la energía lumínica disponible y no por el tamaño del sistema fotosintético.

Según Makino y col. (1985) citados por Peng, Khush y Cassman (1993), durante la senescencia foliar, la Ribulosa difosfato carboxilasa es rápidamente degradada con un descenso paralelo en la TAN. Altos contenidos de nitrógeno en hoja resultan en mayor cantidad de esta enzima en la misma y aumenta la asimilación neta durante el período de llenado de grano, particularmente en las etapas tardías del llenado. Resultados recientes de estudios de campos en IRRi demuestran una respuesta a la aplicación tardía de nitrógeno cuando la radiación solar y la temperatura crean condiciones de alto rendimiento, y esta respuesta está asociada con aumentos en la TAN (Peng, Khush y Cassman, 1993).

De acuerdo a Yoshida (1972), el grosor de hoja ha sido a menudo mencionado como un carácter morfológico importante. Ha sido medido directamente bajo el microscopio, pero es convencionalmente expresado como área específica de hoja o peso específico de hoja. La asociación entre hojas gruesas y alto potencial de rendimiento de variedades de arroz es inconsistente (Hayashi e Itoh, 1962; citados por Yoshida, 1972). Algunas variedades de alto rendimiento tienen hojas gruesas, y otras las tienen delgadas (Yoshida, 1972). El grosor de hoja está positivamente correlacionado con la tasa fotosintética de hoja (Murata, 1961; Irvine, 1967 y Pearce y col., 1969; citados por Yoshida, 1972). Sin embargo, en el experimento de Hayashi, las variedades testadas de alto rendimiento tuvieron más altos valores de IAF y hojas más erectas pero más delgadas. Con la misma cantidad de peso seco, el desarrollo del área foliar está inversamente relacionado al grosor de la hoja (Yoshida, 1972). En el trabajo de Castro y Porto (1994), en condiciones templadas se verifican las inconsistencias en la relación de PEH con rendimiento, ya que El Paso 144 (de origen tropical) e INIA Tacuarí (templada) obtuvieron altos e iguales rendimientos basado en distintas estrategias. El Paso 144, de hoja delgada (PEH = 40.36 g/m² de hoja) y una TAN promedio para el ciclo de 2.68 g/m² de hoja/día, rindió 9.64 t/ha; INIA Tacuarí de hoja gruesa (PEH = 48.58 g/m² de hoja/día) y una TAN de 4.85 rindió 9.60 t/ha.

Lafitte y Travis (1984) citados por Blanco (1991), encontraron que líneas de pequeño tamaño de hoja mostraron mayor fotosíntesis aparente y tuvieron mayor peso específico de hoja (PEH) y contenido de nitrógeno por unidad de área de hoja. Un aumento en la demanda por asimilados tuvo lugar en cada unidad de área de hoja en las líneas de hoja pequeña, y el aumento en la demanda estuvo asociado con mayor actividad de la fuente por unidad de área de hoja.

Tu y col. (1988) citados por Blanco (1991), comparando un cultivar chino seleccionado bajo condiciones de baja iluminación, con dos cultivares americanos de maduración temprana crecidos en condiciones de alta iluminación, encontraron que el grosor de hoja de estos últimos aumentó en respuesta al aumento de iluminación durante el crecimiento. La habilidad de aclimatarse a alta iluminación de los cultivares americanos se correlaciona al grosor de hoja y la tasa fotosintética observada en otros ecotipos de alta iluminación.

c. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC).

Las tasas promedio de crecimiento del cultivo (TCC), obtenida por la división de la producción de materia seca total por el número de días desde transplante a madurez, son reportadas tan altas como 14.08 g/m²/día en Japón (Murata, 1976; citado por Blanco, 1991). La TCC de un período largo de tiempo de un cultivar de hojas erectas, tal como IR8, puede alcanzar 22.9 g/m²/día. La máxima TCC en un período corto registrada para el arroz fue de 36 g/m²/día (Yoshida, 1981; citado por Blanco, 1991). La producción de materia seca es generalmente más alta en los cultivares de maduración tardía que en los de maduración temprana, mientras la situación es inversa con relación a la TCC promedio (Murata, 1976; citado por Blanco, 1991). Las TCC promedio de todo el ciclo para dos cultivares nacionales fueron de 12.3 g/m²/día en El Paso 144 y de 13.5 g/m²/día en INIA Tacuarí. Las máximas TCC registradas a lo largo del ciclo para estos mismos cultivares fueron de 29.11 g/m²/día en el período de primordio a 50% de floración y de 28.44 g/m²/día en el período de 50% de floración a 12 días pos 50% de floración, respectivamente (Castro y Porto, 1994).

Las grandes fosas de una planta en la etapa vegetativa son hojas jóvenes (Sato, 1947b; citado por Kumura, 1995). Esto significa que la mayoría de la materia seca producida por fotosíntesis es usada nuevamente para la formación y crecimiento de hojas. Como resultado, el IAF aumenta rápidamente, por lo cual la TCC también aumenta rápidamente (Kumura, 1995). Weng y col. (1982b) citados por Kumura (1995), compararon muchos cultivares con diferentes tipos de planta y no encontraron diferencias marcadas en la TCC entre ellas hasta la etapa de máximo número de macollos.

En una situación donde sólo un ligero sombreado mutuo tiene lugar, el IAF es el mayor factor de la planta determinante de la TCC (Murata, 1961; citado por Kumura, 1995). Además, un aumento del IAF resulta directamente en un aumento en la TCC. Por esto los factores del ambiente que afectan fuertemente la expansión del área foliar tienen un gran control sobre la TCC. Altas temperaturas en esta etapa aumentan la relación de materia seca para las láminas foliares y el área específica de hoja (AEH) (Kumura, 1995). Como resultado, altas temperaturas promueven fuertemente la expansión de la superficie foliar, lo cual sucesivamente aumenta la TCC en esta etapa (Sato, 1972a y 1974a; Kamiyama y Horie, 1975 y Susuki, 1980; citados por Kumura, 1995).

En la etapa reproductiva cesa el crecimiento de hojas cuando la hoja bandera es completada, por lo que el IAF alcanza un pico poco antes de floración. La TCC aumenta junto con el creciente IAF y vuelve a alcanzar el máximo valor justo antes que el IAF alcance su propio pico (Kumura, 1995). Ha sido encontrado tanto teóricamente como experimentalmente que en una situación donde el IAF es muy grande, un fuerte aumento del mismo no resulta en aumento de la TCC, siendo desfavorable para la producción de materia seca (Saeki, 1971; Cock y Yoshida, 1973 y Weng y col., 1982; citados por Kumura, 1995). De acuerdo con estudios extensivos de Takeda y col. (1983) citados por Kumura (1995), a esta etapa, la TCC mostró una estrecha correlación negativa con

densidad de área foliar (área foliar por unidad de volumen de espacio) de todos los factores de planta examinados, atribuyéndolo a una lenta difusión de CO₂ dentro del denso follaje.

Tanaka y col. (1968) citados por Kumura (1995), compararon la TCC de siete cultivares en Hokkaido (Japón), incluyendo cultivares viejos y nuevos en cada etapa de crecimiento. La producción de materia seca en el período desde la formación de la panícula a antesis fue más grande en cultivares viejos que en los nuevos. Resultados similares obtuvo Takeda y col. (1983) citados por Kumura (1995), en Kyushu (Japón) al comparar el incremento de materia seca de cultivares liberados antes y después de 1945 en el período de máximo número de macollos a floración, atribuyendo esto a la mayor densidad de área foliar de los nuevos cultivares resultante de su corta altura de planta.

Blanco (1991), señaló que en cierta medida, aumentando la densidad de plantación en arroz sembrado directamente se suplementa o complementa vigor inicial y aumenta el área foliar y el rendimiento en cultivares de ciclo corto. Si la TCC de los cultivares de ciclo corto es lo suficientemente alta para compensar una corta duración, la planta puede producir un gran crecimiento dentro de un tiempo limitado y un adecuado IAF a floración. Chang y Vergara (1972) citados por Blanco (1991), reportaron que las líneas de maduración temprana tienden a tener una más alta TCC a floración, que fue correlacionada con el aumento de materia seca después de floración.

Susuki (1980) citado por Kumura (1995), examinando información combinada de siete localidades a lo largo de Japón, encontró correlaciones positivas entre temperaturas y TCC hasta tres semanas previo a floración, después de la cual no hubo correlación con la TCC. La radiación solar siempre mostró una correlación positiva con la TCC en el período de seis semanas previo a floración en adelante.

Altas temperaturas tienen efectos negativos sobre la TCC en la etapa de llenado de grano porque ellas aumentan la respiración; además pueden tener también alguna relación con la TCC mediante la promoción del envejecimiento de hojas (Kumura, 1995). Miyasaka y col. (1975) citados por Kumura (1995), analizaron la información obtenida de siete localidades del Japón del JIBP y encontraron que hubo una correlación positiva, aunque no muy alta, entre la tasa de senescencia de hoja y el promedio de temperatura del aire durante el período de 3 a 6 semanas después de floración. Por otro lado, en un estudio de Sato y Takahashi (1971) citados por Kumura (1995), las temperaturas parecieron afectar indirectamente la senescencia a través de la tasa de llenado de grano, observando que cuando el llenado de grano cesó temprano debido a altas temperaturas, la senescencia de hojas fue incluso retrasado. Generalmente, la senescencia de hoja ocurre rápidamente bajo las condiciones de temperaturas donde el llenado de grano progresa rápidamente.

Es seguro que la relación positiva entre radiación solar y producción de materia seca en el período de llenado es manifestada a través del efecto directo sobre la fotosíntesis, pero existe la posibilidad que la luz pueda afectar la producción de materia seca en muchas vías indirectas (Kumura, 1995). De acuerdo con Sato (1971) citado por Kumura (1995), la senescencia de hojas ocurre más tarde bajo luz débil que bajo condiciones de luz fuerte. Harada y col. (1977) citados por Kumura (1995), examinaron la actividad proteasa de hojas y encontraron que la actividad fue claramente reducida por el tratamiento de sombreado. Estos hechos sugieren que la luz está implicada en el envejecimiento de hojas por afectar la descomposición de proteína (Kumura, 1995).

De acuerdo a los resultados experimentales obtenidos por Murata (1961) citado por Kumura (1995), la máxima TCC fue observada en el período de dos semanas previo a floración cuando el IAF fue cerca de 4, mientras lo fue a lo largo del período de llenado de grano cuando el IAF fue cerca de 3. Sun (1979a) citado por Kumura (1995), encontró que la TCC aumentó en el período de 25 días antes de floración con el aumento del IAF hasta un valor de IAF de 8, mientras que alcanzó el máximo cuando el IAF fue cerca de 6 en el período de 30 días después de floración. Todos estos resultados muestran que el IAF óptimo para la TCC en el período de llenado es más pequeño que en el período previo a floración, debido probablemente a un descenso en la radiación solar y a un aumento del coeficiente de extinción (K) resultado del aumento del ángulo de inclinación de la superficie foliar en la etapa de llenado de grano (Kumura, 1995).

De acuerdo a observaciones de Maeda y Saka (1968b); Saito y col. (1985 y 1986a); Takeda y col. (1986) y Horiuchi y col. (1987) citados por Kumura (1995), la diferencia en el ángulo de inclinación de la superficie foliar causada por la diferencia en el medioambiente se vuelve más grande en el período de llenado. Esto hace que el IAF puede ser uno de los mayores efectos representante de las diferencias varietales y medioambientales en la TCC (Hayashi e Ito, 1962; y Hayami, 1982; citados por Kumura, 1995).

La eficiencia de crecimiento (EC), es expresada por la siguiente ecuación: $EC = NO/(NO + R)$, donde R es respiración y (N.O. + R) representa la cantidad total de sustrato consumido para producir nuevos órganos (NO) (Tanaka, 1972 y Yoshida, 1981; citados por Blanco, 1991). La eficiencia de crecimiento indica cuanto del sustrato es convertido en los constituyentes de los nuevos tejidos (Blanco, 1991).

La TCC está fuertemente afectada por la temperatura, pero la EC es cerca de 60%. El concepto puede ser aplicado a plantas creciendo hasta madurez y al crecimiento de órganos individuales como hojas y panículas. Cuando tiene lugar un activo crecimiento vegetativo, la EC es alta (60 a 65%). La EC decae claramente después del estado de grano lechoso del llenado, pero la EC de las panículas es alta (65 a 75%) (Yoshida, 1981; citado por Blanco, 1991).

La respiración puede ser dividida en respiración necesaria para crecimiento (R_c) y la de mantenimiento (R_m). La R_c parece ser la misma para diferentes especies y no es afectada por la temperatura. Por otro lado, la R_m varía con la especie de planta y es un proceso dependiente de la temperatura (Yoshida, 1981; citado por Blanco, 1991). A etapas tempranas del crecimiento, la EC permanece en cerca de 60%; empieza a decaer después de la iniciación de la panícula y continúa bajando hasta el final del crecimiento (Tanaka, 1972; citado por Blanco, 1991). Cuando el llenado de grano activo se enlentece hacia madurez, R_c decrece y R_m aumenta, tal que la proporción de R_c al total de la respiración decrece, tan bien como la EC (Yoshida, 1981; citado por Blanco, 1991).

El alto valor de eficiencia de la panícula durante el llenado ocurre porque la sustancia producida es mayormente almidón. La formación de almidón desde sacarosa, la cual es la mayor sustancia translocada dentro del grano, requiere menos energía, mientras que la retranslocación de sustancias desde los órganos viejos en descomposición para el crecimiento de nuevos órganos causa un descenso de la EC. La reutilización de sustancias en órganos vegetativos para el desarrollo de grano es indicado como una razón para la baja EC de la planta entera luego de floración. Durante este período la EC de los órganos reproductivos es alta, pero la EC de la planta entera es pequeña a causa del reuso de sustancias de órganos vegetativos, respiración de entrenudos elongados, y la limitada capacidad de almacenamiento (Tanaka, 1972; citado por Blanco, 1991). La remobilización no es tan importante en los cultivares de ciclo corto (Vergara y col., 1966; citados por Blanco, 1991) y puede ser una de las razones contribuyentes a más altas TCC durante el llenado de grano en estos cultivares (Blanco, 1991).

5. Relación fosa - fuente y rendimiento potencial.

Fuentes son órganos que exportan fotosintatos y fosas son regiones que importan fotosintatos. La capacidad de la fuente es expresada como el producto del estado variable del tamaño de la fuente (área foliar) y la tasa variable de la actividad de la fuente (tasa de fotosíntesis), y la capacidad de la fosa como el tamaño de fosa por la actividad de la misma (Wilson, 1972; citado por Blanco, 1991).

Las TCC provenientes del cálculo del potencial de rendimiento de arroz están cercanas a las máximas tasas de crecimiento registradas, pero los actuales rendimientos están substancialmente debajo de esas estimaciones, sugiriendo que la capacidad de almacenamiento puede limitar el rendimiento en grano del arroz. Siendo que las tasas fotosintéticas de hoja reflejan la demanda por asimilados, las diferencias varietales en la tasa o la duración del área foliar (DAF), así como las diferencias en rendimiento, no están determinadas por el suministro de asimilados, sino por la capacidad de almacenamiento a través de la influencia que tiene sobre la tasa fotosintética (Evans, 1972; citado por Blanco, 1991). La capacidad de rendimiento puede tener un

importante efecto en cultivares de ciclo corto, aumentando el DAF y provocando un uso más eficiente de altas tasas fotosintéticas (Blanco, 1991).

Cock y Yoshida (1973) citados por Blanco (1991), estudiaron los efectos del enriquecimiento de CO₂, antes y después de floración, sobre el rendimiento en grano. El enriquecimiento antes de floración aumentó el rendimiento en grano 29%, y después de floración, 21%. El aumento de rendimiento por enriquecimiento de CO₂ antes de floración fue causado por el aumento del número y peso de granos. El enriquecimiento después de floración no cambia el número de granos pero aumentó el peso de granos y el porcentaje de granos llenos. En Las Filipinas, Yoshida (1981) citado por Blanco (1991), concluyó que, si el número total de espiguillas por unidad de área, o la capacidad de rendimiento puede ser aumentada, la capacidad fotosintética, la luz, o la concentración de CO₂ después de floración no limitarían el llenado de grano.

Sin embargo, Venkateswarlu y Visperas (1987) citados por Blanco (1991), creen que la fuente parece ser la mayor limitación para altos rendimientos en arroz de climas tropicales y subtropicales, por la amplia brecha entre el número de espiguillas y el número de granos llenos. En climas templados, y particularmente con *japónicas*, esos científicos sostienen la teoría que la fosa es el factor limitante, como casi todas las espiguillas son llenadas, pero este alto porcentaje de granos llenos puede ser un carácter varietal de las *japónicas* relacionado a una polinización efectiva durante la antesis.

Lafitte y Travis (1984) citados por Blanco (1991), reportaron que las tasas aumentadas de intercambio de carbono estuvieron asociadas con mayores relaciones fosa - fuente sólo cuando éstas fueron alcanzadas por reducciones en el área foliar y aumentos concomitantes en el PEH.

En cultivares modernos bajo prácticas contemporáneas de cultivo, frecuentemente más del 85% de los granos son llenados, pero niveles apreciables de carbohidratos no estructurales permanecen en las hojas o tallos, sugiriendo que el tamaño de fosa es inadecuado (Murata y Matsushima, 1975; citados por Blanco, 1991). Un parámetro relacionado que refleja el grado al cual la actividad de la fosa es determinada por el suministro de la fuente es la extensión de la remobilización de carbohidratos desde fosas vegetativas durante el llenado (Yoshida, 1981; citado por Blanco, 1991).

En un estudio realizado en Concepción del Uruguay, Argentina, un cultivar de alto rendimiento potencial (8.6 t/ha) San Miguel INTA (*indica*) y un cultivar de bajo rendimiento potencial (6.0 t/ha) Palmar PA (*japónica*), crecieron en el campo con luz natural o con sombreado (60% de la luz natural) en la iniciación de la panícula (A), en la etapa de llenado de grano (B) y en ambas etapas (AB). El sombreado durante la etapa de llenado (B) redujo el porcentaje de granos llenos en ambos cultivares, sin embargo en el cultivar San Miguel INTA, tuvo una reducción más grande. El sombreado en la iniciación de la panícula (A) redujo el número de espiguillas/m² más en el cultivar Palmar PA que en San Miguel INTA. No hubo diferencias entre los tratamientos AB y A

para ambos cultivares, sugiriendo a la capacidad de la fosa como la limitante principal para el rendimiento en grano (número de granos llenos/m²). El cultivar de alto rendimiento fue más afectado por la baja intensidad de luz en la etapa de llenado de grano y el de bajo rendimiento en la iniciación de la panícula (Arguissain y Alonso, 1994).

Para la obtención de altos rendimientos potenciales bajo condiciones de campo, es más conveniente una fuente de tamaño moderado con alta y estable eficiencia funcional que una fuente de gran tamaño físico. La capacidad de la fosa es también gobernada por ciertas enzimas, como fosforilasas y amilasas (Venkateswarlu y Visperas, 1987; citados por Blanco, 1991).

La extensión del tiempo para el desarrollo de la panícula es mencionada como otra posibilidad para incrementar la capacidad de rendimiento (Blanco, 1991).

Setter, Conocono y Egdane (1996), concluyen que una ventaja fisiológica que las líneas de baja altura de panícula tienen es la reducida distancia entre fuente y fosa; reduciendo la altura de la panícula desde 100 a 65 cm se reduce el camino de translocación de carbohidratos en cerca de 20% asumiendo que la hoja bandera se encuentra a 90 cm de altura.

Choi (1985) citado por Blanco (1991), encontró que todos los caracteres de la fosa excepto el rendimiento en grano están regulados principalmente por componentes genéticos aditivos. El tamaño potencial de grano y la capacidad de fosa por panícula también mostró efectos dominantes significativos e interacción no alélica génica para la capacidad de fosa por tallo. Granos de alta densidad (gravedad específica > 1.2) fueron encontrados mayormente en las ramas primarias de las panículas de arroz, y la heredabilidad de la característica fue estimada en 80%. Aumentando el porcentaje de granos de alta densidad por descenso del número de ramas secundarias en la panícula, se puede elevar el rendimiento en grano. Panículas con más ramas primarias y pocas ramas secundarias pueden ser obtenidas sin reducción del total de espiguillas por panícula (Mallik y col., 1988; citados por Blanco, 1991).

Venkateswarlu y Visperas (1987) citados por Blanco (1991), creen que estas prometedoras habilidades de las plantas indican posibles manipulaciones para promover potenciales de rendimiento a través del concepto de fosa - fuente y que el sistema fosa - fuente merece prioridad en la continuación de las investigaciones de los cultivos. Lafitte y Travis (1984) citados por Blanco (1991), concluyeron que las proporciones fosa - fuente pueden ser alteradas genéticamente y que estas manipulaciones afectan el rendimiento de la planta, siempre que la completa compensación del componente rendimiento no ocurra. Yoshida y Parao (1976) citados por Blanco (1991), indicaron que el próximo principal avance en el rendimiento en grano debería provenir de un aumento substancial en el número de espiguillas por metro cuadrado mediante manipulación genética.

C. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.

1. Generalidades.

El rendimiento en grano de arroz (t/ha) puede ser expresado con la fórmula: $\text{panículas/m}^2 \times \text{granos/panícula} \times \text{peso de grano (mg)} \times \% \text{ de granos} \times 10^{-5}$ (JRRl, 1977; citado por Blanco, 1991). De acuerdo a Tanaka (1976) citado por Blanco (1991), la producción de materia seca durante el período de llenado de grano está determinada por la habilidad potencial de la población para fotosintetizar (fuente) y por la capacidad de las espiguillas para aceptar los fotosintatos (fosa). La fosa está compuesta de: a) el número de panículas por unidad de área de suelo, b) el número de granos por panícula, c) el porcentaje de granos llenos, y d) el tamaño individual de granos o peso de grano. El número de panículas es determinado predominantemente durante el período vegetativo, los granos por panícula y el tamaño de granos durante la fase reproductiva o desarrollo de la panícula, y el porcentaje de granos llenos durante el desarrollo de la panícula y anthesis (Tanaka, 1976; citado por Blanco, 1991). El tamaño de fosa es determinado en y antes de floración y la importancia relativa de la influencia climática antes y después de floración dependiendo del clima hacen el tamaño de fosa limitante o no para el rendimiento en grano (Yoshida y Parao, 1976; citados por Blanco, 1991).

El tamaño de fosa o capacidad de rendimiento de las plantas de arroz depende del número total de granos por metro cuadrado y el 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 y Yoshida y Parao, 1976; citado por Blanco, 1991). Existen a menudo correlaciones negativas entre número de panículas y número de granos por panícula, o entre número de granos por unidad de área de suelo y porcentaje de granos llenos o el peso de grano, debido a efectos de compensación. Por esto es necesario alcanzar el balance óptimo entre estos componentes del rendimiento dentro del potencial de la fuente (Tanaka, 1976; citado por Blanco, 1991).

2. Número de panículas por metro cuadrado.

La cantidad de panículas por metro cuadrado se establece durante el período que comprende hasta unos 10 días después que se alcanza el máximo número de macollos y es muy influenciado por el suministro de nitrógeno y el nivel de radiación solar en el momento de macollaje (Murata y Matsushima, 1975).

El número de panículas por metro cuadrado puede ser cambiado por variación de la densidad de plantas y la performance del macollaje (Yamada, 1961; citado por Yoshida, 1972).

El macollaje ha sido reportado que aumenta con un ascenso en la temperatura, dentro de un rango superior 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 las panículas por metro cuadrado (Stansel, 1975b y Murata, 1976; citados por Blanco, 1991); pero ni la radiación solar ni la temperatura durante el crecimiento vegetativo afectaron el número de granos por metro cuadrado en IRRRI (Yoshida y Parao, 1976; citados por Blanco, 1991). Ferreira y Montauban (1998), estudiaron los coeficientes de determinación de distintos parámetros climáticos durante la fase reproductiva con el rendimiento y sus componentes en las variedades Bluebelle, El Paso 144, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá para las zafras 89/90 a 96/97. Dichos autores no hallaron ninguna relación significativa de la heliofanía con el número de panículas por metro cuadrado para todas las variedades excepto para INIA Tacuarí donde este parámetro explica aproximadamente un 10% de la variación del componente mencionado.

Las modernas variedades de arroz macollan intensamente. Cada unidad de transplante (plantín) incluye 3 - 5 plantas y producen 30 - 40 macollos bajo condiciones favorables de crecimiento, pero sólo 20 producen panículas. Los macollos improductivos compiten por recursos con los macollos que más tarde dan panículas (Mew, 1991; citado por Peng, Khush y Cassman, 1993).

Kim y Vergara (1990) citados por Peng, Khush y Cassman (1993), estudiaron el comportamiento de macollaje de plantas de bajo macollaje (IR25588) y alto macollaje (IR58) en macetas. Ellos reportaron que IR58 tuvo más temprano macollaje, una más rápida tasa de macollaje y una más prolongada duración del mismo que IR25588. En un experimento macetero subsiguiente, realizado para estudiar las características morfo-anatómicas de las diferentes panículas de los mismos cultivares, Kim y Vergara (1992) citado por Peng, Khush y Cassman (1993), encontraron que el cultivar de bajo macollaje (IR25588) tuvo más haces vasculares interiores y exteriores, y un mayor diámetro y grosor del pedúnculo justo debajo del nudo del cuello de la panícula con respecto a IR58. El número de haces vasculares interiores y exteriores fue asociado con un mayor número de ramas del raquis, y más granos y peso de grano por panícula.

El macollaje reducido es pensado para facilitar la sincronización de la floración y madurez, tener más uniforme tamaño de panícula, y un uso eficiente del espacio horizontal (Janoria, 1989; citado por Peng, Khush y Cassman, 1993). Los genotipos de bajo macollaje son también reportados que tienen una mayor proporción de granos de alta densidad (Padmaja Rao, 1987b; citado por Peng, Khush y Cassman, 1993). Un gen sencillo semidominante controló la característica de bajo macollaje, y este gen tuvo efectos pleiotrópicos sobre el largo del tallo y su grosor, y el tamaño de la panícula (Ise, 1992; citado por Peng, Khush y Cassman, 1993).

Peng y col. (1993), examinaron las respuestas de macollaje de las variedades semienanas *índica* de élite en experimentos de campo. La relación entre número de panículas por metro cuadrado y granos llenos por panícula y densidad de plantas fue examinada en estos experimentos. El número de panículas por metro cuadrado aumentó significativamente con el aumento de la densidad de plantación desde 25 a 100 plantines por metro cuadrado tanto en la estación seca como en la lluviosa, pero el número de granos por panícula disminuyó proporcionalmente, tanto que el total de granos por metro cuadrado permaneció constante. Por consiguiente, no se obtuvieron ventajas de rendimiento a más altas densidades de plantación en cada estación. Esta compensación dinámica en los granos llenos por panícula, cuando el número de panículas aumenta con mayores densidades de plantación, parece limitar las ganancias en el potencial de rendimiento en grano por mayor número de panículas.

3. Número de granos por panícula.

La temperatura media y la radiación solar durante el desarrollo de la panícula afectan el número de granos por panícula (Murata, 1976 y Yoshida y Parao; 1976; citados por Blanco, 1991). Dentro de un rango moderado (24 a 29°C), la baja temperatura durante la fase reproductiva parece favorecer el aumento del número de granos. Yoshida y Parao (1976) citados por Blanco (1991), reportaron una correlación lineal negativa entre número de granos por planta y temperatura media diaria. La radiación solar durante la fase reproductiva está positivamente correlacionada al número de granos por panícula y por metro cuadrado (Stansel, 1975b; Murata, 1976 y Yoshida y Parao, 1976; citados por Blanco, 1991). El número de granos está también positiva y linealmente correlacionado con la producción de materia seca durante la fase reproductiva y parece estar relacionado con la producción fotosintética durante esa fase del crecimiento (IRRI, 1977; citado por Blanco, 1991). Un resultado similar encontró Deambrosi (1989), en nuestras condiciones con la aplicación de urea en cobertura al inicio de la fase reproductiva. La competencia por asimilados durante las etapas tardías del desarrollo de la panícula puede afectar la degeneración de los granos ya diferenciados y el tamaño final de la cáscara. Tal competencia puede volverse crítica en la determinación del número final de granos cuando el nivel de radiación solar es relativamente bajo (IRRI, 1977; citado por Blanco, 1991).

Sasahara (1984), mostró que el número de granos sobre las ramas primarias del raquis de cada nudo de raquis mostró un pequeño cambio (5 a 6 granos) entre las variedades de diferentes ecoespecies. Por otro lado, el número de granos sobre las ramas secundarias varió enormemente con el nudo del raquis. Cada ecoespecie mostró una característica distribución nodal de granos sobre estas ramas (Sasahara, 1984). De acuerdo con Kambayashi y col. (1983) citados por Sasahara (1984), el modelo de distribución nodal fue mantenido a pesar de cambios en el nivel de fertilizante y la densidad de plantas, aunque el número de espiguillas sobre las ramas secundarias del raquis de cada nudo del raquis cambió considerablemente, siendo disminuído especialmente con el incremento de la densidad de plantación. Sasahara (1984), encon-

tró que el otro carácter variable es el número de ramas primarias del raquis por panícula que tendió a incrementar con el nivel de fertilizante y a decrecer al aumentar la densidad de plantación y subir el orden de macollaje. Esto puede indicar que el número de ramas primarias del raquis por panícula y de granos sobre las ramas secundarias del raquis cambian con el tamaño y actividad de la fuente.

4. Porcentaje de esterilidad.

El término porcentaje de esterilidad no es estrictamente usado y se refiere al porcentaje de granos infértiles más los granos parcialmente llenos. Los cultivos sombreados durante el período de llenado tuvieron un bajo porcentaje de granos llenos, no por esterilidad en el sentido estricto sino por mayor cantidad de granos parcialmente llenos. Sin embargo, temperaturas extremadamente bajas durante el desarrollo de la panícula, a la etapa meiótica de las células madres del polen, causan un marcado incremento en esterilidad. La radiación solar parece afectar el llenado de grano y el porcentaje de granos llenos principalmente por el control de la actividad de la fuente, mientras la temperatura, dentro de un rango moderado, parece afectar este componente por el control de la capacidad de granos para aceptar carbohidratos o el largo del período de llenado. La tendencia para el porcentaje de granos llenos de bajar con el aumento del número de granos parece ser un carácter varietal interno (Yoshida y Parao, 1976; citados por Blanco, 1991).

En lo que respecta a esterilidad por frío, la etapa meiótica de las células madres del polen es la más sensible durante la etapa de embuche, ya que ciertas anomalías citológicas fueron observadas microscópicamente en la meiosis (Terao y col., 1940 y Sakai, 1943; citados por Nishiyama, 1984). Más adelante, sin embargo, Satake y Hayase (1970) citados por Nishiyama (1984), demostraron con un experimento elaborado que la etapa más sensible es justo después de la meiosis, en la etapa de tetrada a fase temprana de micróspora, encontrando además un punto secundario más bajo en la fertilidad causado por el mismo tratamiento de frío (12°C por 4 días) al comienzo de la meiosis: fase de pre-leptoteno a leptoteno (Satake y Hayase, 1974; citados por Nishiyama, 1984).

La temperatura crítica de la esterilidad inducida por bajas temperaturas a la etapa de micróspora joven es, en general, 15 - 19°C, pero cambia dependiendo de la duración de la temporada de frío, variedad, cultivo y otras condiciones (Nishiyama, 1984). La esterilidad ocurre encima de 20°C cuando las plantas son tratadas por un largo período (Terao y col., 1942; citados por Nishiyama, 1984). Por otro lado, baja temperatura (13°C) sólo en la noche no induce ninguna esterilidad incluso después de 8 días (Shimazaki y col., 1964; citados por Nishiyama, 1984).

Los tratamientos con frío con la misma temperatura y la misma duración pero en diferentes años inducen diferentes grados de esterilidad; esto es debido a las condiciones del tiempo antes y después de la etapa crítica (Kondo, 1943; citado por Nishiyama, 1984).

La fertilización también afecta la constitución de las plantas. Un alto nivel de nitrógeno hace a las plantas más susceptibles a baja temperatura, y el fosfato en forma competitiva reduce la esterilidad inducida por nitrógeno (Sasaki y Wada, 1975; citados por Nishiyama, 1984).

Nishiyama (1984), observó que las flores en las ramas primarias de las panículas son más susceptibles al frío que las de las ramas secundarias, y las de la parte superior lo son más que las de la parte inferior. La diferencia en esterilidad entre las flores más sensibles y las más resistentes sobre la misma panícula es más del 50%, y está estrechamente correlacionada con la diferencia en la longitud de la antera o el número de polen entre flores en la panícula.

Las anomalías citológicas e histológicas causadas por frío son mayores en las anteras que en el pistilo u otros órganos de la flor (Terao y col., 1940 y Sakai, 1943; citados por Nishiyama, 1984).

Ito y col. (1970) citados por Nishiyama (1984), observaron en antesis las flores de plantas de arroz que fueron sometidas a frío en la etapa de micróspora joven. Las anomalías observadas por ellos incluyeron: cese del desarrollo de antera, inmadurez de polen, anteras restantes en flores después de antesis, indehiscencia o dehiscencia parcial, granos de polen restantes en lóculo de antera, pequeña o falta de cobertura de granos de polen sobre estigmas y el fallo de germinación del polen sobre los estigmas. Entre ellas, la indehiscencia fue la principal causa de infertilización y esta indehiscencia fue, sucesivamente, debida primariamente a inmadurez del polen.

Ito (1972) citado por Nishiyama (1984), estudió el efecto del enfriado en la etapa de micróspora joven sobre el peso seco de antera. Las diferencias entre las anteras control y enfriadas aparecieron 7 días antes de floración, o 4 días después del tratamiento de enfriado. El peso seco de anteras enfriadas fue cerca del 50% del control a floración o antesis, y esta reducción correspondió más o menos a la esterilidad.

Nishiyama (1984), encontró también diferencias en la actividad de respiración de anteras y las mismas ocurrieron unos pocos días después del tratamiento de frío, correspondiendo la disminución de dicha actividad en floración con la esterilidad.

De acuerdo a Nishiyama (1984), todas estas anomalías fisiológicas sostienen la idea que el polen inmaduro es la causa de infertilización, pero muchas de ellas aparecen unos pocos días después del tratamiento con frío en la etapa de micróspora joven. Dicho tratamiento induce un considerable grado de infertilización incluso cuando la planta es colocada bajo buenas condiciones antes y después del trata-

miento. Por lo tanto, algún sistema metabólico debe ser afectado irreversiblemente por el frío durante el tratamiento.

El balance hormonal de la planta es relacionado a la causa de esterilidad (Shimizu y Kuno, 1966 y 1967; citados por Nishiyama, 1984). Un aumento en giberelina y/o auxina causa la feminización de anteras y daña su función (Nishiyama, 1984).

Satake (1976) citado por Nishiyama (1984), estudió anomalías histológicas de micrósporas inducidas por tratamiento de frío a la etapa de micróspora joven. Anomalías en la micróspora son observadas en las anteras enfriadas a 12°C por 1 o 2 días, que aumentan con la duración del tratamiento de enfriado, y por consiguiente pueden ser contadas entre las anomalías tempranas. Estas anomalías de micróspora resultan en la degeneración o aplastado de micrósporas o granos de polen conforme a la etapa de ocurrencia. Otro rasgo histológico en este problema es la acumulación bastante grande de almidón en los tejidos transitorios y parénquima de anteras después de 2 o 4 días de tratamiento con frío a la etapa crítica

La segunda etapa sensible en relación con el frío es la antesis. La inducción de esterilidad por baja temperatura a la antesis tiene 2 fases: apertura de flor durante y después de una temporada fría (Nishiyama, 1984). En un día frío, las flores raramente abren y esperan por mejor tiempo. Ellas pueden esperar por varios días dependiendo de la temperatura, esperando mucho tiempo a bajas temperaturas. Algunas flores, sin embargo, abren bajo tiempo frío y esto resulta en un alto grado de esterilidad (Enomoto, 1933; citado por Nishiyama, 1984). El retraso en la apertura de la flor no afecta la fertilidad cuando la duración de la temporada fría no es larga, pero una temporada fría prolongada causa una disminución en fertilidad (Takeda y col., 1979; citados por Nishiyama, 1984). Las flores se vuelven altamente resistentes cerca de 30 minutos después de la apertura (Terao y col., 1940b; citados por Nishiyama, 1984).

La apertura y fertilización de la flor depende principalmente de la temperatura máxima diaria y la temperatura máxima diaria crítica se estima en cerca de 20 a 25°C (Tanaka, 1962; citado por Nishiyama, 1984).

La temperatura baja crítica para germinación del polen o para la elongación del tubo polínico es 7 - 14°C dependiendo de la variedad (Enomoto y col., 1956; citados por Nishiyama, 1984).

En ensayos de fecha de siembra ubicados en la Unidad Experimental de Paso de la Laguna abarcando un rango del 11 de octubre al 4 de enero, en el período 89/90 a 92/93, se ajustaron regresiones para esterilidad sobre fecha de siembra y 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 de los cultivares Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbal e INIA Tacuarí. Según Blanco, Pérez 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 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 cuadrática en prefloración con un $r^2 = 0.18$, mientras que en floración la ocurrencia de bajas temperaturas no aumentó significativamente la esterilidad ($r^2 = 0.08$ ns). INIA Yerbal presentó un comportamiento inverso con menor incidencia de las bajas temperaturas durante prefloración ($r^2 = 0.006$ ns) y mayor durante floración ($r^2 = 0.18$). El destacado comportamiento de los nuevos cultivares INIA Yerbal e INIA Tacuarí en siembras tardías, con menor incidencia de esterilidad en los rendimientos, fue debida a una mayor tolerancia a bajas temperaturas en el período reproductivo.

5. Peso de grano.

La variabilidad en el peso de grano, dentro del mismo cultivar, ha sido reportada como restringida. El peso constante de grano para un determinado cultivar dado de arroz puede provenir del tamaño de la cáscara rígida, determinado durante el crecimiento reproductivo. Por lo tanto, de acuerdo con Yoshida y Parao (1976) citados por Blanco (1991), cuando el suministro de asimilados es adecuado (desde fotosíntesis en curso o asimilados almacenados) muchos granos se llenan, y un excedente permanece en la paja. Cuando hay escasez de carbohidratos, algunos granos se llenan a expensas de otros granos alcanzando de ese modo un peso casi constante. Sin embargo, Murata (1976) citado por Blanco (1991), reportó que cuando más alta es la temperatura durante el período más activo del llenado de grano, más pequeño es el peso de grano.

Las variaciones que ocurren en los componentes del rendimiento son complejas y a menudo correlacionadas, pero los cultivares de arroz difieren marcadamente en el peso de 1000 granos y este componente tiene una mayor heredabilidad que otros. Chang y Vergara (1972) citados por Blanco (1991), reportaron que el peso de granos puede ser compensado por más granos por panícula o por más panículas, pero los cultivares que tienen bajo peso de grano usualmente tienen un rendimiento techo más bajo que los tipos de grano pesado bajo los más favorables sistemas de cultivo. Sin embargo, Castro y Porto (1994) obtuvieron que INIA Tacuarí y El Paso 144 no difirieron en su rendimiento potencial, pero tienen diferencias significativas en el peso de granos. Akita y col. (1990) citados por Blanco (1991), indicaron que los más bajos pesos de grano de los cultivares de arroz semienanos americanos fue una de las causas de sus rendimientos inferiores, comparados con los cultivares semienanos asiáticos. Estudios tempranos conducidos en IRRI (1977) citado por Blanco (1991), han indicado un tamaño óptimo de grano para mayores potenciales de rendimiento. En vista de la relación de compensación observada entre el tamaño de grano y número de granos, el

rendimiento calculado mostró una relación positiva arriba de 39 g. y luego descendió. Sin embargo, Venkateswarlu y col. (1981) citados por Blanco (1991), reportaron una asociación negativa del tamaño de grano (entre 15 y 30 g/1000 granos) con el número de granos y con el rendimiento en cultivares de ciclo largo. Esta asociación negativa del tamaño de grano y el número de granos aparece alrededor de 20 a 22 g por peso de 1000 granos.

Existe una variabilidad en el peso de grano dentro de la misma panícula (Mallik y col., 1988; citados por Blanco, 1991). Dicha variabilidad puede ser de 43% (Venkateswarlu y col., citados por Peng, Khush y Cassman; 1993). Granos de alta densidad (gravedad específica > 1.2) representan el 70 - 85% de los granos llenos de la parte superior de la panícula y sólo 10 - 50% de los granos inferiores en la posición más baja de la panícula (Padmaja Rao, 1987a; citado por Peng, Khush y Cassman, 1993). Estos granos de alta densidad son encontrados mayormente sobre las ramas primarias de las panículas de arroz. La heredabilidad de los granos de alta densidad fue estimada en 80%. Aumentando el porcentaje de granos de alta densidad por descenso del número de ramas secundarias en la panícula puede aumentarse el rendimiento en grano. El número de granos de alta densidad también puede mejorar con un mejor sistema de entrega de los asimilados, tal como más haces vasculares y tallos gruesos. Panículas con más ramas primarias y menos secundarias pueden ser obtenidas sin reducir el total de granos por panícula (Mallik y col., 1988; citado por Blanco, 1991).

Venkateswarlu y col. (1987) citados por Blanco (1991), concluyeron que sería posible combinar el carácter de un alto número de granos de alta densidad con cualquier duración de crecimiento vegetativo. Rao (1987) citado por Blanco (1991), encontró resultados similares relacionados a calidad de granos.

Si bien el peso de grano es considerado el componente de rendimiento más estable; en nuestras condiciones, altas aplicaciones nitrogenadas, superiores a 100 kg. de N/ha, pueden reducir el peso de grano en el orden de 3.4 a 5% comparado con los testigos sin fertilización (Méndez y Silveira, 1980; Lena y Magallanes, 1984; Chebataroff y Deambrosi, 1984; Batista y col., 1985 y Revello y Perdomo, 1989; citados por Deambrosi, 1989). Las mayores depresiones se han obtenido en años considerados de baja radiación. Con las dosis recomendadas para la obtención de máximos rendimientos los rangos de variación son mucho menores (Deambrosi, 1989).

Méndez y Silvera (1980) citados por Deambrosi (1989), obtuvieron incrementos del 3.5% en peso de granos por la aplicación de 40 unidades de fósforo. Revello y Perdomo (1989) citados por Deambrosi (1989), encontraron en la zona de Noblía (Cerro Largo), que la aplicación de este nutriente hizo más agudo el efecto depresivo del nitrógeno.

En el trabajo de Castro y Porto (1994), realizado con cultivares nacionales, el alto peso de 1000 granos de El Paso 144 (27.4 g) junto con el número de panículas por metro cuadrado explicó la superioridad de su rendimiento respecto a los cultivares Bluebelle, EP48, INIA Yerbal y L813.

García y Pintos (1997), trabajando con las variedades EP144, INIA Yerbal, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá, encontraron que todas ellas llegan al máximo valor de peso de 1000 granos a los 40 días pos floración.

D. INDICE DE COSECHA.

La producción total de materia seca es la integral de la tasa de crecimiento del cultivo sobre el período entero de crecimiento, y está relacionado al rendimiento en grano por el índice de cosecha (Yoshida, 1972). Aunque es posible mostrar experimentalmente en alguna medida como el índice de cosecha puede ser variado por la restricción de la formación de órganos de almacenaje (Wada, 1968; citado por Yoshida, 1972), es usualmente difícil de cambiar el índice de cosecha de una variedad dada bajo la mayoría de las condiciones (Yoshida, 1972). El índice de cosecha del arroz tiende a ser más bajo como la producción total de materia seca aumenta (Yoshida, 1972).

Roberts y col. (1993), estudiaron la respuesta a nitrógeno del rendimiento biológico e índice de cosecha de 12 cultivares (cultivares semienanos y altos) en cinco localidades en el período de 1976 a 1985. Las dosis utilizadas fueron de 0 a 236 kg/ha a la base. Estos autores encontraron que no hubo diferencias significativas entre los cultivares altos y semienanos en el rendimiento biológico a lo largo de todas las dosis de fertilización. Los índices de cosecha de ambos tipos de cultivares descendieron en la medida que la dosis de nitrógeno aumentó. Los valores de índice de cosecha de los cultivares altos descendieron más rápidamente con la dosis de nitrógeno que los de los cultivares semienanos, cayendo desde un valor de 0.58 a 0.37, mientras que los valores de los cultivares semienanos cayó de 0.59 a 0.47. El alto índice de cosecha (0.59) de los cultivares semienanos a 0 kg de N/ha es consistente con los máximos índices de cosecha de 0.60 a 0.65 reportados para cultivares de alto rendimiento de arroz transplantado (IRRI, 1978 y Rahman, 1984; citados por Roberts y col., 1993). El rango de índice de cosecha de 0.60 a 0.65 es considerado como un valor máximo teórico por la dificultad estructural de soportar más del 65% del rendimiento biológico como grano o menos del 35% del rendimiento biológico como paja (Roberts y col., 1993).

En un ensayo realizado en INIA Treinta y Tres 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 fue similar (0.51 y 0.53 respectivamente), y fueron los más altos de los cultivares evaluados (Castro y Porto, 1994).

III. MATERIALES Y METODOS

A. LOCALIZACION.

El ensayo fue efectuado 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 del experimento correspondió a un Gleysol, Unidad "La Charqueada", de acuerdo a la clasificación de suelos de la Dirección Nacional de Suelos, Aguas y Fertilizantes.

B. DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO.

Se estudió un grupo de 15 cultivares de arroz, con igual nivel de fertilización, realizándose muestreos y determinaciones en diferentes etapas fenológicas del cultivo: macollaje temprano (M.Temp.), pleno macollaje o macollaje (P.Mac.), macollaje tardío (M. Tardío), primordio (P), 50% de floración (50%F), llenado de grano temprano (15DPF), llenado de grano intermedio (25DPF), y madurez fisiológica o cosecha (Mad.). Las determinaciones realizadas, correspondieron a evolución del macollaje a lo largo del ciclo del cultivo, como así también, área foliar, materia seca total y su partición. Partiendo de estas mediciones simples, se calculó la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), la tasa de asimilación de neta (TAN) a lo largo del desarrollo y la curva de crecimiento de cada cultivar. En algunas etapas fenológicas, se calculó además peso específico de hoja (PEH) y tasa de crecimiento de la panícula (TCP). En el muestreo de madurez fisiológica se evaluó rendimiento, sus componentes principales e índice de cosecha.

Los cultivares utilizados fueron los siguientes:

- **Bluebelle:** tipo de grano largo de calidad americana, ciclo medio, 91 días de siembra a floración con hojas semierectas, una altura media de 104 cm. y un rendimiento medio de 7227 kg/ha.
- **El Paso 144:** tipo tropical, ciclo largo, 102 días de siembra a floración, planta de porte semienano, de alto macollaje con hojas erectas pilosas, una altura media de 91 cm. y un rendimiento medio de 8554 kg/ha.

- **INIA Yerbal:** tipo de grano largo de calidad americana, ciclo corto, 85 días de siembra a floración, planta de arquitectura moderna, con hojas erectas glabras, una altura media de 88 cm. y un rendimiento medio de 7748 kg/ha.
- **INIA Tacuarí:** tipo de grano largo de calidad americana, ciclo corto, 87 días de siembra a floración, planta de tipo moderno, con hojas erectas glabras, una altura media de 84 cm. y un rendimiento medio de 8972 kg/ha.
- **INIA Caraguatá:** tipo de grano largo de calidad americana, ciclo medio, 97 días de siembra a floración, planta de porte semienano, con tallos fuertes, resistentes al vuelco y hojas erectas, una altura de planta de 81 cm. y con un rendimiento medio de 7606 kg/ha.
- **L1081:** originada de la selección de Bluebonnet50, tipo de grano largo de calidad americana, ciclo largo, 102 días de siembra a floración, una altura de 90 cm. y un rendimiento promedio de 8637 kg/ha.
- **L933:** originada del cruzamiento de Nwbt / NrxL79 // Leah, tipo de grano largo de calidad americana, ciclo largo, 103 días de siembra a floración, es de estatura inferior a Bluebelle lo que le minimiza el riesgo de vuelco, una altura de planta de 96 cm., cubrimiento temprano del suelo y buena capacidad de competir con malezas y con un rendimiento de 8126 kg/ha.
- **L1119:** originada del cruzamiento de Nwbt / NrxL79 // EP94, tipo de grano largo calidad americana, ciclo intermedio a largo, 99 días de siembra a floración, bajo riesgo de vuelco excepto por enfermedades de tallos, altura de planta 88 cm., buen vigor lo que le da buena aptitud para competir con malezas y un rendimiento promedio de 8100 kg/ha.
- **L1130:** originada del cruzamiento de Nwbt / Nrx L79 // Leah, tipo de grano largo calidad americana, ciclo intermedio a largo, 100 días de siembra a floración, bajo riesgo de vuelco, altura de planta de 87 cm., con temprano cubrimiento del suelo, y un rendimiento promedio de 8129 kg/ha.
- **L1415:** originada del cruzamiento de (Nwbt / EP48) /// (1115 / L38 // L67), tipo de grano largo de calidad americana, ciclo largo, 101 días de siembra a floración, bajo riesgo de vuelco, altura de planta de 81 cm., el rendimiento promedio de 8144 kg/ha.
- **L1701:** originada del cruzamiento de Nwbt / EP48 // EP94, tipo de grano largo calidad americana, ciclo largo, 101 días de siembra a floración, bajo riesgo de vuelco, altura de planta de 91 cm., su rendimiento promedio de 9040 kg/ha.

- **L1707:** originada del cruzamiento de Nwbt / NrXL79 // EP94, tipo de grano largo calidad americana, ciclo intermedio a largo, 100 días de siembra a floración, bajo riesgo de vuelco, una altura de planta de 87 cm., con un rendimiento promedio de 8959 kg/ha.
- **L1824:** originada del cruzamiento de Nwbt / Nr L79 (L578), tipo de grano largo calidad americana, ciclo intermedio, con 95 días de siembra a floración, bajo riesgo de vuelco, altura de 86 cm. y 8704 kg/ha de rendimiento.
- **L1808:** originada del cruzamiento de Lmnt / L143Tx (L738), actualmente ya no forma parte del Programa de Mejoramiento Genético del INIA por su bajo rendimiento y no existe información descriptiva de varios años.
- **L1796:** originada del cruzamiento de EP144 / L58, al igual que el cultivar anterior ya no se encuentra dentro del Programa de Mejoramiento Genético del INIA debido a problemas de calidad, pese a su alto potencial de rendimiento y no existe información descriptiva de varios años.

Se realizó un laboreo convencional para obtener una cama de siembra apropiada. El ensayo se sembró el día 20/11/95, con una densidad de 160 kg/ha., corregido por el porcentaje de germinación. La siembra fue realizada en línea, con una sembradora experimental de seis hileras y 20 cm. entre hileras. La emergencia comenzó el 27/11/95. La fertilización consistió en 125 kg/ha de 20-40-0 a la siembra y posteriormente una cobertura con 60 kg/ha de urea en macollaje; en primordio, se aplicaron 60 kg/ha más de urea, pero, por problemas en la inundación, se estima que hubo un alto porcentaje de pérdida de esta aplicación, por lo que se efectuó una tercera aplicación de 30 kg/ha de urea una semana después de primordio, totalizando 94 unidades de nitrógeno y 50 unidades de fósforo como P₂O₅.

El control de malezas se realizó mediante dos aplicaciones herbicidas. La primera aplicación se efectuó entre los días 28 y 29/11/95, con una dosis de 1.5 l/ha de Facet (Quinclorac) + 80 cc/ha de Sirius (Pirasulfuron etil), como preemergentes, pero el control no fue bueno por falta de humedad. La segunda aplicación, consistió en 6.5 l/ha de Propanil 48 (Propanil) + 5 g/ha de Ally (Metsulfuron etil), el 21/12/95.

El riego comenzó con un baño el 15/12/95, prolongándose esta modalidad hasta el 30/12/95, cuando se inundó en forma definitiva. A partir de ese momento, se mantuvo una capa de agua permanente hasta madurez fisiológica.

No se efectuó ningún tipo de control fitosanitario durante el desarrollo del cultivo.

C. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño experimental utilizado fue de parcelas divididas con bloques completos al azar. El ensayo consistió de cuatro bloques con 15 tratamientos (correspondiente a los 15 cultivares), totalizando 60 parcelas. Cada subparcela, correspondió a los diferentes estados fenológicos a lo largo del ciclo. Las dimensiones de las parcelas del ensayo fueron de 3.5 m de largo por 2.4 m de ancho.

D. DETERMINACIONES Y REGISTROS.

1. Ciclo de crecimiento.

a. Evolución del macollaje.

Para este propósito se efectuaron seis registros: el 14/12/95 (macollaje temprano), el 9/1/96 (pleno macollaje), el 19/1/96 (macollaje tardío), el 26/1/96 (primordio), el 15/12/96 (50% de floración) y madurez fisiológica. Para los últimos dos momentos se efectuaron registros en fecha fija si bien estos momentos no tuvieron la misma fecha para todos los materiales.

El control del número de macollos se realizó en dos lugares fijos, de un metro de largo cada uno, ubicados dentro de cada parcela en los surcos denominados B (Fig. N° 1), los que se consideraron como representativos y promediales de la parcela. De los dos registros obtenidos por parcela, se realizó el promedio multiplicándose luego éste por cinco para obtener el valor promedio de número de macollos por metro cuadrado de cada parcela; promediando luego los valores de las cuatro parcelas de cada cultivar se obtiene el valor promedio para cada cultivar.

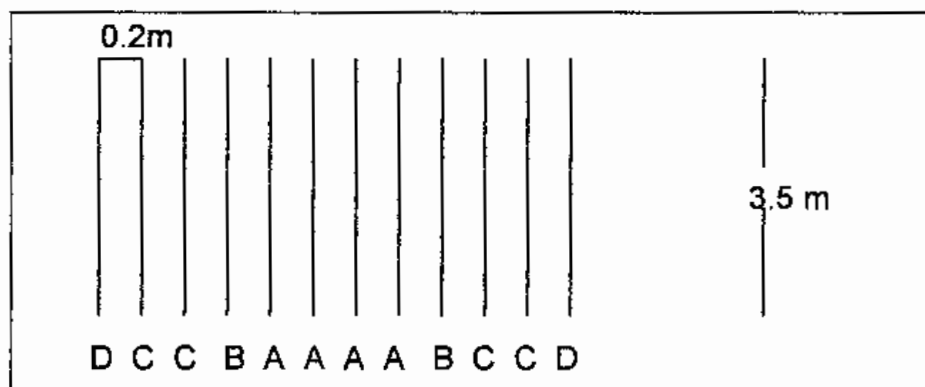


Figura N° 1: Parcela con 12 surcos, siendo A (surcos para determinar rendimiento), B (surcos para seguimiento del macollaje), C (surcos para corte destructivo) y D (bordes).

b. Evolución de la materia seca.

En cada parcela, dentro de los cuatro surcos con destino a muestreos destructivos, surcos C (Fig. N° 1), se eligió un metro representativo y se cortó con una hoz a nivel del suelo, sin la raíz; esto mismo fue reiterado para seis momentos: macollaje tardío (16/1/96), primordio (24/1/96), 50% de floración, 15 días pos 50% de floración, 25 días pos 50% de floración y madurez fisiológica para todos los cultivares. Los muestreos de 50%F, 15DPF y 25DPF fueron determinados en distintas fechas de acuerdo a cuando eran alcanzados estos estados fenológicos en los distintos materiales. La muestra así obtenida, se llevó a laboratorio donde se efectuó el conteo de macollos, y se extrajo una submuestra de 10 tallos, a los que se separó en sus distintas partes: lámina y vaina para los dos primeros controles, y lámina, vaina, tallo y panícula en los siguientes. Estos componentes eran colocados en sobres de papel en forma individual y llevados luego a estufa a 65°C hasta llegar a 0% de humedad. El resto de la muestra, sin alteraciones, se colocaba en una caja de metal e iba a estufa de igual forma que las submuestras. Tanto las muestras como las submuestras se pesaron en balanza electrónica hasta décima de gramo, obteniéndose, de esta forma la materia seca de los componentes de 10 tallos (submuestra), y la materia seca total del metro, como la suma de la materia seca de la submuestra más la materia seca del resto del metro (Fig. N° 2).

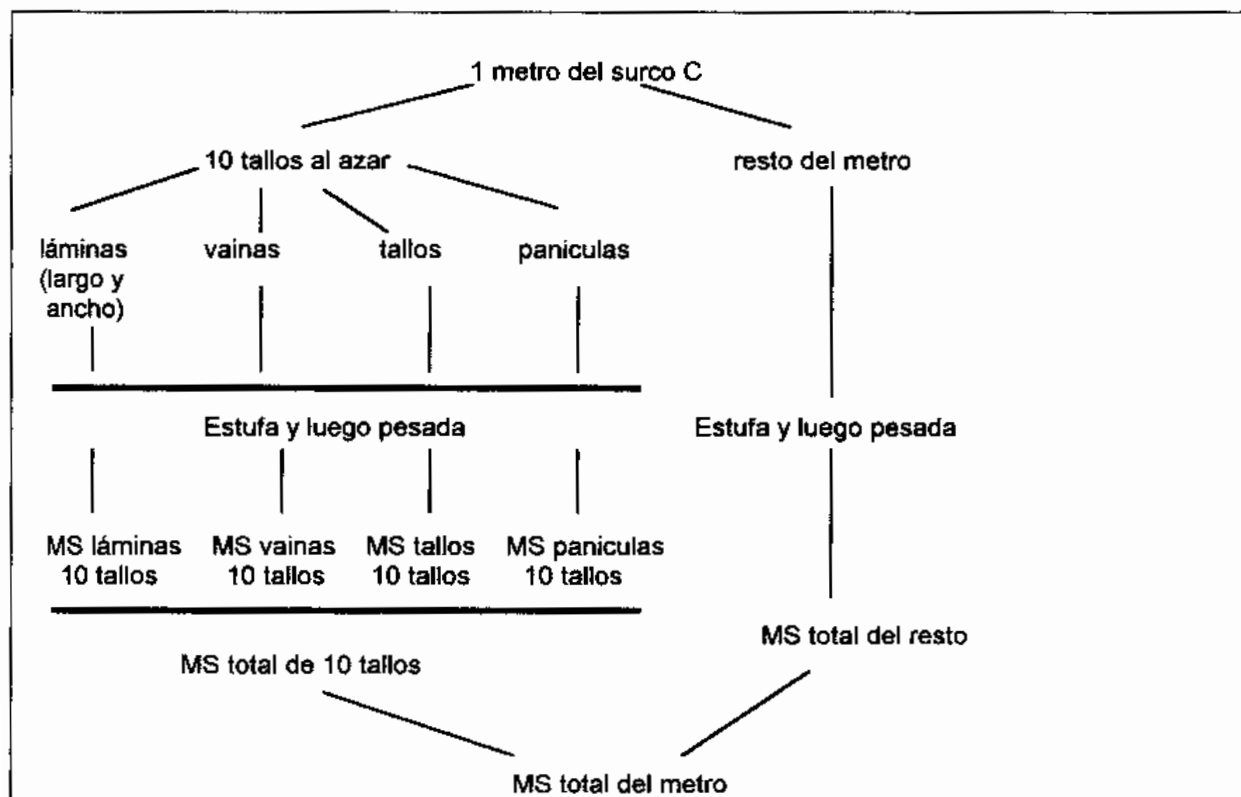


Figura N° 2: Procedimiento en cada muestreo.

El muestreo de madurez fisiológica, en realidad, fue realizado con posterioridad a la cosecha (25/4/96), y se cortó sólo medio metro lineal por parcela.

Partiendo de los registros y determinaciones efectuados, se calcularon las siguientes variables:

* Materia seca total por metro cuadrado de suelo:

Se obtuvo del producto de la materia seca total del metro lineal por cinco.

* Materia seca de láminas, vainas, tallos y panículas por metro cuadrado de suelo:

Para estas variables se hicieron los siguientes cálculos:

$$\text{M.S. Lámina/m}^2 \text{ de suelo (kg)} = \frac{\text{M.S. Lámina de 10 tallos} \times \text{M.S. tot. del metro} \times 5}{\text{M.S. total de 10 tallos}}$$

$$\text{M.S. Vaina/m}^2 \text{ de suelo (kg)} = \frac{\text{M.S. Vaina de 10 tallos} \times \text{M.S. total del metro} \times 5}{\text{M.S. total de 10 tallos}}$$

$$\text{M.S. Tallo/m}^2 \text{ de suelo (kg)} = \frac{\text{M.S. Tallo de 10 tallos} \times \text{M.S. total del metro} \times 5}{\text{M.S. total de 10 tallos}}$$

$$\text{M.S. Panícula/m}^2 \text{ de suelo (kg)} = \frac{\text{M.S. Panícula de 10 tallos} \times \text{M.S. tot. del metro} \times 5}{\text{M.S. total de 10 tallos}}$$

c. Evolución del área foliar.

Previo a su pasaje por la estufa, a las hojas verdes de los 10 tallos de las submuestras, se les midió su largo y su ancho en la zona media de la lámina, determinándose hasta el nivel de mm, y el producto de ambas medidas se multiplicó por el factor 0,802; de la sumatoria de los productos de cada hoja se obtuvo el área foliar de los 10 tallos.

d. Cálculo de índices.

* Índice de área foliar (IAF):

$$\text{IAF (m}^2 \text{ Lámina/m}^2 \text{ suelo)} = \frac{\text{Área foliar de 10 tallos} \times \text{M.S. total del metro} \times 5}{\text{M.S. total de 10 tallos}}$$

* Peso específico de hoja (PEH):

$$\text{PEH (kg M.S. lámina/m}^2 \text{ lámina)} = \frac{\text{M.S. Lámina de 10 tallos}}{\text{A.F. de 10 tallos}}$$

* Tasa de crecimiento del cultivo (TCC):

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

donde GA = 1 m² de área de suelo

M.S.T1 y M.S.T2 = materia seca total por metro cuadrado de los momentos 1 y 2 respectivamente

T1 y T2 = días de ciclo al momento 1 y 2 respectivamente

* Tasa de asimilación neta (TAN):

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

donde AF1 y AF2 = área foliar en el momento 1 y 2 respectivamente

* Tasa de crecimiento de la panícula (TCP):

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

donde M.S.P1 y M.S.P2 = materia seca de panículas en el momento 1 y 2 respectivamente.

El IAF, se calculó para los siguientes momentos: macollaje tardío, primordio, 50% de floración, 15 días pos 50% de floración y 25 días pos 50% de floración. El PEH, se calculó para los mismos momentos que el IAF.

La TCC se calculó para los siguientes períodos:

- 1) emergencia - primordio.
- 2) primordio - 50% de floración.
- 3) 50% de floración - 15 días pos 50% de floración.
- 4) 15 días pos 50% de floración - 25 días pos 50% de floración.
- 5) 25 días pos 50% de floración - madurez fisiológica.

La TAN, fue calculada para los mismos períodos que para TCC hasta 25 días pos 50% de floración, y la TCP para los últimos tres períodos.

2. Madurez fisiológica.

a. Rendimiento.

El rendimiento en grano de los diferentes cultivares, fue obtenido de la siguiente forma: se desbordaron 0.25 m de cada extremo de los cuatro surcos centrales (surcos A), de cada parcela, quedando surcos de tres metros, que se cortaron con hoz y se trillaron con máquina. El grano así obtenido, se limpió con zaranda y ventilador y se secó hasta 13% de humedad con un secador. Luego de secado, fue pesado en balanza electrónica, obteniendo valores hasta décima de gramo. Para la obtención del rendimiento por hectárea se realizó el cálculo siguiente:

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = \frac{\text{kg de grano de la parcela} \times 10000 \text{ m}^2}{2.4 \text{ m}^2}$$

El área de la parcela cosechada, surge del producto del largo de los surcos (3 m), por el ancho de los cuatro surcos (0.8 m).

b. Componentes del rendimiento.

La determinación de los componentes del rendimiento fue realizada con posterioridad a la cosecha (20 días después de finalizada la cosecha). De cada parcela, se cosechó ½ m lineal de los surcos destinados a muestreos destructivos (surcos C). Se trillaron a mano las panículas cosechadas, se pesaron y se pasaron los granos por un separador obteniéndose así granos llenos, parcialmente llenos y estériles, a partir de los cuales se determinó:

- Número de granos totales
- Número de granos llenos
- Número de granos parcialmente llenos
- Número de granos estériles
- Porcentaje de esterilidad
- Peso de 1000 granos con 13% de humedad

Los granos parcialmente llenos y estériles fueron contados directamente en un contador de granos.

Para el número de granos llenos, debido a su alto valor, se tomó una submuestra de 25 g, se hizo su conteo directo en el contador de granos y luego mediante regla de tres se determinó el total de granos llenos que había en el ½ metro lineal.

El número de granos totales en ½ metro lineal, surge de la suma de granos llenos, parcialmente llenos y estériles en ½ metro lineal.

La obtención de las primeras cuatro variables por metro cuadrado, se hizo multiplicando por diez los valores de las variables en el ½ metro lineal.

El porcentaje de esterilidad, se obtuvo dividiendo el número de granos estériles entre el número de granos totales multiplicado por 100.

La corrección del peso total de la muestra de granos llenos a 13% de humedad, se efectuó con la siguiente fórmula:

$$\text{Peso total de granos llenos de la muestra (13\% H)} = \frac{\text{Peso total de granos llenos de la muestra} \times 100 - \% \text{ Humedad real}}{87}$$

El peso de 1000 granos con 13% de humedad, se determinó de la siguiente manera:

$$\frac{1000 \times \text{Peso total de granos llenos de la muestra (13\% H)}}{\text{Número total de granos llenos de la muestra}}$$

c. Rendimiento potencial y relación fosa - fuente.

El rendimiento potencial o tamaño de fosa en floración, se estimó como: panículas/m² x granos totales/panícula x peso de grano.

Se calcularon tres tipos de relación fosa - fuente:

- * relación 1 = rendimiento potencial / IAF a 50% floración
- * relación 2 = rendimiento / IAF a 50% floración
- * relación 3 = rendimiento / IAF a 15 días pos 50% floración

d. Índice de cosecha.

El cálculo de índice de cosecha, se efectuó a partir de los valores de materia seca total en madurez fisiológica, obtenidos a partir de los cortes destructivos en ½ m lineal y el rendimiento en grano del ensayo.

$$\text{Índice de cosecha (\%)} = \frac{\text{Rendimiento en grano (kg/ha)}}{\text{M.S total en madurez fisiológica (kg/ha)}} \times 100$$

Este índice, tiene principalmente valor comparativo, debido a que no fue obtenido a partir de los valores de una misma unidad de muestreo, sino de mediciones correspondientes a distintos metros dentro de cada parcela.

E. ANALISIS ESTADISTICOS.

Los análisis estadísticos efectuados fueron, el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de separación de medias, para lo cual se usó el programa MSTAT.

Para las variables medidas sólo en madurez fisiológica, se utilizó el modelo de análisis de varianza de bloques completos al azar (Fig. N° 3). Las mínimas diferencias significativas en cada variable, se obtuvieron con la prueba DMS (diferencia mínima significativa) de separación de medias.

Para las variables medidas a lo largo del ciclo del cultivo, se usaron los modelos de análisis de varianza de bloques completos al azar, para el análisis de cada momento, y el modelo de análisis de varianza de parcelas divididas con bloques completos al azar, para la interacción cultivar por momento (Fig. N° 4).

Además de estos análisis, se efectuaron correlaciones para el conjunto de los materiales entre las variables consideradas de interés con el programa STATISTICA.

Todos los análisis estadísticos fueron hechos con una probabilidad de cometer error de $P \leq 0.05$.

Valor de K	Fuente	Grados de libertad
1	Repetición	$r - 1$
2	Material	$a - 1$
-3	Error	$(r - 1)(a - 1)$

Figura N° 3: Modelo de análisis de varianza de bloques completos al azar.

Valor de K	Fuente	Grados de libertad
1	Repetición	$r - 1$
2	Material	$a - 1$
-3	Error	$(r - 1)(a - 1)$
4	Momento	$b - 1$
6	Material x Momento	$(a - 1)(b - 1)$
-7	Error	$a(r - 1)(b - 1)$

Figura N° 4: Modelo de análisis de varianza de parcelas divididas con bloques completos al azar.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. FISIOLOGIA DE LOS CULTIVARES DURANTE EL CICLO DE CRECIMIENTO.

1. Generalidades de los factores externos que influyen en el desarrollo del cultivo.

a. Clima.

Existieron ciertas variaciones con respecto a la serie histórica 1972 - 96 en los diferentes parámetros climáticos de importancia para el desarrollo del cultivo, que se discuten a continuación.

El total de las precipitaciones del año agrícola 1995 - 96 fueron un 12% inferiores a las de la serie histórica. Ésta, fue la variable agroclimática de mayor variación mensual y anual (en volumen y tiempo de ocurrencia), respecto a la serie histórica. La preparación de tierras y la siembra del cultivo no se vieron mayormente afectada por lluvias. En los meses de mayor demanda atmosférica (diciembre, enero y febrero), las precipitaciones fueron sensiblemente inferiores a la serie histórica. Durante el desarrollo del cultivo, el consumo de agua fue mayor de lo normal, por lo que los aportes de riego tuvieron que ser superiores.

Las temperaturas fueron en promedio similares a las de la serie histórica, aunque algo inferiores al principio del ciclo estival (octubre), perjudicando las siembras tempranas. A partir de noviembre, esta situación se revirtió favoreciendo el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

En general, la etapa reproductiva, que es la etapa crítica en relación con temperaturas y por tanto la más sensible a los cambios térmicos, fue favorecida durante el verano 1995 - 96. En nuestro país, las temperaturas que nos afectan son las bajas, perjudicando la meiosis, formación de las gametas reproductivas y la fecundación. Las temperaturas por debajo de 15°C entre las 10 y 14 horas previo y durante la floración, pueden causar esterilidad y por lo tanto afectar el rendimiento de grano. En los meses de enero, febrero y marzo de 1996 no se observaron días con temperaturas por debajo de 15°C a las 10 horas.

La radiación solar, medida a través de las horas de sol, fue superior (6%) en la zafra 1995 - 96 que en la serie histórica, salvo en enero, donde fue sensiblemente inferior. Esto contribuyó a la obtención de mayores rendimientos en esta zafra.

El viento tiene efectos positivos sobre la fotosíntesis, al remover las capas de aire ricas en oxígeno sobre el cultivo y sustituirlas por otras con mayor contenido de CO². También tiene efectos negativos, al favorecer el desgrane, vuelco y transmisión de enfermedades. La velocidad del viento desde noviembre a marzo fue un 23% superior al de la serie histórica.

La evaporación del Tanque "A" es un buen estimador de la acción de los restantes parámetros climáticos, actuando juntos sobre el cultivo. Mide la demanda atmosférica y por lo tanto el uso consuntivo de los cultivos, que está relacionado directamente con la producción de grano y forraje. La evaporación del Tanque "A" en la zafra 1995 - 96 en el período de noviembre a marzo fue 17% superior a la de la serie histórica 1972 - 96.

b. Manejo.

La siembra se efectuó en fecha apropiada, y luego de iniciado el riego, el manejo del mismo fue normal a lo largo de todo el ciclo del cultivo. Como ya fue mencionado, hubo anomalías con la aplicación de nitrógeno de primordio, por lo que se efectuó otra pequeña aplicación una semana después de primordio.

c. Enfermedades y plagas.

No se registró ningún problema de enfermedades y existió un leve ataque de gusanos que afectan a las raíces, focalizado en algunas parcelas de los bordes del ensayo que no afectó a la expresión normal del crecimiento y rendimiento de los cultivares afectados.

2. Duración del ciclo.

El ciclo de los cultivares desde siembra hasta 50% de floración varió desde 86 a 101 días. Los cultivares se pueden clasificar según la duración del ciclo en tres tipos: ciclo corto, con 86 a 87 días a floración (INIA Yerbal, INIA Tacuarí, L1796 y L1824), ciclo medio, de 92 a 95 días a floración (INIA Caraguatá, Bluebelle, L1081, L933, L1119, L1415, L1130, L1701 y L1707), y ciclo largo, con 101 días a floración (El Paso 144 y L1808).

Según la bibliografía consultada, la duración de la etapa de llenado de grano es bastante constante para cada zona climática y en nuestras condiciones es de aproximadamente 40 días.

3. Evolución del macollaje.

De acuerdo a los análisis de varianza, existen diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para los materiales, los momentos y su interacción. El coeficiente de variación fue de 11.91%. La mínima diferencia significativa para la interacción material por momento fue de 92 tallos por metro cuadrado (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1: Evolución del número de tallos (tallos/m² de suelo).

Material	M. Temp	P. Mac.	M. Tardío	Prim.	50%F	Mad.	Media
L1081	331	682	660	611	541	434	543
L933	351	811	716	631	563	581	609
L1119	359	720	703	625	562	559	588
L1415	305	622	638	608	536	490	533
L1130	282	615	626	558	497	435	502
L1701	410	811	672	628	561	519	600
L1707	350	701	643	565	529	598	564
L1796	251	693	651	636	640	539	568
L1808	191	379	368	342	336	311	321
L1824	267	420	415	402	358	318	363
Bluebelle	406	739	680	600	534	380	556
El Paso144	394	1058	1065	930	818	618	814
INIA Yerbál	271	825	733	637	597	504	594
INIA Tacuarí	474	790	723	640	628	494	625
INIA Caraguatá	353	671	645	617	558	506	558
Media	333	702	662	602	550	486	556
DMS.	94	211	156	123	107	124	
C.V. (%)	19.73	21.05	16.47	14.26	13.61	17.93	
$P \leq 0.05$							
DMS = 92							

Nota: M Temp = macollaje temprano, P Mac = pleno macollaje, M Tardío = macollaje tardío, Prim = primordio floral, 50%F = 50% de floración y Mad = madurez fisiológica.

El macollaje es una característica importante de un material. Por un lado, determina el número de tallos el cual representa el número potencial de panículas, y, por otra parte, confiere plasticidad ante malas implantaciones y es fundamental en el crecimiento inicial del IAF; altas tasas de crecimiento iniciales, favorecen el pronto cubrimiento del suelo y por ende le aporta a una variedad buenas aptitudes para competir con las malezas.

En todos los materiales, el máximo valor de tallos por metro cuadrado se obtuvo sobre el final de la fase vegetativa. El Paso 144 fue el cultivar que presentó el mayor valor en este momento, siendo significativamente diferente ($P \leq 0.05$) al resto; en el extremo opuesto, los materiales L1808 y L1824 mostraron los menores valores (Figs. N° 5a, b y c). A partir del máximo valor en adelante, la evolución del número de tallos es diferencial según los materiales, encontrándose 3 tipos principales de comportamiento:

- a) a partir de un elevado valor máximo de tallos, se produce una caída importante y continua del número de tallos hasta madurez fisiológica, representado por El Paso 144;
- b) se llega a un bajo valor máximo de número de tallos, el cual es mantenido hasta madurez, representado por L1808 y L1824; y
- c) partiendo de un valor máximo intermedio de tallos por metro cuadrado, se produce un descenso no muy pronunciado de los mismos hasta madurez fisiológica, con ciertas variaciones en la forma del mismo y en el número final de tallos, representado por el resto de los materiales; dentro de este grupo Bluebelle presenta la mayor caída porcentual del número de tallos.

Por consiguiente, todos los materiales presentan el tipo de crecimiento A de la clasificación de Tanaka (1976), en el cual la etapa reproductiva comienza inmediatamente después del momento de máximo número de tallos.

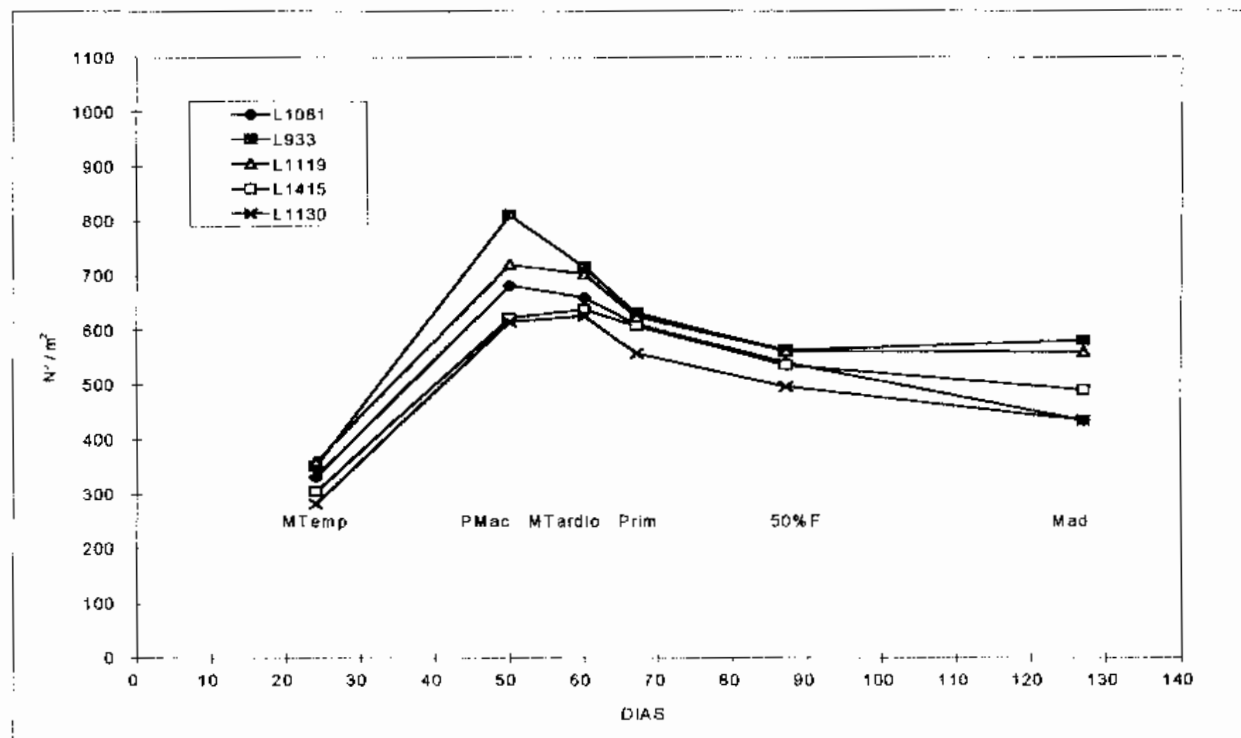


Figura N° 5a: Evolución del número de tallos de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130.

Nota: MTemp = macollaje temprano, PMac = pleno macollaje, MTardío = macollaje tardío, Prim = primordio, 50%F = 50% de floración y Mad = madurez fisiológica.

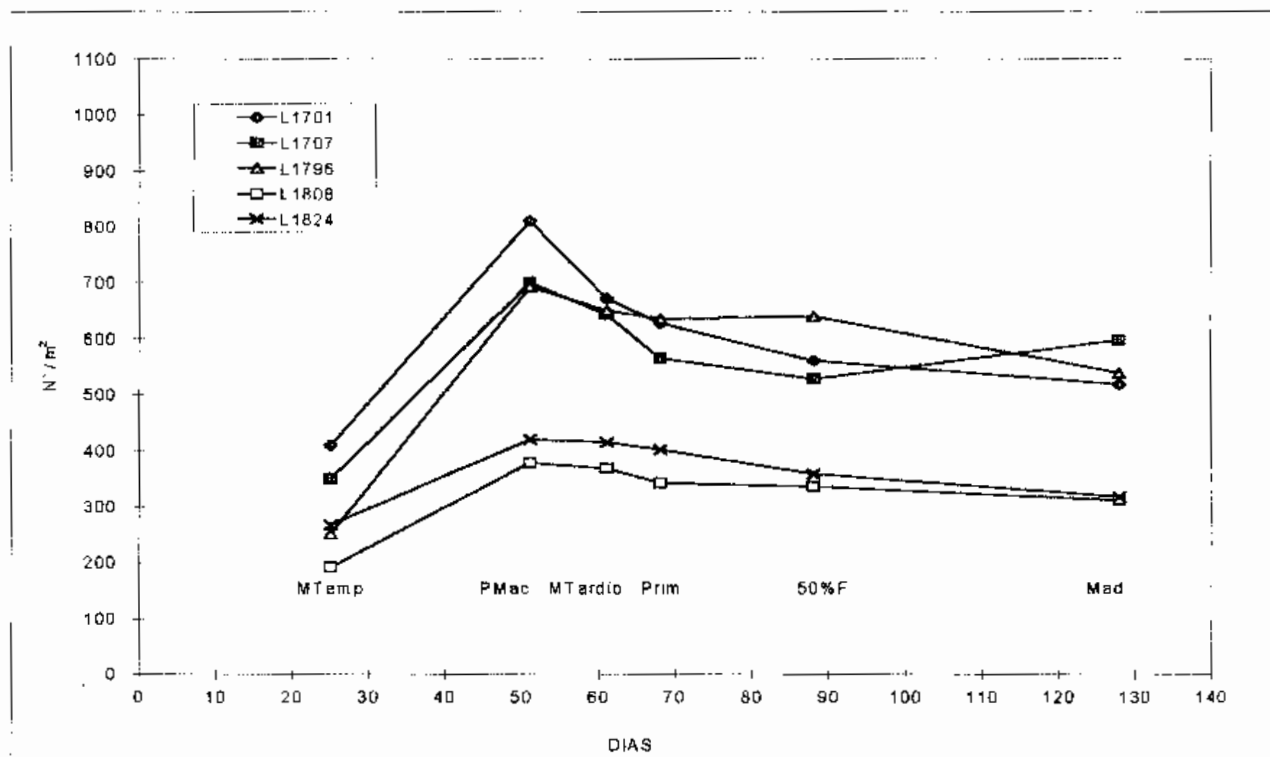


Figura N° 5b: Evolución del número de tallos de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824.

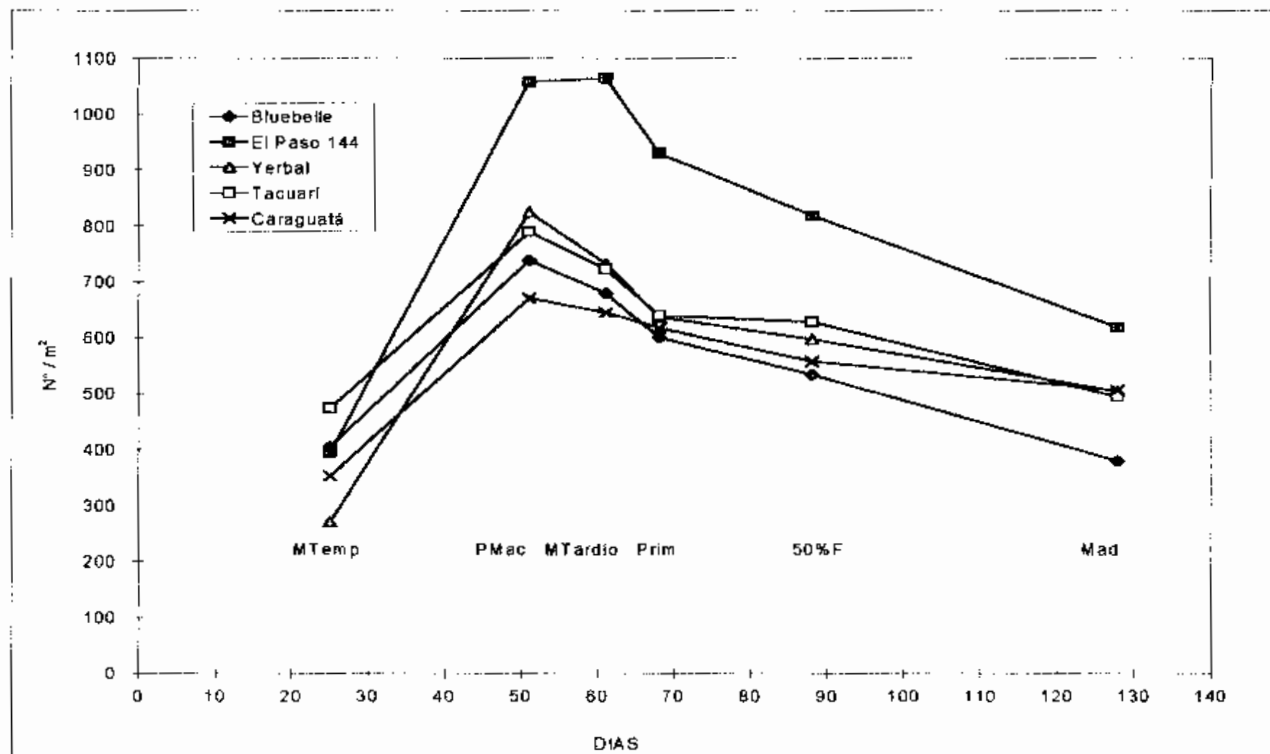


Figura N° 5c: Evolución del número de tallos de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yermal, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá.

En implantación, se obtienen valores de tallos por metro cuadrado que se pueden considerar como no limitante para la expresión de los rendimientos, en particular en algunos materiales, como El Paso 144, podría contarse con un menor stand de plantas en este momento sin que se afecte su rendimiento, dada su gran capacidad de macollaje.

Si bien El Paso 144 fue significativamente superior del resto de los materiales en el número de tallos desde pleno macollaje (53 días pos siembra) hasta 50% de floración; a madurez fisiológica fue significativamente superior de L1808, L1824, L1081, L1130, L1415 y Bluebelle, y no lo fue del resto de los materiales. Este hecho, se puede apreciar claramente al analizar el porcentaje de tallos que llegan a madurez respecto al máximo, (Cuadro N° 2), en el que El Paso 144, presenta uno de los menores valores, representando una ineficiencia de la variedad, dado que los tallos que se mueren compiten por espacio, luz y nutrientes con los tallos que finalmente dan panículas. Este porcentaje se calcula dividiendo el número de tallos en madurez fisiológica entre el número de tallos en pleno macollaje.

L1081 64	L933 72	L1119 78	L1415 79	L1130 71
L1701 64	L1707 85	L1796 78	L1808 82	L1824 76
Bluebelle 51	El Paso 144 58	INIA Yerbal 61	INIA Tacuarí 63	INIA Caraguatá 75

Todos los materiales mantienen el número de tallos por metro cuadrado a partir de 50% de floración, salvo L1081, L1796 y las variedades Bluebelle, El Paso 144 e INIA Tacuarí, en los que continuó bajando dicho número. Esto implica la existencia aún de competencia en el período avanzado de crecimiento (llenado de grano), la cual fue más aguda para los cultivares Bluebelle y sobre todo para El Paso 144, que parte de un extremadamente alto número de tallos.

4. Evolución del índice de área foliar (IAF).

Del análisis de varianza surge, que hubo diferencias significativas para las variables material, momento y la interacción de ambas. El coeficiente de variación fue de 23.57% y el valor de DMS fue de 1.52 (Cuadro N° 3).

Material	M.Tardío	Prim.	50%F	15DPF	25DPF	Media
L1081	2.743	3.095	5.288	6.900	6.313	4.868
L933	3.120	3.257	7.727	6.354	5.815	5.255
L1119	2.877	3.555	6.543	6.858	5.540	5.075
L1415	2.645	3.912	6.410	6.495	4.977	4.888
L1130	2.360	3.178	6.630	5.697	6.042	4.781
L1701	3.267	4.120	6.178	6.015	5.253	4.967
L1707	3.075	4.372	6.005	5.957	5.575	4.997
L1796	2.662	3.273	5.238	5.525	5.204	4.380
L1808	1.897	2.293	6.197	4.615	3.808	3.762
L1824	1.468	2.062	2.730	3.987	2.660	2.581
Bluebelle	3.240	3.342	5.200	5.053	5.118	4.391
El Paso 144	4.953	5.015	11.188	7.715	6.795	7.133
INIA Yerbál	2.750	3.075	5.895	5.017	4.780	4.303
INIA Tacuarí	2.495	2.780	4.930	5.485	5.140	4.166
INIA Caraguatá	1.952	2.905	4.400	4.568	4.260	3.617
Media	2.767	3.349	6.037	5.749	5.152	4.611
DMS.	1.321	1.334	2.488	2.037	1.602	
C. V. (%)	33.45	27.91	28.88	24.81	21.79	
P ≤ 0.05						
DMS = 1.522						

Nota: MTardío = macollaje tardío, Prim = primordio, 50%F = 50% de floración, 15DPF = 15 días pos 50% de floración y 25DPF = 25 días pos 50% de floración.

Todos los materiales presentaron el máximo valor de IAF en 50% de floración salvo L1081 y L1824 que lo tuvieron en 15 días pos 50% de floración, aunque este último, no tiene diferencia significativa con el IAF a 50% de floración. Luego del momento de máximo valor de IAF, la mayor parte de los materiales mantienen estos valores hasta 25 días pos 50% de floración (etapa avanzada de llenado de grano); dentro de este grupo, se incluyen todas las variedades del ensayo excepto El Paso 144 que presenta una disminución significativa e importante del IAF hasta 25 días pos 50% de floración. Se comportan de manera similar a este último, los materiales L1808 y L933; las líneas L1824, L1415 y L1119 tienen una tendencia marcada a disminuir el IAF luego del máximo aunque no cobran valores significativos a $P \leq 0.05$. En la etapa de macollaje, sólo El Paso 144 tiene un valor significativamente mayor a todo el resto de

los materiales (Figs. N° 6a, b y c).

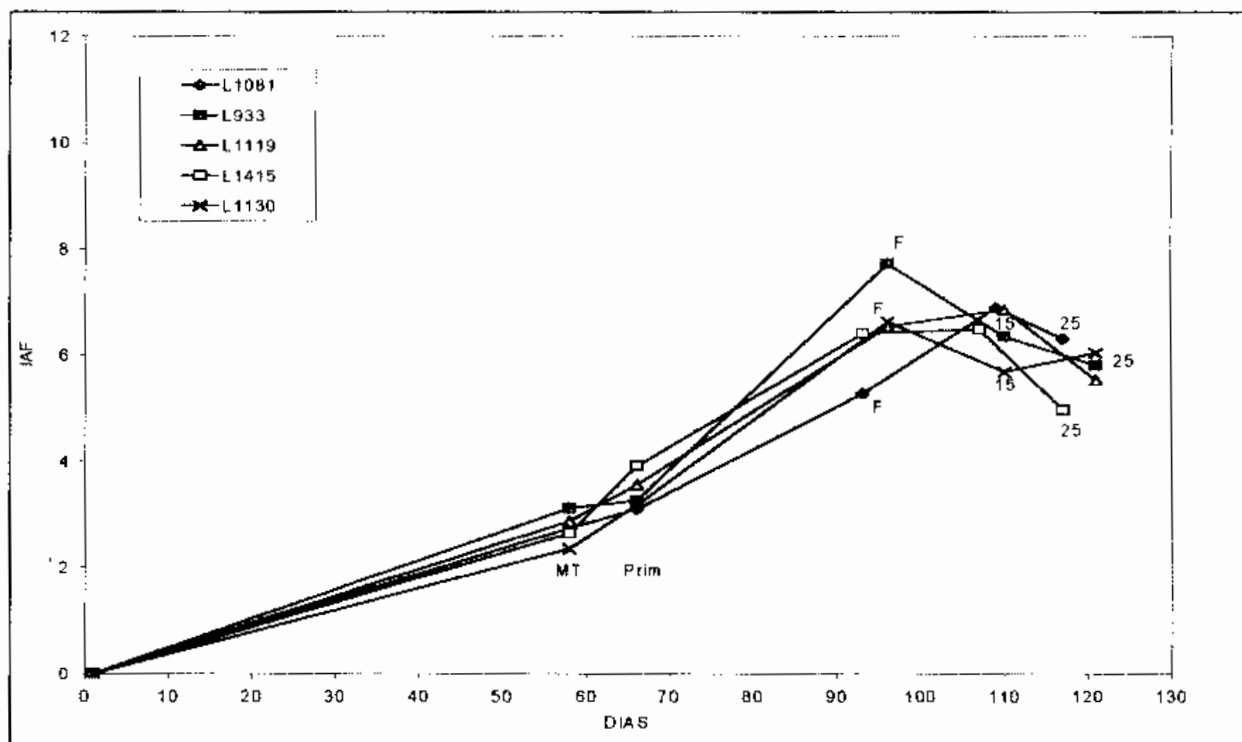


Figura N° 6a: Evolución del IAF de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130.

Nota: MT = macollaje tardío, Prim = primordio, F = 50% de floración, 15 = 15 días pos 50% de floración y 25 = 25 días pos 50% de floración.

El crecimiento del IAF hasta macollaje, estuvo dado principalmente, por el aumento del número de tallos por metro cuadrado; luego de este momento, el crecimiento del IAF hasta 50% de floración ocurrió por el aumento del número de hojas por tallo y la expansión de las mismas, ya que el número de tallos disminuye o se mantiene en este período.

Es de destacar que El Paso 144, ya en primordio, tiene un valor de IAF similar a los máximos valores (en 50% de floración y 15 días pos 50% de floración), de los demás materiales del ensayo, sin tener diferencia significativa con los mismos.

El Paso 144 mostró un IAF máximo de 11, que fue significativamente superior a todos los demás materiales en 50% de floración, que va desde un 45% superior al cultivar L933 a un 300% superior a L1824, siendo un 120% superior al promedio del resto de las variedades del ensayo. A pesar de la drástica caída del IAF de El Paso 144 a partir de 50% de floración, mantiene su superioridad significativa con el resto de las variedades del ensayo y con las líneas L1415, L1808 y L1824, no siendo significativamente superior del resto de los materiales.

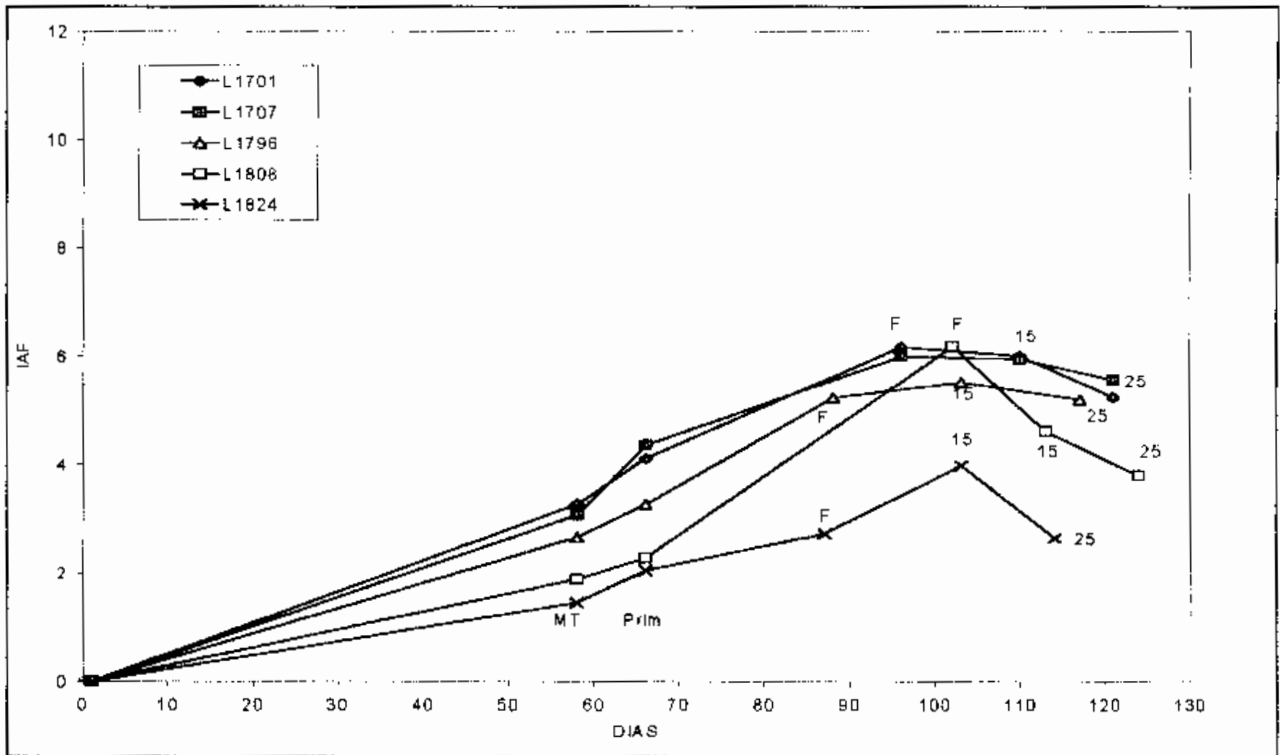


Figura N° 6b: Evolución del IAF de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824.

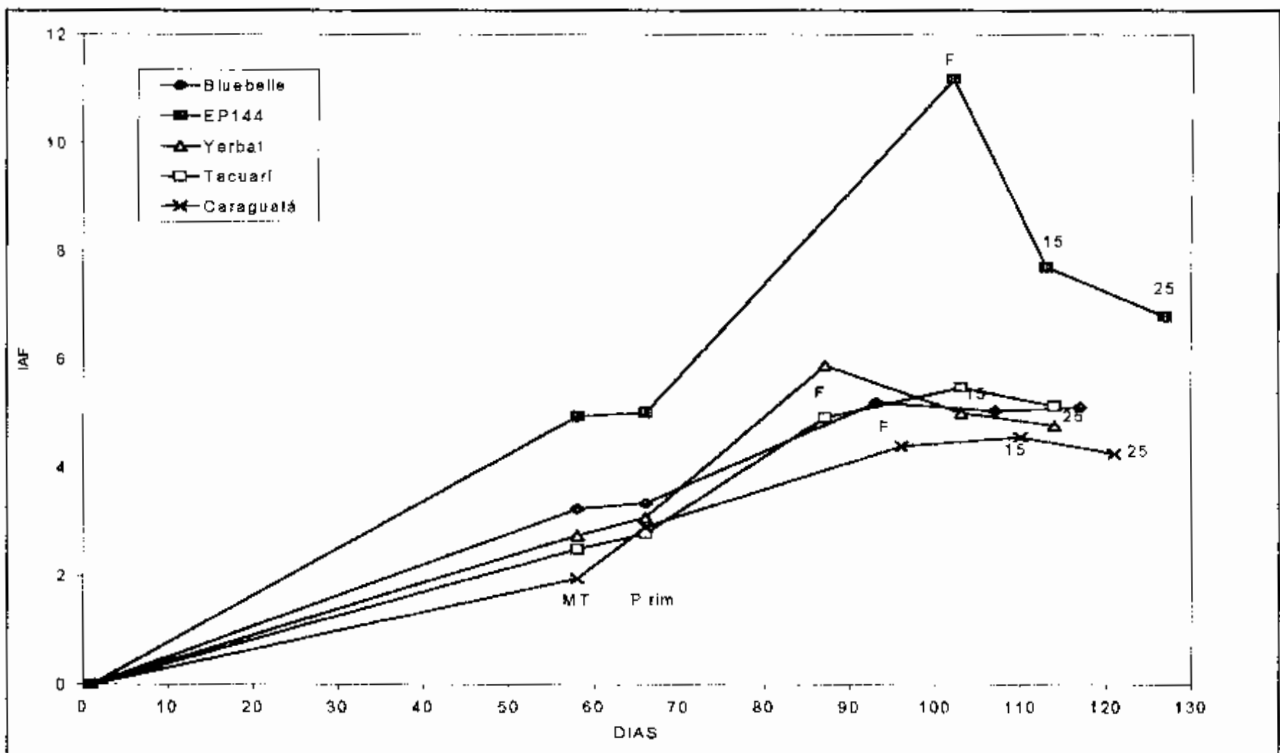


Figura N° 6c: Evolución del IAF de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbati, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá.

Cabe mencionar, la superioridad de El Paso 144 en su aparato fotosintético con INIA Tacuarí e INIA Caraguatá a partir de primordio, la cual no se tradujo luego en una superioridad en rendimiento, es más, INIA Tacuarí tuvo un rendimiento significativamente mayor.

El explosivo incremento del IAF hasta primordio de El Paso 144, el cual está asociado a una alta tasa de macollaje, podría conferirle ventaja comparativa frente a los demás materiales en la competencia con las malezas, a través de un más rápido cubrimiento del suelo y mayor aprovechamiento de la radiación solar incidente durante este período.

De acuerdo a la bibliografía consultada, los valores de IAF óptimo o crítico para poblaciones de arroz, oscilan entre 4 y 7. Todos los materiales, llegan a valores máximos de IAF que se encuentran dentro del rango mencionado, salvo L933 y El Paso 144 que llegan a valores de 7.7 y 11.2 respectivamente. Dependiendo del comportamiento de la respiración, los valores de IAF por encima del rango de 4 a 7, serán perjudiciales o no para mantener altos valores de fotosíntesis neta. Del comportamiento de los materiales de mayor rendimiento del ensayo, que llegan a valores de IAF máximo muy por debajo del valor de El Paso 144, del orden de 5 a 7, y luego mantienen estos valores hasta 25 días pos floración; se deduce que en la relación fotosíntesis - respiración, dicho cultivar podría estar siendo desfavorecido, lo cual se observa al analizar la TAN que luego de 15 días pos 50% de floración tiene valores negativos (Cuadro N° 14).

Al analizar la evolución desde 50% de floración (50%F), de la composición porcentual de la materia seca de El Paso 144 y L1796, que difirieron significativamente en rendimiento (siendo el primero muy inferior al segundo), se observa que existe una similar composición de órganos fotosintetizantes (láminas foliares), en relación con el total de órganos aéreos (Cuadro N° 4). Sin embargo, los mayores valores de TAN para dicho período de L1796, suponen la existencia de cuatro explicaciones posibles:

- a) la fotosíntesis bruta por unidad de área foliar de L1796 sería mayor que la de El Paso 144,
- b) la respiración por unidad de área foliar de L1796 sería menor que la de El Paso 144,
- c) las situaciones a y b ocurrirían simultáneamente, y
- d) la fotosíntesis bruta y la respiración por unidad de área foliar de L1796 sería mayor que la de El Paso 144, pero la diferencia entre ambas es mayor en L1796.

De la bibliografía se sabe que la respiración consta de dos componentes: respiración de mantenimiento (que cambia con la especie) y la respiración de crecimiento. En el período analizado, no existe casi crecimiento en la variedad El Paso 144 (por lo que la respiración de crecimiento sería prácticamente cero), mientras que en L1796 existe un importante crecimiento, evidenciado a través de la TCC (Cuadro N° 12). Este hecho determina que, siendo probablemente la respiración de mantenimiento similar en ambos materiales y la de crecimiento mayor en L1796, la respiración total

relativa de L1796 sería mayor y su fotosíntesis bruta relativa también. Una relación similar a la de El Paso 144 con L1796 se da con INIA Tacuarí y L1707.

Cuadro N° 4: Composición porcentual de la materia seca de El Paso144 y L1796 a partir de 50% de floración.

	EL PASO 144				L1796			
	MSL	MSV	MST	MSP	MSL	MSV	MST	MSP
50%F	29.9	37.6	16.8	15.6	31.2	37.6	12.4	18.8
15 DPF	22.7	26.1	18.5	32.6	22.9	25.6	18.3	33.3
25 DPF	21.2	21.6	12.4	44.8	16.5	18.5	13.2	51.7
MADUREZ	13.7	17.9	13.2	55.2	10.7	13.0	10.5	65.8
MEDIA	21.9	25.8	15.2	37.1	20.3	23.7	13.6	42.4

Nota: MSL = materia seca de lámina foliar, MSV = materia seca de vaina foliar, MST = materia seca de tallo, MSP = materia seca de panícula, 50%F = 50% de floración, 15DPF = 15 días pos 50% de floración, 25DPF = 25 días pos 50% de floración y Madurez = madurez fisiológica.

La menor fotosíntesis de El Paso 144, en el período de 50% de floración en adelante, se debió, posiblemente, a una mala distribución de la luz dentro de una canopia con excesiva área foliar y a la senescencia de la misma, determinando una baja eficiencia general del sistema fotosintético.

5. Evolución de la materia seca y su partición.

a. **Materia seca total.**

Se obtuvieron diferencias altamente significativas para las variables material, momento y su interacción. El coeficiente de variación fue de 17.62% y el valor de DMS fue de 0.24 kg de materia seca total por metro cuadrado (Cuadro N° 5).

Se observaron tres tipos de comportamiento diferentes en la forma de acumulación de la materia seca total:

- una alta tasa de acumulación de materia seca entre primordio y 50% de floración, llegando al máximo en este momento y manteniéndolo hasta madurez, (tipo de crecimiento I de la clasificación de Tanaka, representado por El Paso 144);
- una acumulación continua de materia seca desde primordio hasta madurez fisiológica (tipo V de la clasificación de Tanaka, representado por L933, L1119 y L1796); y
- una acumulación continua de materia seca desde primordio hasta alrededor de 25 días pos 50% de floración, con una disminución de la tasa de acumulación y el máximo registrado en 25 días pos 50% de floración o madurez fisiológica, (representado por los demás materiales, salvo L1808 y Bluebelle debido a un apreciable problema de desgrane y pájaros), (Figs. N° 7a, b y c).

Cuadro N° 5: Evolución de la materia seca total (kg/m² suelo).

Material	M.Tardío	Prim.	50%F	15DPF	25DPF	Mad.	Media
L1081	0.233	0.247	0.725	1.303	1.595	1.560	0.944
L933	0.270	0.275	1.065	1.367	1.625	1.985	1.098
L1119	0.238	0.285	1.130	1.330	1.505	1.690	1.030
L1415	0.220	0.320	0.830	1.268	1.570	1.470	0.946
L1130	0.197	0.233	0.975	1.253	1.443	1.493	0.932
L1701	0.252	0.305	0.857	1.352	1.572	1.675	1.002
L1707	0.240	0.323	0.885	1.210	1.748	1.873	1.047
L1796	0.198	0.255	0.727	1.070	1.469	1.735	0.909
L1808	0.180	0.200	1.007	1.230	1.490	1.235	0.890
L1824	0.147	0.252	0.495	0.990	1.125	1.138	0.691
Bluebelle	0.295	0.338	0.870	1.198	1.833	1.313	0.975
El Paso 144	0.300	0.367	1.590	1.688	1.685	1.655	1.214
INIA Yerbál	0.280	0.310	0.823	1.245	1.492	1.428	0.930
INIA Tacuarí	0.232	0.278	0.765	1.278	1.518	1.620	0.949
INIA Caraguatá	0.190	0.237	0.765	1.063	1.340	1.468	0.844
Media	0.231	0.282	0.901	1.256	1.534	1.556	0.960
DMS.	0.064	0.090	0.299	0.329	0.292	0.325	
C. V. (%)	20.80	22.78	23.25	18.43	13.37	14.71	
P ≤ 0.05							
DMS = 0.237							

Nota: MTardío = macollaje tardío, Prim = primordio, 50%F = 50% de floración, 15DPF = 15 días pos 50% de floración, 25DPF = 25 días pos 50% de floración y Mad = madurez fisiológica.

Es importante destacar, que El Paso 144 presentó un valor significativamente mayor en 50% de floración y 15 días pos 50% floración, pero esta diferencia no se mantuvo en posteriores momentos. La acumulación de materia seca total en 50% de floración de este cultivar, fue de 96% del valor final de la materia seca.

Se encontró una cierta asociación, de que los materiales que tuvieron una menor acumulación final de materia seca, como L1808 y L1824 mostraron los menores rendimientos del ensayo. Sin embargo no ocurrió exactamente lo mismo con los materiales que presentaron la mayor acumulación de materia seca final, ya que sólo dos de los cinco materiales que estuvieron a la cabeza del ranking en la cantidad de materia seca total, mostraron los mayores rendimientos (L1796 y L1707). Merece ser destacada la buena performance en rendimiento de INIA Tacuarí, sobre la base de una intermedia producción de materia seca y un alto índice de cosecha.

Por otro lado, los materiales que rindieron más coinciden con los que tuvieron una acumulación continua de materia seca total desde 50% de floración en adelante.

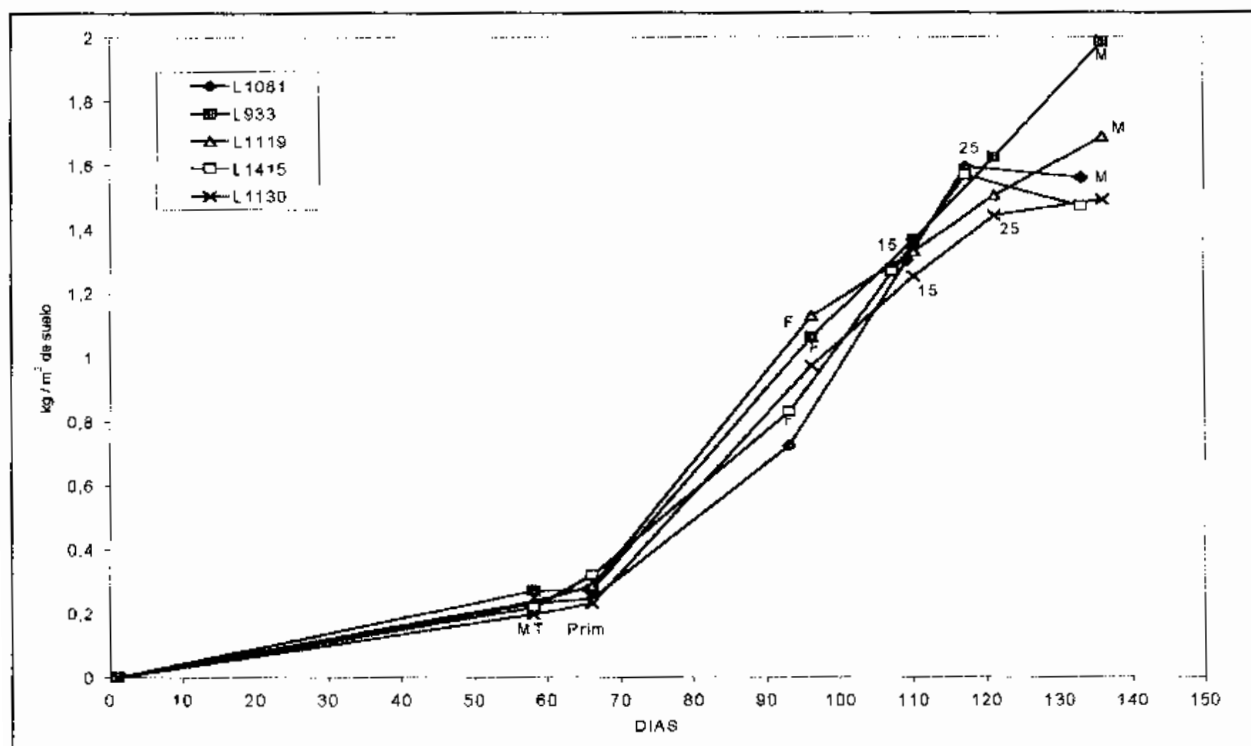


Figura Nº 7a: Evolución de materia seca total de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130.
 Nota: MT = macollaje tardío, Prim = primordio, F = 50% de floración, 15 = 15 días pos 50% de floración, 25 = 25 días pos 50% de floración y M = madurez fisiológica.

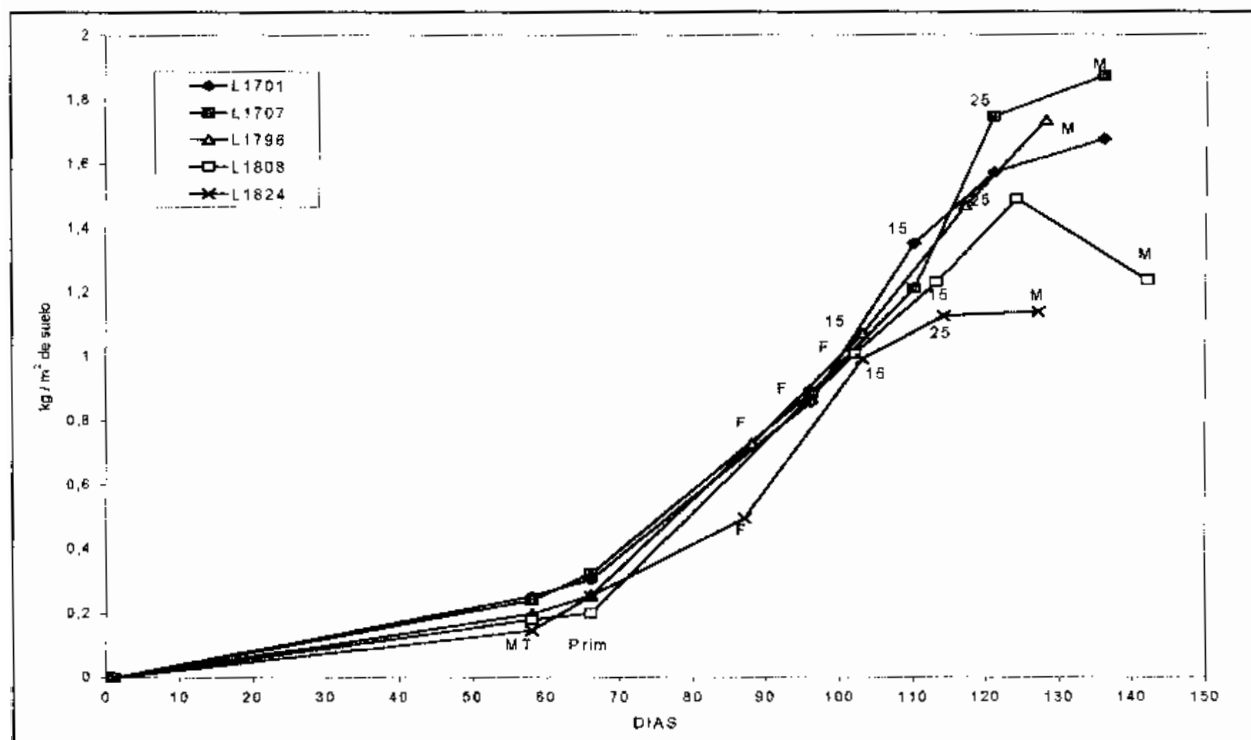


Figura Nº 7b: Evolución de materia seca total de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824.

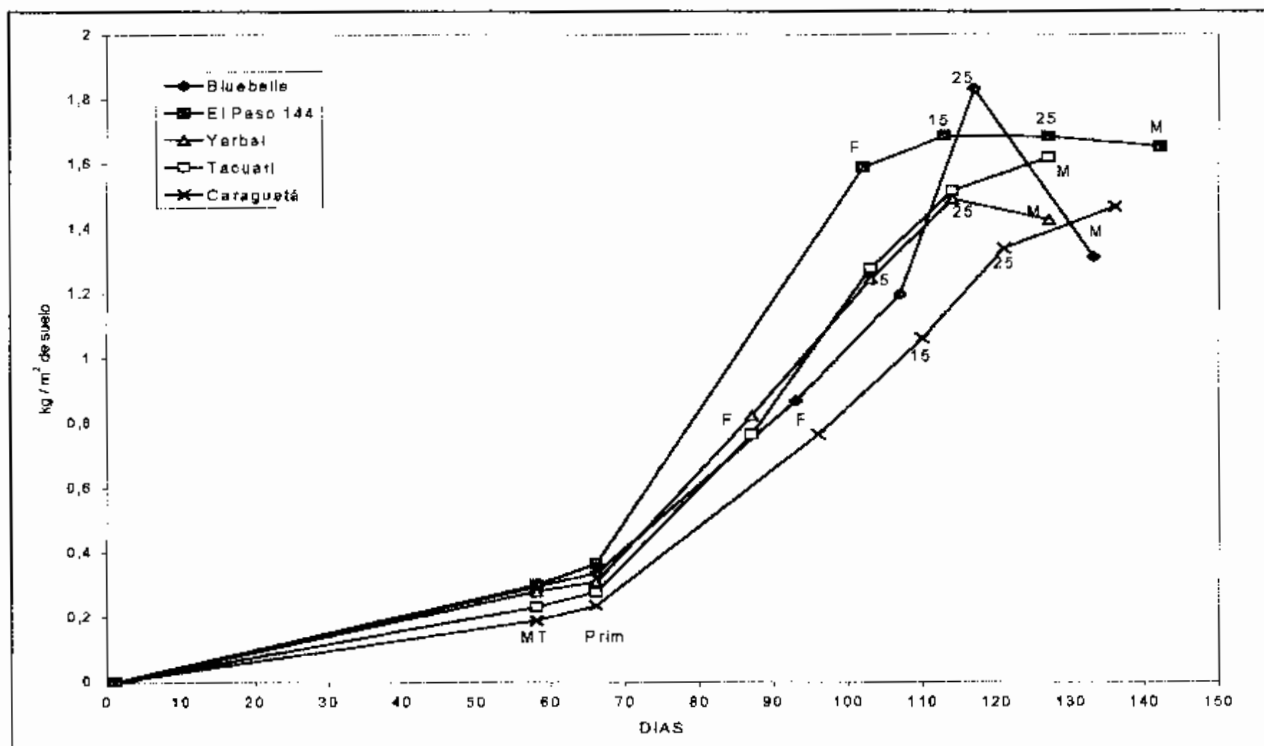


Figura N° 7c: Evolución de materia seca total de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbai, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá.

El gran incremento de la materia seca total, que se da entre primordio y 50% de floración en El Paso 144, se debe a una importante expansión foliar y la elongación de entrenudos de un número de tallos significativamente superior al del resto de los materiales.

b. Materia seca de lámina.

En el análisis de varianza se aprecia que hubo diferencias altamente significativas para material, momento y la interacción de ambos. El coeficiente de variación fue de 20.63% y el de DMS de 0.06 kg de lámina por metro cuadrado (Cuadro N° 6).

La materia seca de lámina, es función del área foliar y del peso específico de hoja; no se puede identificar a ninguno de los dos componentes como responsables del total de su variación, pero se aprecia una mayor asociación del área foliar que del peso específico con la misma.

La mayoría de los materiales, tuvieron el máximo valor de materia seca de lámina en 50 % de floración, mientras que los materiales L1081, L1701, L1707, L1824 e INIA Tacuarí, tuvieron el máximo valor en 15 días pos 50% de floración y Bluebelle lo tuvo en 25 días pos 50% de floración (Figs. N° 8a, b y c).

Cuadro N° 6: Evolución de la materia seca de lámina (kg/m² suelo).

Material	M.Tardío	Prim.	50%F	15DPF	25DPF	Mad.	Media
L1081	0.110	0.138	0.268	0.358	0.340	0.203	0.236
L933	0.125	0.155	0.373	0.334	0.320	0.270	0.263
L1119	0.113	0.152	0.337	0.343	0.275	0.253	0.246
L1415	0.098	0.165	0.300	0.323	0.322	0.200	0.235
L1130	0.098	0.130	0.315	0.300	0.297	0.215	0.226
L1701	0.123	0.173	0.285	0.328	0.293	0.248	0.242
L1707	0.112	0.180	0.282	0.309	0.285	0.275	0.241
L1796	0.095	0.130	0.227	0.245	0.243	0.185	0.188
L1808	0.070	0.095	0.305	0.270	0.247	0.150	0.190
L1824	0.063	0.115	0.160	0.223	0.170	0.117	0.141
Bluebelle	0.130	0.163	0.275	0.295	0.337	0.173	0.229
El Paso 144	0.135	0.203	0.475	0.383	0.358	0.227	0.297
INIA Yerbal	0.110	0.150	0.285	0.267	0.280	0.165	0.210
INIA Tacuarí	0.105	0.137	0.188	0.268	0.275	0.175	0.191
INIA Caraguatá	0.075	0.122	0.215	0.222	0.220	0.188	0.174
Media	0.104	0.147	0.286	0.298	0.284	0.203	0.220
DMS	0.045	0.045	0.101	0.09	0.064	0.045	
C. V. (%)	23.04	22.09	24.99	21.19	17.15	18.30	
P ≤ 0.05							
DMS = 0.063							

Nota: MTardío = macollaje tardío, Prim = primordio, 50%F = 50% de floración, 15DPF = 15 días pos 50% de floración, 25DPF = 25 días pos 50% de floración y Mad = madurez fisiológica.

En 50% de floración, El Paso 144 fue significativamente superior a todos los materiales, diferencia que se mantuvo con las líneas L1796, L1808, L1824 y todas las variedades excepto Bluebelle en 15 días pos 50% de floración; en 25 días pos 50% de floración mantuvo diferencia con estos mismos materiales y con las líneas L1119, L1701 y L1707. En madurez fisiológica, El Paso 144, tuvo superioridad significativa con las líneas L1808, L1824 y con todas las variedades excepto INIA Caraguatá, siendo sólo significativamente menor a la línea L1707. Si bien, El Paso 144 desarrolló un aparato fotosintético superior en casi todo el ciclo, fue también el que presentó la mayor disminución del mismo a partir de 50% de floración hasta madurez, que llegó a ser de un 52% respecto al máximo. Una disminución similar de la materia seca de lámina experimentó la línea L1808.

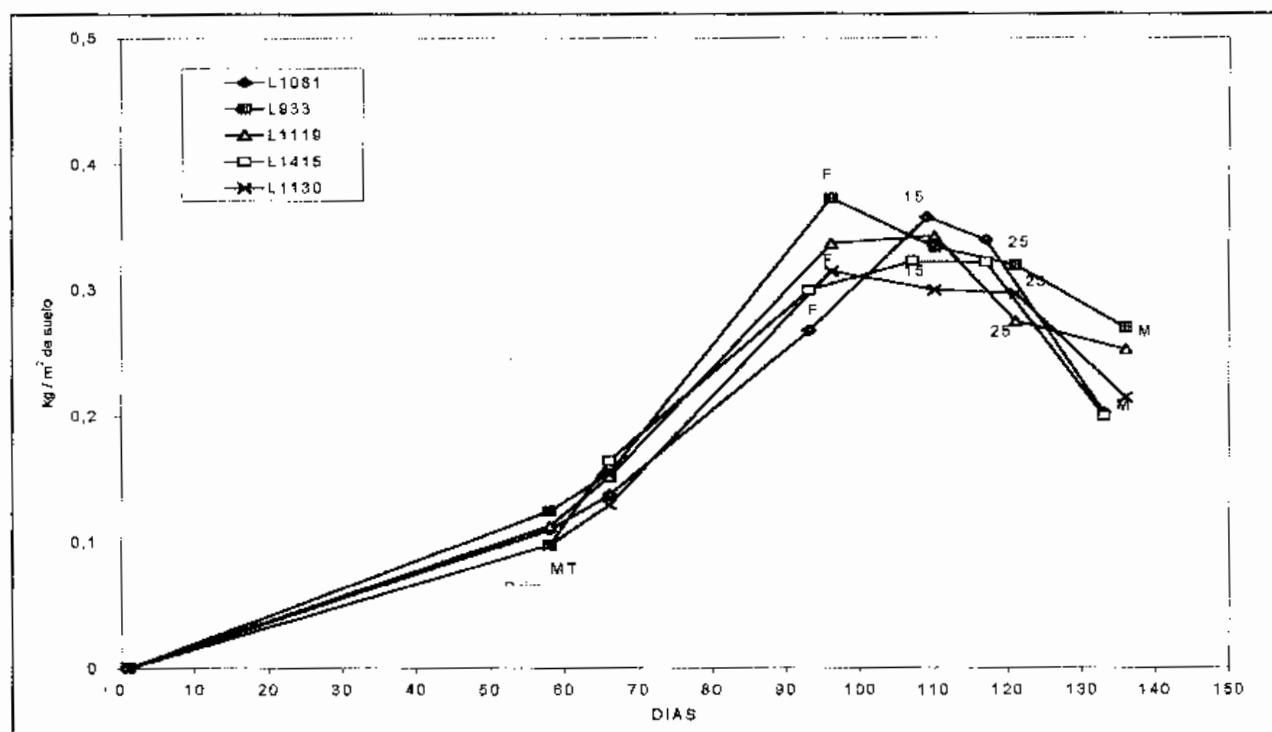


Figura N° 8a: Evolución de materia seca de lámina de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130.

Nota: MT = macollaje tardío, Prim = primordio, F = 50% de floración, 15 = 15 días pos 50% de floración, 25 = 25 días pos 50% de floración y M = madurez fisiológica.

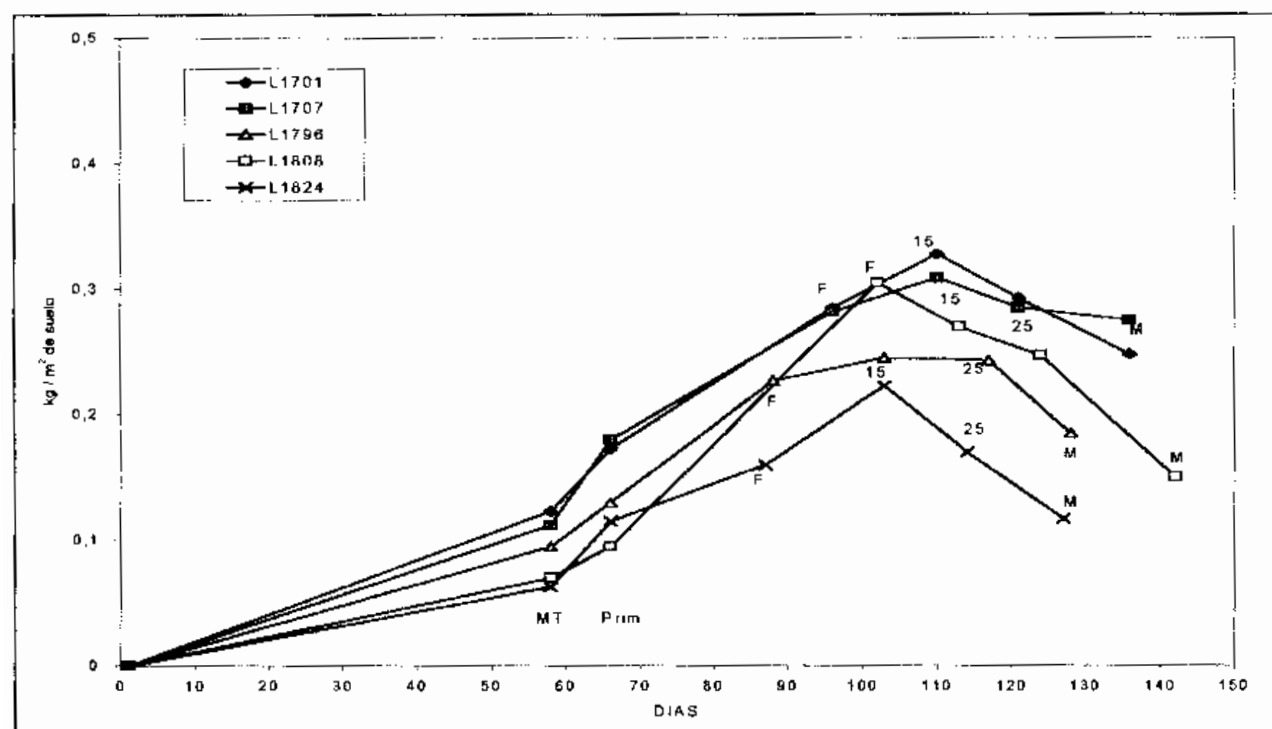


Figura N° 8b: Evolución de materia seca de lámina de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824.

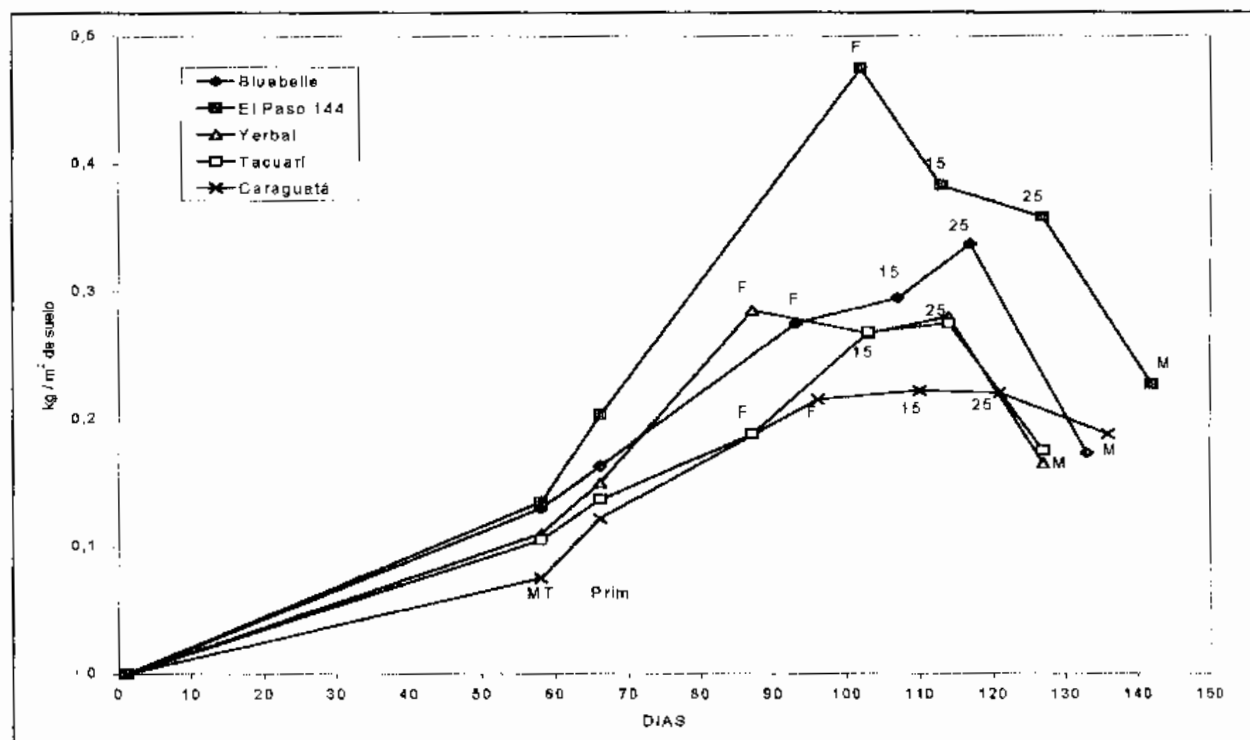


Figura N° 8c: Evolución de materia seca de lámina de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yermal, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá.

Es interesante mencionar, que mientras todos los materiales describen una disminución de la materia seca de lámina luego del máximo, los cultivares L1707 e INIA Caraguatá no presentan dicha caída. Esto último puede representar un retardo de la senescencia foliar, que es una característica deseable desde el punto de vista del rendimiento, más teniendo en cuenta que los aportes al mismo en la última etapa de llenado provienen de la fotosíntesis en curso.

c. Materia seca de vaina.

Del análisis de varianza se observan, efectos muy significativos para material, momento y su interacción; el coeficiente de variación fue de 17.18% y el valor de DMS de 0.06 kg de materia seca de vainas por metro cuadrado.

De forma similar a lo ocurrido con la materia seca de lámina, la mayoría de los materiales tuvieron el máximo valor de materia seca de vainas en 50% de floración, excepto L1081, L1415, L1701, L1707 y L1824 que llegaron al máximo valor en 15 días pos 50% de floración y Bluebelle que lo hizo en 25 días pos 50% de floración (Cuadro N° 7 y Figs. N° 9a, b y c).

Cuadro N° 7: Evolución de la materia seca de vaina (kg/m² suelo).

Material	M.Tardío	Prim.	50%F	15DPF	25DPF	Mad.	Media
L1081	0.123	0.110	0.295	0.385	0.377	0.255	0.258
L933	0.145	0.117	0.375	0.361	0.308	0.330	0.273
L1119	0.132	0.130	0.405	0.370	0.308	0.307	0.275
L1415	0.117	0.152	0.325	0.355	0.363	0.268	0.263
L1130	0.102	0.100	0.355	0.360	0.273	0.262	0.242
L1701	0.132	0.132	0.305	0.348	0.305	0.282	0.251
L1707	0.125	0.142	0.310	0.351	0.353	0.325	0.268
L1796	0.103	0.120	0.273	0.275	0.272	0.225	0.211
L1808	0.105	0.103	0.428	0.362	0.285	0.213	0.249
L1824	0.085	0.140	0.217	0.295	0.230	0.185	0.192
Bluebelle	0.168	0.173	0.340	0.367	0.418	0.235	0.284
El Paso 144	0.165	0.165	0.597	0.440	0.365	0.297	0.338
INIA Yerbal	0.168	0.158	0.322	0.330	0.325	0.215	0.253
INIA Tacuarí	0.125	0.140	0.295	0.318	0.302	0.252	0.239
INIA Caraguatá	0.117	0.117	0.298	0.295	0.268	0.227	0.220
Media	0.127	0.133	0.343	0.347	0.317	0.259	0.254
DMS	0.045	0.045	0.101	0.09	0.064	0.064	
C.V. (%)	21.36	24.61	20.58	17.04	14.70	18.91	
P ≤ 0.05							
DMS = 0.062							

Nota: MT = macollaje tardío, Prim = primordio, 50%F = 50% de floración, 15DPF = 15 días pos 50% de floración, 25DPF = 25 días pos 50% de floración y Mad = madurez fisiológica.

En las figuras de evolución de materia seca de vainas se aprecian tres tendencias diferentes:

- una caída continua e importante a partir de 50% de floración, llegando a valores que representan el 50% del máximo valor (El Paso 144 y L 1808);
- mantenimiento del valor techo hasta el final del ciclo (L1707, L1796, INIA Tacuarí);
y
- una baja tasa de descenso a partir del máximo valor hasta el final del ciclo, representado por el resto de los materiales.

El Paso 144, fue significativamente superior a todos los materiales en 50% de floración, manteniendo esta superioridad con las líneas L1701, L1796, L1824 y las variedades INIA Yerbal, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá hasta 15 días pos 50% de floración, y con L1130, L1796, L1808, L1824 e INIA Caraguatá en 25 días pos 50% de floración. En madurez fisiológica, El Paso 144 fue superior a L1796, L1808, L1824, INIA Yerbal e INIA Caraguatá. De forma semejante a como ocurrió en materia seca de lámina, la línea 1808 describió una importante caída de la materia seca de vainas luego de 50% de floración hasta madurez fisiológica; comportamiento similar al de El Paso 144.

El mayor ascenso de la materia seca de vainas entre primordio y 50% de floración de la mayoría de los materiales, es debido a la gran expansión del área foliar y no a un aumento del número de tallos, que en este período descienden o se mantienen, sobre todo en El Paso 144 y la línea 1808.

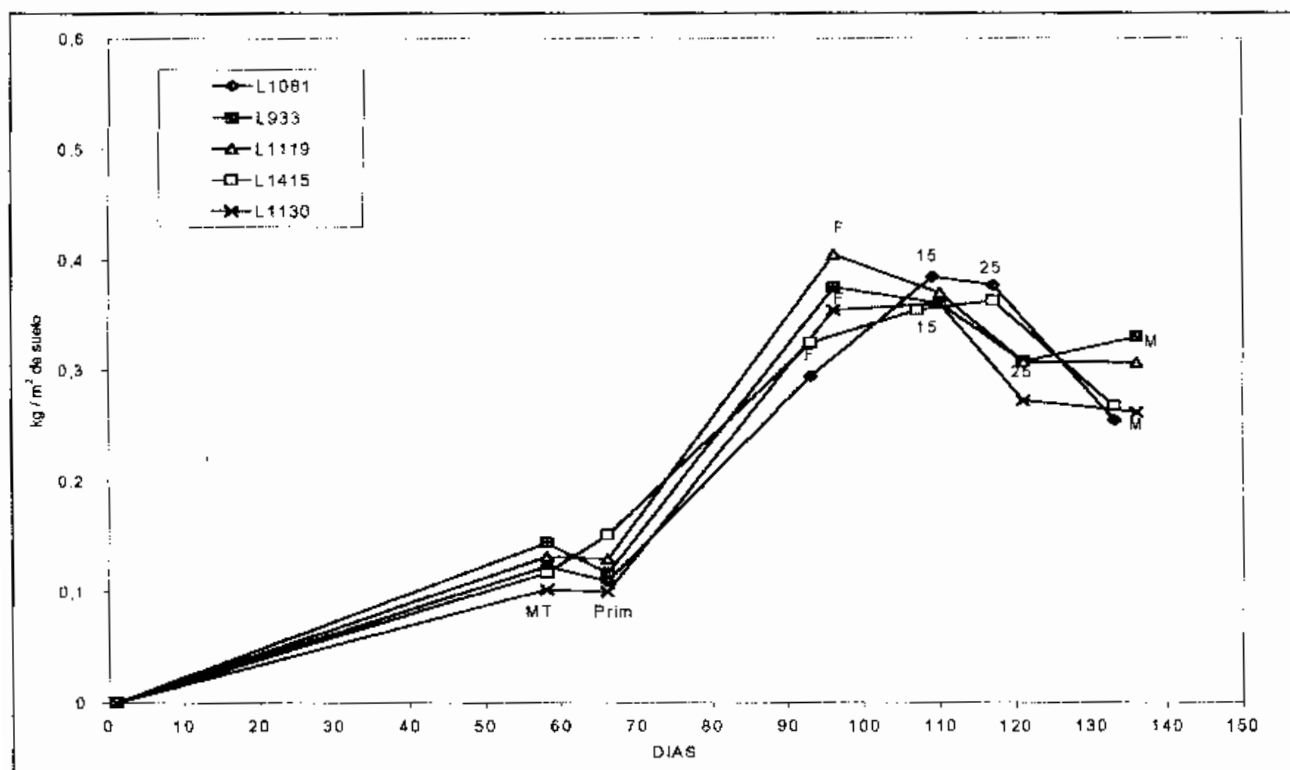


Figura N° 9a: Evolución de materia seca de vaina de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130.

Nota: MT = macollaje tardío, Prim = primordio, F = 50% de floración, 15 = 15 días pos 50% de floración, 25 = 25 días pos 50% de floración y M = madurez fisiológica.

El notable descenso de la materia seca de vainas pos 50% de floración en El Paso 144 y L1808, está reflejando una importante traslocación de asimilados desde estos órganos hacia la panícula, el cual es un proceso de importancia en los arceses de ciclo largo. Este fenómeno se comprueba, al observar que las tasas de crecimiento de panícula de ambos materiales, son las más altas en el primer tercio de llenado de grano (Cuadro N° 16).

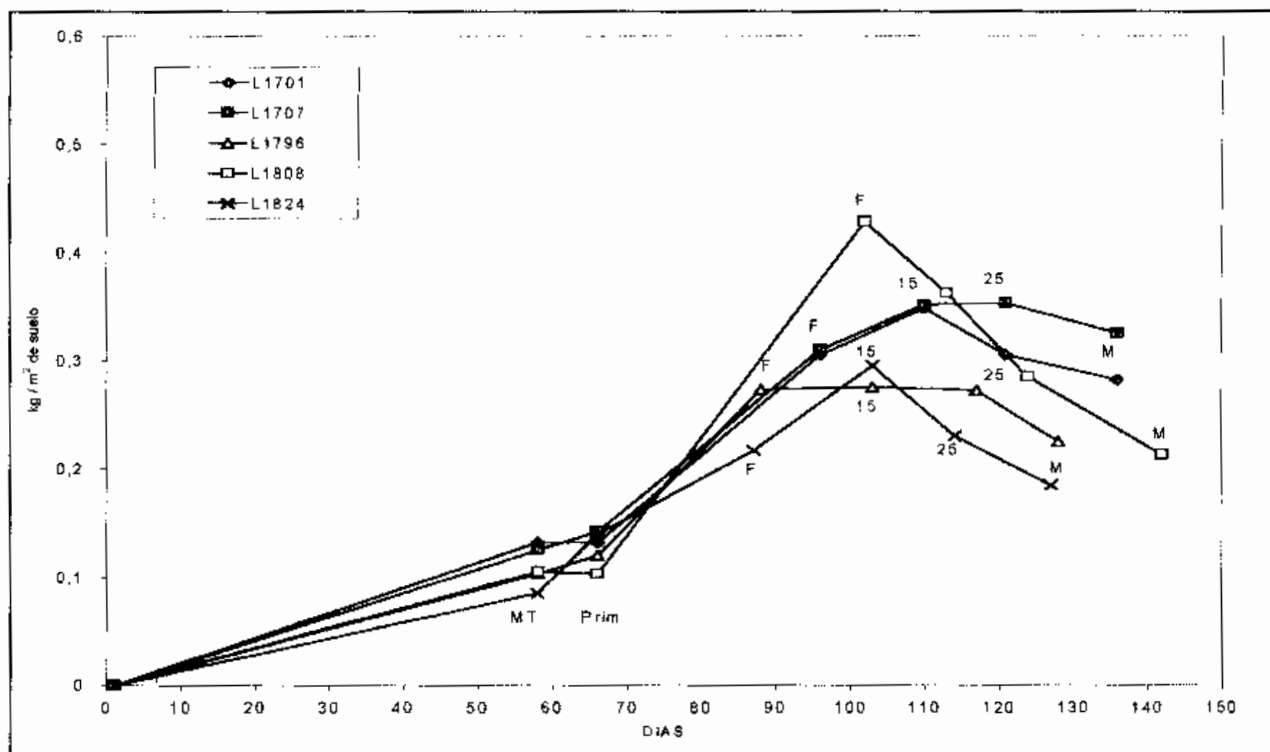


Figura N° 9b: Evolución de materia seca de vaina de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824.

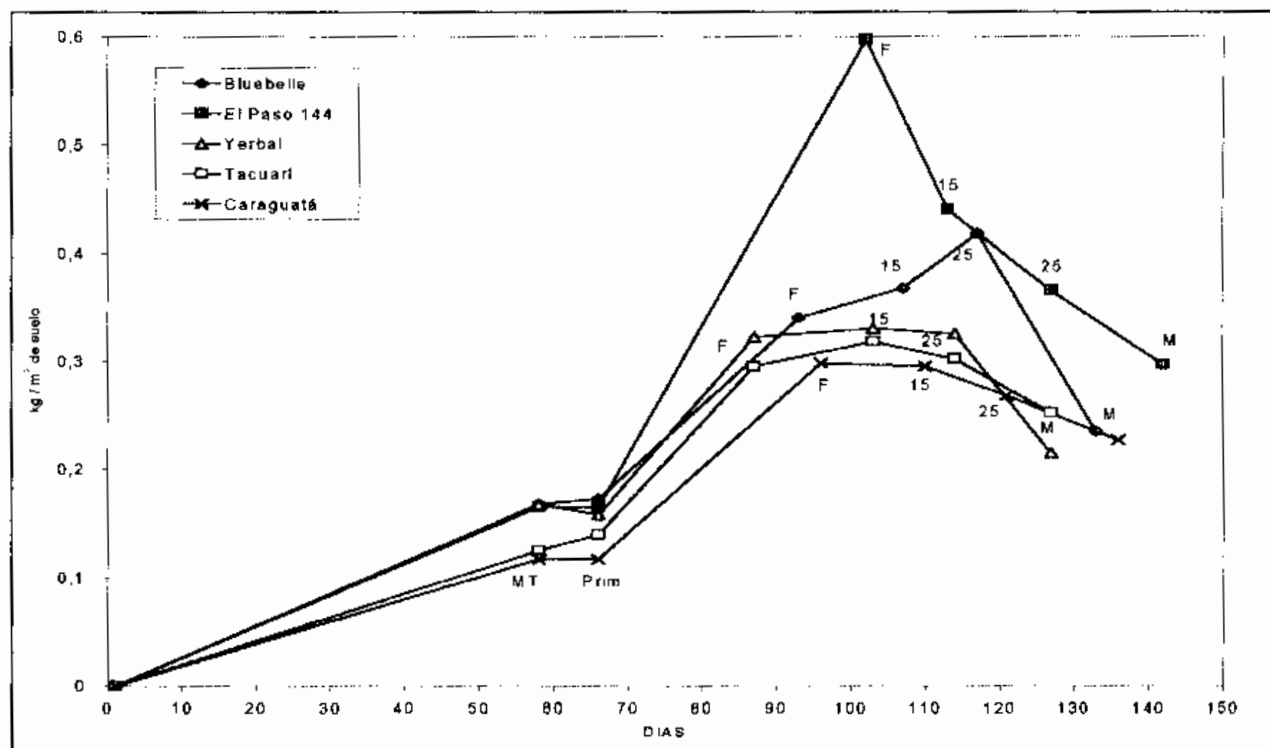


Figura N° 9c: Evolución de materia seca de vaina de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbai, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá.

d. Materia seca de tallo.

Se encontró un efecto altamente significativo, para las variables material, momento y la interacción de ambos; el coeficiente de variación fue de 20.3% y el valor de DMS de 0.06 kg de materia seca de tallos por metro cuadrado de suelo.

Del análisis se destaca, la alta tasa de aumento de la materia seca de tallo de El Paso 144 desde primordio hasta 50% de floración, siendo en este último momento significativamente superior a todos los materiales salvo a L1119, lo cual es fiel reflejo de su elevado número de tallos por metro cuadrado (Cuadro N° 8).

Cuadro N° 8: Evolución de la materia seca de tallo (kg/m² suelo).

Material	50%F	15DPF	25DPF	Mad.	Media
L1081	0.092	0.325	0.272	0.238	0.232
L933	0.165	0.334	0.225	0.328	0.263
L1119	0.208	0.323	0.200	0.303	0.259
L1415	0.098	0.265	0.205	0.205	0.193
L1130	0.145	0.300	0.200	0.238	0.221
L1701	0.138	0.338	0.190	0.268	0.234
L1707	0.170	0.278	0.215	0.318	0.245
L1796	0.090	0.197	0.194	0.183	0.166
L1808	0.122	0.205	0.152	0.142	0.155
L1824	0.067	0.220	0.165	0.162	0.154
Bluebelle	0.140	0.292	0.307	0.235	0.244
El Paso 144	0.267	0.313	0.210	0.218	0.252
INIA Yerbal	0.093	0.237	0.212	0.173	0.179
INIA Tacuarí	0.128	0.260	0.200	0.205	0.198
INIA Caraguatá	0.118	0.275	0.202	0.222	0.204
Media	0.136	0.277	0.210	0.229	0.213
DMS	0.064	0.090	0.045	0.064	
C.V. (%)	31.24	22.42	17.99	16.07	
P ≤ 0.05					
DMS = 0.062					

Nota: 50%F = 50% de floración, 15DPF = 15 días pos 50% de floración, 25DPF = 25 días pos 50% de floración y Mad = madurez fisiológica.

Todos los materiales del ensayo, presentaron el máximo valor de materia seca de tallos en 15 días pos 50% de floración y la tendencia general fue a disminuir desde el máximo hasta madurez con distintas formas en su evolución, salvo la línea 1796 que mantiene el valor tope hasta madurez y las líneas 933, 1119, 1701 y 1707 que presentaron un importante ascenso a partir de 25 días pos 50% de floración (Figs. N° 10a, b y c). El comportamiento de estas últimas pudo deberse a una reacumulación

de fotosintatos en los tallos luego de finalizado el llenado de la panícula, por mantenimiento de la actividad fotosintética de las hojas. Conviene recordar que el muestreo de la materia seca y su partición fue efectuado unos 20 días después de finalizada la cosecha aproximadamente.

En el caso de la línea 1796, no habría aparentemente retraslación, dado que no existe disminución del peso de tallos en la etapa de llenado de grano. En el resto de los materiales, la caída de la materia seca de tallos desde 15 días pos 50% de floración, se debería a retraslación parcial de fotosintatos acumulados en los mismos y también a muerte de tallos en L1081, Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbal e INIA Tacuarí.

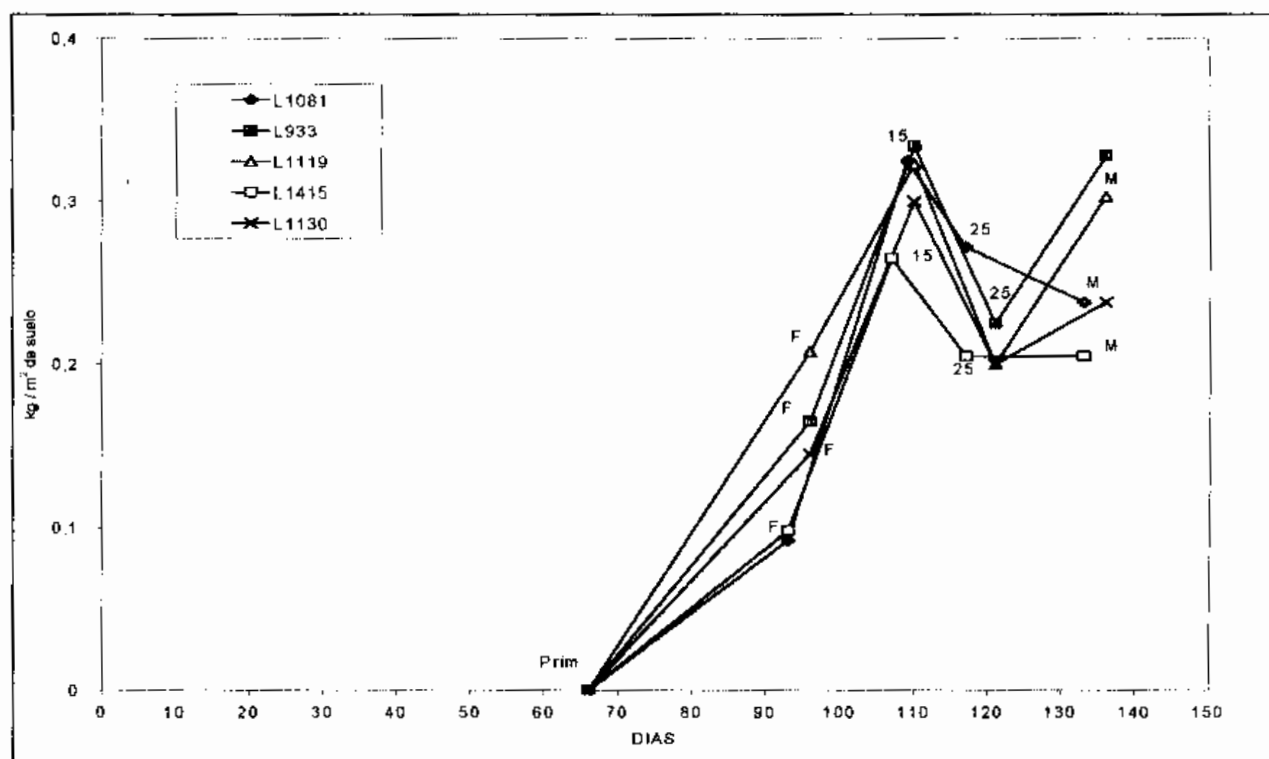


Figura N° 10a: Evolución de materia seca de tallo de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130.

Nota: Prim = primordio, F = 50% de floración, 15 = 15 días pos 50% de floración, 25 = 25 días pos 50% de floración y M = madurez fisiológica.

Analizando la reducción porcentual del peso de tallos en el período de 15 a 25 días pos 50% de floración, se observa que no existe una clara asociación del largo del ciclo con dicha reducción. Contrariamente a lo esperado según la bibliografía, la mayoría de los cultivares de ciclo corto y medio, tuvieron reducciones en la materia seca de tallos comparables a la de los cultivares de ciclo largo, incluso la mayor reducción, fue obtenida en un cultivar de ciclo medio (L1701), (Cuadro N° 9).

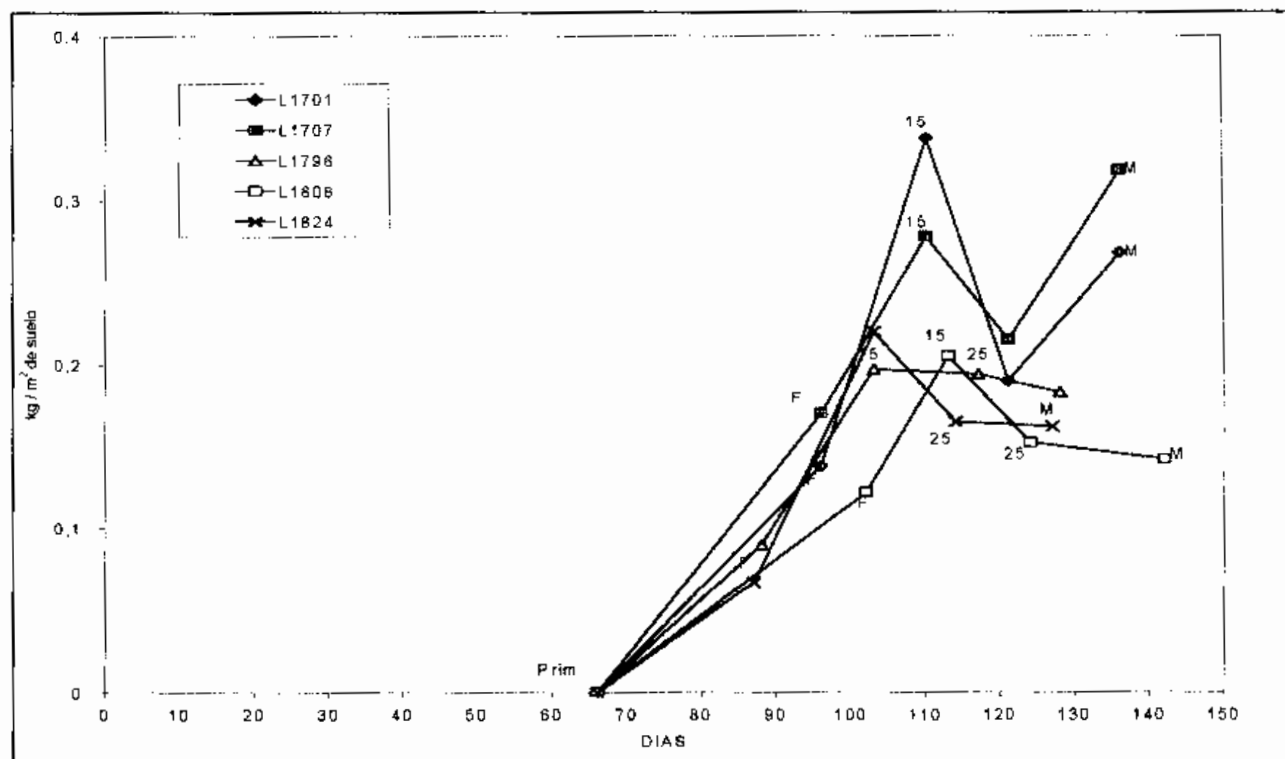


Figura Nº 10b: Evolución de materia seca de tallo de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824.

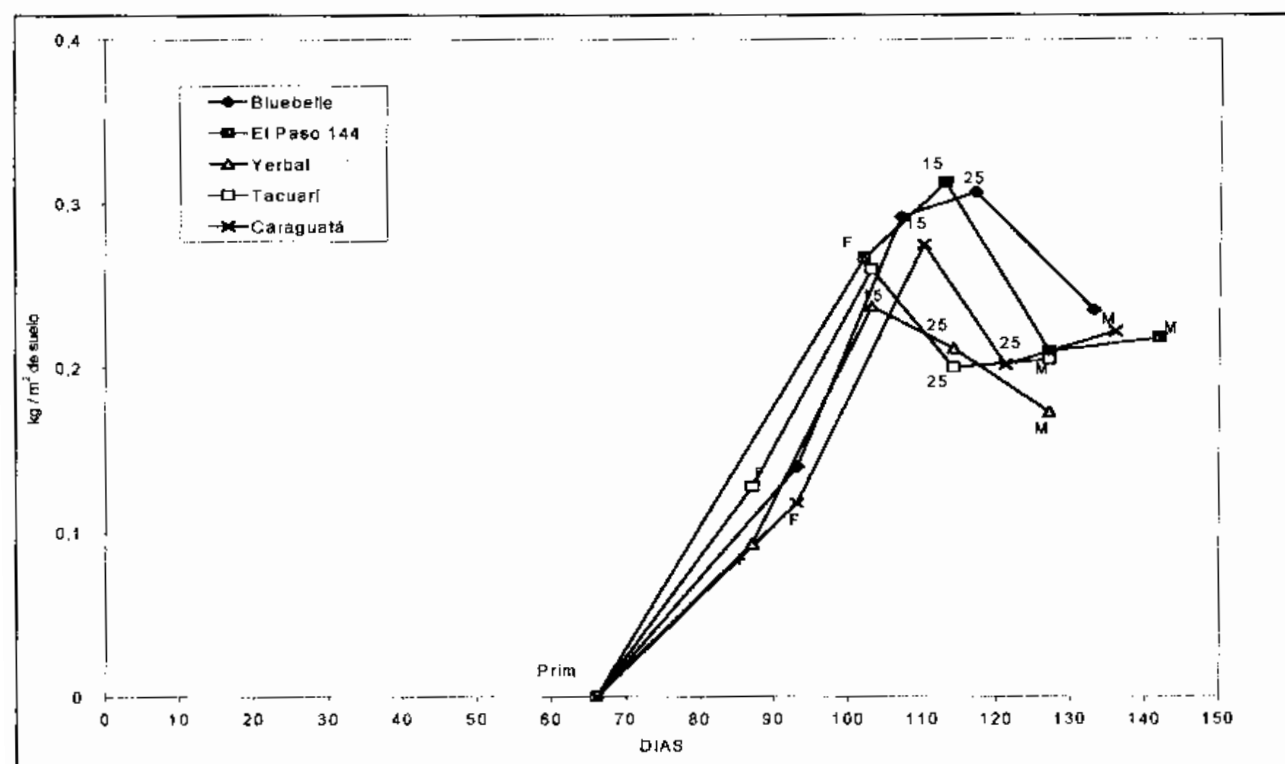


Figura Nº 10c: Evolución de materia seca tallo de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbai, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá.

Cuadro N° 9: Reducción de peso de tallos en el período de 15DPF a 25DPF (en %).

L1081	L933	L1119	L1415	L1130
16.3	32.6	38.1	22.6	33.3
L1701	L1707	L1796	L1808	L1824
43.8	22.7	1.5	25.9	25
Bluebelle	El Paso 144	INIA Yerbal	INIA Tacuarí	INIA Caraguatá
0	32.9	10.5	23.1	26.5

Nota: 15DPF = 15 días pos 50% de floración y 25DPF = 25 días pos 50% de floración.

e. Materia seca de panícula.

Efectos muy significativos, se encontraron en el análisis de varianza para las variables material, momento y su interacción. El coeficiente de variación fue de 21.59% y el valor de DMS de 0.15 kg de materia seca de panículas por metro cuadrado (Cuadro N° 10).

Cuadro N° 10: Evolución de la materia seca de panícula (kg/m² de suelo).

Material	50%F	15DPF	25DPF	Mad.	Media
L1081	0.072	0.230	0.610	0.862	0.444
L933	0.150	0.343	0.765	1.058	0.579
L1119	0.175	0.297	0.722	0.830	0.506
L1415	0.108	0.325	0.680	0.800	0.478
L1130	0.157	0.295	0.665	0.780	0.474
L1701	0.125	0.338	0.785	0.880	0.532
L1707	0.125	0.272	0.895	0.955	0.562
L1796	0.137	0.358	0.760	1.142	0.599
L1808	0.152	0.397	0.802	0.732	0.521
L1824	0.053	0.250	0.565	0.670	0.385
Bluebelle	0.113	0.245	0.770	0.675	0.451
El Paso 144	0.248	0.550	0.758	0.913	0.617
INIA Yerbal	0.115	0.410	0.670	0.875	0.516
INIA Tacuarí	0.153	0.430	0.735	0.987	0.576
INIA Caraguatá	0.130	0.262	0.648	0.830	0.468
Media	0.134	0.333	0.722	0.866	0.514
DMS.	0.078	0.143	0.181	0.216	
C.V. (%)	37.28	29.29	17.36	17.36	
P ≤ 0.05					
DMS = 0.153					

Nota: 50%F = 50% de floración, 15DPF = 15 días pos 50% de floración, 25DPF = 25 días pos 50% de floración y Mad = madurez fisiológica.

Se observaron dos tipos diferentes de comportamiento en el crecimiento de las panículas:

- una mayor tasa de acumulación de materia seca entre 50% de floración y 15 días pos 50% de floración, con tasas menores en posteriores periodos (El Paso 144), y
- una mayor tasa de acumulación de materia seca entre 15 y 25 días pos 50% de floración, que mostraron los demás cultivares.

El Paso 144, tuvo una tasa de crecimiento de panícula entre primordio y 50% de floración, más alta que para los demás materiales, excepto L1119 y para el período entre 50% de floración y 15 días pos 50% de floración, tuvo una tasa de crecimiento de panícula, significativamente superior a todos los materiales, excepto a L1808, INIA Yerbal e INIA Tacuarí (Figs. N° 11a, b y c).

Los materiales que presentaron los mayores valores de materia seca de panículas al final del ciclo (L1796, L1707 e INIA Tacuarí), también presentaron los mayores rendimientos, y los de menor acumulación de materia seca al final del ciclo (L1808, L1824 y Bluebelle), fueron a la vez los de menor rendimiento.

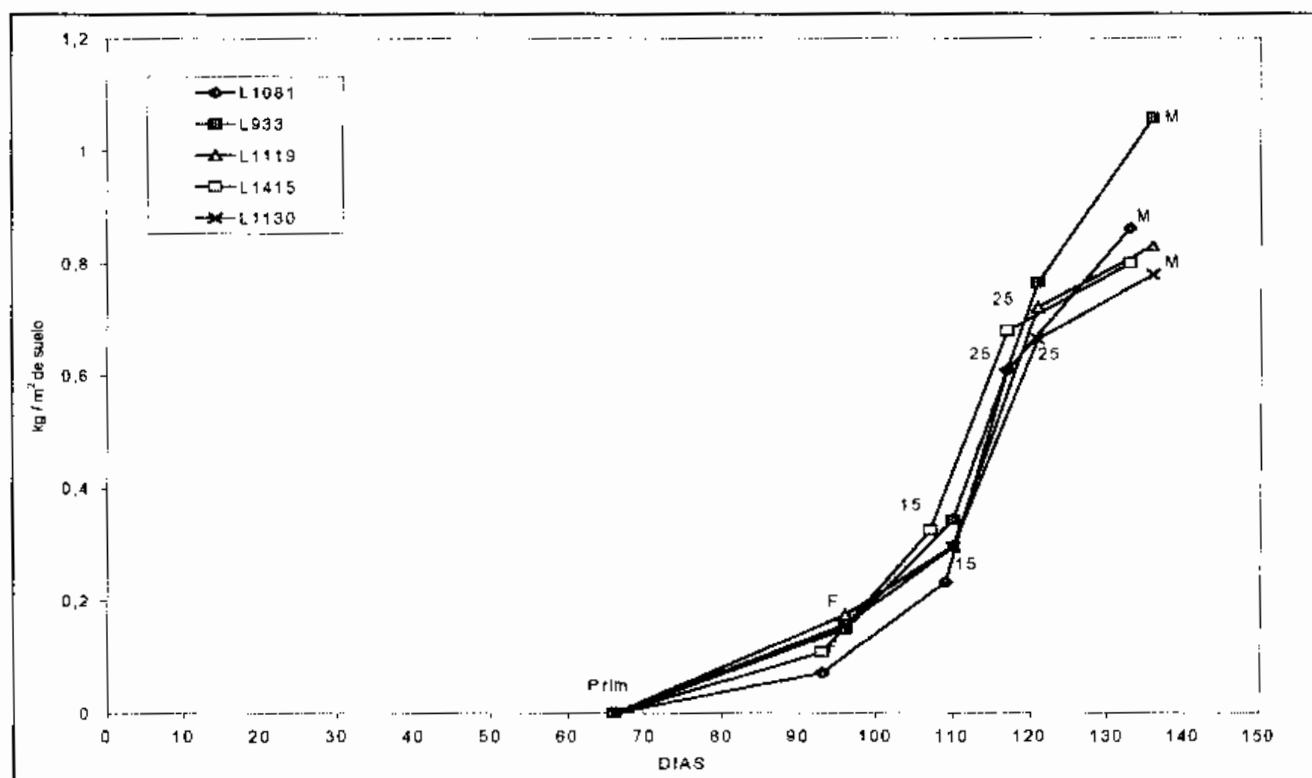


Figura N° 11a: Evolución de materia seca de panícula de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130.

Nota: Prim = primordio, F = 50% de floración, 15 = 15 días pos 50% de floración, 25 = 25 días pos 50% de floración y M = madurez fisiológica.

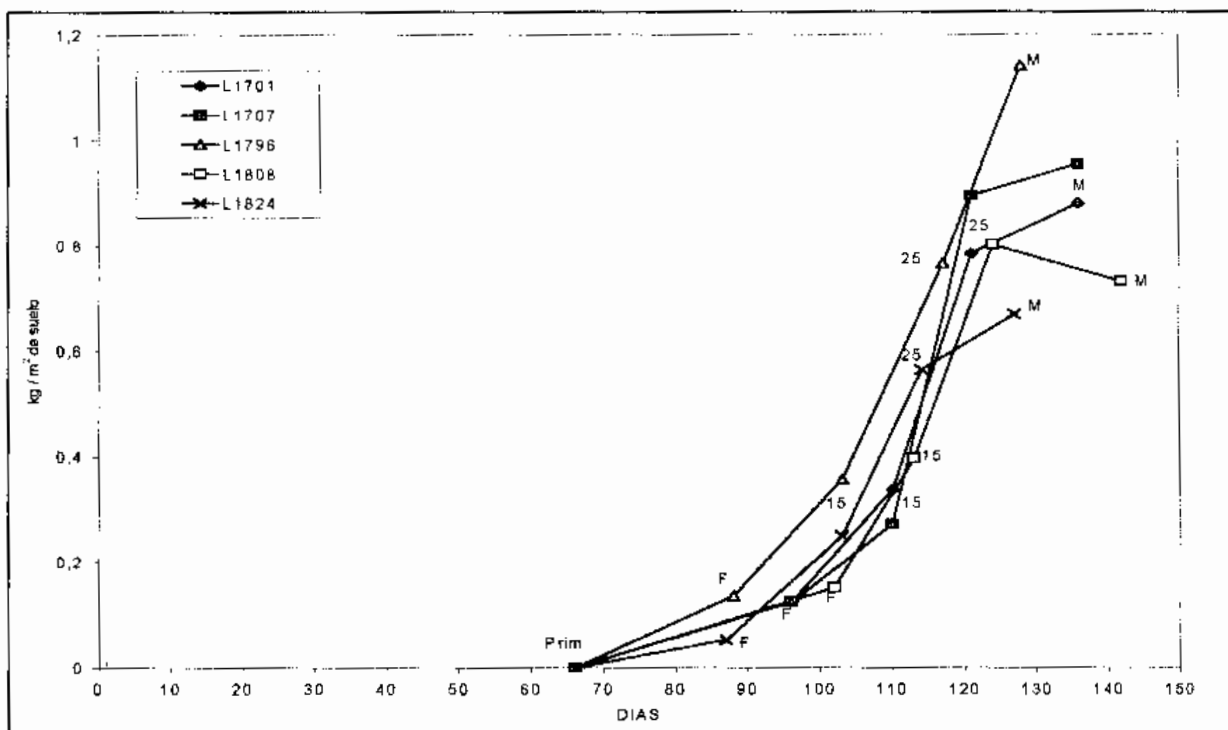


Figura N° 11b: Evolución de materia seca de panícula de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824.

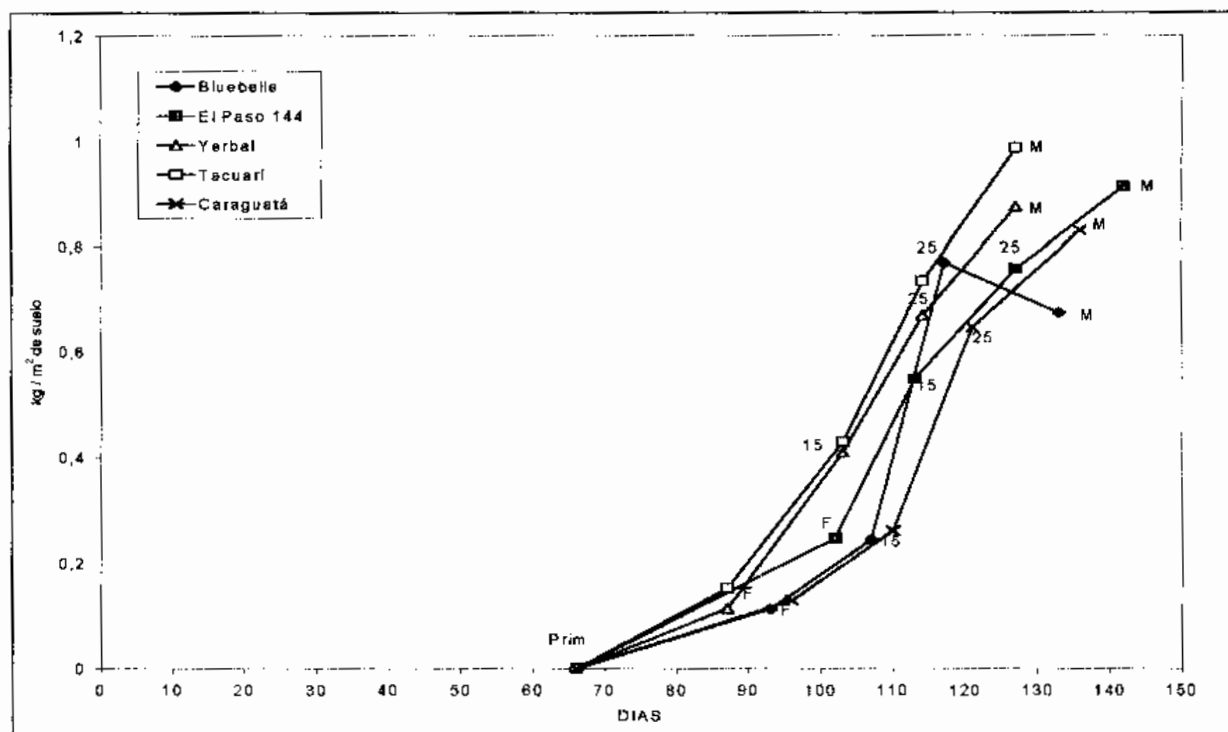


Figura N° 11c: Evolución de materia seca de panícula de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbai, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá.

6. Evolución del peso específico de hoja (PEH).

Hubo diferencias muy significativas para material, momento y la interacción de ambos, siendo el coeficiente de variación de 10.69% y el valor de DMS de 7.11 g de materia seca de lámina por metro cuadrado de lámina (Cuadro N° 11).

Cuadro N° 11: Evolución del peso específico de hoja (g/m² hoja)

Material	M.Tardío	Prim.	50%F	15DPF	25DPF	Media
L1081	39.50	41.75	51.75	52.25	55.00	48.05
L933	41.00	44.25	49.25	56.00	55.75	49.25
L1119	39.25	39.75	51.50	51.50	50.25	46.45
L1415	38.00	41.00	47.50	50.00	65.00	48.30
L1130	41.00	39.00	47.75	53.00	52.00	46.55
L1701	37.25	39.25	46.50	55.00	56.00	46.80
L1707	37.50	38.75	47.50	51.25	52.00	45.40
L1796	36.00	38.00	43.75	45.50	45.00	41.65
L1808	38.50	38.75	50.00	58.50	69.00	50.95
L1824	43.00	49.50	59.00	56.75	64.50	54.55
Bluebelle	39.50	46.25	52.75	59.00	66.00	52.70
I Paso 144	30.00	38.25	42.75	49.75	53.00	42.75
INIA Yerbai	40.75	46.25	49.00	53.25	58.50	49.55
INIA Tacuarí	42.00	45.00	39.00	49.00	53.50	45.70
INIA Caraguatá	39.00	39.50	50.00	49.50	51.25	45.85
MEDIA	38.82	41.68	48.53	52.68	57.05	47.75
DMS.	6.51	4.34	6.59	6.92	11.03	
C.V. (%)	11.75	7.27	9.52	9.21	13.69	
P ≤ 0.05						
DMS = 7.11						

Nota: MTardío = macollaje tardío, Prim = primordio, 50%F = 50% de floración, 15DPF = 15 días pos 50% de floración y 25DPF = 25 días pos 50% de floración.

La tendencia general, fue al aumento del peso específico de hoja hacia finales de ciclo, pero este comportamiento se ve más acentuado en algunos materiales que en otros, sin embargo la TAN cae hacia finales del mismo, causado mas que nada por el envejecimiento de los tejidos, crecimiento de órganos poco productivos desde el punto de vista fotosintético y sombreado de hoja. Sin embargo, el PEH en primordio, mostró una correlación alta, positiva y significativa ($r=0.94$) con la TAN en el período emergencia - primordio; la correlación entre PEH en 50% de floración y TAN en el período de primordio - 50% de floración fue menor, pero igualmente positiva y significativa ($r=0.60$) (Apéndice, figs. N° 1 y 2). Esto sugiere que, mientras el cultivo no intercepta la mayor parte de la radiación solar, el PEH tiene mucho peso en la determinación de los valores de la TAN, luego, pasan a tener más importancia otros factores como la distribución de la luz en la canopia.

El Paso 144, fue significativamente inferior a todos los materiales en macollaje, excepto a L1796. El material L1796, se mantuvo al final del ranking en todos los momentos considerados, mientras que los materiales L1824 y Bluebelle mostraron valores altos de peso específico de hoja en casi todos los momentos (Cuadro N° 11).

De acuerdo a la bibliografía, el PEH puede ser considerado como un indicador de la eficiencia fotosintética de las hojas, ya que en general, las hojas de mayor espesor, son también las de mayor tasa fotosintética por unidad de hoja. Esta afirmación, se vio confirmada en la línea L1824, que tuvo una de las mayores relaciones fosa - fuente y la mayor TAN promedio de todo el ciclo; sin embargo, no ocurrió lo mismo con L1796 que teniendo bajos valores de PEH, tuvo el mayor rendimiento y altos valores de TAN en llenado de grano, y en el cultivar Bluebelle, que teniendo altos valores de PEH, no mostró las mejores relaciones fosa - fuente. Estos hechos, quizás estén demostrando que, además del PEH, la arquitectura de planta esté siendo determinante en la eficiencia fotosintética.

7. Evolución de la tasa de crecimiento del cultivo (TCC).

Para las variables material y momento, se encontraron efectos muy significativos, mientras que para la interacción de ambos, el efecto fue significativo. El coeficiente de variación fue de 114.67% y el valor de DMS de 25.15 g de materia seca total por metro cuadrado por día. Dado este alto valor de coeficiente de variación, como los de los análisis realizados por momentos, es difícil marcar efectos significativos entre los materiales, por lo que se describen tendencias principales.

Se observan dos comportamientos marcadamente diferentes (Cuadro N° 12):

- a) Altas tasas de crecimiento al comienzo del ciclo y hasta 50% de floración, disminuyendo en la etapa de llenado temprano y llegando a valores negativos en las etapas más avanzadas, representado por El Paso 144. Las altas tasas del primer período, se basan, principalmente, en un importante incremento del IAF, debido a una alta tasa de macollaje hasta el fin de la etapa vegetativa y a un alto número de tallos posteriormente.
- b) Tasas más bajas al comienzo del ciclo y hasta 50% de floración, a partir del cual existe una evolución diferencial según los materiales de las TCC hasta madurez fisiológica, pero siempre con tasas más altas que El Paso 144, representado por el resto de los materiales. Un comportamiento interesante, es el manifestado por L1796, que mantiene altas tasas a partir de primordio y hasta madurez fisiológica.

Según la bibliografía, la TCC media esta inversamente relacionada con el largo del ciclo; esto no se cumple para la totalidad de los materiales, INIA Yerbal y L1824, ambos materiales de ciclo corto, tienen valores bajos de TCC, El Paso 144, de ciclo largo, tiene un valor similar que INIA Yerbal, de ciclo corto, y la mayor TCC la obtuvo el cultivar L933, de ciclo medio (Cuadro N° 13).

Cuadro N° 12: Tasa de crecimiento del cultivo (TCC) en los diferentes períodos (g/m² de suelo/día).

Material	E. - Prim	Prim. - 50%F	50%F - 15D	15D - 25D	25D - Mad.	Media
L1081	4.31	17.62	36.05	36.39	-2.03	18.47
L933	4.75	26.30	17.37	11.26	24.12	16.76
L1119	4.90	28.17	14.46	15.84	12.18	15.11
L1415	5.51	18.85	31.30	30.29	-6.27	15.94
L1130	4.03	24.72	19.91	17.01	3.35	13.80
L1701	5.26	18.41	35.23	20.27	6.78	17.19
L1707	5.54	18.81	22.81	35.48	8.39	18.20
L1796	4.40	21.42	22.91	32.84	26.54	21.62
L1808	3.45	22.44	20.40	23.35	-14.12	11.10
L1824	4.31	11.70	30.78	12.35	-0.86	11.66
Bluebelle	5.82	19.73	23.46	63.49	-32.44	16.01
El Paso 144	6.33	33.99	8.86	-0.03	-2.09	9.41
INIA Yerbál	5.31	24.35	26.74	22.15	-4.79	14.75
INIA Tacuarí	4.76	23.26	32.00	21.91	8.02	17.99
INIA Caraguatá	4.14	17.41	21.35	25.22	8.71	15.36
Media	4.85	21.81	24.24	24.52	2.37	15.56
DMS.	1.58	10.21	23.63	40.03	25.6	
C.V. (%)	22.83	32.80	68.31	148.78	723.60	
P ≤ 0.05						
DMS = 25.15						

Nota: E = emergencia, Prim = primordio, 50%F = 50% de floración, 15D = 15 días pos 50% de floración, 25D = 25 días pos 50% de floración y Mad = madurez fisiológica.

Cuadro N° 13: Tasa de crecimiento del cultivo promedio ponderada por tiempo (g/m² de suelo/día).

TCC*	L1081	L933	L1119	L1415	L1130
	12.49	15.51	13.19	11.75	11.66
TCC*	L1701	L1707	L1796	L1808	L1824
	13.09	14.63	14.45	9.21	9.54
TCC*	Bluebelle	El Paso 144	INIA Yerbál	INIA Tacuarí	INIA Caraguatá
	10.52	12.36	12.00	13.63	11.48

(*): ponderada por la duración de cada período.

8. Evolución de la tasa de asimilación neta (TAN).

Fueron muy significativos los efectos de material y momento, no así, el efecto de la interacción de ambos. El coeficiente de variación fue de 70.25% y el valor de DMS de 5.14 g/m² de lámina/día.

Es interesante señalar, que la línea 1824 tiene el mayor valor de TAN para todos los períodos salvo en el período de 50% de floración a 15 días pos 50% de floración, donde presenta uno de los menores valores de TAN y el mayor aumento del IAF (Cuadro N° 14). Considerando que el PEH siempre fue el más alto, o uno de los más altos en los diferentes momentos, sin embargo la TAN es baja cuando el IAF llega al máximo, los valores de TAN parecen estar más influenciados por bajos valores de IAF y la distribución de la luz en la canopia, que por el PEH.

Cuadro N° 14: Tasa de asimilación neta (TAN) en los diferentes períodos (g/m² de hoja/día).

Material	Em. - Prim.	Prim. - 50%F	50%F - 15D	15D - 25D	Media
L1081	5.29	6.21	3.15	3.92	4.64
L933	5.56	5.33	2.91	6.44	5.06
L1119	5.23	7.27	1.43	2.58	4.13
L1415	5.49	5.33	3.42	7.40	5.41
L1130	4.67	6.68	3.84	1.13	4.08
L1701	4.99	5.43	3.72	7.56	5.42
L1707	4.93	5.75	3.85	4.32	4.71
L1796	4.97	6.32	3.19	7.94	5.60
L1808	5.54	6.53	5.97	5.58	5.90
L1824	7.29	8.95	2.95	11.13	7.58
Bluebelle	6.51	6.40	6.78	3.26	5.74
El Paso 144	4.86	5.11	3.27	-0.78	3.12
INIA Yerbál	6.27	6.61	7.13	1.67	5.42
INIA Tacuarí	6.34	6.57	5.49	4.68	5.77
INIA Caraguatá	5.10	6.95	3.59	7.30	5.73
Media	5.54	6.36	4.04	4.94	5.22
DMS.	0.87	1.48	4.50	8.47	
C. V. (%)	11.04	16.28	78.01	119.33	
P ≤ 0.05					
DMS = 5.14					

Nota: Em = emergencia, Prim = primordio, 50%F = 50% de floración, 15D = 15 días pos 50% de floración y 25D = 25 días pos 50% de floración.

Si bien no hay diferencias significativas con muchos materiales, El Paso 144 siempre presenta valores de TAN en el extremo inferior del ranking. En el período de emergencia a primordio, el bajo valor de TAN, estaría explicado, principalmente por un bajo PEH; en el período de primordio a 50% de floración, el bajo valor de TAN siguió siendo explicado, por un bajo PEH y un probable aumento excesivo del IAF, principalmente en la última etapa de este período. Durante el llenado de grano, el envejecimiento y posterior senescencia de una importante área foliar, determinan muy bajos (incluso negativos) valores de TAN.

Al analizar la TAN promedio del ciclo de crecimiento de todos los materiales, se encontró, que no hubo una relación directa entre TAN y rendimiento, incluso materiales como Bluebelle y L1824, que presentaron los mayores valores de TAN promedio, fueron los de menor rendimiento, y L1701 y L1707 que tuvieron muy altos rendimientos, mostraron de las más bajas TAN promedio (Cuadro N° 15).

Cuadro N° 15: Tasa de asimilación neta promedio ponderada por tiempo (g/m ² de hoja/día).					
TAN*	L1081	LL933	L1119	L1415	L1130
	5.10	5.26	5.04	5.41	4.76
TAN*	L1701	L1707	L1796	L1808	L1824
	4.95	4.95	5.38	5.84	7.36
TAN*	Bluebelle	El Paso 144	INIA Yerbal	INIA Tacuarí	INIA Caraguatá
	6.22	4.13	5.99	6.09	5.62
(*): ponderada por la duración de cada período.					

9. Evolución de la tasa de crecimiento de la panícula (TCP).

Se observaron efectos muy significativos para material, momento y la interacción de ambos; el coeficiente de variación es de 64.65% y el DMS de 18.19 g por metro cuadrado por día (Cuadro N° 16).

La tendencia general, fue a darse las mayores tasas de crecimiento de panícula, en el período comprendido entre 15 y 25 días pos 50% de floración, salvo El Paso 144, que tiene la mayor tasa de crecimiento entre 50% de floración y 15 días pos 50% de floración. Esto confirma lo obtenido por García y Pintos (1997), de que los cultivares de ciclo largo, tenían mayores tasas de crecimiento de panícula, en los primeros períodos del llenado.

Cuadro N° 16: Tasa de crecimiento de panícula (TCP) en los diferentes períodos (g/m ² de suelo/día).				
Material	50%F - 15D	15D - 25D	25D - Mad.	Media
L1081	11.59	37.53	15.94	21.69
L933	11.22	32.96	19.26	21.15
L1119	8.66	38.83	7.05	18.18
L1415	15.46	35.47	7.41	19.45
L1130	14.17	34.00	7.33	18.50
L1701	15.20	40.62	6.21	20.68
L1707	11.29	47.03	3.85	20.72
L1796	14.51	35.86	24.42	24.93
L1808	22.37	29.01	-4.84	15.51
L1824	12.39	28.54	8.18	16.37
Bluebelle	9.34	52.84	-6.09	18.70
El Paso 144	27.53	14.63	10.42	17.53
INIA Yerbal	18.48	23.60	15.59	19.22
INIA Tacuarí	17.46	27.89	19.11	21.49
INIA Caraguatá	9.57	34.89	12.05	18.84
Media	14.62	34.25	9.73	19.53
DMS.	10.35	22.77	17.05	
C.V. (%)	49.61	46.60	122.85	
P ≤ 0.05				
DMS = 18.19				

Nota: 50%F = 50% de floración, 15D = 15 días pos 50% de floración, 25D = 25 días pos 50% de floración y Mad = madurez fisiológica.

La bibliografía reporta, que la contribución del almacenamiento prefloración al rendimiento, es mayor en una variedad de ciclo largo y esta remobilización comienza aproximadamente una semana luego de la anthesis, representando el doble de la tasa de incremento del total de materia seca.

Sin embargo, en El Paso 144 (ciclo largo), el aporte de reservas prefloración al crecimiento de la panícula, no estuvo acotado solamente a la primera etapa del llenado de grano, sino que contribuyó al mismo en posteriores momentos y de forma casi exclusiva. Corroborando lo mencionado por la bibliografía para este tipo de materiales, la TCP del período de 50% de floración a 15 días pos 50% de floración, fue el triple de la TCC (27.53 y 8.86 g/m² de suelo/día respectivamente), o sea, que la tasa de movilización de reservas, fue el doble de la TCC (Fig. N° 12).

Un comportamiento, radicalmente opuesto al citado, presentó la línea 1796. Este material, tuvo tasas de crecimiento de la panícula y del cultivo iguales entre sí durante todo el período de llenado, demostrando la escasa contribución de reservas prefloración, al llenado de la panícula (Fig. N° 13).

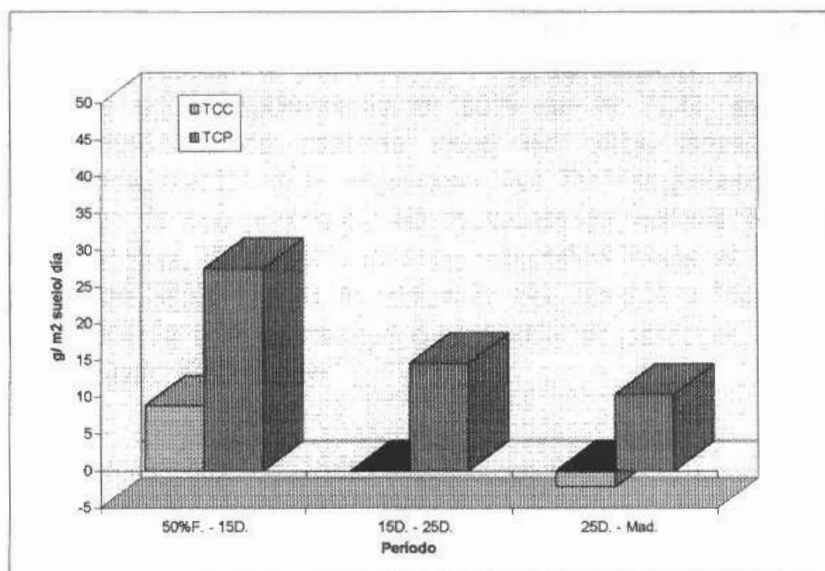


Figura N° 12: Tasa de crecimiento del cultivo y panícula de El Paso 144 en la etapa de llenado de grano.

Nota: 50%F = 50% de floración, 15D = 15 días pos 50% de floración, 25D = 25 días pos 50% de floración y Mad = madurez fisiológica.

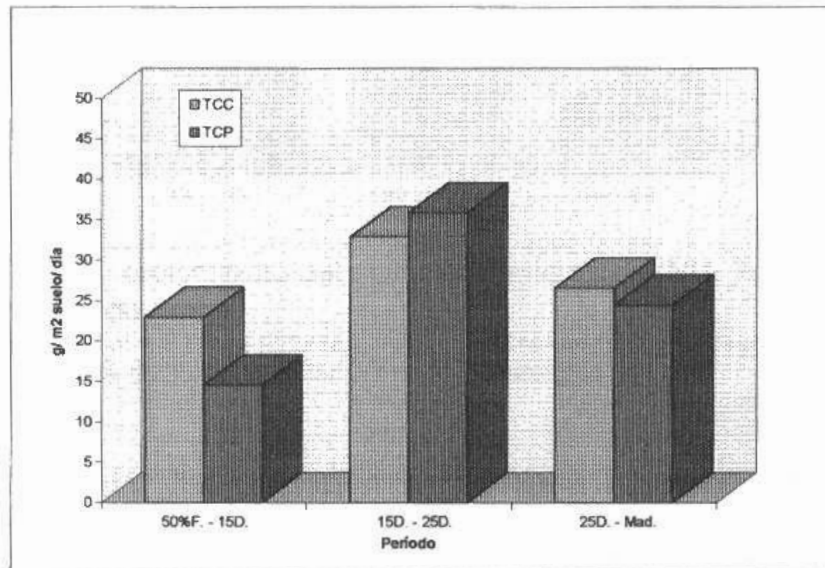


Figura N° 13: Tasa de crecimiento del cultivo y panícula de L1796 en la etapa de llenado de grano.

Nota: 50%F = 50% de floración, 15D = 15 días pos 50% de floración, 25D = 25 días pos 50% de floración y Mad = madurez fisiológica.

Por otro lado, INIA Tacuarí, un cultivar de ciclo corto, presentó una tendencia distinta a las mencionadas. En el período de 50% de floración a 15 días pos 50% de floración, la TCP fue aproximadamente el 50% de la TCC, evidenciando esto, la ocurrencia de acumulación de materia seca en otros órganos. En posteriores momentos, y en contraposición a lo esperado, las TCP superaron a las TCC, por lo que esto hace suponer, la ocurrencia de acumulación de materia seca en las panículas sobre la base de reservas, fenómeno que se magnificó hacia el final del llenado (Fig. N° 14). Esto apoya, de algún modo, lo obtenido por García y Pintos (1997), según lo cual INIA Tacuarí, tendría una estrategia de llenado de panícula, con tasas más altas hacia la mitad del período de llenado.

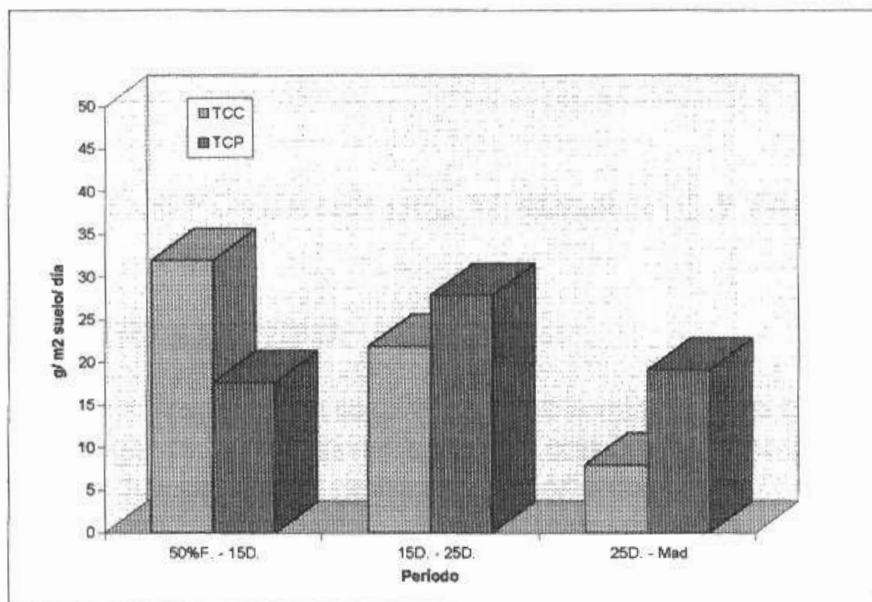


Figura N° 14: Tasa de crecimiento del cultivo y panícula de INIA Tacuarí en la etapa de llenado de grano.

Nota: 50%F = 50% de floración, 15D = 15 días pos 50% de floración, 25D = 25 días pos 50% de floración y Mad = madurez fisiológica.

No se encontró una asociación clara entre la TCP promedio y el rendimiento en todos los materiales, a excepción de L1796, INIA Tacuarí y L1701 que se ubicaron en el grupo de mayores rendimientos y tuvieron algunas de las mayores TCP promedio, y los materiales L1824, Bluebelle y L1808 que coincidieron en tener los menores rendimientos del ensayo y las menores TCP promedio (Cuadro N° 17).

Cuadro N° 17: Tasa de crecimiento de panícula promedio ponderada por tiempo (g/m² de suelo/día).

TCP*	L1081 18.52	L933 20.21	L1119 16.35	L1415 17.24	L1130 17.06
TCP*	L1701 18.82	L1707 18.33	L1796 24.71	L1808 11.95	L1824 15.46
TCP*	Bluebelle 14.04	El Paso 144 16.60	INIA Yerbal 18.95	INIA Tacuarí 20.87	INIA Caraguatá 17.46

(*): ponderada por la duración de cada período.

B. RENDIMIENTO, COMPONENTES DEL RENDIMIENTO Y FACTORES QUE LO AFECTAN.

1. Factores climáticos y externos.

En la etapa de llenado, no existieron problemas de tipo climático que puedan afectar de forma negativa a los rendimientos, como por ejemplo, vientos fuertes, tormentas o granizos que provocan desgrane importante.

La presencia o no de bajas temperaturas, y su posible influencia en el rendimiento, es discutida en el apartado de componentes del rendimiento, en referencia a esterilidad.

La presencia de pájaros y/o desgrane, sobre el final del llenado de grano, posiblemente afectó el componente peso de panícula de la materia seca, que, como ya fue mencionado, fue medido a través de las determinaciones realizadas en poscosecha. Los materiales más afectados por estos problemas, serían Bluebelle y L1808.

No hubo problemas de enfermedades ni de insectos plaga, que pudieran provocar mermas en rendimiento o calidad.

Es importante destacar que, la heliofanía, en la mayor parte del período de llenado de grano, presentó valores superiores al promedio de la última serie histórica, y seguramente, tuvo una poderosa influencia en el nivel general de los rendimientos obtenidos en el ensayo (Fig N° 15).

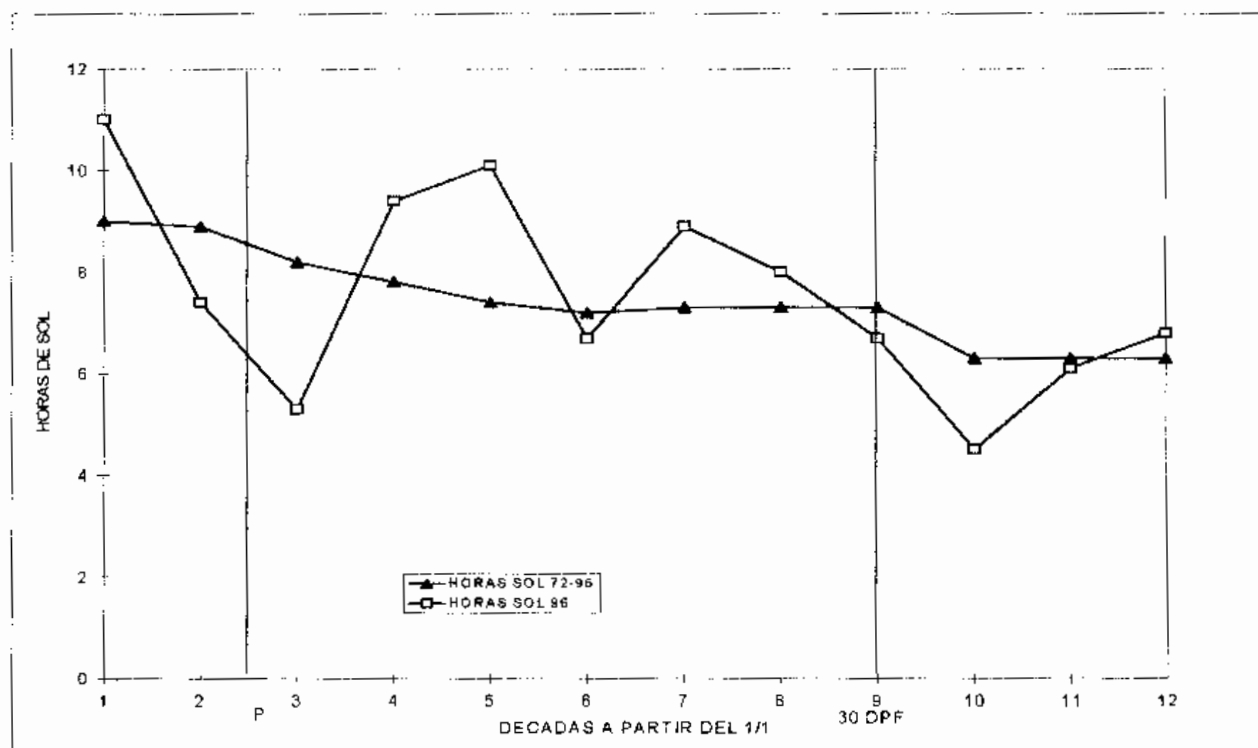


Figura N° 15: Heliofania en los meses de enero, febrero, marzo y abril para el año 1996 y la serie histórica 72 - 96.

Nota: P = primordio y 30DPF = 30 días pos 50% de floración

2. Rendimiento.

Se hallaron diferencias muy significativas entre materiales, con un coeficiente de variación de 5.55% y una DMS de 679.9 kg por hectárea (Fig. N° 16 y Cuadro N° 18).

Se agruparon los materiales en dos categorías de rendimiento, rendimientos superiores e inferiores. Los materiales que entran en cada categoría, son los que a continuación se detallan:

- a) rendimientos superiores: L1796, L1707, INIA Tacuarí, L1119, INIA Caraguatá L1701, L933, L1130 y El Paso 144.
- b) rendimientos inferiores: L1081, L1415, INIA Yermal, L1824, Bluebelle y L1808.

Para la primer categoría, el rango de rendimientos va de 8700 a 10500 kg/ha, mientras que para la segunda, va desde 7000 a 8000 kg/ha.

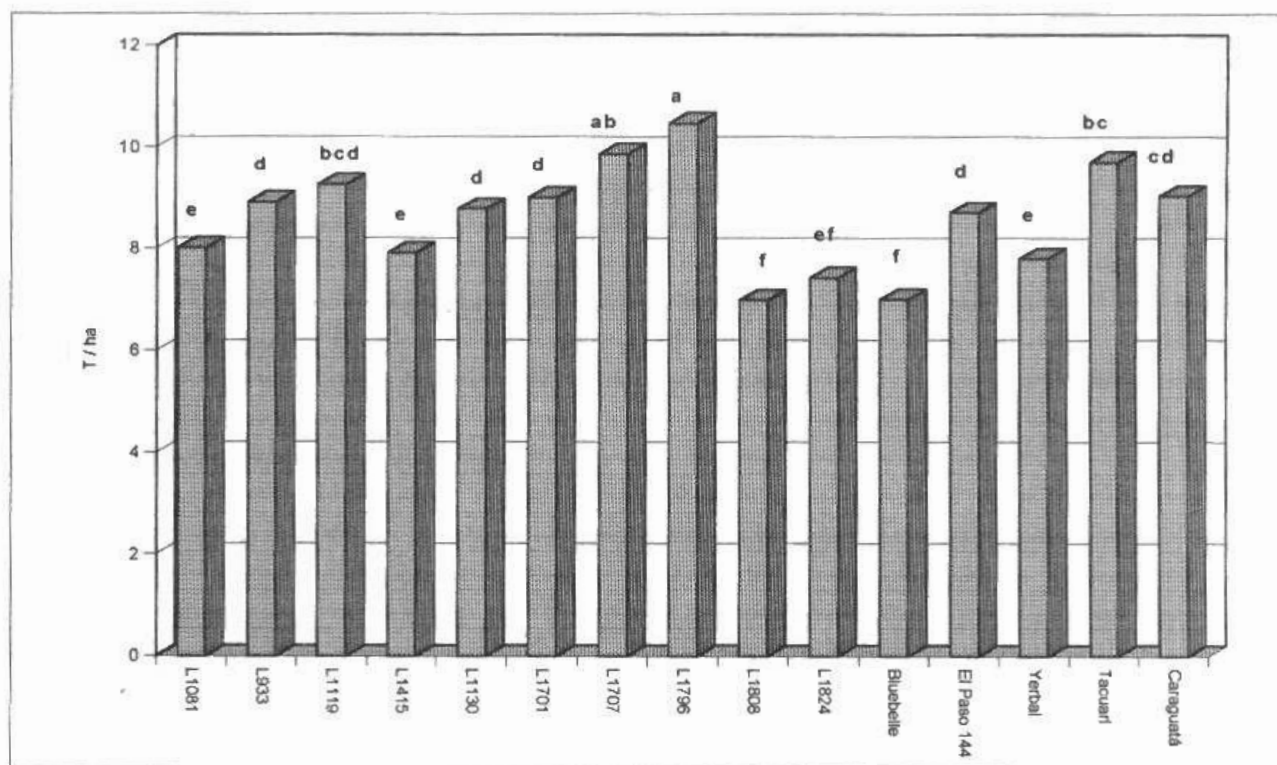


Figura N° 16: Rendimiento.

Cuadro N° 18: Rendimiento (t/ha).

L1081	L933	L1119	L1415	L1130
8.015	8.918	9.256	7.922	8.777
L1701	L1707	L1796	L1808	L1824
8.995	9.864	10.470	6.987	7.427
Bluebelle	El Paso 144	INIA Yerbali	INIA Tacuarí	INIA Caraguatá
6.996	8.710	7.814	9.708	9.044
C.V. (%) = 5.55				
P ≤ 0.05				
DMS = 0.680				

De acuerdo a la bibliografía consultada, se sabe que existe una proporción del rendimiento, proveniente de reservas de tallos y vainas básicamente, aunque también las láminas, traslocan hacia la panícula reservas momentáneas de almidón y los componentes del protoplasma, cuando ocurre la senescencia. El peso relativo de dichas reservas en el rendimiento, cambia con el largo del ciclo, siendo mayor, generalmente, en los materiales de ciclo largo.

En las figuras N° 17a, b y c, se observa la disminución de la materia seca de los tallos, vainas y láminas en el período de llenado, como porcentaje de los rendimientos. Estos valores, dan sólo una idea de la contribución potencial de estos órganos al rendimiento en grano, ya que como no se efectuó la marcación de carbono, no es posible determinar con exactitud, la contribución de la materia seca de los mismos al rendimiento.

En términos generales, la mayor parte de la removilización de reservas prefloración hacia la panícula, se dio en el período de 15 a 25 días pos 50% de floración, ya que en dicho período, la TCP supera a la TCC, salvo en El Paso 144, que parece presentar también un importante nivel de removilización de reservas, en el primer período de llenado de grano.

El peso relativo de las reservas en el rendimiento, siguió, en términos generales, la tendencia esperada de acuerdo a lo reportado por la bibliografía, salvo algunas excepciones. Por ejemplo, Bluebelle, de ciclo medio, tuvo un peso relativo de reservas, similar al de L1808, que es de ciclo largo (Fig. N° 17a, b y c).

Se destaca el comportamiento de El Paso 144 (ciclo largo), que pudo tener una proporción muy importante de su rendimiento sobre la base de reservas, (la disminución de la materia seca de vainas, tallos y láminas fue de 74%), y por otro lado, la escasa importancia de las mismas en L1796 (ciclo corto), y L1707 (ciclo medio), con disminuciones de estos componentes de 12%.

Del trabajo de Ferreira y Montauban (1998), se sabe que El Paso 144, sembrado en octubre y noviembre (siembras normales), se comporta con buena estabilidad de los rendimientos a lo largo de varios años. Dicha estabilidad, puede estar dada, por la presencia de un volumen importante de reservas que es traslocado hacia el grano. En cambio, L1796, produce los fotoasimilados para rendimiento solo en llenado de grano. Estos hechos determinarían, que en El Paso 144, el período en que se sintetiza la materia seca para el rendimiento en grano, es mas largo que en L1796.

Por otro lado, INIA Tacuarí, parece tener un peso relativo de las reservas interesante, para ser un cultivar de ciclo corto, reuniendo en cierta forma en una misma planta, las ventajas de materiales de ciclo largo y corto. L1824 e INIA Yermal, tienen un comportamiento también interesante en cuanto al potencial de reservas, pero con un rendimiento inferior al de INIA Tacuarí.

Las líneas L1707 y L1701, tienen un alto grado de parentesco, lo que se vio reflejado en la evolución de sus crecimientos. Hasta 50% de floración, ambos tienen iguales TCC, debido a que tienen muy similares valores de IAF y TAN. Desde aquí en adelante, L1707 tiene una mayor acumulación de materia seca total y en la panícula que L1701, lo que determina, una diferencia de rendimiento de 869 kg/ha a favor de L1707. La composición de los rendimientos de estos materiales, estaría basado en diferentes estrategias. En el caso de L1707, el aporte de la fotosíntesis en curso

durante el llenado de grano es de fundamental importancia, ya que al menos el 88% del rendimiento, es explicado por el mismo, mientras que, en L1701, el aporte es al menos de 67% (Fig. N° 17b).

De forma similar a los anteriores, las líneas L1119 y L1130, también tienen un alto grado de parentesco. Estos materiales, presentan TCC muy similares durante todo el ciclo, dadas por valores de IAF muy similares hasta 50% de floración, a partir del cual, los valores de L1119 fueron superiores, aunque no significativos, siendo las TAN muy similares durante todo el ciclo. Sin embargo, L1119, rindió aproximadamente unos 500 kg/ha más que L1130. Esta diferencia, puede deberse a un mayor porcentaje de traslocación en L1119, a partir de igual nivel de reservas potenciales en ambos materiales. Al observar las TCC y TCP para el período 15 a 25 días pos floración en estos materiales, (período en que se dieron los mayores tasas de removilización de reservas), se observa, que las mayores diferencias entre ambas tasas, ocurrieron en L1119 (Cuadros N° 12 y 16).

L933, es un material de ciclo medio, que acumula la mayor cantidad de materia seca del ensayo y presenta el menor índice de cosecha (44%), pero que de todas formas, se ubica dentro del grupo de mayor rendimiento. A pesar de tener un bajo rendimiento potencial, el rendimiento real es alto, debido a que el porcentaje de esterilidad es bajo (13.6%). El alto valor final de materia seca total, el cual explica el alto rendimiento de este material, está basado en una acumulación continua de materia seca desde 50% de floración y hasta fin del ciclo, a partir de un IAF alto y eficiente. Esta acumulación de materia seca, correspondió fundamentalmente a las panículas, ya que los demás componentes de la materia seca descienden, luego de 50% de floración, excepto la materia seca de tallos, que aumenta en el primer y último tercio del llenado de grano. Sumado a estos hechos, L933 parece hacer un eficiente uso de las reservas potenciales; de un 30% de reservas potenciales como porcentaje del rendimiento que es lo que podría traslocar, parece haberlo hecho aproximadamente en un 80% (datos extraídos de la comparación de las tasas de crecimiento de cultivo y de panícula para el período de 15 a 25 días pos floración y de la estimación del volumen potencial de reservas).

INIA Caraguatá, es un cultivar de ciclo medio, que hace una baja acumulación de materia seca total, pero por su alto índice de cosecha (62%), se encuentra entre los materiales de rendimiento superior. Si bien su rendimiento potencial es intermedio, el bajo porcentaje de esterilidad que presenta (14.3%), determina que logre un alto rendimiento. Este bajo valor de esterilidad, indicaría que la fosa, pudo haber limitado el rendimiento.

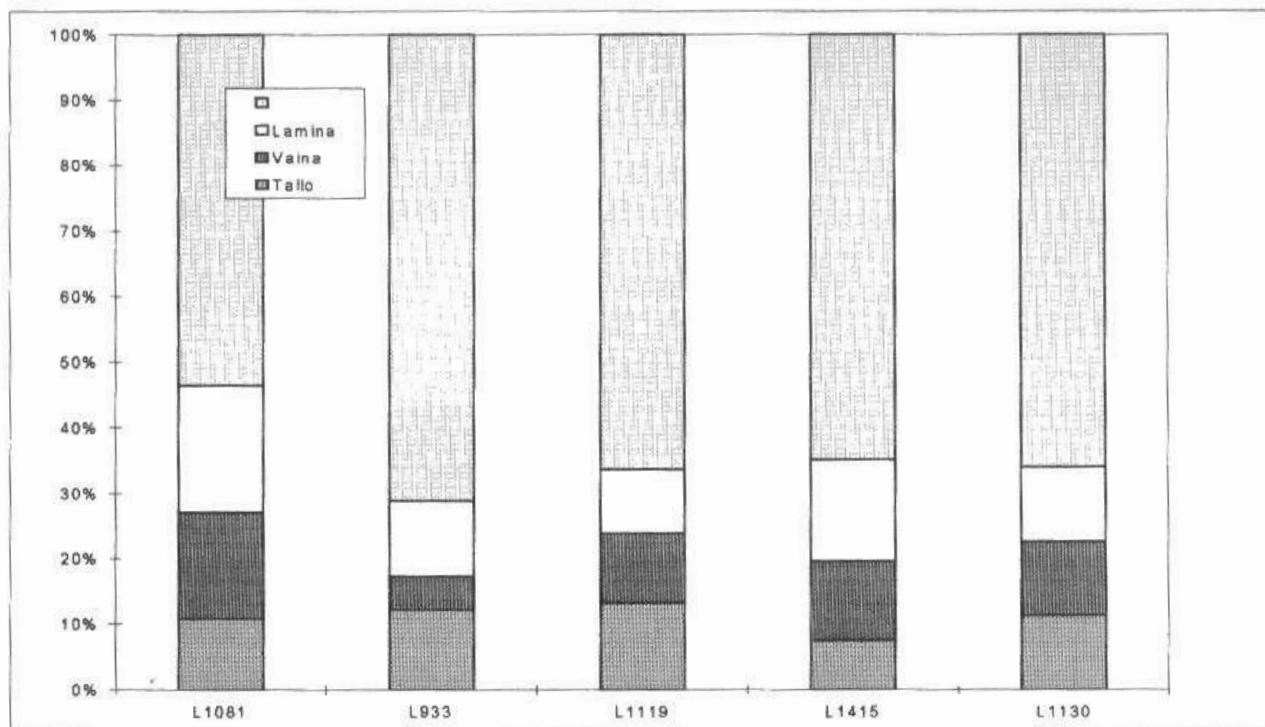


Figura N° 17a: Pérdida de peso de la materia seca de láminas, vainas y tallos en la etapa de llenado de grano de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130, expresadas como porcentaje de sus rendimientos.

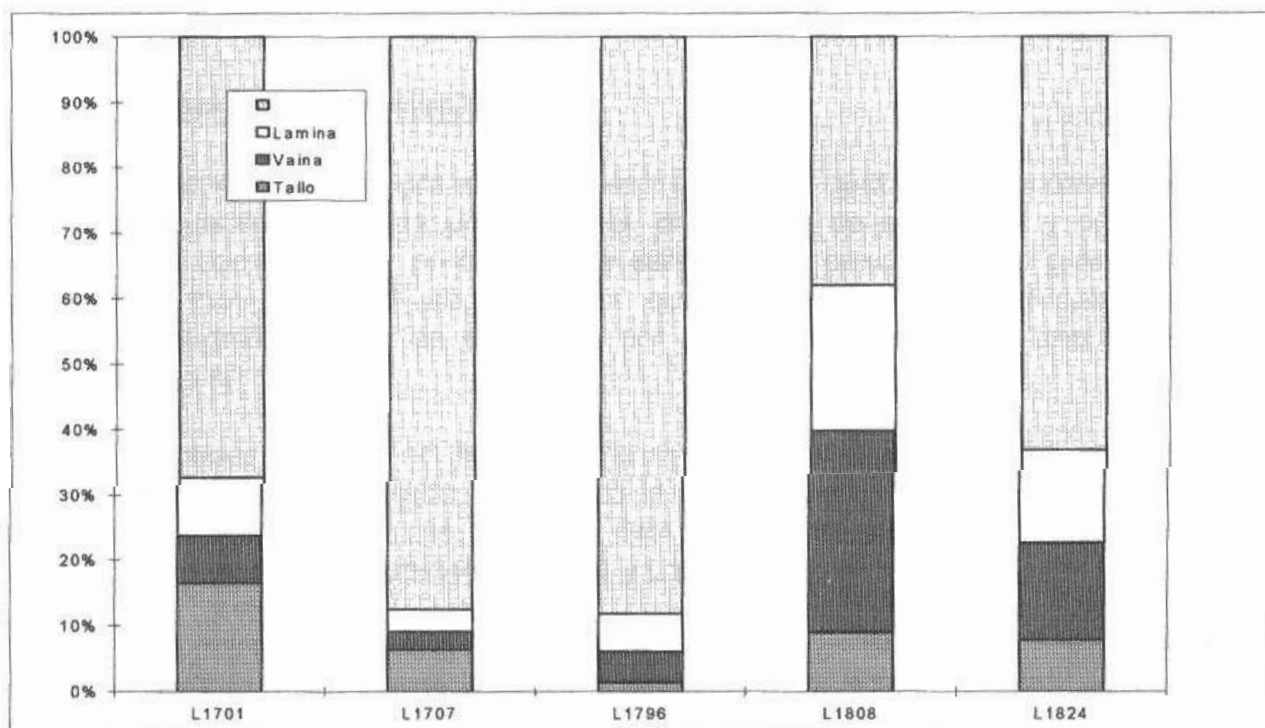


Figura N° 17b: Pérdida de peso de la materia seca de láminas, vainas y tallos en la etapa de llenado de grano de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824 expresadas como porcentaje de sus rendimientos.

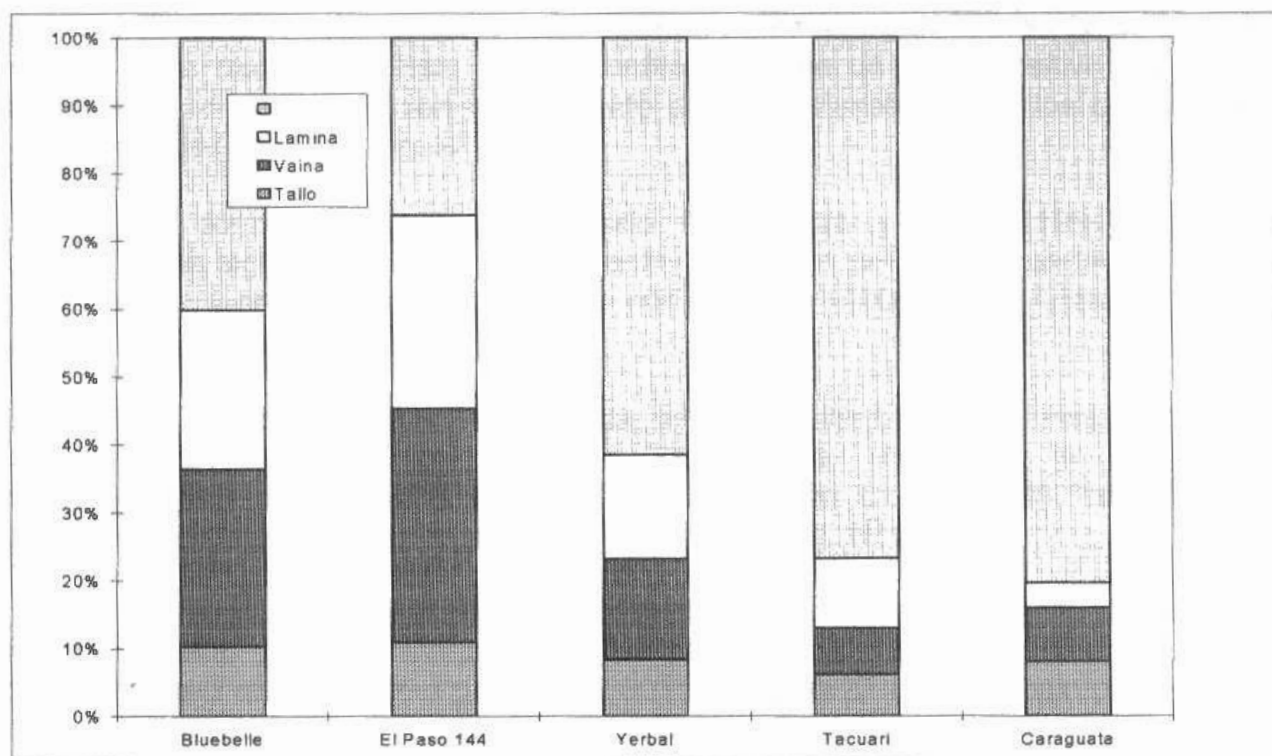


Figura N° 17c: Pérdida de peso de la materia seca de laminas, vainas y tallos en la etapa de llenado de grano de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbál, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá expresadas como porcentaje de sus rendimientos.

3. Componentes del rendimiento.

El rendimiento en grano, está determinado por cuatro componentes: panículas por metro cuadrado, granos por panícula, porcentaje de esterilidad y peso de 1000 granos. Los componentes porcentaje de esterilidad y peso de 1000 granos, tuvieron diferencias muy significativas, mientras que en granos por panícula, existieron diferencias significativas y en panículas por metro cuadrado, hubo una tendencia al 21% (Cuadro N° 19).

A pesar de que no hubo diferencias significativas entre los materiales en panículas por metro cuadrado, se realizó la prueba de DMS donde se observó una tendencia en que El Paso 144, L1796 e INIA Tacuarí mostraron los mayores valores; en el extremo opuesto se ubicaron L1824 y L1808 (Fig. N° 18).

Los materiales L1808, L1824 y L1415, fueron los de mayor número de granos por panícula y también los de mayor esterilidad. El Paso 144 y L1796, mostraron los menores números de granos por panícula, siendo este último también el de menor porcentaje de esterilidad (Figs. N° 19 y 21). Esto concuerda, con la correlación positiva entre estas dos variables obtenida por Castro y Porto (1994), salvo en el caso de El Paso 144, que presenta el menor valor de granos por panícula y sin embargo tiene un

nivel medio de esterilidad, que no estuvo enteramente asociado al tamaño de panícula, sino a algún otro factor. Esto quedó confirmado, con un valor positivo, aunque no significativo, de la correlación del conjunto de los materiales entre los componentes mencionados (Apéndice, fig. N° 5).

De forma similar a lo obtenido por Castro y Porto (1994), existieron correlaciones significativas y negativas entre panículas por metro cuadrado y granos por panícula, y entre granos por panícula con peso de 1000 granos (Apéndice, figs. N° 3 y 4).

En cuanto a peso de 1000 granos, los materiales L1796 y El Paso 144, fueron significativamente superiores a todos los demás, siendo a la vez L1796, significativamente superior a El Paso 144. Por otro lado, L1415 e INIA Tacuarí, fueron significativamente los más bajos en este parámetro (Fig. N° 20).

Para todos los materiales, se observó un peso diferencial de los componentes del rendimiento. La línea L1796, que tuvo el mayor rendimiento de todo el ensayo, basa el mismo en un altísimo peso de 1000 granos (de 27.4g) y un bajo porcentaje de esterilidad (10.8%), ya que presenta un valor medio de granos por metro cuadrado (Fig. N° 22). A su vez, los materiales de alto rendimiento L1707 e INIA Tacuarí, presentaron diferencias con L1796 y entre ellas. En INIA Tacuarí, los componentes de mayor peso fueron panículas por metro cuadrado y granos por panícula, que determinaron el mayor valor de granos por metro cuadrado (78580 granos/m²); mientras que en L1707, no existe un claro componente superior, tiene un valor bajo de porcentaje de esterilidad (16.3%) y un valor por encima de la media en granos por metro cuadrado.

La línea L1701, tiene un comportamiento similar, en cuanto a sus componentes, a L1707, pero con inferiores valores, lo que determinó un balance final hacia un rendimiento inferior al de este. INIA Caraguatá, con un rendimiento muy similar a L1701, presentó un mayor valor de panículas por metro cuadrado (645 versus 573), igual peso de 1000 granos, menor número de granos por panícula (95 versus 102) y similar porcentaje de esterilidad. En el caso de El Paso 144, su menor rendimiento dentro del grupo de superior rendimiento, se debió, principalmente, a un bajísimo valor de granos por panícula (75) y un porcentaje de esterilidad por encima del promedio, a pesar de ser el material de mayor número de panículas por metro cuadrado (715) y el segundo en peso de 1000 granos (25.9 g).

El material L933, no presenta un comportamiento destacado en los componentes panícula por metro cuadrado y granos por panícula, lo que determina un bajo valor de granos por metro cuadrado. Sin embargo, su bajo valor de esterilidad (13.6%) junto a su alto valor de peso de 1000 granos (24.7 g), determina un balance positivo hacia alto rendimiento, aunque el número de granos llenos es intermedio a bajo, entre todos los materiales (Fig. N° 23).

En las líneas L1119 y L1130, no existió un componente destacado ni hubo diferencias significativas en el total de los componentes entre ellas. A pesar de esto, hubo cierta tendencia a un mayor número de granos totales por metro cuadrado en L1130 (63420 versus 56659), y un menor porcentaje de esterilidad en L1119 (15.9% versus 22.1%).

INIA Yerbal y Bluebelle, se ubicaron en el extremo inferior de rendimiento, aunque Yerbal se ubicó por encima. Las diferencias entre ambos materiales, estuvieron dadas, por un significativamente mayor peso de 1000 granos de Yerbal (24.7g versus 23.1 g), y un significativamente menor porcentaje de esterilidad (23.2 versus 30.3 %). En ambos cultivares, su baja performance en rendimiento, se debe, principalmente, a altos valores de esterilidad y bajos valores de granos totales por metro cuadrado, que determinaron de los más bajos números de granos llenos por metro cuadrado (Figs. N° 21, 22 y 23).

Los bajos rendimientos de las líneas L1808 y L1824, se basaron en altos porcentajes de esterilidad (30.8% y 27.0% respectivamente), que no pudo ser compensado por la presencia de altos valores de granos por panícula (128 y 127 respectivamente), los más altos del ensayo.

Es necesario aclarar, que en el concepto de esterilidad, se incluye no sólo a los granos que no se llenaron en la etapa de madurez, sino también a los granos vacíos por fallas en la fecundación en la etapa reproductiva. Este componente, es afectado por bajas temperaturas previas y hasta fin de floración, por lo que creemos pertinente adicionar información del régimen térmico durante este período. En la etapa de floración, entre las 10 y 14 hs, que es cuando se produce la fecundación, no se registraron temperaturas menores a 15°C, que provocan esterilidad. Roel y colaboradores, encontraron una buena asociación entre las temperaturas mínimas promedio decádicas en las etapas sensibles, con la incidencia de esterilidad. Como se observa en la fig. N° 24, no ocurrieron problemas de bajas temperaturas en dichas etapas. Se puede interpretar entonces, que las diferencias en porcentaje de esterilidad, estuvieron dadas por diferencias en las relaciones fosa - fuente, y no por problemas de temperaturas.

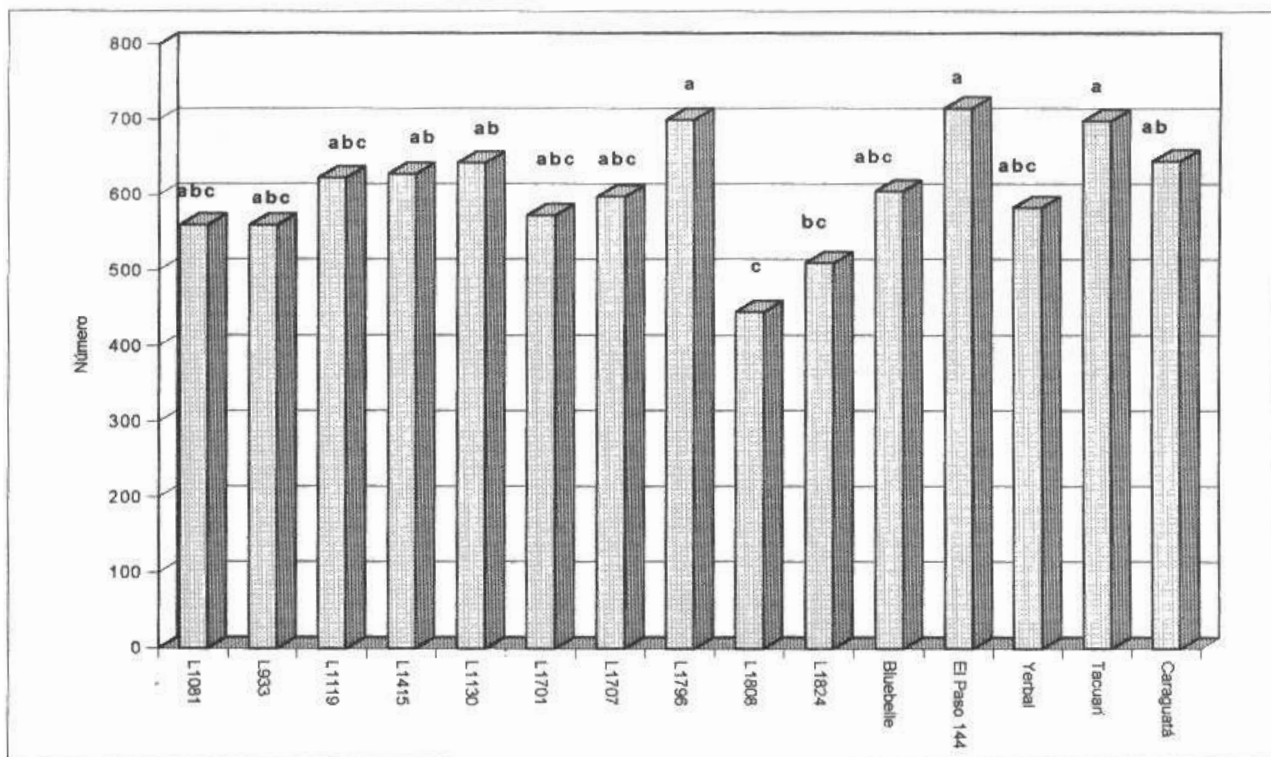


Figura Nº 18: Panículas por metro cuadrado.

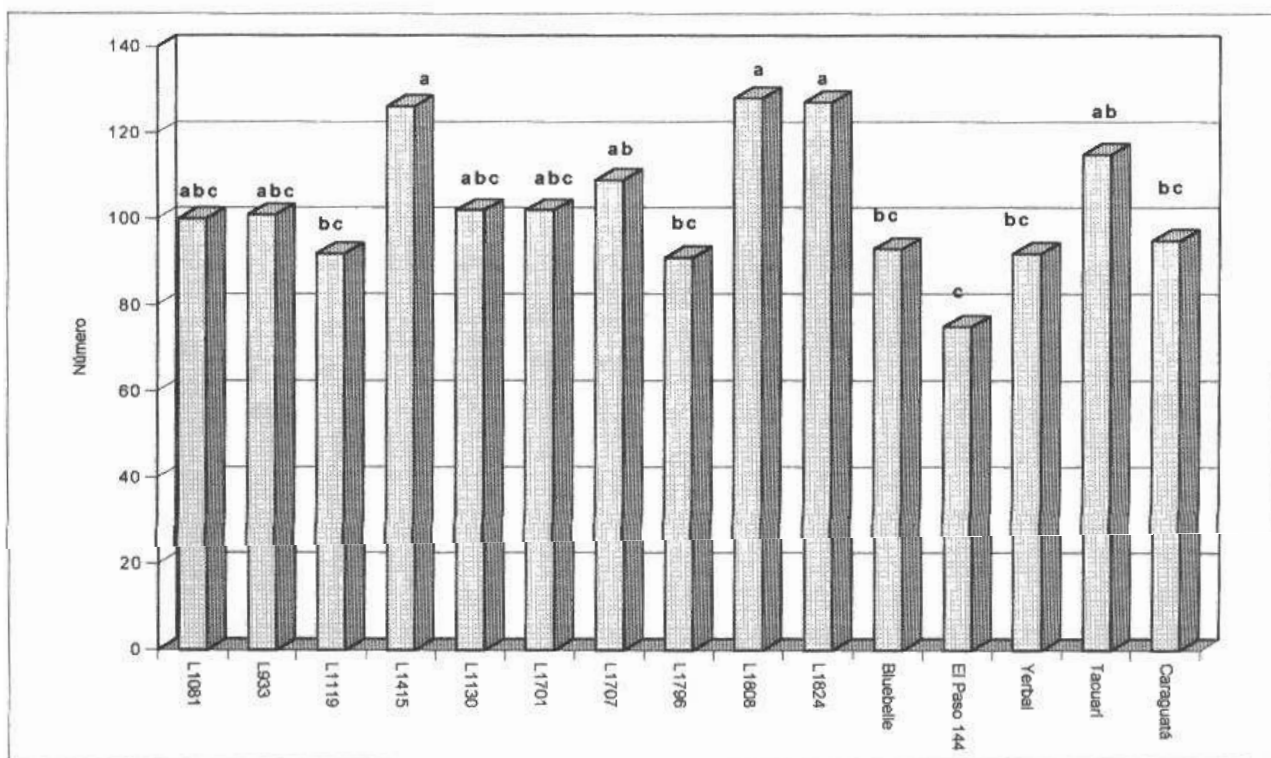


Figura Nº 19: Granos por panícula.

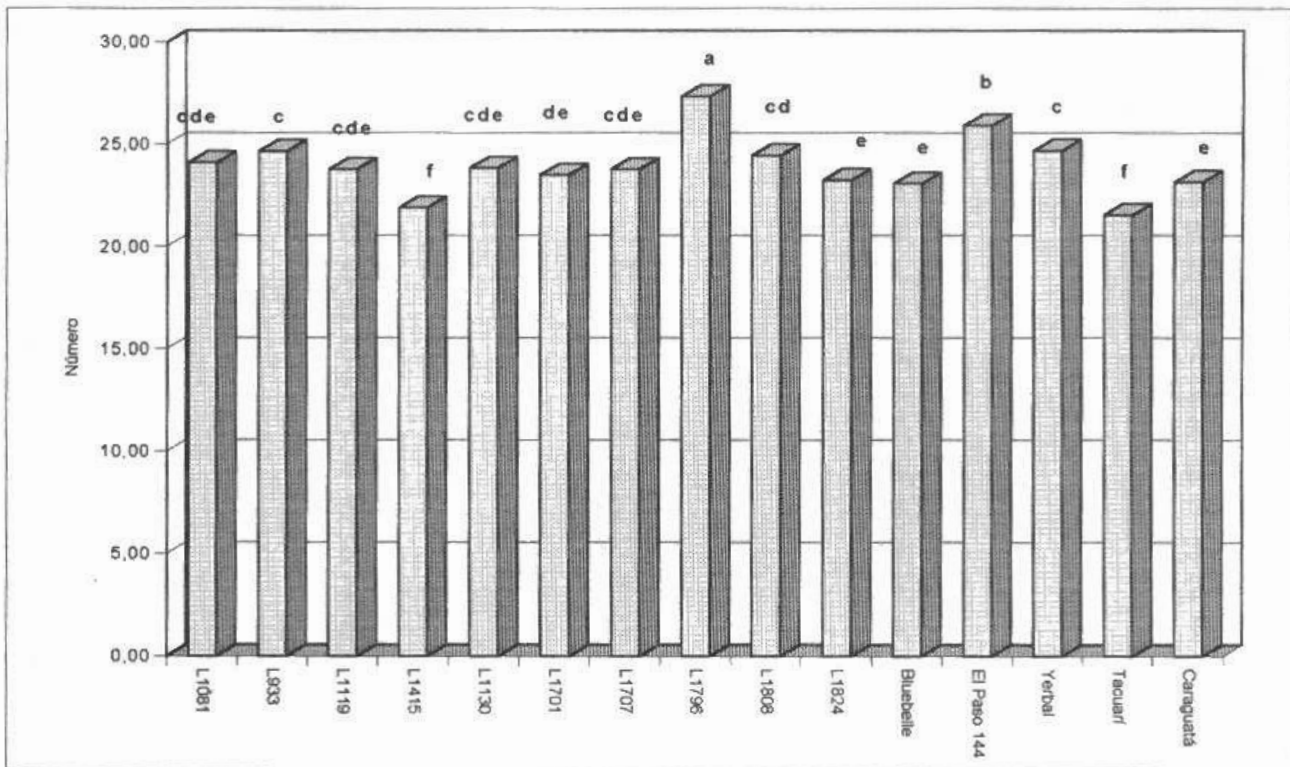


Figura N° 20: Peso de mil granos.

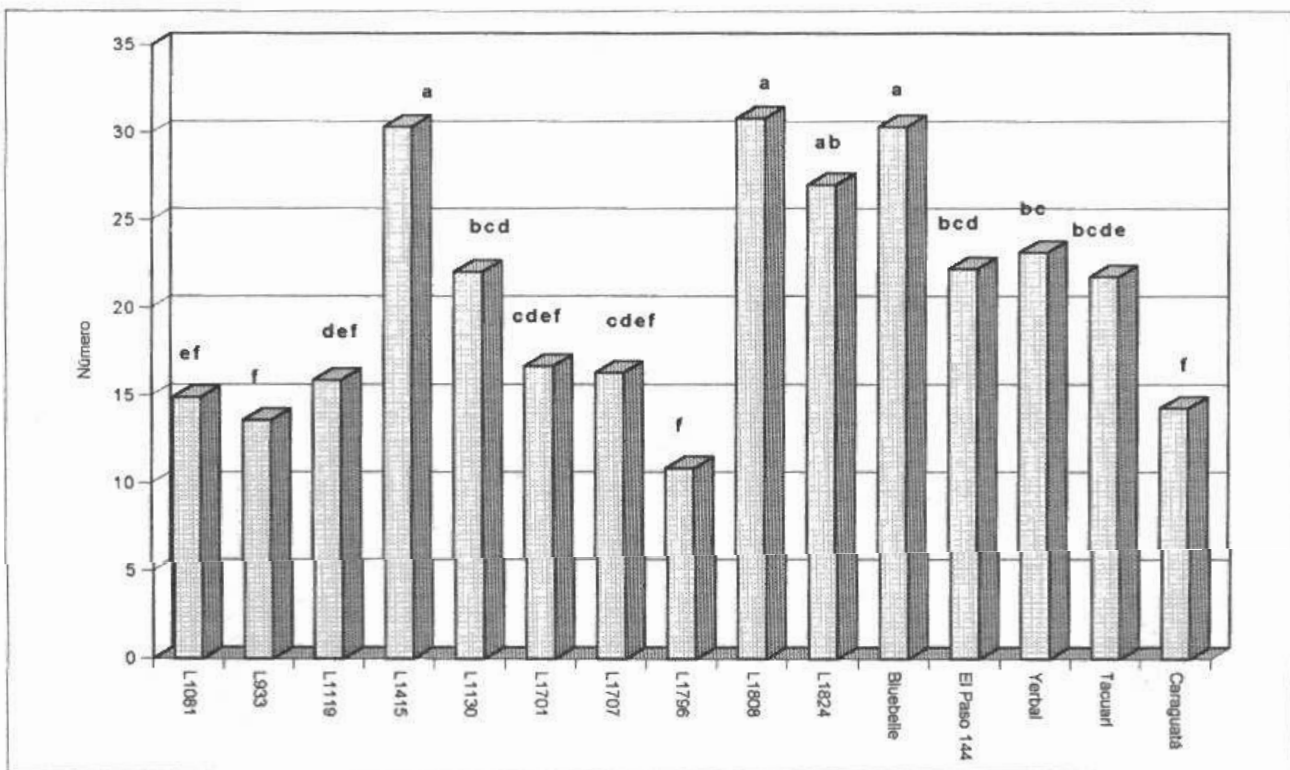


Figura N° 21: Porcentaje de esterilidad.

Cuadro N° 19: Componentes del rendimiento.

Material	Panículas/m ²	Granos/Panícula	Peso 1000 granos	Esterilidad (%)
L1081	560	100	24,10	14,91
L933	560	101	24,68	13,58
L1119	623	92	23,78	15,89
L1415	628	126	21,90	30,33
L1130	643	102	23,85	22,06
L1701	572	102	23,49	16,70
L1707	598	109	23,79	16,29
L1796	700	91	27,35	10,84
L1808	445	128	24,46	30,82
L1824	510	127	23,24	27,10
Bluebelle	605	93	23,09	30,34
El Paso 144	715	75	25,91	22,23
INIA Yerbai	583	92	24,70	23,16
INIA Tacuarí	698	115	21,55	21,79
INIA Caraguatá	645	95	23,15	14,28
Media	606	103	23,94	20,69
C.V. (%)	20.56	21.01	3.13	23.43
P ≤ 0.05				
DMS.	178	31	1.07	6.92

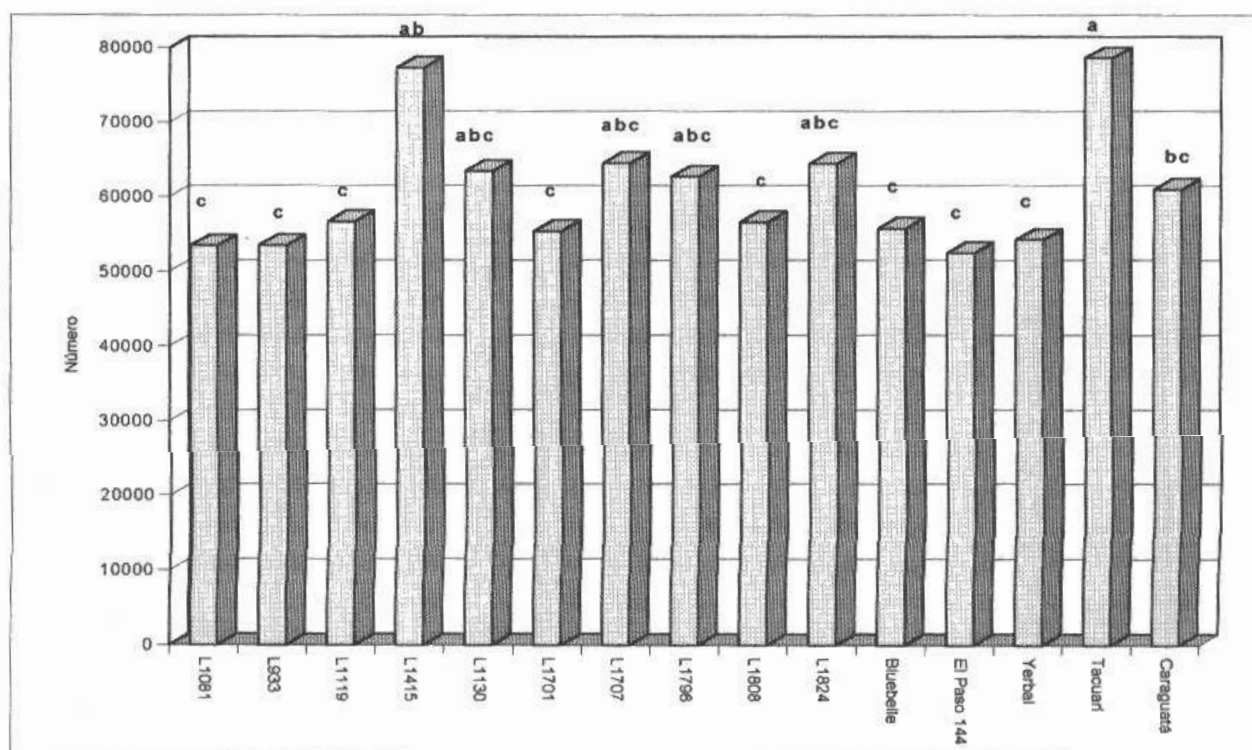


Figura N° 22: Granos totales por metro cuadrado.

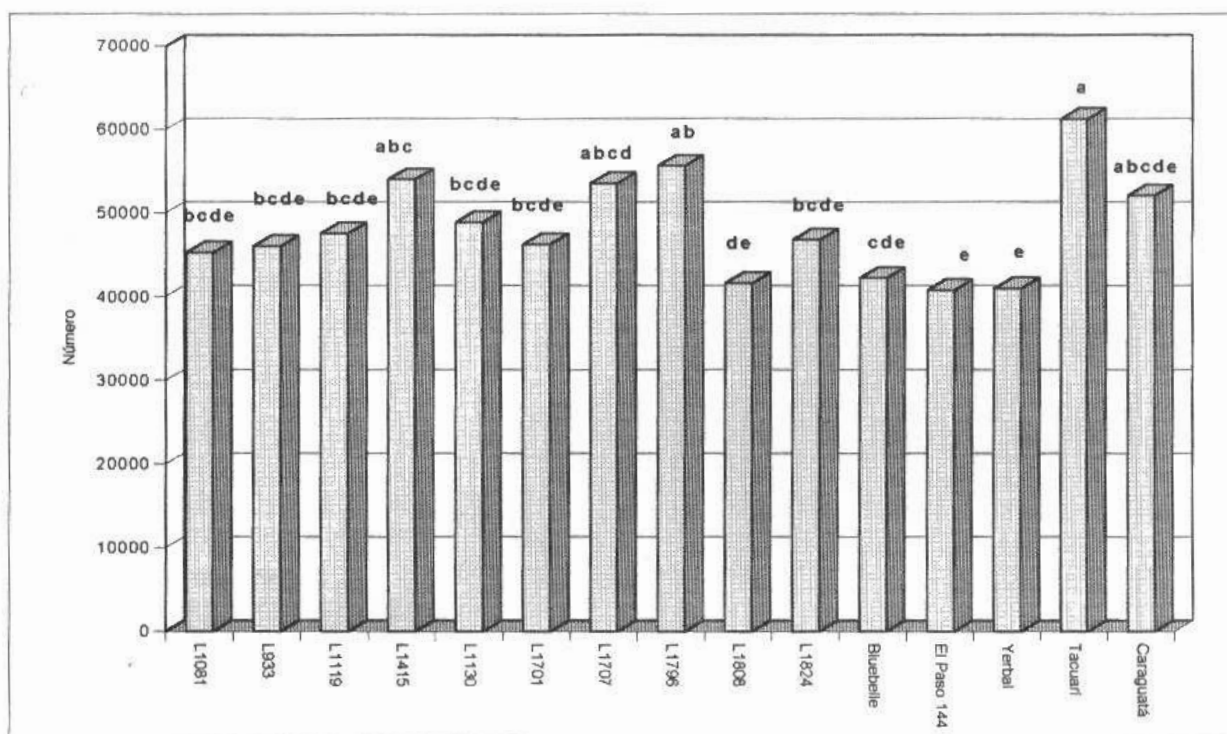


Figura N° 23: Granos llenos por metro cuadrado.

Cuadro N° 20: Granos totales y llenos por metro cuadrado.

Material	Granos totales/m ²	Granos llenos/m ²
L1081	53461	45278
L933	53468	46030
L1119	56659	47561
L1415	77300	53983
L1130	63419	48879
L1701	55383	46250
L1707	64510	53542
L1796	62633	55598
L1808	56611	41583
L1824	64445	46803
Bluebelle	55711	42241
El Paso 144	52473	40741
INIA Yerbal	54254	40964
INIA Tacuarí	78581	61244
INIA Caraguatá	60947	52064
Media	60657	48184
C.V.(%)	19.50	17.91
P ≤ 0.05		
DMS.	16870	12320

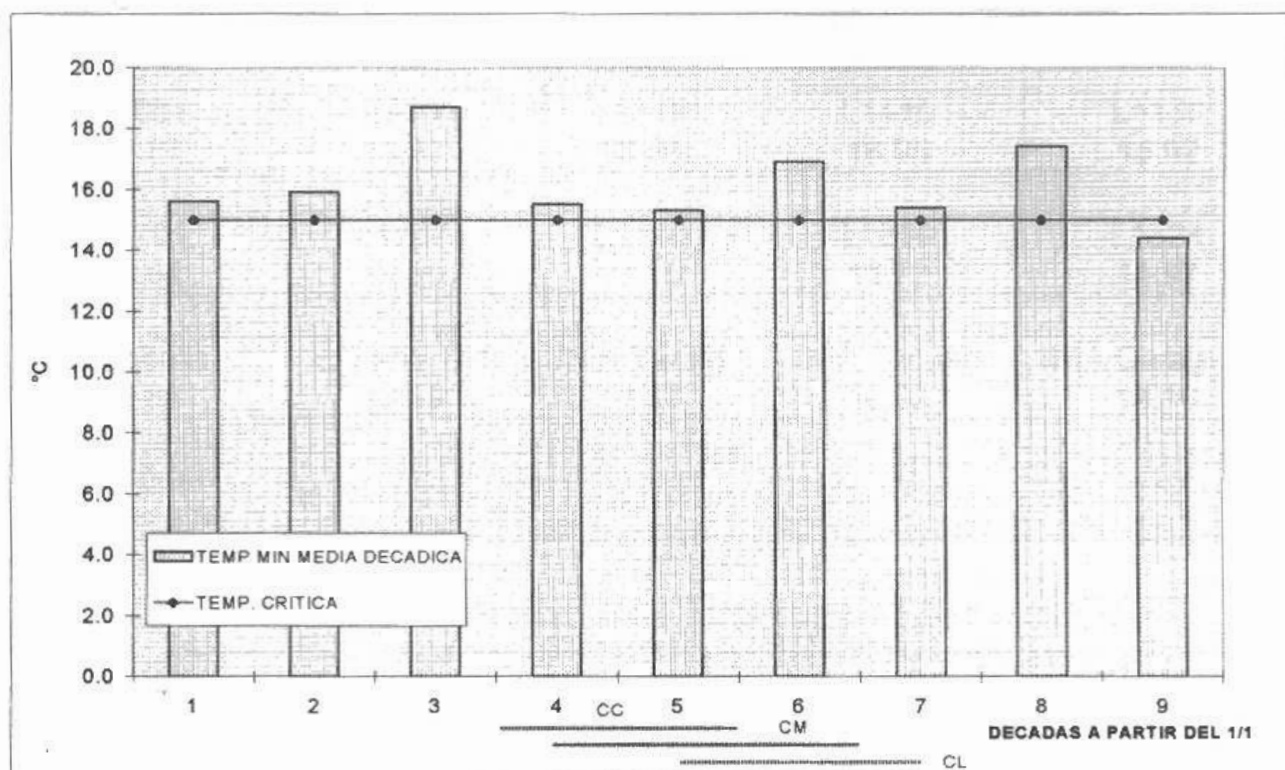


Figura N° 24: Régimen térmico en los meses de enero, febrero y marzo.

Nota: CC, CM y CL = 20 días prefloración a fin de floración de los materiales de ciclo corto, medio y largo respectivamente.

4. Tamaño de fosa o rendimiento potencial en la floración.

No hubo diferencias significativas para el rendimiento potencial entre los materiales, existiendo una tendencia al 25%; el coeficiente de variación fue de 18.73%.

Esta variable, se calculó como el número de granos totales por metro cuadrado por el peso de 1000 granos. Una compensación entre estos dos componentes, hizo que no hubiera diferencias significativas entre los materiales, ya que en los componentes por separados hubo diferencias significativas para número de granos totales por metro cuadrado y muy significativas en peso de 1000 granos.

Los materiales que se encontraron a la cabeza de los rendimientos (L1796, INIA Tacuarí y L1707), fueron los que a su vez, mostraron los mayores rendimientos potenciales, salvo L1415, que estuvo en el grupo de inferior rendimiento. En el otro extremo, Bluebelle, presentó el menor rendimiento potencial y real (Cuadro N° 21 y Fig. N° 25).

Cuadro N° 21: Rendimiento potencial (t/ha).				
L1081	L933	L1119	L1415	L1130
12.87	13.21	13.46	16.95	15.02
L1701	L1707	L1796	L1808	L1824
13.04	15.30	17.15	13.72	14.97
Bluebelle	El Paso 144	INIA Yerbai	INIA Tacuarí	INIA Caraguatá
12.87	13.59	13.37	16.92	14.10
C.V. (%) = 18.73				
P ≤ 0.05				
DMS = 3.86				

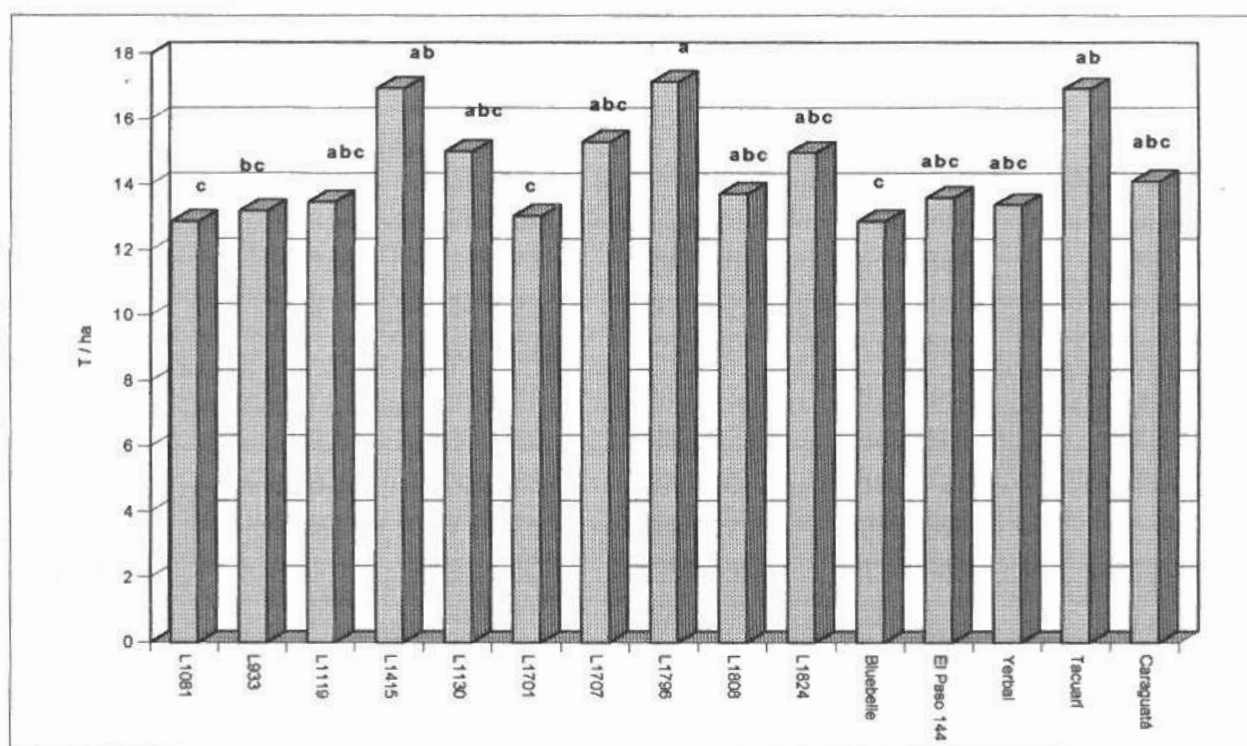


Figura N° 25: Rendimiento potencial.

En el caso de L1796, su mayor rendimiento potencial, se debió, principalmente, al mayor peso de grano, ya que tuvo un valor intermedio de granos por metro cuadrado. INIA Tacuarí, en cambio, tuvo el menor peso de grano y se situó a la cabeza del ranking en el número de granos por metro cuadrado. La línea 1707, tuvo un valor intermedio para peso de grano y se ubicó en tercer lugar para número de granos por metro cuadrado.

Un comportamiento peculiar, fue el de la línea 1415, que si bien estuvo en segunda posición en rendimiento potencial, se ubicó en el grupo de rendimientos inferiores, debido a un alto valor de esterilidad.

El bajo rendimiento potencial de Bluebelle, se debió a valores intermedios, tanto para peso de grano como para el número de granos por metro cuadrado.

5. Relación fosa - fuente.

Muy significativas fueron las diferencias entre cultivares para las relaciones 1 y 2, siendo significativas para la relación 3. Estas relaciones fueron expresadas en gramos de grano por metro cuadrado de hoja (Cuadro N° 22 y Figs. N° 26a, b y c).

Cuadro N° 22: Rendimiento, rendimiento potencial y relación fosa - fuente en los diferentes materiales.					
Material	R. Real (g/m ²)	R. Pot. (g/m ²)	Rel. F - F (1*) (g/m ² lámina)	Rel. F - F (2*) (g/ m ² lámina)	Rel. F - F (3*) (g/ m ² lámina)
L1081	801.49	1287.00	271.410	168.205	119.170
L933	891.81	1320.75	199.103	137.535	137.067
L1119	925.61	1346.25	214.752	147.443	156.560
L1415	792.23	1695.25	280.368	133.903	126.897
L1130	877.71	1501.75	236.903	136.642	160.330
L1701	899.51	1303.50	216.502	147.307	157.415
L1707	986.43	1529.75	267.440	168.790	146.030
L1796	1046.76	1714.75	339.937	210.085	195.017
L1808	696.92	1371.50	228.703	120.506	169.616
L1824	742.71	1496.75	617.030	299.110	197.052
Bluebelle	699.63	1286.50	246.290	135.180	139.722
El Paso 144	871.03	1358.50	125.178	79.435	115.917
INIA Yerbal	781.36	1336.75	223.798	133.955	157.798
INIA Tacuarí	970.81	1691.75	353.338	200.847	177.077
INIA Caraguatá	904.41	1409.50	350.020	223.838	198.743
Media	859.23	1443.35	278.051	162.852	156.961
C.V. (%)	6.80	18.73	38.74	28.86	22.35
P ≤ 0.05					
DMS.	83.78	385.70	153.30	67.07	45.50
(1*) = Rendimiento Potencial / IAF 50% Floración.					
(2*) = Rendimiento / IAF 50% Floración.					
(3*) = Rendimiento / IAF 50% Floración + 15 Días.					

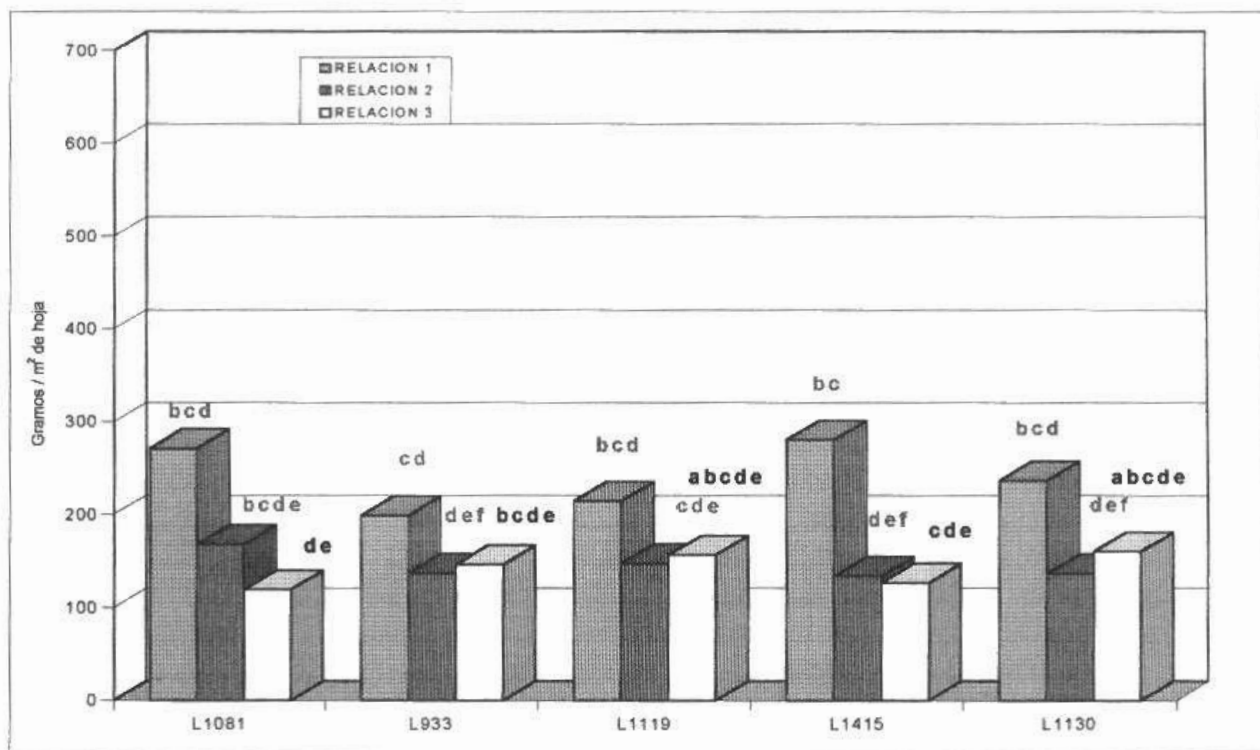


Figura N° 26a: Relaciones fosa - fuente de L1081, L933, L1119, L1415 y L1130.

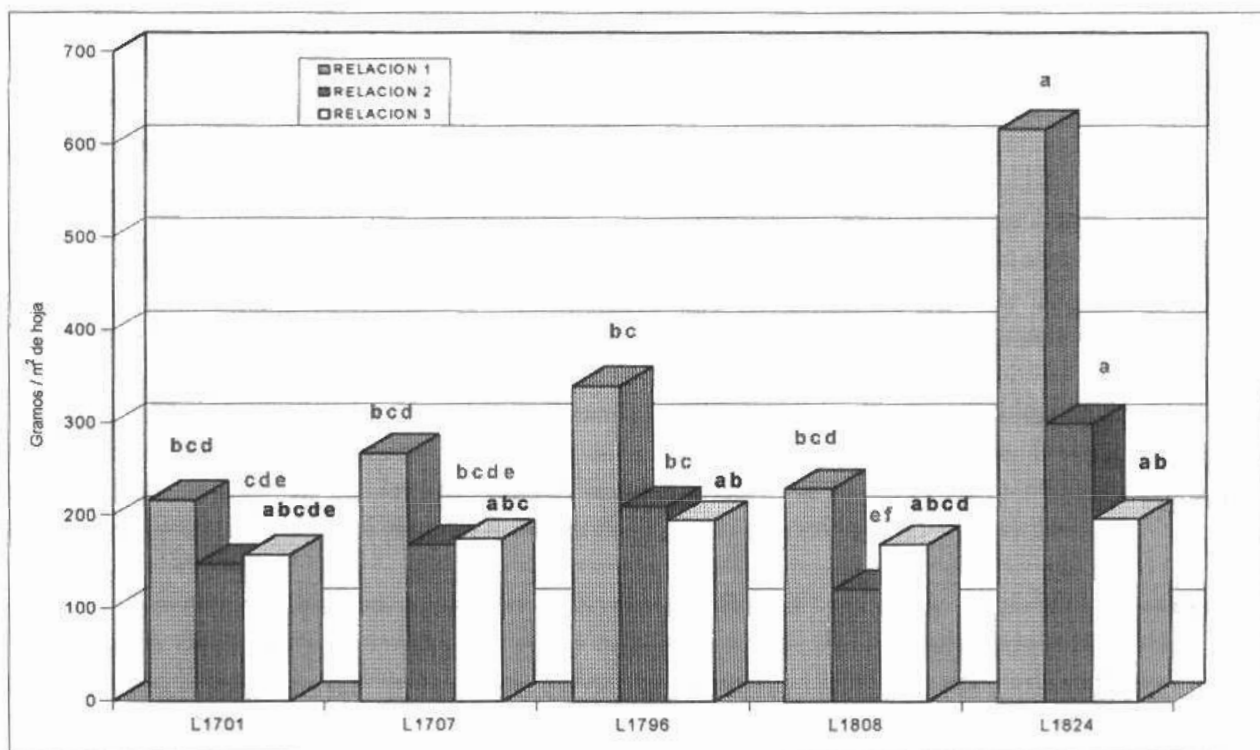


Figura N° 26b: Relaciones fosa - fuente de L1701, L1707, L1796, L1808 y L1824.

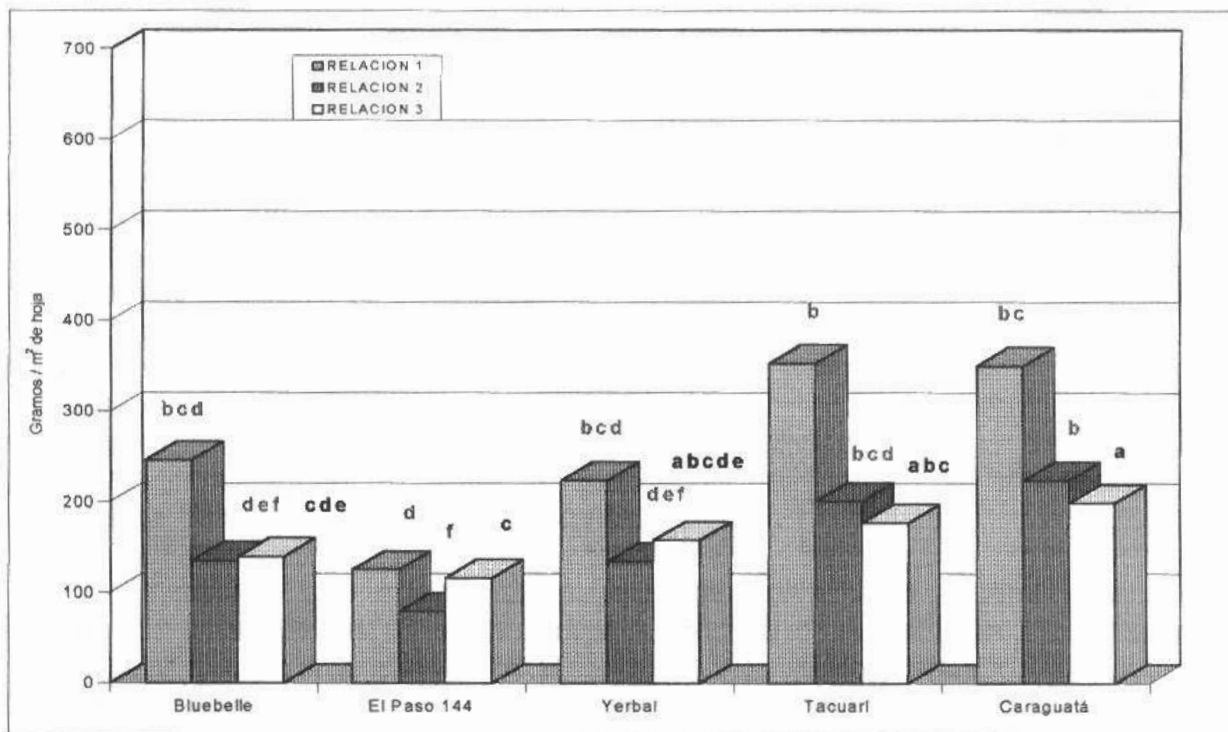


Figura Nº 26c: Relaciones fosa - fuente de Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbal, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá.

La relación 1, está calculada como rendimiento potencial sobre el IAF a 50% de floración, las relaciones 2 y 3, fueron calculadas con el rendimiento sobre el IAF a 50% de floración y 50% + 15 días respectivamente.

Los valores de las relaciones 2 y 3, son menores que los de la relación 1, debido a que, en las primeras, se usó el rendimiento real, mientras que en la última, se usó el rendimiento potencial. Las diferencias entre las relaciones 2 y 3, son debidas a las diferencias en el IAF a 50% de floración y 15 días pos 50% de floración.

Este tipo de relaciones, representa una medida de la eficiencia de la fuente (área foliar), con relación al tamaño de la fosa. La concreción de los rendimientos potenciales, depende del tamaño de la fuente y de la actividad de la misma, pero esta última, está condicionada por el tamaño de la fosa (rendimiento potencial).

Para alcanzar altos rendimientos potenciales, es más importante desarrollar una fuente de tamaño moderado, pero con alta eficiencia y estabilidad funcional, que una fuente de gran tamaño físico. Por ejemplo, L1796, es el material de mayor rendimiento potencial y real; tiene valores mucho menores de IAF que El Paso 144 en el período de primordio a 50% de floración (etapa de fijación del potencial de rendimiento) y en la etapa de llenado de grano, lo que determinó, mayores relaciones fosa - fuente respecto a este último. Estos altos valores de relación fosa - fuente de L1796, estuvieron dados por el mantenimiento de un área foliar moderada, pero

altamente eficiente y estable desde primordio.

En forma opuesta a L1796, El Paso 144, desarrolla una fuente de gran tamaño físico entre primordio y 50% de floración, pero el rendimiento potencial fijado, es de valor intermedio, por lo que la relación 1, es la más pequeña del total de los materiales. El desarrollo de una fuente de gran tamaño físico, en un momento en que se está definiendo el rendimiento potencial, provocó, posiblemente, un efecto de competencia entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, que afectó el tamaño de la fosa. Los menores valores de las relaciones 2 y 3 de El Paso 144, respecto a los demás materiales, estarían provocados por una baja actividad de la fuente. Esta baja actividad puede tener dos causas:

- a) un rendimiento potencial bajo, que provocó baja actividad; y
- b) la baja actividad de la fuente en el período de llenado, es una característica genética asociada a su ambiente originario.

El material que mostró las mayores relaciones fosa - fuente, fue la línea L1824. Los altos valores de estas relaciones, no se debieron a un alto rendimiento potencial ni real, sino a muy bajos valores de IAF desde primordio hasta madurez fisiológica, y una alta eficiencia de la fuente, lo cual es reflejado en la TAN promedio, que fue la mayor de todo el ensayo. Es en definitiva, el alto valor de fosa por unidad de área foliar, el que provocaría un efecto promotor de la actividad fotosintética de la fuente.

INIA Tacuarí e INIA Caraguatá, presentaron relaciones fosa - fuente similares a las de L1796, basadas también en el mantenimiento de un área foliar moderada, pero muy eficiente y estable desde primordio.

6. Índice de cosecha.

Los valores de índice de cosecha presentados en el cuadro N° 23, tienen tan solo valor ilustrativo, ya que no corresponden al muestreo de cosecha y se calcularon a partir del rendimiento y el valor de materia seca total obtenido en pos cosecha. Debido a la gran variabilidad en los valores de materia seca, que provocó una alta variabilidad en los índices de cosecha, no se efectuó un análisis estadístico de los mismos y se presentan aquí a título de comparación.

Todos los valores de índice de cosecha obtenidos son altos, a excepción del de la línea 933, pero ninguno supera el valor máximo teórico que es capaz de soportar la planta, reportado por Roberts y col. (1993).

En correspondencia a lo reportado por Yoshida (1972), en general, el índice de cosecha baja como la producción de materia seca aumenta, salvo el caso de L1796, que con un alto valor de materia seca total, presenta también un alto índice de cosecha.

Cuadro Nº 23: Índice de cosecha.				
L1081	L933	L1119	L1415	L1130
0.52	0.44	0.57	0.56	0.60
L1701	L1707	L1796	L1808	L1824
0.54	0.53	0.61	0.62	0.57
Bluebelle	El Paso 144	INIA Yerbál	INIA Tacuarí	INIA Caraguatá
0.53	0.53	0.56	0.60	0.62

C. RESUMEN DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LOS CULTIVARES DE INTERES.

Se presenta a continuación, un resumen del crecimiento y desarrollo de los cultivares de mayor importancia, desde el punto de vista de los rendimientos. Los cultivares aquí descriptos, se presentan agrupados según el largo del ciclo.

1. Ciclo corto.

a. L1796.

Este material de ciclo corto (87 días de siembra a floración), proviene del cruzamiento de El Paso 144 (indica) y la línea L58 (japónica). Su rendimiento fue el mayor del ensayo (10470 kg/ha).

Este material, tiene una capacidad de macollaje intermedia, llegando a 693 tallos/m² en pleno macollaje, pero a diferencia de El Paso 144, tiene una pequeña caída sólo a partir de 50% de floración, finalizando con 539 tallos/m², (presentó un descenso de 22% respecto al máximo).

Los valores de IAF de este cultivar, se situaron dentro de los valores promedio de todos los materiales. Estos valores fueron de 2.7 en macollaje, 3.3 en primordio y 5.2 en floración; a partir de este último momento, el IAF se mantiene hasta el final de llenado de grano. Estos valores intermedios de IAF, dieron origen a TCC similares a las promedio hasta 15 días pos 50% de floración; sin embargo, valores de IAF moderados pero altamente eficientes de 25 días pos 50% de floración en adelante, originaron TCC superiores al promedio. Estas altas TCC, en los períodos posteriores a 15 días pos 50% de floración, fueron de fundamental importancia para situar a este material, en el tercer lugar en cuanto a acumulación de materia seca total.

En el período de emergencia a primordio, la TCC fue de 4.4 g/m²/día y la materia seca total al final de este período está compuesta por 52% de materia seca de láminas y 48% de materia seca de vainas.

Durante el período de primordio a 50% de floración, la TCC ($22.9 \text{ g/m}^2/\text{día}$) y la TAN (6.3 g/m^2 de lámina/día), fueron muy similares a la TCC y la TAN promedio de todos los materiales. A 50% de floración, acumuló el 42% de la materia seca total. La misma, consta de 31% de materia seca de láminas, 38% de materia seca de vainas, 12% de materia seca de tallos y 19% de materia seca de panículas, por lo que las láminas y vainas son las que tienen mayor peso en la composición de la materia seca total (Fig. N° 27). En este período, la materia seca de láminas creció un 75%, mientras que el IAF creció un 60%, y el PEH un 6%; esto determina que el aumento en la materia seca de láminas, se debe principalmente al aumento en el IAF en dicho período.

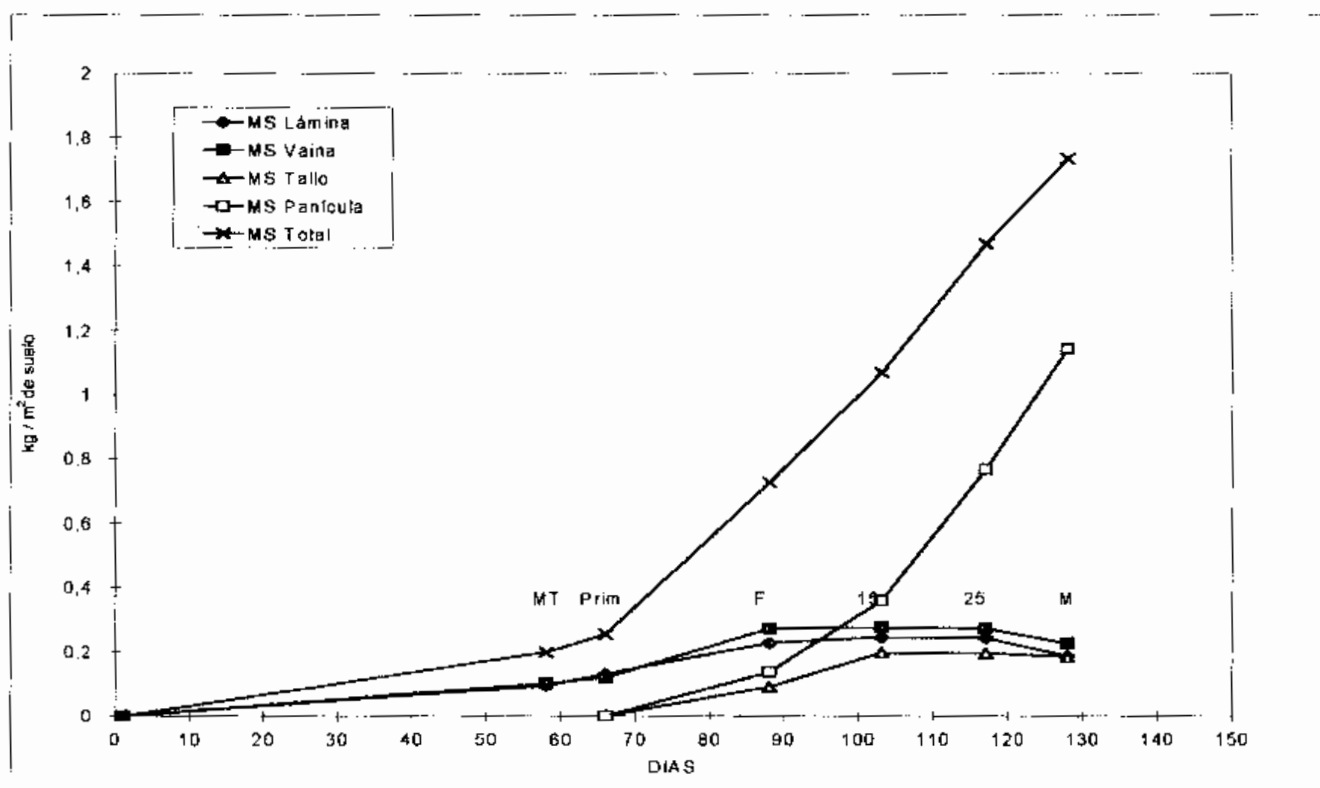


Figura N° 27: Evolución de la materia seca total y sus componentes en L1796.

Nota: MT = macollaje tardío, Prim = primordio, F = 50% de floración, 15 = 15 días pos 50% de floración, 25 = 25 días pos 50% de floración y M = madurez fisiológica.

Entre 50% de floración y 15 días pos 50% de floración, el cultivo creció a una tasa de $22.9 \text{ g/m}^2/\text{día}$, el aumento en la materia seca total, fue dado, básicamente, por el aumento de la materia seca de panícula (161% de aumento) y de tallos (120% de aumento), ya que la materia seca de láminas y vainas, se mantienen en este período. El alto crecimiento de la materia seca de los tallos, se debe al aumento de peso seco individual de cada tallo, ya que el número de los mismos disminuye levemente.

Para el período medio de llenado de grano (15 a 25 días pos 50% de floración), la TCC fue la mayor de todo su ciclo y una de las mayores del ensayo (32.8 g/m²/día). Esta tasa, se dio, solo a expensas del crecimiento de las panículas, ya que los otros componentes de la materia seca se mantienen estables.

En el último período de llenado, de forma similar al período anterior, el incremento de la materia seca total, se debió, tan solo, al crecimiento de las panículas. La TCC (26.5 g/m²/día), fue la mayor de todo el ensayo en este período.

El alto rendimiento de L1796, se basó en una acumulación muy alta de materia seca total (17350 kg/ha) y un muy alto índice de cosecha (61%). Los componentes del rendimiento, que más explicaron este alto rendimiento, fueron: un alto número de panículas por metro cuadrado (700), un altísimo valor de peso de 1000 granos (27.4 g) que fue el mayor del ensayo, y un bajísimo porcentaje de esterilidad (10.8%), el más bajo del ensayo.

b. INIA Tacuarí.

Este es un material de ciclo corto (86 días de siembra a floración), de origen templado, con hojas erectas y un tipo de arquitectura de planta moderna. Su potencial de rendimiento es alto (8972 kg/ha promedio según la Evaluación de Cultivares de INIA).

Con relación al macollaje, el número de tallos por metro cuadrado, tiene valores superiores a los valores promedio de todos los materiales, durante todo el ciclo; a las tres semanas pos siembra, su valor de tallos por metro cuadrado es el mayor de todos los materiales (aunque no hay diferencias significativas con El Paso 144, Bluebelle y L1701), alcanzando la máxima cantidad de macollos (790 tallos/m²), en pleno macollaje, y, a partir de este momento, se produce un descenso de los mismos, llegando a madurez fisiológica con 494 tallos/m².

La evolución del IAF, se produce con valores levemente inferiores a los promedios durante la fase vegetativa (2.5 en macollaje) y reproductiva (2.8 en primordio y 4.9 en 50% de floración). Sin embargo, en el período de llenado de grano, los valores de IAF, son muy similares a los valores promedio de todos los materiales y entre sí, lo que marca una estabilización del IAF a partir de 50% de floración. Estos valores de IAF fueron de 5.5 en 15 días pos 50% de floración y 5.1 en 25 días pos 50% de floración.

Las TCC durante el ciclo, fueron similares (en la etapa vegetativa, reproductiva y en el período medio de llenado de grano), o superiores (en la etapa inicial y final del llenado de grano), a las TCC promedio de todos los materiales en dichos períodos. Los valores de estas TCC, estuvieron fundamentados en altos valores de TAN, ya que el IAF no presentó un comportamiento muy destacado. Así,

este cultivar, tiene una de las mayores TAN promedio (6.1 g/m^2 de lámina/día).

En el período de emergencia a primordio, el cultivo crece a una tasa de $4.8 \text{ g/m}^2/\text{día}$ y de la materia seca total al final de este período, un 49% correspondió a láminas y un 51% a vainas.

Durante el período de primordio a 50% de floración, el cultivo crece a una tasa de $23.3 \text{ g/m}^2/\text{día}$, habiendo acumulado hasta 50% de floración, 7650 kg/ha , que representa el 47% del máximo valor de materia seca total y uno de los más bajos porcentajes en ese momento. A 50% de floración, el 25% de la materia seca total está compuesto por láminas, el 38% de vainas, el 17% de tallos y el 20% de panículas. Por otro lado, partiendo de primordio con la misma acumulación de materia seca en láminas y vainas, la tasa de acumulación en vainas en 50% de floración, es sensiblemente superior a la de láminas (111% versus 37% respectivamente), indicando una probable acumulación de reservas en las vainas en este período (Figura N° 28).

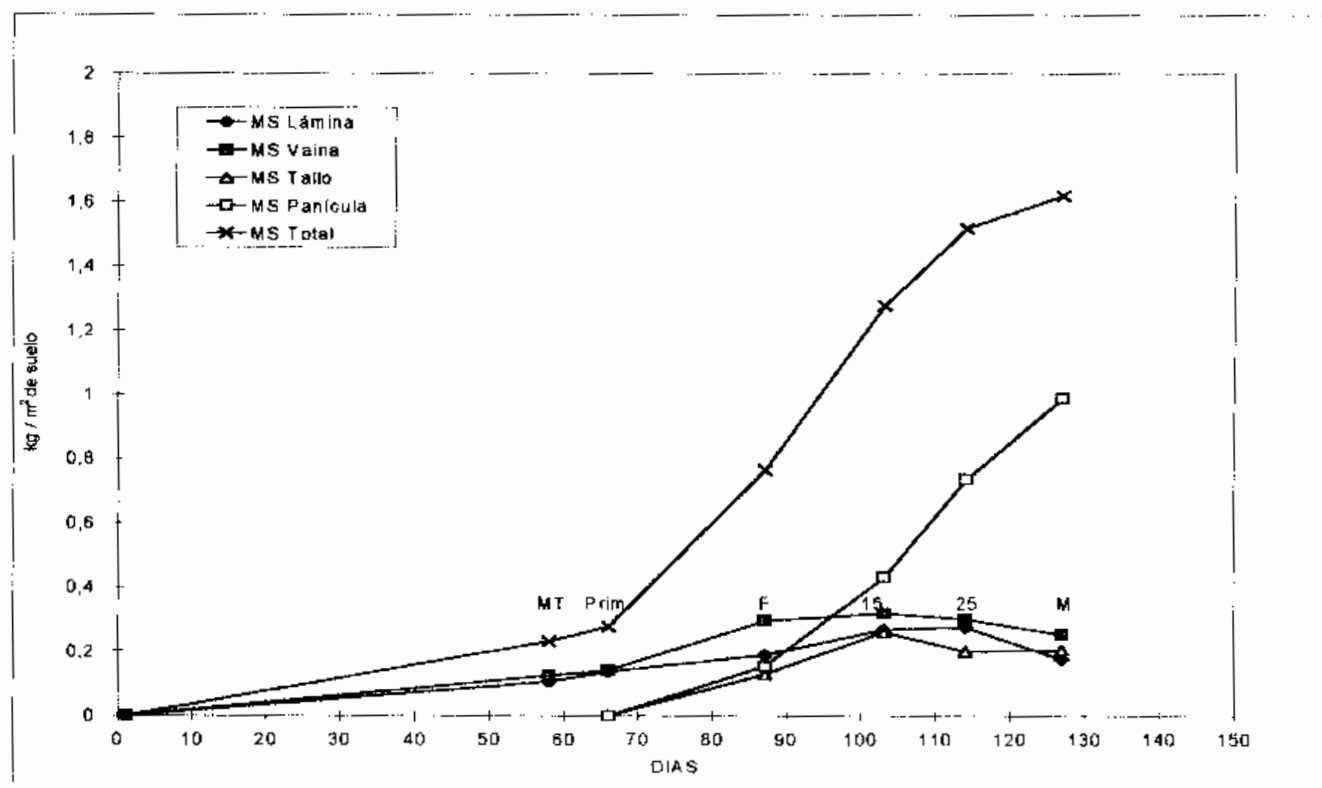


Figura N° 28: Evolución de la materia seca total y sus componentes en INIA Tacuarí.

Nota: MT = macollaje tardío, Prim = primordio, F = 50% de floración, 15 = 15 días pos 50% de floración, 25 = 25 días pos 50% de floración y M = madurez fisiológica.

Para el período que va de 50% de floración a 15 días pos 50% de floración, la TCC es de 32.0 g/m²/día (la más alta de su ciclo y la tercera de los materiales). La materia seca en 15 días pos 50% de floración, se compuso de 21% de materia seca de láminas, 25% de materia seca de vainas, 20% de materia seca de tallos y 34% de materia seca de panículas. Esta composición de la materia seca, es el resultado de un mayor crecimiento en la materia seca de panículas y de tallos (180 y 103% de crecimiento respectivamente), un crecimiento mucho menor de las láminas (43%) y el mantenimiento de la materia seca de vainas. El crecimiento en la materia seca de tallos, puede estar reflejando la acumulación de reservas en los mismos, dado que el número de tallos, tiende a disminuir desde 50% de floración en adelante.

Durante el período de 15 a 25 días pos 50% de floración, se produce un descenso en la TCC, que pasa a ser 21.9 g/m²/día, explicado, más que nada, por el mantenimiento de la materia seca de vainas y láminas, y el descenso de la materia seca de tallos (23% de descenso), aunque la TCP en este período, fue la mayor del ciclo (27.9 g/m²/día). En 25 días pos 50% de floración, la materia seca total consta de: 18% de láminas, 20% de vainas, 13% de tallos y 49% de panículas. El descenso de la materia seca de tallos en este período, puede estar indicando retraslación de reservas desde estos órganos hacia la panícula, ya que la TCP es mayor que la TCC en este período.

En el último período de llenado de grano, la TCC es de 8.0 g/m²/día, siendo superior al promedio de todos los materiales. La materia seca total, estuvo compuesta por: 11% de láminas, 15% de vainas, 13% de tallos y 61% de panículas. La TCC de este período, se debió, fundamentalmente, al crecimiento de las panículas, puesto que, la materia seca de vainas y de láminas disminuyen y la materia seca de tallos se mantiene, con respecto al período anterior.

Una buena acumulación de materia seca total a madurez (16200 kg/ha) y un alto índice de cosecha, determinaron un alto rendimiento en grano (9708 kg/ha). Los componentes del rendimiento, de mayor influencia en la determinación de este alto rendimiento fueron: el alto número de panículas por metro cuadrado (698) y un alto número de granos por panícula (115).

2. Ciclo medio.

a. INIA Caraguatá.

Se trata de un material de ciclo medio (con 95 días de siembra a floración), de origen templado, de porte semienano, con tallos fuertes y resistentes al vuelco y hojas erectas, mostrando por tanto, un tipo de arquitectura de planta moderna. Su rendimiento promedio, es de 7606 kg/ha de acuerdo al Programa de Evaluación de Cultivares del INIA.

La tasa de macollaje de este material es moderada, con valores muy similares a los promedios de todos los materiales; llega al máximo valor en pleno macollaje, con 671 tallos por metro cuadrado, culminando con 506 tallos por metro cuadrado, lo que representa una disminución porcentual de 25%, siendo de los menores descensos del ensayo. En este sentido, este material, presenta un comportamiento del macollaje similar al de L1796. Los valores de macollaje similares a los valores promedio, originaron valores de IAF, que, se encontraron, muy por debajo de los valores promedio del ensayo; esto está indicando, un pobre desarrollo del área foliar de la planta, con relación al resto de los materiales. Este hecho, provocó una tardía cobertura del suelo, lo que determina una muy mala competencia de este cultivar con las malezas. El pobre desarrollo del área foliar de este material, hizo que las TCC en las etapas vegetativa y reproductiva, fueran de las más bajas del ensayo ($4.1 \text{ g/m}^2/\text{día}$ en el período de emergencia a primordio y $17.4 \text{ g/m}^2/\text{día}$ entre primordio y 50% de floración).

Durante el período de llenado de grano, las TCC se acercaron más a los valores promedios, e incluso en la última etapa de llenado, la TCC se ubicó por encima del promedio de los materiales.

Las bajas TCC en las etapas vegetativa y reproductiva, junto con TCC que no se destacaron en el período de llenado de grano del cultivo, determinaron una baja acumulación final de materia seca de 14680 kg/ha , que se ubicó en el grupo inferior de acumulación de materia seca total (Fig. N° 29).

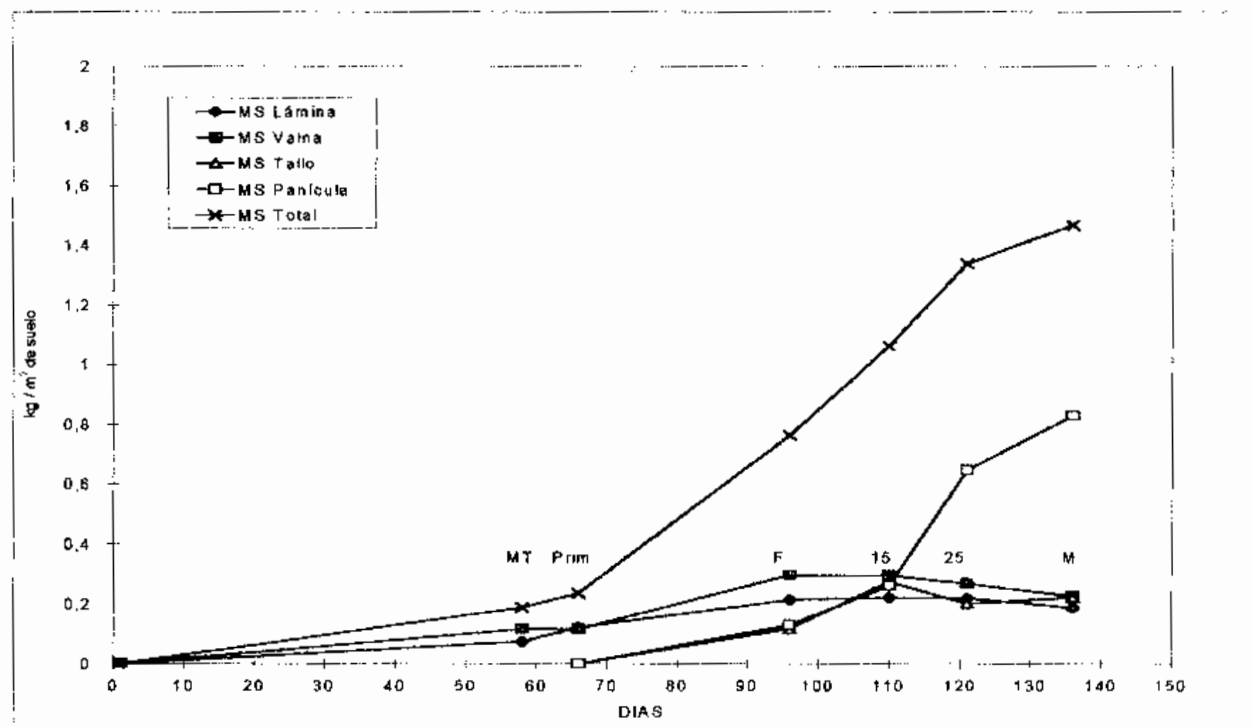


Figura N° 29: Evolución de la materia seca total y sus componentes en INIA Caraguatá.

Nota: MT = macollaje tardío, Prim = primordio, F = 50% de floración, 15 = 15 días pos 50% de floración, 25 = 25 días pos 50% de floración y M = madurez fisiológica.

La materia seca total, creció a una tasa de 4.1 g/m²/día en el período de emergencia a primordio, estando compuesta de 51% de láminas y 49% de vainas, al final de este período.

En la etapa de primordio a 50% de floración, el cultivo crece a una tasa de 17.4 g/m²/día, y la materia seca total a 50% de floración, se compone de 28% de materia seca de láminas, 40% de materia seca de vainas, 15% de materia seca de tallos y 17% de materia seca de las panículas. Las láminas y vainas, crecieron 76 y 157% respectivamente, y este crecimiento, se debió, fundamentalmente, al aumento del IAF (51%), a través del aumento del área foliar por tallo, puesto que, se mantiene el número de los mismos.

En el período comprendido entre 50% de floración y 15 días pos 50% de floración, la TCC fue de 21.4 g/m²/día, y estuvo explicada, más que nada, por la acumulación de materia seca en tallos y panículas, dado que la materia seca de láminas y vainas, se mantiene respecto al período anterior. Esta TCC, es el doble de la TCP, lo que demuestra la acumulación de materia seca en otro órgano que no son las panículas; dicha materia seca, fue acumulada, probablemente, en los tallos como reserva. Al final de este período, el 21% de la materia seca total corresponde a las láminas, el 28% a vainas, el 26% a tallos y el 25% a panículas.

La TCC en la etapa de 15 a 25 días pos 50% de floración, es de 25.2 g/m²/día, y, estuvo dada, en base al crecimiento exclusivo de panículas, ya que los otros componentes de la materia seca, tienden a mantenerse o disminuir. En esta etapa, la TCP, es la mayor de todo el ciclo, siendo superior a la TCC, lo que presupone la retraslocación desde otros órganos (principalmente los tallos que son los que experimentan el mayor descenso). La composición porcentual de la materia seca a 25 pos 50% de floración, fue la siguiente: 17% de láminas, 20% de vainas, 15% de tallos y 48% de panículas.

En el último período de llenado de grano, la TCC fue de 8.8 g/m²/día; este crecimiento, se efectúa a expensas del crecimiento sólo de la panícula. De manera similar a lo ocurrido en la etapa anterior, la TCP, es mayor a la TCC, evidenciando la retraslocación de reservas hacia la panícula.

INIA Caraguatá tuvo un alto rendimiento (9044 kg/ha), con una acumulación moderada de materia seca total de 14680 kg/ha y un muy alto índice de cosecha (62%). Los dos componentes del rendimiento fundamentales en este cultivar fueron el número de panículas por metro cuadrado (645) y el bajo porcentaje de esterilidad (14%).

b. L1701 y L1707.

Estos dos materiales se van a discutir juntos, dado su comportamiento similar, en función de su alto grado de parentesco.

L1701 se originó del cruzamiento de Nwbt / EP48 // EP94, es un material de ciclo largo, que se comportó como ciclo medio (95 días de siembra a floración), con un rendimiento promedio de 9040 kg/ha, según el Programa de Evaluación de Cultivares de INIA.

L1707 se originó del cruzamiento de Nwbt / NwrL79 // EP94, se trata de un ciclo intermedio a largo, con un comportamiento de ciclo medio (95 días de siembra a floración), y con un rendimiento medio de 8959 kg/ha, según el Programa de Evaluación de Cultivares de INIA.

Respecto al macollaje, ambos materiales, presentan curvas muy similares, con valores de L1707 un poco por debajo de L1701, llegando al máximo valor de tallos en pleno macollaje, ubicándose el primero, tercero en el ranking, y el último en el octavo lugar del mismo, con 811 y 701 tallos/m², respectivamente. Dichos valores, descienden hasta 50% de floración, y luego tienden a mantenerse, llegando a madurez, con valores que se encuentran algo por encima del promedio de los demás materiales.

Presentan valores de IAF durante la etapa vegetativa y reproductiva muy similares entre sí, y que se ubican en el promedio de los materiales o un poco por encima del mismo, llegan al máximo en 50% de floración y son del orden de seis. Presentan tendencia a mantener dichos valores durante el primer periodo de llenado y luego a disminuir lentamente.

Las tasas de crecimiento, son iguales entre sí y del orden de 5 y 18 g/m²/día, durante la fase vegetativa y reproductiva respectivamente, durante el primer periodo de llenado de grano, es mayor la tasa de L1701 que la de L1707 (35.2 g/m²/día versus 22.8 g/m²/día). En el siguiente periodo, se invierte el orden, con valores muy similares y en el último periodo tienen tasas iguales entre sí y por encima del promedio del total de materiales. Dichas tasas, determinan una tasa promedio levemente superior de L1707. Estas tasas, se originan de IAF, que se encuentran dentro del promedio de los cultivares y TAN idénticas entre sí, (5.0 g/m² de lámina/día), ubicada en el duodécimo lugar en el ranking.

El cultivo, crece desde emergencia hasta primordio, a tasas muy similares y del orden de 5 g/m²/día. La composición porcentual de la materia seca de ambos, es igual y esta formada por 56% de láminas y 44% de vainas.

En el período de primordio a 50% de floración, las tasas de crecimiento del cultivo, son muy similares y del orden de $18 \text{ g/m}^2/\text{día}$; han acumulado hasta el momento, el 50% de la materia seca al final del ciclo. La composición de la materia seca, es muy parecida entre ambos, teniendo un poco de mayor peso de láminas y vainas en L1701 (33 y 36% respectivamente), respecto a L1707. En tallos y panículas, la tendencia fue inversa, quien tuvo los mayores valores fue L1707 (19 y 14% respectivamente). El crecimiento de la materia seca de láminas, fue muy similar entre ambas y del orden de 60%; dado que el número de tallos disminuye, el área foliar por tallos aumenta más que proporcionalmente, aunque el peso específico de hoja, contribuye a explicar cierto margen del aumento (Figuras N° 30 y 31).

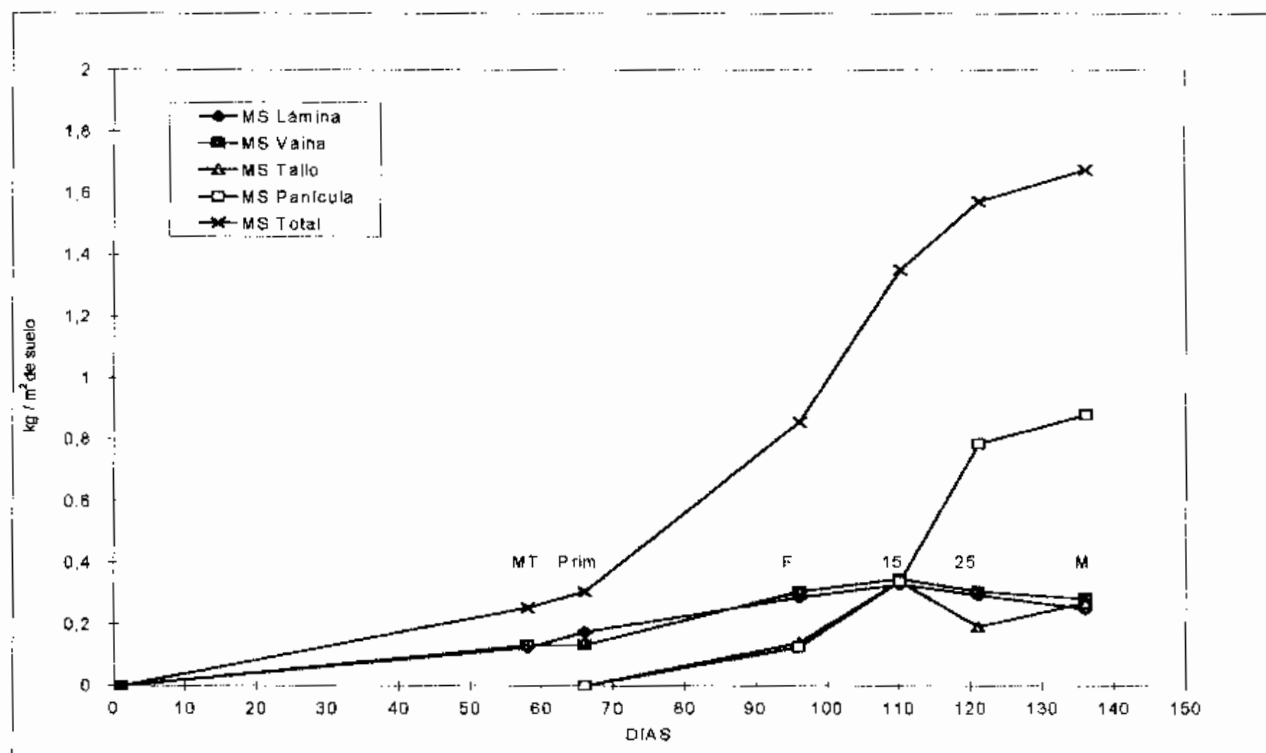


Figura N° 30: Evolución de la materia seca total y sus componentes en L1701.

Nota: MT = macollaje tardío, Prim = primordio, F = 50% de floración, 15 = 15 días pos 50% de floración, 25 = 25 días pos 50% de floración y M = madurez fisiológica.

En el período 50% de floración a 15 días pos floración, las tasas de crecimiento del cultivo fueron diferentes, ($35.3 \text{ g/m}^2/\text{día}$ para L1701 y $22.1 \text{ g/m}^2/\text{día}$ para L1707), que hicieron que la acumulación de materia seca a 15 días pos floración, fuera mayor en L1701. El crecimiento en ambos materiales, se dio, mas que nada, sobre la base del aumento de la materia seca de tallos y panículas, dado que las láminas y vainas se mantienen, con una leve tendencia al aumento. La composición porcentual, para L1701, esta muy próxima al 25% para cada uno de los componentes. En cambio en L1707 hay un mayor peso de láminas y vainas (26 y 29% respectivamente), que de tallos y panículas (23 y 22% respectivamente). El crecimiento de materia seca de tallos,

fue mayor en L1701, y representó un 145% de aumento de materia seca en el período; tal crecimiento se da sobre la base del aumento de materia seca individual de tallos, dado que su número se mantiene. Esta deposición de carbohidratos en los tallos, puede interpretarse como acumulación de reservas y dicho fenómeno es de mayor magnitud en L1701 que en L1707.

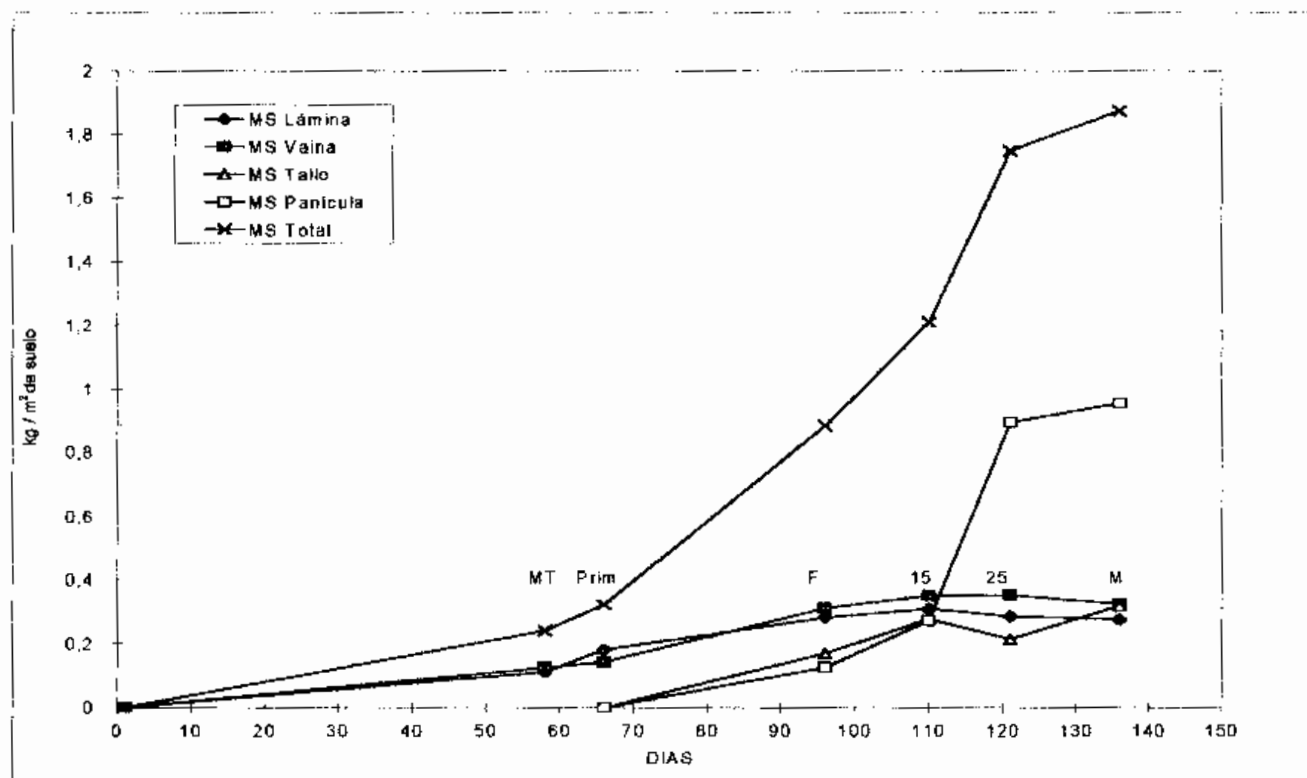


Figura Nº 31: Evolución de la materia seca total y sus componentes en L1707.

Nota: MT = macollaje tardío, Prim = primordio, F = 50% de floración, 15 = 15 días pos 50% de floración, 25 = 25 días pos 50% de floración y M = madurez fisiológica.

En el período de 15 a 25 días pos floración, las tasas de crecimiento del cultivo se invierten, y crece a mayores niveles L1707 que L1701 (35.2 y 22.8 g/m²/día respectivamente). La acumulación de materia seca total, se da, más que nada, sobre la base de la acumulación de materia seca en panículas, dado que el resto de los componentes disminuyen en ambos materiales, pero los tallos lo hacen en mayor proporción, aunque con mayor magnitud en L1701 que en L1707. Este hecho sugiere, que la retrasilocación desde tallos, es mayor en el primero que en el último. Durante el período tienen las mayores tasas de crecimiento de panículas del ensayo, 40.6 y 47.0 g/m²/día para L1701 y L1707 respectivamente; la mayor tasa de L1707, hizo, que al final del período, tuviera una mayor proporción de panículas respecto al total de materia seca (51%).

Para el período de 25 días pos 50% de floración a madurez, conviene hacer algunas aclaraciones. Como ya fue mencionado en los materiales y métodos, el muestreo de materia seca total y sus componentes no fue realizado en el mismo momento de la cosecha, sino aproximadamente unos 20 días pos cosecha. Partiendo del supuesto que, la materia seca total luego de finalizado el llenado de grano no fuera a presentar aumentos substanciales, se calculase la TCC del período de 25 días pos 50% de floración a madurez, con el incremento de materia seca entre el primer momento citado y 20 días pos cosecha, y un período de 15 días, que es el que va desde 25 días pos 50% de floración a madurez. Si la materia seca, luego de finalizado el llenado de grano, no hubiese aumentado, la TCC así calculada, sería la tasa real de este período, pero considerando que el peso de los tallos aumentó luego de 25 días pos 50% de floración (lo cual no era esperable), existió una acumulación de materia seca total con posterioridad a madurez fisiológica. La TCC, estuvo, por tanto, sobrevalorada y la acumulación real de materia seca total a madurez de cada cultivar, es menor a los valores que presentan. El peso de las panículas, no aumenta luego de finalizado el llenado de grano, por lo que la TCP es confiable y real. Por otro lado, el índice de cosecha, se encuentra subvalorado, ya que, se calculó con la materia seca de poscosecha, que es mayor que la de madurez. La TCP, fue mayor para L1701 (6.2 g/m²/día), que para L1707 (3.9 g/m²/día).

Los rendimientos de L1701 y L1707, fueron de 8995 y 9864 kg/ha, respectivamente. Estos altos rendimientos, se produjeron, basándose en una alta acumulación final de materia seca (16750 y 18730 kg/ha) y un elevado índice de cosecha (0.54 y 0.53). El único componente del rendimiento destacado en estos materiales, fue el bajo porcentaje de esterilidad (16.7 y 16.3%). Las diferencias de rendimiento entre ambos cultivares, se debieron a pequeñas diferencias en el número de panículas por metro cuadrado y granos por panícula, que determinaron una diferencia de 9130 granos totales/m² y de 7290 granos llenos a favor de L1707.

c. L1119 y L1130.

Estas líneas se discuten en forma conjunta, por la similitud que presentan en su comportamiento y su alto grado de parentesco.

La línea 1119, es originada del cruzamiento de Nwbt/NrxL79//EP94 y L1130 del cruzamiento de Nwbt/NrxL79//Leah. Ambos materiales son de ciclo intermedio a largo, pero se comportaron como ciclo medio en el presente trabajo (95 días de siembra a floración para ambos), el rendimiento promedio es de 8100 y 8129 kg/ha de los datos del Programa de Evaluación de Cultivares del INIA.

Las curvas de macollaje de estos materiales son muy similares, con valores en todo el ciclo algo superiores en L1119 respecto a L1130, (el primero presenta valores superiores a los promedios, mientras que el segundo se encuentra siempre por debajo del promedio de todos los materiales); las diferencias en el número de tallos/m² son significativas, sólo en el último momento. El máximo número de macollos por metro cuadrado, se alcanza en pleno macollaje; en este momento L1119 posee 720 tallo/m² y L1130 tiene 615 tallos/m². Luego de este momento, la evolución de los tallos es diferencial: mientras L1119 disminuye su número hasta 50% de floración manteniéndolo hasta madurez, L1130 tiende a disminuir el número de tallos en forma ininterrumpida hasta madurez.

Ambas líneas, presentan valores de IAF muy similares que no tienen diferencias estadísticas y se encuentran en el entorno de los valores promedio del ensayo, llegando al máximo IAF en 50% de floración, con 6.5 para L1119 y 6.6 para L1130. El primer material citado, tiende a mantener el valor de 50% de floración hasta 15 días pos 50% de floración, para luego descender hasta madurez, en cambio en el segundo la tendencia es a disminuir el IAF de 50% de floración en forma ininterrumpida hasta madurez.

En general en el período vegetativo y reproductivo, las TCC estuvieron dentro de los niveles promedio o por encima de los mismos, respectivamente, excepto la TCC del período de emergencia primordio de L1130, que fue de las menores del ensayo. Ambos materiales llegaron a las mayores TCC en el período de primordio a 50% de floración, y fueron de 28.2 g/m²/día para L1119 y de 24.7 g/m²/día para L1130. En los dos primeros períodos de llenado de grano, las tendencias se invierten respecto a los períodos anteriores, (L1130 tiene mayores TCC que L1119). Estas diferencias en las TCC de las dos primeras etapas de llenado, se tradujeron en mayores TCP de L1130 en el primer período de llenado, pero no en el segundo; este hecho, da la pauta que, L1119, en el segundo período de llenado de grano, está traslocando carbohidratos desde las reservas, a mayores tasas que L1130.

En el período de emergencia a primordio, la TCC de L1119, es mayor que la de L1130, (4.9 g/m²/día versus 4.0 g/m²/día). La mayor TCC de L1119 en este período, provocó una mayor acumulación de materia seca total en primordio, que, sin embargo, no tuvo diferencia significativa con L1130. La composición de la materia seca en primordio, es similar en ambos materiales: 54% de láminas y 46% de vainas en L1119 y 57% de láminas y 43% de vainas en L1130 (Figs N° 32 y 33).

Entre primordio y 50% de floración, los materiales crecieron a razón de 28.2 g/m²/día para L1119 y 24.7g/m²/día para L1130. Tanto L1119 como L1130, acumularon igual porcentaje de materia seca en 50% de floración, (66 y 65% respectivamente del total), solo que el primero, acumuló 1550 kg/ha más que el segundo. La materia seca total, en este momento, está compuesta por: 30% de láminas en L1119 y 32% en L1130, 36 y 37% de vainas, 18 y 15% de tallos y 16% de panículas en ambos. La materia seca de láminas, creció 121% en L1119 y 147% en

L1130 en este período, explicado, principalmente, por el crecimiento del IAF y en menor medida el aumento del PEH.

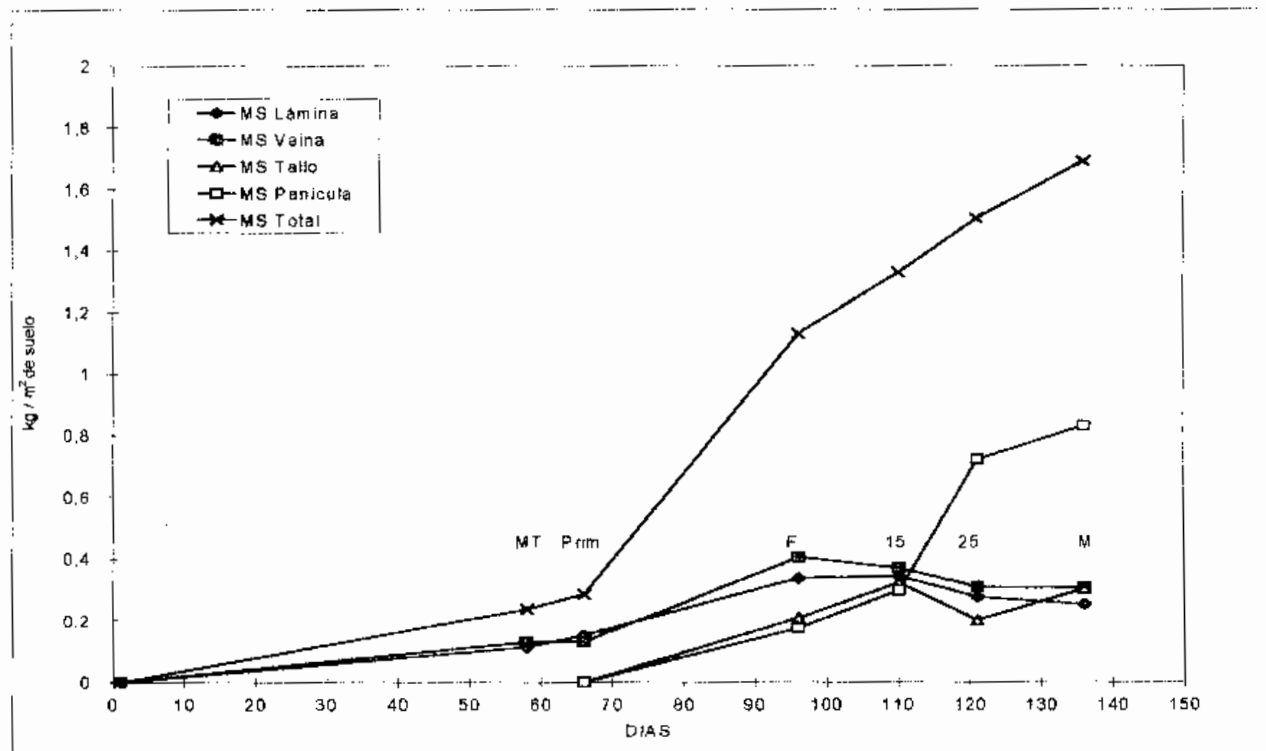


Figura N° 32: Evolución de la materia seca total y sus componentes en L1119.

Nota: MT = macollaje tardío, Prim = primordio, F = 50% de floración, 15 = 15 días pos 50% de floración, 25 = 25 días pos 50% de floración y M = madurez fisiológica.

Durante el primer período de llenado de grano, las TCC de L1119 y L1130 son de 14.5 y 19.9 g/m²/día, respectivamente. En ambos materiales, el crecimiento se produce, sobre la base del aumento de materia seca de tallos y panículas, ya que la materia seca de láminas y vainas tiende a disminuir. El crecimiento de materia seca de tallos, se da por el aumento de materia seca individual de los mismos, dado que su número disminuye. A 15 días pos floración, la materia seca total, se compuso de valores muy similares entre ambos materiales de materia seca de láminas, vainas y panículas (26, 28 y 22% para L1119 y 24, 29 y 23% para L1130), e igual valor de tallos (24%).

Para el período de 15 a 25 días pos floración, los materiales crecen a tasas que se hallan por debajo del promedio (15.8 en L1119 y 17.0 en L1130). El crecimiento en este período, se efectúa, basándose en crecimiento exclusivo de panículas, puesto que la materia seca de los demás componentes disminuye. En los dos materiales, la TCP es superior a la TCC, lo que indica que la planta, está retraslocando desde otros órganos hacia la panícula, pero esta retraslocación, es de mayor magnitud en L1119, ya que de las dos líneas, es la que tiene la mayor diferencia entre la TCP y la TCC.

Esto se verifica, al observar que la disminución en la materia seca de vainas, láminas y tallos, es mayor en L1119. Al final de este período, en la composición de la materia seca, tienen más importancia las panículas con 48% en L1119 y 46% en L1130; luego le siguen en importancia las vainas y láminas con un 40% y por último se encuentran los tallos con 13 y 14% para L1119 y L1130, respectivamente.

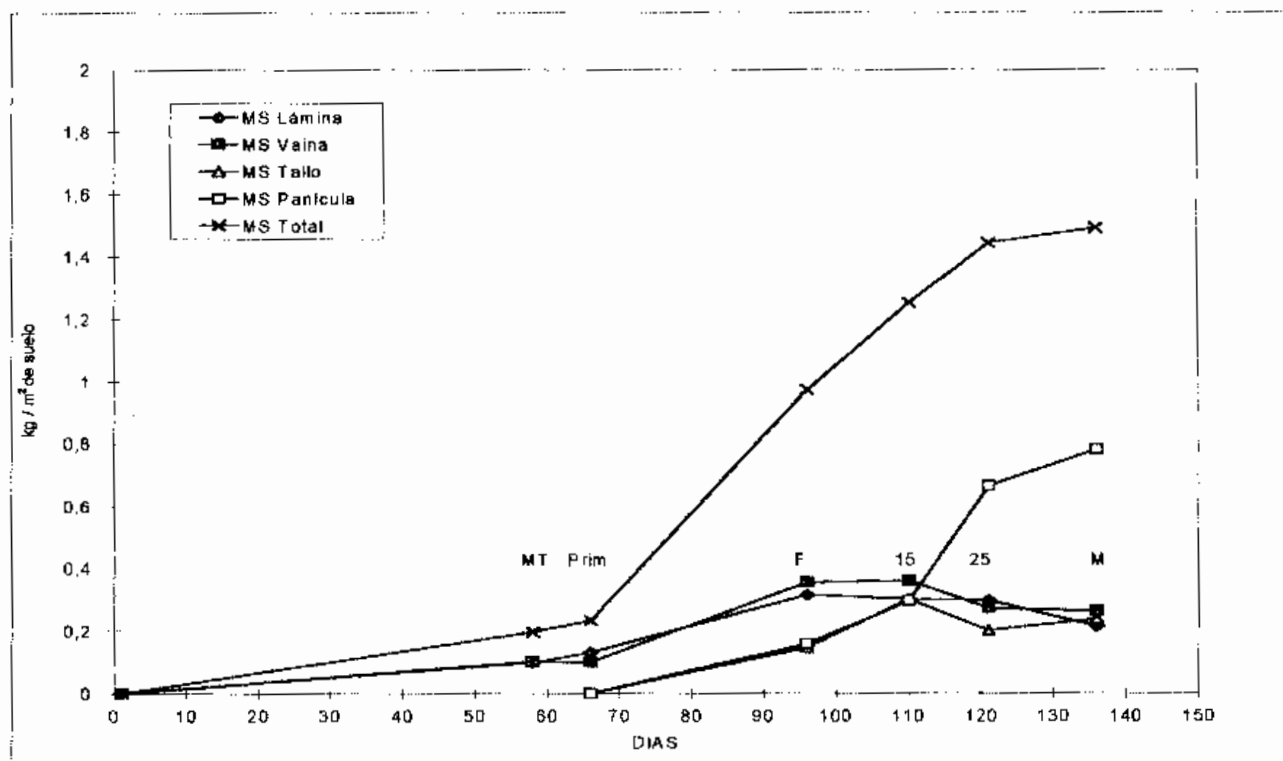


Figura N° 33: Evolución de la materia seca total y sus componentes en L1130.

Nota: MT = macollaje tardío, Prim = primordio, F = 50% de floración, 15 = 15 días pos 50% de floración, 25 = 25 días pos 50% de floración y M = madurez fisiológica.

En el período de 25 días pos floración a madurez, debe considerarse las mismas salvedades que para L1701 y L1707. Las TCP de L1119 y L1130 en este período, son de las menores del ensayo (7.1 y 7.3 g/m²/día), respectivamente.

L1119, sobre la base de una buena acumulación de materia seca total a madurez de 16900 kg/ha y un alto índice de cosecha (0.57), obtuvo un rendimiento de 9256 kg/ha. De los componentes del rendimiento, el que más se destacó, fue el porcentaje de esterilidad (15.9%); el resto de los componentes tuvieron una performance intermedia, entre el resto de los materiales. Por su parte, L1130, obtuvo una acumulación final de materia seca total intermedio de 1493 kg/ha, pero su muy alto índice de cosecha (0.60), le permitió llegar a un alto rendimiento (8777 kg/ha). Los componentes que tuvieron más peso en determinar este rendimiento, fueron panículas/m² (643) y granos por panícula (100).

3. Ciclo largo.

a. El Paso 144.

El Paso 144, es un material de ciclo largo (101 días de siembra a floración), de origen tropical, de porte semienano, con alto potencial de rendimiento y un promedio de 8554 kg/ha, según el Programa de Evaluación de Cultivares del INIA.

Este material, posee muy alta capacidad de macollaje, que le confiere un pronto cubrimiento del suelo luego de la siembra, en consecuencia, posee excelente capacidad de competencia con malezas. Su gran capacidad de macollaje le permite, partiendo de un stand de plantas normales en implantación, llegar a valores muy altos a fin de macollaje. Particularmente en el presente ensayo, partiendo de 394 plantas/m² a las tres semanas pos siembra, llega a 1065 planta/m² a las ocho semanas pos siembra, que es significativamente mayor al resto de los materiales.

Es a través de la gran capacidad de macollaje desarrollada, que se produce un explosivo aumento del IAF, fundamentalmente en el período de primordio a 50% de floración (pasando de 5.0 a 11.2). Este explosivo aumento del IAF, se tradujo en altos valores de TCC, básicamente en el período de primordio a 50% de floración, donde fue la mayor de todas las tasas (34.0 g/m²/día), llegando a 50% de floración con el máximo valor de materia seca total (15900 kg/ha), que fue significativamente superior al resto de los materiales. A partir de 50% de floración, la materia seca total se mantiene hasta madurez fisiológica. Las altas TCC que posee El Paso 144 desde emergencia hasta 50% de floración, se deben, sobre todo, a los altos valores del IAF en ese período, ya que la TAN tuvo valores muy bajos (Figura N° 34).

En la etapa de emergencia a primordio, este cultivar creció a razón de 6.3 g/m²/día, siendo el de mayor tasa de todos los materiales en esta etapa, si bien no tuvo diferencias significativas con la gran mayoría de los materiales. Del total de materia seca a primordio, el 55% correspondió a láminas y el 45% a vainas.

En la etapa de primordio a 50% de floración, es donde ocurre el mayor aumento en la materia seca total, (pasa de 3670 kg/ha a 15900 kg/ha), que representó un 333% de aumento, el mayor de todos los materiales. Esta materia seca, en 50% de floración, está constituida por 29% de láminas, 38% de vainas, 17% de tallos y 16% de paniculas. En 50% de floración, se logran los máximos valores de materia seca de vaina y lámina, que fueron, a la vez, significativamente superiores al resto de los materiales. Esto se debió, principalmente, a un aumento del número de hojas por tallo, ya que el número de tallos descendió de 930 a 818 tallos/m² (12% de descenso).

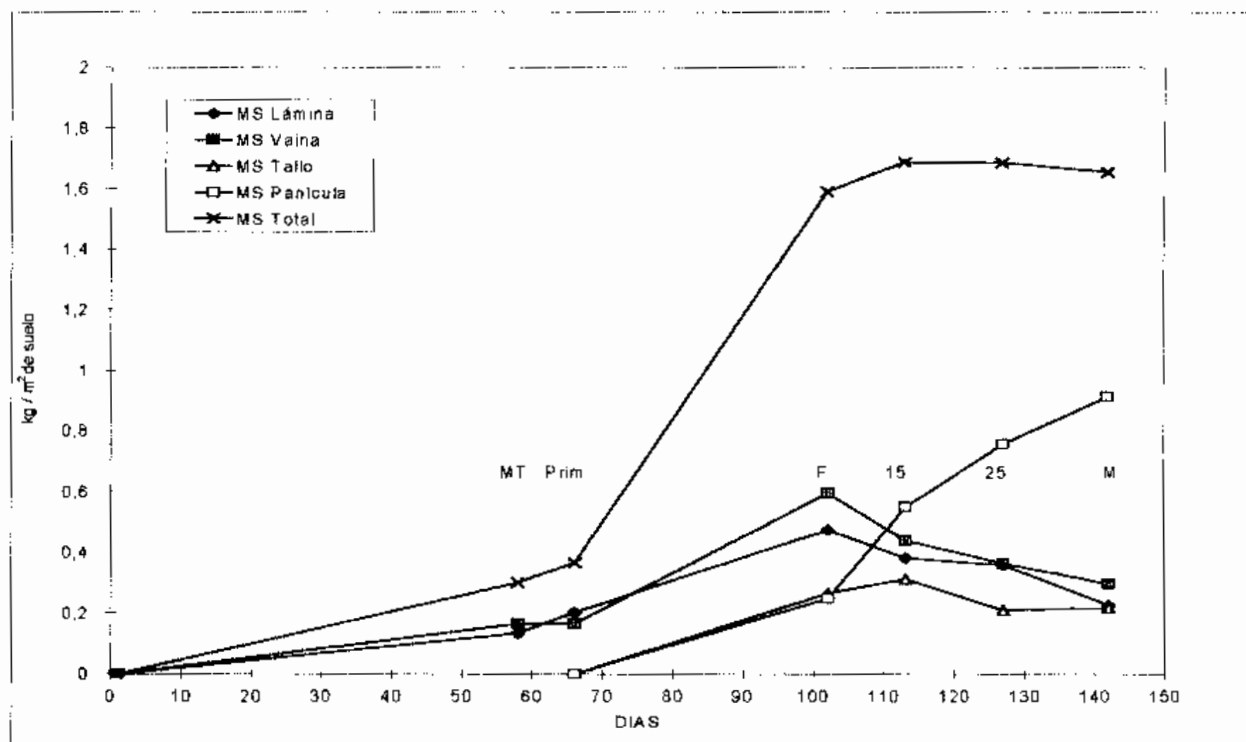


Figura N° 34: Evolución de la materia seca total y sus componentes en El Paso 144.

Nota: MT = macollaje tardío, Prim = primordio, F = 50% de floración, 15 = 15 días pos 50% de floración, 25 = 25 días pos 50% de floración y M = madurez fisiológica.

En el primer período de llenado de grano (50% de floración a 15 días pos floración), hay un leve incremento de la materia seca total, a partir del cual se mantiene, con una leve tendencia a disminuir en el último tramo del llenado. El pequeño incremento de la materia seca total en el primer período de llenado de grano, fue basado, en un pequeño aumento de la materia seca de tallos y un gran aumento de la materia seca de panícula, dado que la materia seca de láminas y vainas, decreció en el orden de 19 y 26%, respectivamente. De este hecho, queda claro que, la retraslocación que se da de otros órganos de la planta a la panícula, en este período, proviene de vainas y láminas.

En el siguiente período (15 a 25 días pos floración), la materia seca total se mantiene, continúa disminuyendo la materia seca de láminas y vainas y se da en este período la mayor disminución de la materia seca de los tallos (33% de descenso); el único componente que aumenta es la panícula y dicho aumento es casi exclusivamente sobre la base de retraslocación de otros órganos.

En el último período de llenado de grano, se produce una pequeña caída (aunque no significativa) de la materia seca total, a causa de la disminución de la materia seca de vainas y láminas, puesto que la materia seca de tallos se mantiene, y la materia seca de panículas aumenta, en un nivel menor a la suma de la disminución de la materia seca de vainas y láminas.

La traslocación de reservas prefloración, se dio, aparentemente, de distintos órganos en las diferentes etapas de llenado de grano. En la primera etapa (50% de floración a 15 días pos 50% de floración), la traslocación se produciría sobre todo a partir de láminas y vainas; en la segunda etapa (15 a 25 días pos 50% de floración), las reservas provendrían de tallos, láminas y vainas, y en la última etapa de llenado, la removilización se da a partir de láminas y vainas.

Mientras que todos los materiales presentaron las mayores TCP en el período de 15 a 25 días pos 50% de floración, El Paso 144, tuvo la mayor TCP en el período de 50% de floración a 15 días pos 50% de floración (de 27.5 g/m²/día), siendo significativamente superior a todos los materiales, excepto, L1808, INIA Yermal e INIA Tacuarí. Este hecho, está asociado a una gran removilización de carbohidratos desde las reservas, característico en materiales de ciclo largo.

El alto rendimiento obtenido por El Paso 144 (8710 kg/ha), estuvo determinado por una alta acumulación de materia seca total (16550 kg/ha) y un alto valor de índice de cosecha (0.53). De los componentes del rendimiento, los que explican este alto rendimiento son: un alto número de panículas por metro cuadrado (715), el más alto del ensayo, y el alto peso de 1000 granos (25.9 g).

b. L933.

La línea 933, es un material de ciclo largo, que se comportó como ciclo medio (95 días de siembra a floración), originado del cruzamiento de Nwbt/NrxL79//Leah, con un rendimiento promedio de 8126 kg/ha, según el Programa de Evaluación de Cultivares del INIA.

El potencial de macollaje de esta planta es elevado; el máximo número de macollos (811 tallos/m²), se alcanza en pleno macollaje (7 semanas pos siembra). A partir de este momento, se produce una reducción del 30% en el número de tallos hasta 50% de floración, manteniéndose luego hasta madurez, lo que permitió que en este último momento, tuviese uno de los más altos valores de macollos por metro cuadrado.

El IAF, presentó valores superiores a los promedios de todos los materiales durante todo el ciclo de crecimiento, siendo de los mayores valores en macollaje (3.1) y 50% de floración (7.7). En este último momento, el IAF de este material, junto con el de El Paso 144, supera el valor máximo considerado como óptimo para cultivares de arroz.

L933, fue el material de mayor acumulación de materia seca total (19850 kg/ha) y tuvo la mayor TCC promedio de todo el ciclo (15.5 g/m²/día). Esta TCC, puede ser considerada como muy alta para un material de ciclo largo y comparable a las mayores TCC promedio reportadas en la bibliografía en condiciones templadas. Las altas TCC de este material a lo largo de su ciclo, se fundamentan en altos niveles de IAF, dado que la TAN promedio, tiene un valor intermedio entre los materiales.

En el período de emergencia a primordio, la TCC fue de 4.8 g/m²/día. La materia seca total en primordio, se compuso de un 57% de láminas y un 43% de vainas.

Durante el período de primordio a 50% de floración, la TCC es de 26.3 g/m²/día, una de las mayores tasas de ese período y llega a 50% de floración con uno de los mayores valores de materia seca total (10650 kg/ha), sin embargo en este momento sólo acumuló el 53% de la materia seca total a madurez. La materia seca al final de este período, se compuso de: 35% tanto en láminas como en vainas, 16% de tallos y 14% de panículas (Figura N° 35).

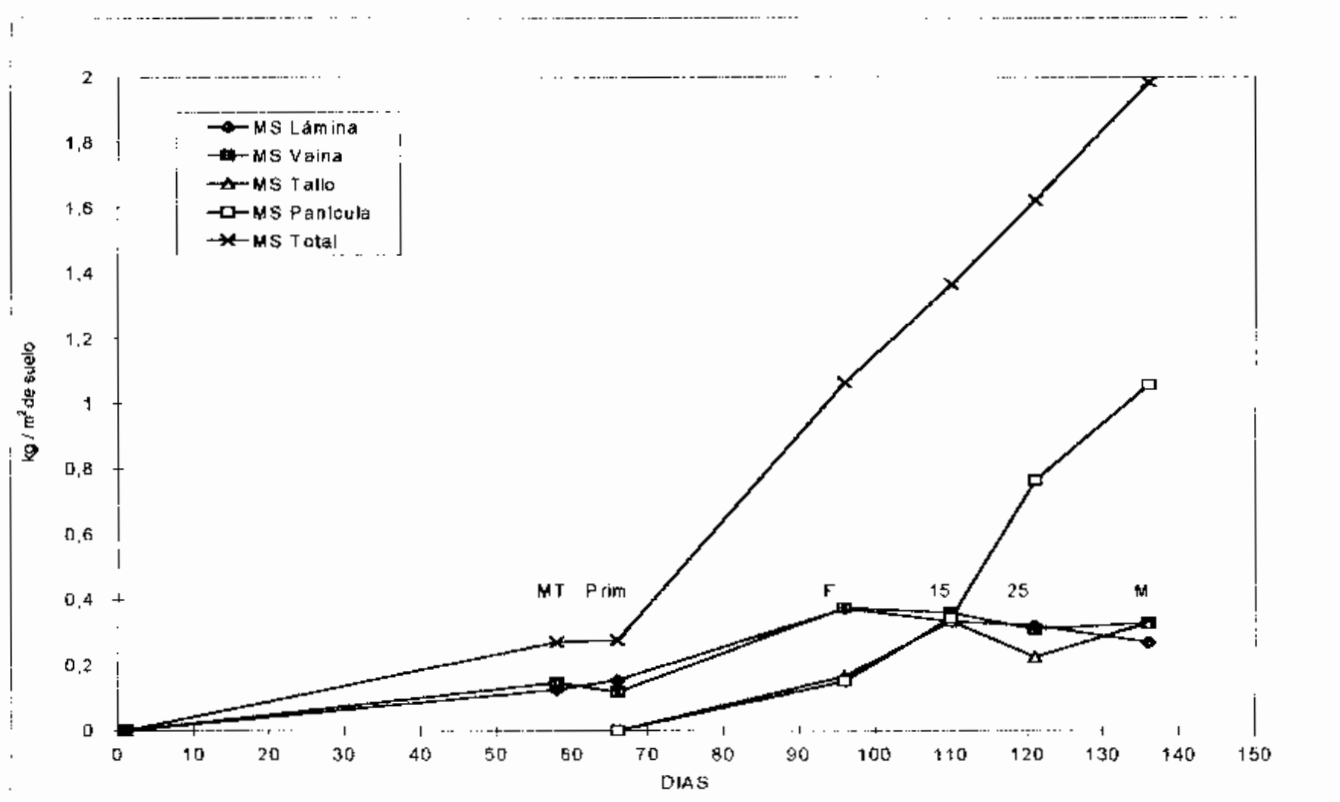


Figura N° 35: Evolución de la materia seca total y sus componentes en L933.

Nota: MT = macollaje tardío, Prim = primordio, F = 50% de floración, 15 = 15 días pos 50% de floración, 25 = 25 días pos 50% de floración y M = Madurez fisiológica.

En el primer período de llenado de grano (50% de floración a 15 días pos 50% de floración), la TCC fue de $17.4 \text{ g/m}^2/\text{día}$ y la materia seca en 15 días pos 50% de floración, estuvo compuesta por 24% de láminas, 26% de vainas, 25% de tallos y 25% de panículas. El crecimiento que se produce de la materia seca de tallos en este período, está provocado por el aumento del peso individual de los tallos, ya que el número de los mismos se mantiene, por lo cual, se puede concluir, que se están acumulando carbohidratos de reserva en los tallos. Este hecho, se corrobora al observar que la TCP es inferior a la TCC en este período.

Para el período de llenado de grano comprendido entre 15 y 25 días pos 50% de floración, la TCC fue de $11.3 \text{ g/m}^2/\text{día}$ y estuvo explicada únicamente por el crecimiento de las panículas, dado que el resto de los componentes de la materia seca disminuyen o se mantienen en su crecimiento. La composición porcentual de la materia seca en 25 días pos 50% de floración fue de 20% de láminas, 19% de vainas, 14% de tallos y 47% de panículas. La TCP de este período ($33.0 \text{ g/m}^2/\text{día}$), es sumamente superior a la TCC, lo que indica que además de la deposición de fotosintatos en las panículas provenientes de la fotosíntesis en curso, existe otra fuente de carbohidratos. La materia seca de tallos, desciende 109 g/m^2 durante este período, demostrando que la otra fuente de carbohidratos provendría de los tallos y en menor medida de las vainas, que muestran un descenso menor en su materia seca.

Para el período de 25 días pos floración a madurez, hay que hacer la misma salvedad que se hizo para L1701, L1707, L1119 y L1130, respecto al muestreo en pos cosecha y a la modalidad de cálculo de la tasa de crecimiento del cultivo. La TCP en este período, fue de las más altas entre todos los materiales (la segunda, después de L1796) y tuvo un valor de $19.3 \text{ g/m}^2/\text{día}$.

Una gran acumulación de materia seca total a madurez (19850 kg/ha), que fue la mayor del ensayo, pese a un bajo valor de índice de cosecha (44%), determinó un alto rendimiento en grano de 8918 kg/ha . Los componentes del rendimiento que más se destacaron en este material fueron: porcentaje de esterilidad (13.6%) y el peso de mil granos (24.7 g , encontrándose en cuarta posición); el resto de los componentes tuvieron valores intermedios.

V. CONCLUSIONES

En todos los materiales evaluados, hubo una alta relación entre las variables macollaje, IAF y acumulación de materia seca total, de forma tal, que altas tasas de macollaje, estuvieron asociadas con altos incrementos en el IAF, determinando mayores TCC hasta 50% de floración, a partir del cual, altos valores de IAF, originaron pequeñas TCC. Lo inverso a lo mencionado, fue obtenido en los materiales de bajo macollaje.

Con relación al macollaje, en general, los cultivares que obtuvieron la mayor cantidad de tallos/m² en pleno macollaje son los que experimentan la mayor tasa de descenso en el número de tallos hasta madurez, y, a la vez, los de menor macollaje son los que experimentan los menores descensos hasta madurez. Los materiales muy macolladores, presentan una competencia más aguda y anticipada en el ciclo por espacio, luz y nutrientes entre tallos productivos y no productivos, determinando una reducción del número de granos totales/m² a través de la reducción en el número de granos por panícula.

Los cultivares que presentaron los mayores rendimientos del ensayo, fueron los que tuvieron los mayores niveles de materia seca final, y, a la vez, tuvieron altos valores de índice de cosecha (mayor a 0.50), a excepción del cultivar L933, que presentó un bajo índice de cosecha (0.44), pero la mayor cantidad de materia seca total del ensayo al final de su ciclo. Todos estos materiales, a excepción de El Paso 144, presentaron una acumulación continua de materia seca desde primordio hasta 25 días pos 50% de floración y/o madurez. La obtención de los más altos rendimientos en esta situación, estuvo asociada en todos los casos, a excepción de El Paso 144, al desarrollo de un área foliar de tamaño moderado, (en el rango de 4 a 7, reportado como óptimo en poblaciones de arroz), que se mantiene estable o con leve descenso en la etapa de llenado de grano.

Materiales de ciclo corto o medio como INIA Tacuarí o INIA Caraguatá, tienen valores, de IAF, del orden del 50% de los valores de EL Paso 144, durante todo el período vegetativo y reproductivo. Luego, durante el llenado de grano, las diferencias se minimizan, pero este último sigue teniendo valores superiores. Sin embargo, los rendimientos de INIA Tacuarí e INIA Caraguatá son superiores, lo que hace pensar que estos altos valores de IAF de El Paso 144 le son ineficientes al cultivo.

El PEH, está asociado en forma positiva con la TAN durante el crecimiento vegetativo y reproductivo, sobre todo con el primero, pero no tiene una clara asociación con TAN en la etapa de llenado. En este período, la TAN parece estar más influenciada por el IAF, la arquitectura de planta a través de la distribución de luz en la canopia y la proporción de los distintos órganos en la planta, que por el PEH. Por consiguiente, la TAN y el PEH, son variables que tienen menos importancia en la determinación de los rendimientos que el IAF.

Las TCP de cultivares de ciclo corto, tienen poca variación entre los distintos períodos del llenado, comparadas con los materiales de ciclo largo; esto evidencia dos hechos: la ausencia (o menor importancia) de la retraslocación de reservas en el llenado de las panículas y tasas fotosintéticas muy similares durante todo el llenado.

Bajo condiciones climáticas favorables durante todo el crecimiento del cultivo (altas temperaturas y altos niveles de radiación), la estrategia más favorable en la determinación de los rendimientos, es la que está basada en el aporte mayoritario de la fotosíntesis en llenado y en menor medida a partir de reservas, pero podría comprometer la obtención de altos rendimientos, bajo condiciones climáticas adversas en la etapa de llenado de grano.

En cultivares de ciclo largo, de origen tropical (como El Paso 144), es fundamental desde el punto de vista de los rendimientos, la acumulación de materia seca que se produce hasta a 15 días pos 50% de floración, donde se acumula una gran cantidad de reservas en tallos y vainas principalmente, dado el escaso crecimiento que estos materiales tienen en la mayor parte del período de llenado.

En cuanto a los componentes del rendimiento, en todos los materiales evaluados, se verificó la existencia de compensaciones entre los mismos en la obtención de los rendimientos. Para el conjunto de los materiales, las únicas asociaciones significativas entre componentes del rendimiento, fueron las que presentaron panículas/m² con granos/panícula ($r=-0.58$) y granos/panícula con peso de mil granos ($r=-0.55$).

A partir de los resultados obtenidos y de la metodología empleada en este trabajo, surgen ciertas reflexiones y sugerencias para ser consideradas en trabajos similares:

- Los coeficientes de variación en todas las mediciones de tasas (TCC, TAN y TCP), fueron elevados, aumentando hacia fines del ciclo, y no permitieron establecer diferencias significativas entre materiales, por lo que el análisis de estos parámetros, se centra, más que nada, en identificar patrones de crecimiento contrastantes. Las causas principales de este hecho, fueron el uso de períodos de muy diferente duración y el método de muestreo.
- De acuerdo a lo mencionado anteriormente se sugiere: a) establecer períodos de similar y menor duración en la etapa vegetativa, que permitan realizar un seguimiento más ajustado de las variables de crecimiento, y b) en cada momento de muestreo, obtener 5 muestras de 20 cm., distribuidas en distintas líneas de cada parcela, en lugar de 1 metro lineal en un único lugar de la parcela, como forma de disminuir la variabilidad entre parcelas de un mismo tratamiento.
- Para tener seguridad en la determinación de los momentos y magnitudes de la acumulación y remobilización de reservas, se propone realizar marcación de carbohidratos en planta.

VI. RESUMEN

Este trabajo, fue realizado en INIA Treinta y Tres y el ensayo se llevó a cabo en el Campo Experimental de "Paso de la Laguna". Dicho trabajo, se enmarca en una línea de estudio que busca caracterizar las curvas de crecimiento y patrones de construcción de los rendimientos en los cultivares élite del Programa de Mejoramiento Genético de Arroz (PMGA).

Para este trabajo, se utilizaron 5 variedades comerciales, Bluebelle, El Paso 144, INIA Yerbal, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá; y 10 líneas experimentales de alto rendimiento con 2 y 3 años de evaluación. La siembra se realizó el 20/11/95, y el manejo utilizado fue el tradicional de los aplicados en el país.

Del análisis de la evolución del macollaje, IAF y materia seca total, se encontraron 3 tipos de curvas de crecimiento: a) altas TCC en las etapas vegetativa y muy altas en la etapa reproductiva, con muy bajas TCC durante el llenado de grano, representado por el material semienano tropical El Paso 144; b) TCC moderadas en la etapa vegetativa y una acumulación de materia seca bastante continua desde la etapa de primordio hasta madurez fisiológica (L933, L1796 y L1119); y c) TCC moderadas hasta la etapa de primordio, con una acumulación continua de materia seca hasta 25 días pos 50% de floración, a partir del cual se mantienen los valores de materia seca hasta madurez, representado por el resto de los materiales, a excepción de Bluebelle y L1808.

Se encontró que asociado a la duración del ciclo, hubo una mayor importancia de la acumulación y retraslocación de reservas en materiales de ciclo largo (El Paso 144 y L1808), con relación a los materiales de ciclo corto L1796 e INIA Tacuarí; los materiales de ciclo medio presentaron un comportamiento intermedio entre estos dos grupos.

En relación con los componentes del rendimiento, se encontró que los materiales con mayor número de panículas/m², tuvieron menor tamaño de panícula ($r = -0.58$ sig.), excepto INIA Tacuarí y que los materiales de mayor número de granos por panícula, fueron los de menor peso de grano ($r = -0.55$ sig.). A diferencia del trabajo de Castro y Porto (1994), no existió una asociación significativa entre tamaño de panícula con porcentaje de esterilidad, como hubiese sido esperado.

Todos los materiales del ensayo, se agruparon en dos categorías de rendimiento: a) superior y b) inferior. La primer categoría, estuvo constituida, por los materiales L1796, L1707, INIA Tacuarí, L1119, INIA Caraguatá, L1701, L933, L1130 y El Paso 144, que fueron significativamente superiores al resto de los materiales. Dentro de este grupo, el mayor rendimiento (10.47 t/ha), lo obtuvo un material de ciclo corto (L1796), mientras que el menor rendimiento de este grupo (8.71 t/ha),

correspondió a un material de ciclo largo (El Paso 144), como así también el menor rendimiento del ensayo (6.99 t/ha), correspondió a un material de ciclo largo (L1808).

El índice de cosecha cobró valores altos (mayor a 0.50), en todos los materiales, a excepción de L933 (0.44), que fue a su vez el material de mayor acumulación final de materia seca total del ensayo.

VII. SUMMARY

This work, was accomplished at INIA Treinta y Tres and the trial was carried out in the Experimental Field of "Paso de la Laguna". Said work, is framed in a study line that seeks to characterize the growth and standard curves of construction of the yields in the elite materials of the Genetic Improvement Program of Rice (GIPR).

For this work were used 5 commercial varieties, Bluebelle, El Paso 144, INIA Yermal, INIA Tacuarí and INIA Caraguatá; and 10 high-performance experimental lines with 2 and 3 evaluation years. The sowing was accomplished 20/11/95, and the used managing was the traditional of the applied in the country.

Of the analysis of the evolution of tillering, LAI and matter dries total, were found 3 types of growth curves: a) high CGR in the vegetative stages and very high in the reproductive stage, with very decreases CGR during the grain filling, represented by the tropical semidwarf material El Paso 144; b) CGR moderated in the vegetative stage and a matter accumulation dries quite continuous from primordia stage until physiological maturity (L933, L1796 and L1119); and c) CGR moderated until primordia stage with a continuous matter accumulation dries until 25 days after 50% of flowering, from which are maintained the matter values dries until maturity, represented by the rest of the materials, except for Bluebelle and L1808.

It was found that it associated with the duration of the cycle, there was a greater importance of the accumulation and remobilization of reserves in long duration materials (El Paso 144 and L1808), with relation to the short duration materials L1796 and INIA Tacuarí; the medium duration materials presented an intermediate behavior between these two groups.

In relationship to the yield components, was found that the materials with greater number of panicles/m² had smaller size of panicle ($r=-0.58$ sig.), except INIA Tacuarí, and that the materials of greater number of grains by panicle, were those of smaller weight of grain ($r=-0.55$ sig.). To difference of the work of Castro and Porto (1994), it did not exist a meaningful association between size of panicle with sterility percentage, as might have been expected.

All materials of the trial were grouped in two yield categories: a) superior and b) inferior. The first category, was constituted by the materials L1796, L1707, INIA Tacuarí, L1119, INIA Caraguatá, L1701, L933, L1130 and El Paso 144, that they were significantly superior to the rest of the materials. Within this group, the greater yield (10.47 t/ha), was obtained by a short duration material (L1796), while the smaller yield of this group (8.71 t/ha), corresponded to a long duration material (El Paso 144), as well as the smaller yield of the trial (6.99 t/ha), corresponded to a material of long duration (L1808).

The harvest index collected high values (greater to 0.50), in all the materials except for L933 (0.44), that it was at the same time the greater final accumulation material of matter dries total of the trial.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ARGUISSAIN, G. G. y ALONSO, G. 1994. Source - sink relationship in temperate rice. In Temperate rice - achievements and potential. Yanco, Australia. Yanco Agricultural Institute. v. 2; pp. 665 - 670.
2. BLANCO, F. y ROEL, A. 1996. Agroclimatología. In Arroz, Resultados Experimentales 1995 - 96. INIA Treinta y Tres, Uruguay. pv.
3. BLANCO, P. H. 1991. Growth and assimilate partitioning in rice cultivars of different maturity groups. Tesis M. Sc. Arkansas, University of Arkansas, USA. 141 p.
4. _____ y PEREZ DE VIDA, F. 1993. Mejoramiento Genético. In Arroz, Resultados Experimentales 1992 - 93. INIA Treinta y Tres, Uruguay. v. 1; pv.
5. _____; PEREZ DE VIDA, F. y PIRIZ, M. 1993. INIA Tacuarí nueva variedad de arroz precoz de alto rendimiento. INIA. Boletín de divulgación N° 31. 10 p.
6. _____; PEREZ DE VIDA, F. y ROEL, A. 1993. Tolerancia al frío de los nuevos cultivares precoces INIA Yerbal e INIA Tacuarí. In Reuniao da cultura do arroz irrigado. (20ª). Anais. Pelotas, Brasil. EMBRAPA - CPACT. pp. 77 - 80.
7. _____; PIRIZ, M.; PEREZ DE VIDA, F. y DEAMBROSI, E. 1993. INIA Yerbal nueva variedad de arroz precoz y tolerante a bajas temperaturas. INIA. Boletín de divulgación N° 30. 10 p.
8. _____ y PEREZ DE VIDA, F. 1995. Mejoramiento Genético. In Arroz, Resultados Experimentales 1994 - 95. INIA Treinta y Tres, Uruguay. pv.
9. BONICA, J. y ZORRILLA, G. 1998. El arroz, un cultivo en pleno desarrollo. CREA. n° 193: 5 - 9.
10. CASTRO, L. A. y PORTO, A. 1994. Análisis de crecimiento y componentes de rendimiento en cultivares de arroz. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 159 p.
11. CHEBATAROFF, N. 1980. Variedades de arroz en certificación en el país. CIABB. Estación Experimental del Este, Treinta y Tres, Uruguay. Miscelánea N° 26. pp. 4 -12.
12. 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.

13. DEAMBROSI, E. 1990. Fertilización del cultivo de arroz. In Curso FAO/ Uruguay sobre uso de germoplasma y tecnología de semillas de arroz y soja. 24/7 a 2/8/90, Treinta y Tres, Uruguay. FAO - INIA, Estación Experimental del Este. 15 p.
14. DE DATTA, S. K. 1986. Morfología, crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. In Producción de Arroz, Fundamentos y prácticas. México. Limusa. pp. 175 - 203.
15. FERRAZ, E. C. 1987. Ecofisiología do arroz. In CASTRO, P. R. C., FERREIRA, S. O. y YAMADA, T. Ecofisiología da producao agrícola. Piracaiba, Brasil. POTAFOS. pp. 185 - 202.
16. FERREIRA, E. y MONTAUBAN, E. F. 1998. Incidencia de factores climáticos sobre rendimiento y componentes y vías de construcción del rendimiento en cultivares de arroz. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 186 p.
17. GARCIA, J. y PINTOS, A. 1997. Momentos de cosecha en cuatro variedades de arroz. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 91 p.
18. KROPFF, M. J.; CASSMAN, K. G.; PENG, S.; MATTHEWS, R. B. y SETTER, T. L. 1994. Quantitative understanding of yield potential. In CASSMAN, K. G. Breaking the yield barrier. Proceedings of a workshop on rice yield potential in favorable environments. Los Baños, Philippines. IRRI. pp. 21 - 38.
19. KUMURA, A. 1995. Physiology of high - yielding rice plants from the viewpoint of the dry matter production and its partitioning. In MATSUO, T., KUMAZAWA, K., ISHII, R., ISHIHARA, K and HIRATA, H. Science of the rice plant: physiology. Tokyo. Food and Agriculture Policy Research Center. v. 2; pp. 704 - 736.
20. MENDEZ, R. 1996. Aspectos fenológicos de tres variedades de arroz. In Arroz, Resultados Experimentales 1995 - 96. INIA Treinta y Tres, Uruguay. pv.
21. MURATA, Y. and MATSUSHIMA, S. 1975. Rice. In L. T. EVANS. Crop Physiology. Some cases histories. Londres, Cambridge University Press. pp. 83 - 105.
22. _____. 1976. Productivity of rice in different climatic regions of Japan. In Climate and rice. Los Baños, Philippines. IRRI. pp. 449 - 470.
23. NISHIYAMA, I. 1984. Climatic influence on pollen formation and fertilization. In TSUNODA, S and TAKAHASHI, N. Developments in crop science: biology of rice. Tokyo. Japan Scientific Societies Press. v. 7; pp. 153 - 171.

24. PENG, S.; KHUSH, G. S. y CASSMAN, K. G. 1994. Evolution of the new plant ideotype for increased yield potential. In CASSMAN, K. G. Breaking the yield barrier. Proceedings of a workshop on rice yield potential in favorable environments. IRRI. pp. 5 - 20.
25. RADFORD, P. J. 1967. Growth analysis formulae: their use and abuse. *Crop Science*. 7 (3): 171 - 175.
26. ROBERTS, S. R.; HILL, J. E.; BRANDON, D. M.; MILLER, B. C.; SCARDACI, S. C.; WICK, C. M. y WILLIAMS, J. F. 1993. Biological yield and harvest index in rice: Nitrogen response of tall and semidwarf cultivars. In *J. Prod. Agric.* 6 (4): 585 - 588.
27. ROEL, A. y BLANCO, F. 1993. Temperaturas bases para el cálculo de grados días en diferentes cultivares de arroz. In *Reuniao da cultura do arroz irrigado. (20ª)*. Anais. Pelotas, Brasil. EMBRAPA - CPACT. pp. 102 - 104.
28. SASAHARA, T. 1984. Panicle properties and ripening. In TSUNODA, S and TAKAHASHI, N. *Developments in crop science: biology of rice*. Tokyo. Japan Scientific Societies Press. v. 7; pp. 173 - 184.
29. STANSEL, J. W. y FRIES, R. E. 1980. A conceptual agromet rice yield model. In *Proceedings of a symposium on the agrometeorology of the rice crop*. World Meteorological Organization and IRRI. pp. 201- 212.
30. TANAKA, A. 1976. Comparisons of rice growth in different environments. In *Climate y rice*. Los Baños, Filipinas. IRRI. pp. 429 - 448.
31. TSUNODA, S. 1984. Adjustment of photosynthetic structures in three steps of rice evolution. In TSUNODA, S and TAKAHASHI, N. *Developments in crop science: biology of rice*. Tokyo. Japan Scientific Societies Press. v. 7; pp. 89 - 115.
32. YOSHIDA, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. In *Annual Review Plant Physiology*. 23: 437 - 464.

IX. APENDICE

A. INFORMACION CLIMATICA.

Cuadro N° 1: Horas de sol, radiación, temp. media, mínima y máxima, y porcentaje de humedad relativa de los meses de noviembre de 1995 a abril de 1996.

NOVIEMBRE						
DIA	HORAS SOL	RADIACION (cal/cm ²)	T. MEDIA (°C)	T. MAX. (°C)	T. MIN. (°C)	H.R. (%)
1	10,4	558	19,5	27,0	12,0	77
2	11,3	531	20,7	29,0	14,4	83
3	9,4	500	22,2	31,0	15,0	80
4	8,6	456	23,6	31,3	18,3	80
5	8,9	452	25,4	33,1	19,7	79
6	2,9	214	22,3	28,4	19,0	84
7	0,7	152	20,2	22,4	16,6	92
8	0,0	50	20,3	21,4	19,0	97
9	0,0	100	18,4	20,4	15,6	97
10	12,1	477	17,7	22,0	13,0	80
11	11,9	534	17,2	25,2	10,1	78
12	11,7	518	16,2	21,2	10,4	78
13	9,5	480	18,6	23,6	13,0	80
14	4,7	362	19,6	22,3	17,5	86
15	7,2	400	19,6	24,0	15,6	84
16	9,1	468	20,1	25,0	15,0	80
17	5,7	396	19,0	23,2	14,5	80
18	8,9	418	17,7	23,4	13,0	81
19	10,7	500	18,7	23,9	12,0	80
20	12,4	532	20,2	25,2	13,2	78
21	4,1	420	21,0	25,4	15,4	88
22	5,9	420	22,3	28,0	17,4	85
23	10,5	510	19,6	24,4	11,8	75
24	12,7	630	18,8	25,4	8,3	77
25	10,7	550	17,6	24,7	10,3	76
26	11,2	548	22,2	28,0	16,0	73
27	11,3	556	16,7	21,0	11,1	68
28	12,7	650	16,5	25,0	6,2	64
29	12,4	650	21,0	28,3	12,2	55
30	12,4	648	22,3	30,2	12,0	72

DICIEMBRE						
DIA	HORAS SOL	RADIACION (cal/cm ²)	T. MEDIA (°C)	T. MAX. (°C)	T. MIN. (°C)	H.R. (%)
1	1,1	206	21,9	26	18,2	86
2	6,9	472	23,3	28,2	17,5	81
3	10,7	560	21,7	29,2	15	76
4	12,1	596	22	30,4	12,1	73
5	12,1	608	24,9	33,2	15	68
6	12,2	622	25,8	34,6	17,2	65
7	7,9	494	24,2	32,4	17,7	76
8	12,4	698	17,3	22,8	9,7	61
9	12,5	664	15,7	24,4	4,4	59
10	12,4	336	19	28	6,9	60
11	11,4	590	19,3	28	11,2	69
12	12,6	676	16,8	27,8	5,4	64
13	12,6	592	21,9	32,9	11,5	57
14	10,8	638	19,3	28,2	8,5	71
15	11,9	624	22,9	32,4	11	62
16	11,7	554	28,5	38,5	18,6	47
17	10,1	596	22,8	32,5	13,9	63
18	12,5	570	30,3	40,4	17,6	52
19	12,2	676	21,8	28,2	15,3	66
20	11,3	648	21,9	31,1	11	74
21	6,7	478	26,5	38	18,4	74
22	1,3	266	24,5	28,9	22	86
23	0	152	23,5	25,3	22,4	93
24	0,6	226	23,3	27,4	21,8	90
25	10,3	454	22,3	26,4	18,6	75
26	11,3	484	21,2	27	16,2	74
27	11,9	574	20,8	26,4	14,3	69
28	12,7	642	22,1	28,7	15	71
29	11,5	570	22,3	28,7	15,3	74
30	8,4	528	22,6	28,4	16,4	74
31	8	510	22,2	27,9	14,8	73

ENERO						
DIA	HORAS SOL	RADIACION (cal/cm ²)	T. MEDIA (°C)	T. MAX. (°C)	T. MIN. (°C)	H.R. (%)
1	10,3	610	23,0	28,6	15,9	78
2	12,7	612	25,2	30,9	19,5	77
3	10,5	612	26,4	33,1	21,4	77
4	6,3	410	25,8	32,8	19,8	75
5	10,0	568	22,9	30,1	15,0	66
6	12,4	668	19,2	26,0	9,8	70
7	12,4	604	20,5	27,6	11,1	75
8	11,6	586	21,5	28,4	13,2	76
9	11,3	542	24,9	33,6	14,4	71
10	12,5	606	25,2	33,2	16,3	71
11	2,8	260	23,1	31,4	19,3	87
12	11,7	494	24,1	30,3	18,8	78
13	11,2	590	22,1	28,5	16,7	75
14	12,6	678	17,9	23,6	9,9	73
15	6,2	414	20,4	26,8	11,9	85
16	6,1	446	23,6	28,2	20,5	83
17	2,9	404	21,5	27,9	17,1	80
18	10,8	504	20,4	25,2	15,6	76
19	5,0	490	20,6	27,0	14,1	77
20	4,8	408	21,0	27,0	14,9	78
21	5,2	392	21,7	28,2	16,4	86
22	5,3	316	23,0	27,6	20,3	86
23	10,4	474	22,5	28,0	17,0	77
24	1,0	220	19,5	22,2	17,3	88
25	3,6	348	24,1	29,5	18,9	86
26	0,4	266	22,6	26,0	20,0	87
27	4,8	372	23,1	28,0	18,3	83
28	12,0	606	22,6	29,2	17,5	72
29	6,6	446	23,8	27,6	18,9	84
30	6,2	350	24,8	30,6	21,8	84
31	3,1	366	23,0	27,8	19,3	84

FEBRERO						
DIA	HORAS SOL	RADIACION (cal/cm ²)	T.MEDIA (°C)	T.MAX. (°C)	T.MIN. (°C)	H.R. (%)
1	7,3	454	21,8	27,2	17,3	79
2	11,9	570	20,5	26,7	12,1	79
3	10,9	554	21,7	27,9	13,8	78
4	7,7	432	22,9	29,0	16,8	89
5	10,0	420	23,1	32,2	15,8	77
6	12,2	604	19,8	28,8	11,8	64
7	11,7	556	25,4	33,8	15,0	59
8	8,9	488	24,7	31,8	19,5	70
9	4,6	330	22,2	25,7	18,7	80
10	8,8	450	21,1	29,0	14,5	79
11	12,8	556	16,2	21,8	9,3	70
12	12,4	574	17,5	25,7	8,7	70
13	11,9	588	20,8	28,2	11,1	68
14	8,8	520	19,9	27,2	10,1	79
15	11,6	610	23,1	28,0	15,7	80
16	9,4	468	24,4	29,8	19,8	81
17	8,3	460	23,7	28,3	19,9	82
18	9,1	486	22,9	28,1	17,9	81
19	10,1	514	24,8	29,5	21,5	83
20	6,4	406	24,8	31,1	19,6	82
21	11,1	560	22,6	32,5	14,4	75
22	11,2	526	24,6	31,6	18,3	79
23	7,2	362	26,0	34,3	21,7	75
24	0,2	232	20,5	24,5	17,0	83
25	0,8	220	21,6	26,2	16,7	89
26	8,0	432	21,3	29,3	14,4	85
27	10,1	552	22,5	30,0	14,6	76
28	0,4	162	21,9	27,6	17,8	94
29	11,3	470	21,7	27,4	17,0	80

MARZO						
DIA	HORAS SOL	RADIACION (cal/cm ²)	T. MEDIA (°C)	T.MAX. (°C)	T. MIN. (°C)	H.R. (%)
1	10,4	486	18,4	25,4	12,1	79
2	10,0	526	19,4	26,6	10,2	79
3	10,7	422	21,0	26,8	15,6	73
4	4,3	352	20,2	25,9	15,5	83
5	8,3	420	21,3	26,6	16,6	81
6	9,0	470	21,3	28,9	13,5	82
7	7,4	400	23,3	28,8	19,1	86
8	9,6	488	24,2	30,6	19,5	82
9	8,2	430	23,1	31,2	16,6	81
10	10,9	448	22,8	30,0	15,5	80
11	9,5	472	23,7	30,7	18,9	80
12	6,4	376	23,6	29,0	19,4	85
13	9,2	428	23,6	30,0	18,4	78
14	9,8	486	21,9	28,4	15,4	83
15	8,1	450	23,0	30,2	18,0	86
16	7,4	386	21,4	28,3	17,3	85
17	7,4	434	20,7	29,8	14,5	83
18	9,1	464	22,9	30,4	15,7	80
19	5,2	350	22,4	28,8	18,8	86
20	8,3	434	22,4	28,4	17,9	82
21	10,4	450	22,5	28,4	16,0	83
22	7,3	376	22,8	31,0	17,7	87
23	0,0	128	18,9	20,0	18,4	95
24	0,4	280	17,5	19,6	16,0	81
25	10,4	528	17,4	25,4	11,8	72
26	9,3	424	19,2	26,8	12,5	77
27	10,2	476	19,1	28,4	10,3	80
28	10,3	454	21,3	30,6	13,4	75
29	0,1	134	19,8	23,1	16,2	84
30	5,6	350	18,4	26,6	12,8	89
31	10,1	412	20,4	28,3	13,5	82

ABRIL						
DIA	HORAS SOL	RADIACION (cal/cm ²)	T.MEDIA (°C)	T.MAX. (°C)	T.MIN. (°C)	H.R. (%)
1	5,1	340	21,9	27,0	15,6	87
2	0,6	36	20,3	22,4	18,7	95
3	2,3	202	20,7	23,6	18,9	93
4	0,0	172	20,7	21,7	20,1	96
5	0,2	146	22,5	24,8	19,9	95
6	5,7	286	20,5	23,7	15,0	82
7	10,2	430	16,2	21,7	12,4	79
8	10,2	460	17,0	25,0	10,6	81
9	1,5	136	19,0	26,3	14,5	90
10	9,3	372	17,7	23,2	13,2	82
11	8,6	366	18,4	23,7	10,1	84
12	4,6	334	21,4	25,6	17,9	85
13	1,1	232	20,4	23,0	18,3	89
14	7,4	330	24,4	30,0	21,2	84
15	0,0	46	19,9	23,8	17,7	93
16	6,2	220	15,0	18,5	10,2	75
17	7,8	360	11,9	16,8	8,8	78
18	5,7	320	11,1	17,6	5,4	81
19	10,0	350	11,2	20,8	5,0	85
20	10,0	376	15,4	24,1	8,4	81
21	8,8	342	17,3	25,2	10,2	81
22	5,9	262	19,1	25,4	15,2	85
23	5,6	316	18,2	25,4	10,9	86
24	0,0	24	18,2	19,4	16,2	96
25	7,6	236	17,9	22,0	14,3	85
26	9,2	332	15,3	20,2	10,9	77
27	9,5	336	15,6	21,9	8,4	83
28	9,4	374	17,2	23,9	10,3	83
29	7,3	274	18,1	23,9	13,1	87
30	4,4	198	19,4	22,2	16,8	88

B. INFORMACION ESTADISTICA.**Cuadro N° 2: Análisis de varianza del número de tallos/m² en distintos momentos.**

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	257475.996	85825.332	2.1693	0.1059
2	A	14	4194416.572	299601.184	7.5726	0.0000
-3	Error	42	1661674.287	39563.674		
4	B	5	5314046.597	1062809.319	242.8642	0.0000
6	AB	70	1001312.976	14304.471	3.2687	0.0000
-7	Error	225	984632.832	4376.146		

Coeficiente de variación = 11.91%

Cuadro N° 3: Análisis de varianza del IAF en distintos momentos.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	12.905	4.302	1.3968	0.2571
2	A	14	277.441	19.817	6.4349	0.0000
-3	Error	42	129.346	3.080		
4	B	4	527.845	131.961	110.9061	0.0000
6	AB	56	100.202	1.789	1.5038	0.0237
-7	Error	180	214.172	1.190		

Coeficiente de variación = 23.57%

Cuadro N° 4: Análisis de varianza de materia seca total en distintos momentos.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	0.198	0.066	1.3034	0.2859
2	A	14	4.654	0.332	6.5807	0.0000
-3	Error	42	2.122	0.051		
4	B	5	106.158	21.232	741.2673	0.0000
6	AB	70	4.925	0.07	2.4564	0.0000
-7	Error	225	6.445	0.029		

Coeficiente de variación = 17.62%

Cuadro N° 5: Análisis de varianza de la materia seca de lámina en distintos momentos.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	0.009	0.003	0.6158	
2	A	14	0.537	0.038	8.0162	0.0000
-3	Error	42	0.201	0.005		
4	B	5	2.013	0.403	195.2439	0.0000
6	AB	70	0.290	0.004	2.0104	0.0001
-7	Error	225	0.469	0.002		

Coeficiente de variación = 20.63%

Cuadro N° 6: Análisis de varianza de la materia seca de vaina en distintos momentos.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	0.009	0.003	0.7506	
2	A	14	0.397	0.028	6.8168	0.0000
-3	Error	42	0.175	0.004		
4	B	5	3.100	0.620	323.3756	0.0000
6	AB	70	0.443	0.006	3.3024	0.0000
-7	Error	225	0.431	0.002		

Coeficiente de variación = 17.18%

Cuadro N° 7: Análisis de varianza de la materia seca de tallos en distintos momentos.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	0.003	0.001	0.3729	
2	A	14	0.330	0.024	8.4670	0.0000
-3	Error	42	0.117	0.003		
4	B	3	0.646	0.215	114.0112	0.0000
6	AB	42	0.208	0.005	2.6218	0.0000
-7	Error	135	0.255	0.002		

Coeficiente de variación = 20.30%

Cuadro N° 8: Análisis de varianza de la materia seca de panículas en distintos momentos.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	0.083	0.028	2.2951	0.0917
2	A	14	0.956	0.068	5.6499	0.0000
-3	Error	42	0.508	0.012		
4	B	3	20.743	6.914	561.8503	0.0000
6	AB	42	0.969	0.023	1.8745	0.0037
-7	Error	135	1.661	0.012		

Coeficiente de variación = 21.59%

Cuadro N° 9: Análisis de varianza de peso específico de hoja en distintos momentos.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	246.653	82.218	2.8809	0.0470
2	A	14	3324.767	237.483	8.3213	0.0000
-3	Error	42	1198.647	28.539		
4	B	4	13030.933	3257.733	125.6411	0.0000
6	AB	56	2577.467	46.026	1.7751	0.0025
-7	Error	180	4667.2	25.929		

Coeficiente de variación = 10.69%

Cuadro N° 10: Análisis de varianza de tasa de crecimiento del cultivo en distintos periodos.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	156.211	52.070	0.7635	
2	A	14	2967.590	211.971	3.1080	0.0022
-3	Error	42	2864.506	68.203		
4	B	4	29700.892	7425.223	22.8570	0.0000
6	AB	56	26014.687	464.548	1.4300	0.0412
-7	Error	180	58474.100	324.856		

Coeficiente de variación = 114.67%

Cuadro N° 11: Análisis de varianza de tasa de asimilación neta en distintos períodos.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	7.940	2.647	0.4097	
2	A	14	235.241	16.803	2.6012	0.0085
-3	Error	42	271.305	6.460		
4	B	3	170.624	56.865	4.2170	0.0069
6	AB	42	543.500	12.940	0.9595	
-7	Error	135	1820.721	13.487		

Coeficiente de variación = 70.25%

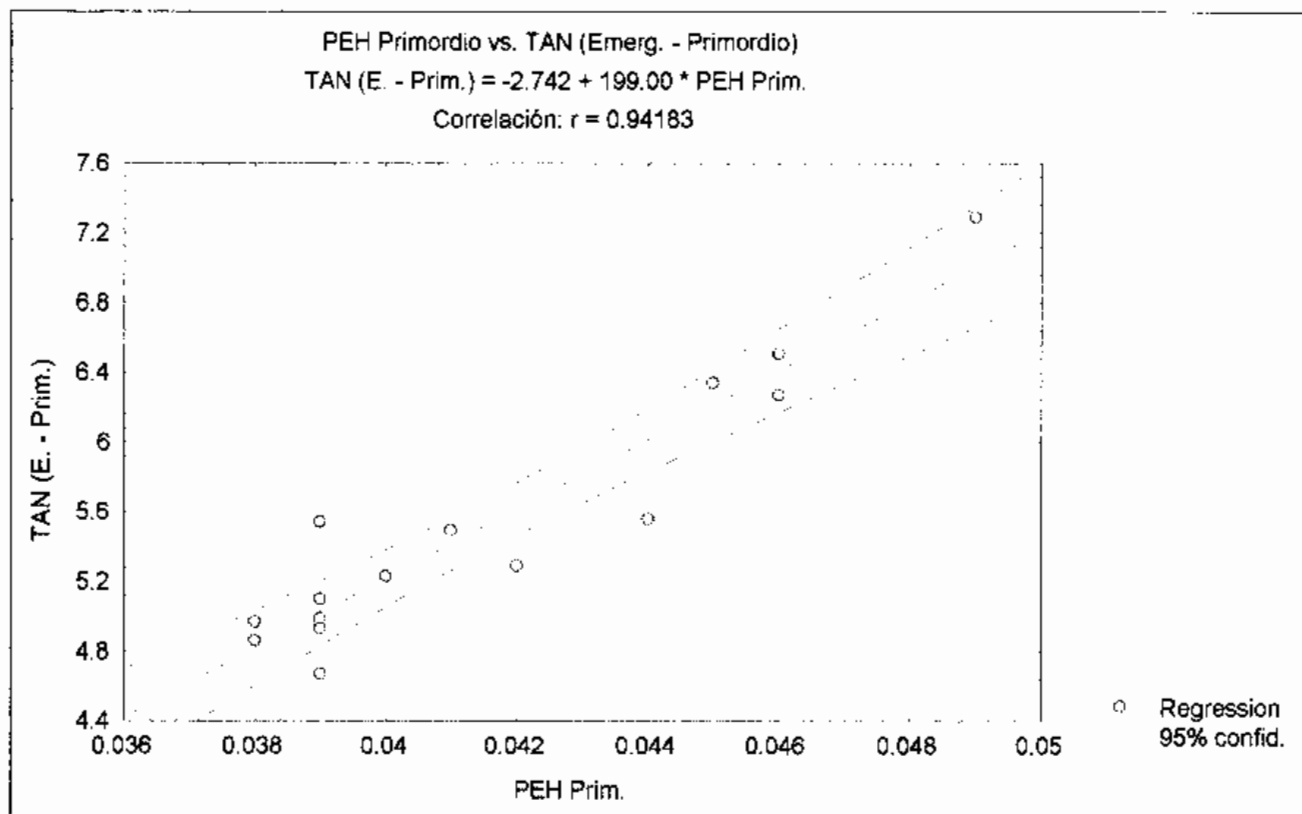


Figura N° 1: Correlación y regresión entre PEH en primordio y TAN en el periodo de emergencia a primordio para el conjunto de los materiales.

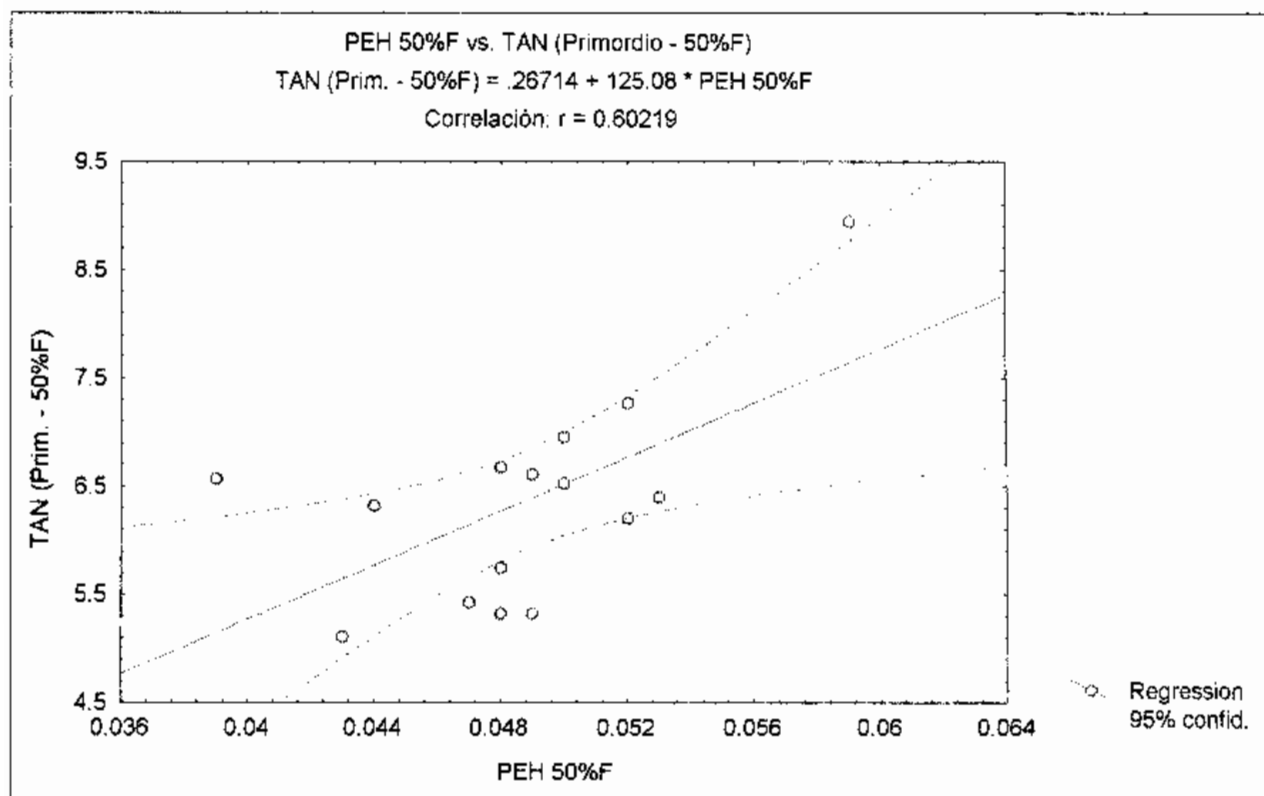


Figura N° 2: Correlación y regresión entre PEH en 50% de floración y TAN en el período de primordio a 50% de floración para el conjunto de los materiales.

Cuadro N° 12: Análisis de varianza de tasa de crecimiento de la panícula en distintos momentos.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	154.958	51.653	1.0979	0.3607
2	A	14	1702.224	121.587	2.5843	0.0089
-3	Error	42	1976.049	47.049		
4	B	2	22781.674	11390.837	67.9211	0.0000
6	AB	28	10645.404	380.193	2.2647	0.0020
-7	Error	90	15093.627	167.707		

Coefficiente de variación = 64.65%

Cuadro N° 13: Análisis de varianza del rendimiento.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	10031.429	3343.810	0.9702	
2	A	14	539585.134	38541.795	11.1825	0.0000
-3	Error	42	144757.958	3446.618		

Coeficiente de variación = 6.80%

Cuadro N° 14: Análisis de varianza de panículas por metro cuadrado.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	18551.667	6183.889	0.3991	
2	A	14	295160.000	21082.857	1.3607	0.2151
-3	Error	42	650773.333	15494.603		

Coeficiente de variación = 20.56%

Cuadro N° 15: Análisis de varianza de número de granos por panícula.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	223.754	74.585	0.1589	
2	A	14	13152.590	939.471	2.0016	0.0419
-3	Error	42	19712.932	469.356		

Coeficiente de variación = 21.03%

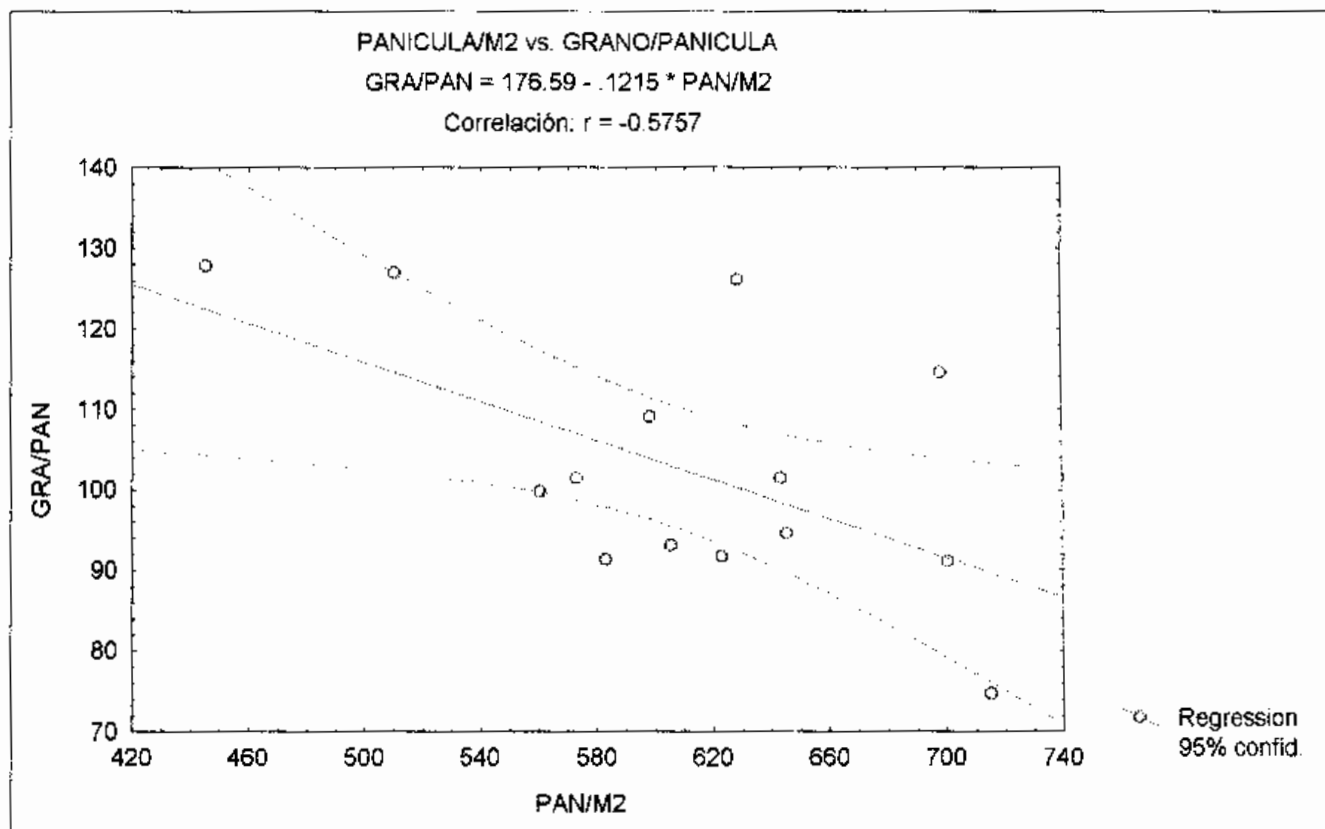


Figura N° 3: Correlación y regresión entre panículas por metro cuadrado y granos por panícula para el conjunto de los materiales.

Cuadro N° 16: Análisis de varianza de peso de 1000 granos.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	1.875	0.625	1.1143	
2	A	14	115.550	8.254	14.7167	0.0000
-3	Error	42	23.555	0.561		

Coefficiente de variación = 3.13%

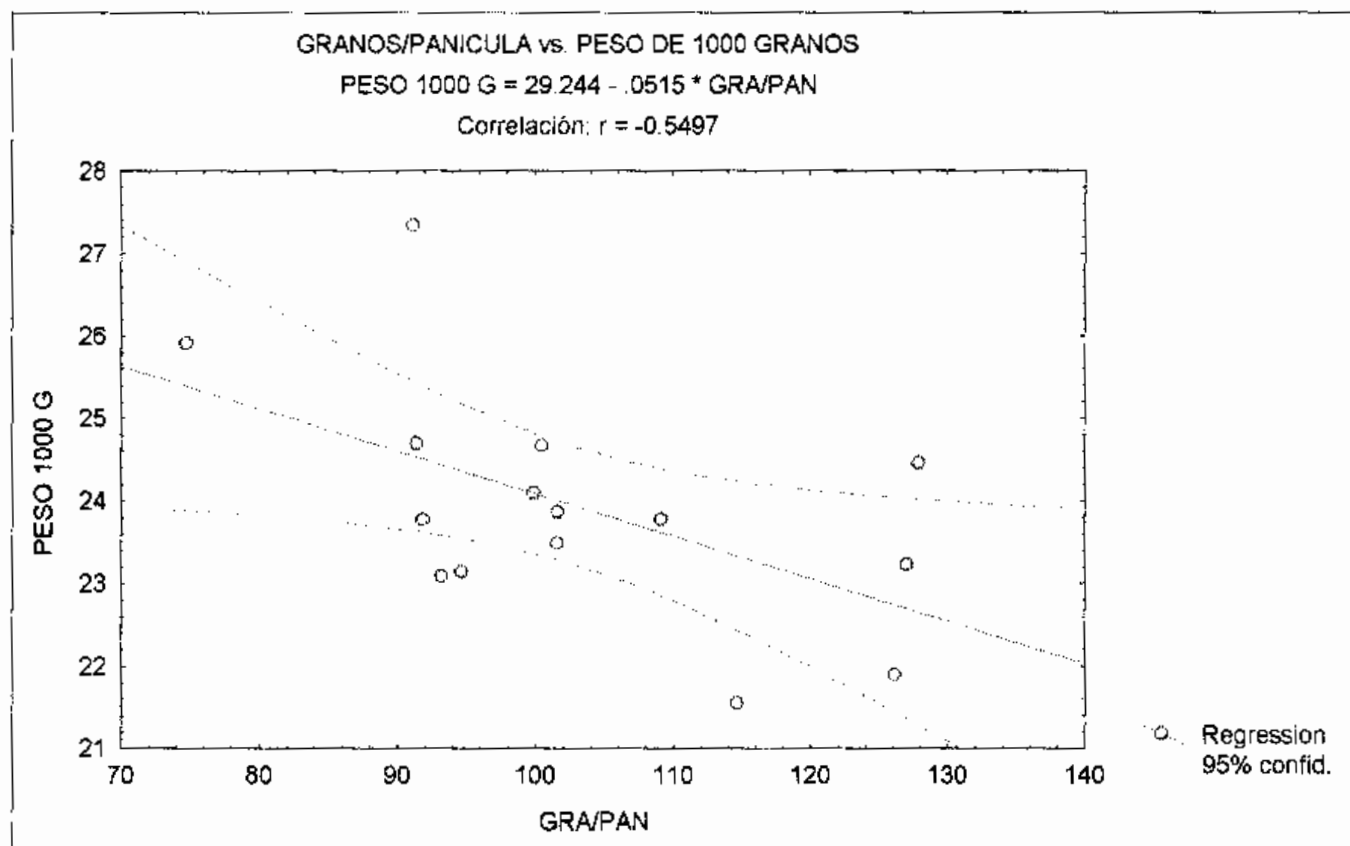


Figura N° 4: Correlación y regresión entre granos por panícula y peso de 1000 granos para el conjunto de los materiales.

Cuadro N° 17: Análisis de varianza de porcentaje de esterilidad.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	92.429	30.810	1.3121	0.2831
2	A	14	2482.591	177.328	7.5519	0.0000
-3	Error	42	986.209	23.481		

Coefficiente de variación = 23.43%

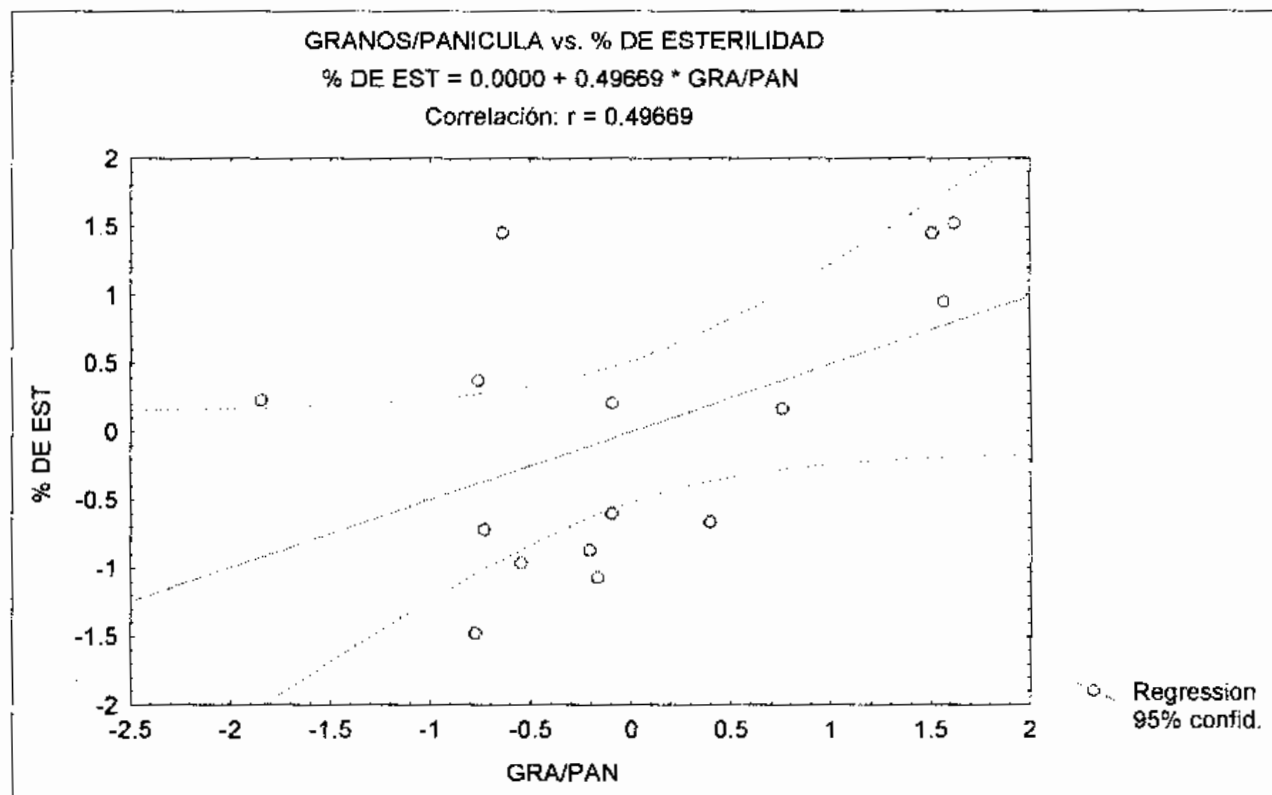


Figura N° 5: Correlación y regresión entre granos por panícula y % de esterilidad para el conjunto de los materiales.

Cuadro N° 18: Análisis de varianza de número de granos totales por metro cuadrado.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	29384509.62	9794836.544	0.0700	
2	A	14	3740733685.044	267195263.217	1.9107	0.0533
-3	Error	42	5873284872.053	139840116.001		

Coefficiente de variación = 19.50%

Cuadro N° 19: Análisis de varianza de número de granos llenos por metro cuadrado.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	138278848.7	4609949.582	0.6186	
2	A	14	2035805009.995	145414643.571	1.9516	0.0479
-3	Error	42	3129443539.374	74510560.461		

Coeficiente de variación = 17.91%

Cuadro N° 20: Análisis de varianza de rendimiento potencial.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	2.858	0.953	0.1304	
2	A	14	132.191	9.442	1.2921	0.2526
-3	Error	42	306.911	7.307		

Coeficiente de variación = 18.73%

Cuadro N° 21: Análisis de varianza de relación fosa - fuente 1.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	23.356.185	7785.395	0.6743	
2	A	14	700900.467	50064.319	4.3363	0.0001
-3	Error	42	484912.101	11545.526		

Coeficiente de variación = 38.64%

Cuadro N° 22: Análisis de varianza de relación fosa - fuente 2.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	5484.655	1828.218	0.8277	
2	A	14	156085.756	11148.983	5.0476	0.0000
-3	Error	42	92767.447	2208.749		

Coefficiente de variación = 28.86%

Cuadro N° 23: Análisis de varianza de relación fosa - fuente 3.

Valor de K	Fuente	Grados libertad	Suma Cuadrado	Cuadrado Medio	Valor de F	Probabilidad
1	Rep.	3	3819.976	1273.325	1.0021	0.4013
2	A	14	40100.932	2864.352	2.2542	0.0214
-3	Error	42	53367.699	1270.659		

Coefficiente de variación = 22.35%