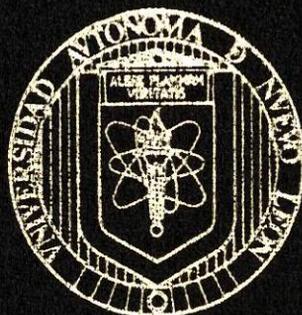


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EFICIENCIA FISIOLÓGICA PARA PRODUCCION
DE MATERIA SECA Y GRANO EN MAIZ

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

SIMON BULNES CASTILLO

MARIN, N. L.

JUNIO DE 1993

T

SB191

.M2

B8

C.1

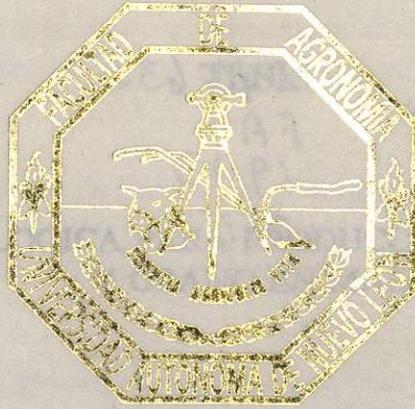


1080060922

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



Elaborada por:

EFICIENCIA FISIOLÓGICA PARA PRODUCCION DE MATERIA SECA Y GRANO EN MAIZ

Aceptada y aprobada como requisito para
optar por el título de:

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

COMISION REVISORA

PRESENTA

SIMON BULNES CASTILLO

M.C. APOLINAR AGUILAR GALVIA

Asesor principal

M.C. JOSE IBARRA MARTINEZ

Asesor

ING. ROQUELO SALINAS RODRIGUEZ

Asesor

M.C. JOSE CANTU GALVAN

Asesor

MARIN, N. L.

JUNIO DE 1993

11567e



Biblioteca Central
Maana Solidaridad
F. Tesis



BU Raúl Rangel Filas
UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

040.633
FA9
1993
C.5

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

TESIS

EFICIENCIA FISIOLÓGICA PARA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA
Y GRANO EN MAÍZ

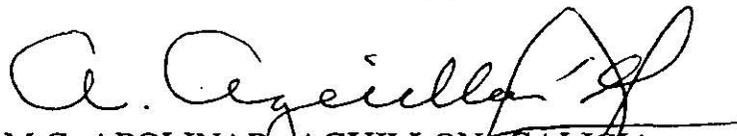
Elaborado por:

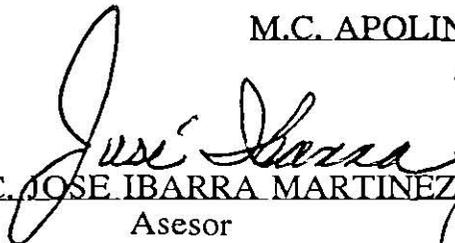
SIMÓN BULNES CASTILLO

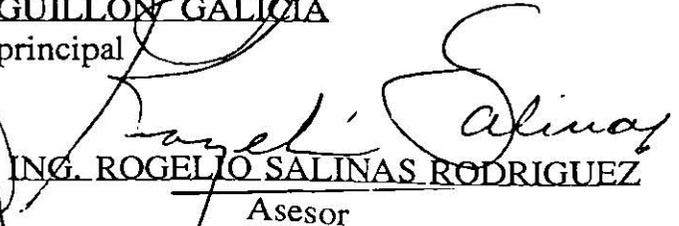
Aceptada y aprobada como requisito para
optar por el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA

COMISION REVISORA:


M.C. APOLINAR AGUILLÓN GALICIA
Asesor principal


M.C. JOSÉ IBARRA MARTÍNEZ
Asesor


ING. ROGELIO SALINAS RODRÍGUEZ
Asesor


M.C. JOSÉ L. CANTU GALVÁN
Asesor

AGRADECIMIENTO

Al Ing. M.C. José Ibarra Martínez, por su paciencia y excelente labor como asesor; por sus acertadas y oportunas orientaciones en el desarrollo de la presente investigación, así como su disposición y colaboración desinteresada para culminar este trabajo.

Al Ing. M.C. Apolinar Aguillón Galicia, al Ing. Rogelio Salinas Rodríguez y al Ing. M.C. José L. Cantú Galván por la valiosa asesoría en el proceso de investigación y por las aportaciones realizadas durante la elaboración de la presente tesis.

Al Ing. M.C. César H. Rivera Figueroa, por la importante aportación realizada, principalmente durante la etapa de campo, en la presente investigación; así como por su asesoría inicial que originó la realización del tema en cuestión.

Al Ing. M.C. Jesús A. Pedroza Flores, por su importante y desinteresada contribución en las correcciones y sugerencias realizadas al escrito de tesis.

Al Ing. Antonio Durón Alonso, por su disponibilidad en la realización de los análisis estadísticos realizados en el Centro de Informática de la FAUANL.

A la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), por otorgarme el tiempo disponible para continuar y concretar el presente escrito, principalmente al Ing. Juan Quintanilla Cortazzo.

Al Ing. José L. Muñíz Álvarez y al T.F. Enrique Alejandro Cerda, compañeros y amigos de la Zona de Extensión Agrícola No.5 de la SARH en Dr. Arroyo, N.L.

Al personal de campo del Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo del CIA-FAUANL por su importante colaboración en el desarrollo de la fase experimental de este trabajo.

A mis compañeros y amigos de la FAUANL, Juan González Guzmán (+), Julián O. Carrillo Vázquez y Odilón Villanueva Álvarez, por su apoyo en la colección y concentración de datos de campo, y por brindarme su hospitalidad en los últimos esfuerzos como estudiante.

DEDICATORIA

A mis padres

A mis hermanos

A mis compañeros y amigos de la FAUANL

A mis compañeros y amigos de SARH

A mi escuela

A mis maestros

CONTENIDO

	PAGINA
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE CUADROS DEL APENDICE	vi
INDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Conceptos	3
2.1.1. Crecimiento	3
2.1.2. Desarrollo	4
2.2. Los factores ambientales y su influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas	4
2.2.1. Temperatura	5
2.2.2. Unidades calor	7
2.2.3. Cálculo de unidades calor	8
2.3. Fenología de las plantas	11
2.3.1. Fenología del maíz.....	12
2.4. Producción de fotosintetizados en la planta	15
2.4.1. Acumulación de materia seca	16

	PAGINA
2.4.2. Distribución de materia seca	17
2.5. Análisis de crecimiento	19
2.5.1. Métodos para el análisis de crecimiento	20
2.5.2. Importancia del área foliar sobre el rendimiento del grano.....	21
2.5.3. Determinación de área foliar	22
2.5.4. Determinación de materia seca	23
2.6. Parámetros e índices fisiotécnicos	23
2.6.1. Tasa relativa de crecimiento	23
2.6.2. Tasa de asimilación neta	24
2.6.3. Tasa de crecimiento del cultivo.....	26
2.6.4. Relación área foliar	26
2.6.5. Duración del área foliar	27
2.6.6. Índice de área foliar	27
2.6.7. Índice de cosecha	28
III. MATERIALES Y METODOS	30
3.1. Localización del experimento	30
3.2. Condiciones climáticas durante el experimento	30
3.3. Características edáficas del sitio de estudio	30
3.4. Material utilizado	32
3.4.1. Material genético	32
3.4.2. Material de campo	32

	PAGINA
3.5. Especificaciones del experimento	32
3.5.1. Diseño experimental	32
3.5.2. Análisis estadístico	32
3.5.3. Epoca de muestreo.....	34
3.5.4. Manejo del experimento	35
3.6. Determinación de la acumulación y distribución de materia seca en la planta	36
3.7. Obtención de área foliar	37
3.8. Cálculo de índices y parámetros fisiotécnicos	37
3.8.1. Tasa relativa de crecimiento	37
3.8.2. Tasa de asimilación neta	37
3.8.3. Tasa de crecimiento del cultivo	38
3.8.4. Relación área foliar	38
3.8.5. Duración del área foliar	38
3.8.6. Índice de área foliar	38
3.8.7. Índice de cosecha	39
3.9. Unidades calor	40
3.10. Características del rendimiento	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	42
4.1. Unidades calor y su relación con las etapas fenológicas en la planta	42
4.2. Análisis del crecimiento	46

	PAGINA
4.2.1. Acumulación de materia seca total en la planta	46
4.2.2. Desarrollo del área foliar	49
4.3. Parámetros fisiotécnicos	51
4.3.1. Tasa relativa de crecimiento	52
4.3.2. Tasa de asimilación neta	54
4.3.3. Tasa de crecimiento del cultivo	57
4.3.4. Índice de área foliar	60
4.3.5. Duración del área foliar	60
4.3.6. Relación del área foliar	63
4.3.7. Índice de cosecha	65
4.4. Distribución de materia seca en los diferentes órganos de la planta en dos etapas del llenado del grano	67
4.4.1. En la etapa de ampolla.	67
4.4.2. En la etapa masosa	75
4.5. Características de los componentes del rendimiento del grano	78
4.6. Correlaciones entre los parámetros fisiotécnicos y el rendimiento del grano	80
V. CONCLUSIONES	83
VI. BIBLIOGRAFIA	86
VII. APENDICE	92

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Material genético empleado, número de tratamiento y características. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	33
2	Características de las etapas fenológicas según Hanway (1971) y las muestreadas en este estudio. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	35
3	Unidades calor requeridas durante el ciclo de crecimiento de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	43
4	Días y unidades calor requeridas para alcanzar la floración masculina y femenina de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	44
5	Índice de cosecha (%) en dos etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N. L.....	66

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

CUADRO		PAGINA
1	Características ambientales presentes durante el desarrollo del estudio. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	93
2	Características físico-químicas del suelo donde se realizó el experimento. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	94
3	Significancia del análisis estadístico para días a floración masculina (DFM) y femenina (DFF) de 15 genotipos de maíz. Datos originales transformados a \sqrt{x} . Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.....	95
4	Comparación de promedios para días a floración masculina (DFM) y femenina (DFF) de 15 genotipos de maíz. Datos originales transformados a \sqrt{x} . Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	95
5	Significancia del análisis estadístico para peso seco total por planta (g) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	96
6	Significancia del análisis estadístico para área foliar total por planta (cm ²) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	96
7	Peso seco total por planta (g) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos ajustados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	97
8	Comparación de promedios para peso seco total por planta (g) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos observados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	97
9	Area foliar total por planta (cm ²) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos ajustados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	98

CUADRO		PAGINA
10	Comparación de promedios para área foliar total por planta (cm^2) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos observados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	98
11	Significancia de los análisis estadísticos de los parámetros e índices fisiotécnicos en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	99
12	Tasa relativa de crecimiento ($\text{gg}^{-1} \text{d}^{-1}$) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos ajustados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	99
13	Comparación de promedios para tasa relativa de crecimiento ($\text{gg}^{-1} \text{d}^{-1}$) del peso seco total de la planta en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos observados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	100
14	Comparación de promedios para tasa de asimilación neta ($\text{mgcm}^{-2} \text{d}^{-1}$) del peso seco total de la planta en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos observados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	100
15	Tasa de crecimiento del cultivo ($\text{gm}^{-2} \text{d}^{-1}$) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos ajustados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	101
16	Comparación de promedios para la tasa de crecimiento del cultivo ($\text{gm}^{-2} \text{d}^{-1}$) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos observados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	101
17	Comparación de promedios para índice de área foliar en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos observados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	102

CUADRO		PAGINA
18	Comparación de promedios para duración del área foliar ($m^2 d^{-1}$) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos observados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	102
19	Comparación de promedios para relación del área foliar ($cm^2 g^{-1}$) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos observados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	103
20	Comparación de promedios para índice de cosecha (%) en las etapas de ampolla (A) y masosa (B) del grano de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	103
21	Significancia del análisis estadístico del peso seco (g) en los diferentes órganos de la planta de 15 genotipos de maíz, en las etapas de ampolla (A) y masosa (B) del grano. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	104
22	Comparación de promedios para peso seco (g) en los diferentes órganos de la planta en las etapas de ampolla (A) y masosa (B) del grano de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	105
23	Significancia del análisis estadístico de los componentes del rendimiento del grano de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	106
24	Comparación de promedios para el rendimiento de grano y sus componentes de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	106
25	Coeficientes de correlación Pearson entre el rendimiento del grano y sus componentes de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	107
26	Coeficientes de correlación Pearson entre el rendimiento del grano y los parámetros e índices fisiotécnicos estimados en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.	107

INDICE DE FIGURAS

FIGURAS		PAGINA
1	Temperatura máxima, mínima y precipitación pluvial registrada durante los meses de marzo a julio de 1987 en Marín, N.L.....	31
2	Acumulación de materia seca total por planta de 15 genotipos de maíz (cada punto es el promedio de 18 observaciones)	47
3	Crecimiento del área foliar por planta de 15 genotipos de maíz (cada punto es el promedio de 18 observaciones)	50
4	Tasa relativa de crecimiento por planta de 15 genotipos de maíz (cada punto es el promedio de 18 observaciones).....	53
5	Tasa de asimilación neta por planta de 15 genotipos de maíz (cada punto es el promedio de 18 observaciones).....	55
6	Tasa de crecimiento del cultivo de 15 genotipos de maíz (cada punto es el promedio de 18 observaciones).....	58
7	Índice de área foliar por planta de 15 genotipos de maíz (cada punto es el promedio de 18 observaciones)	61
8	Duración de área foliar por planta de 15 genotipos de maíz (cada punto es el promedio de 18 observaciones)	62
9	Relación de área foliar por planta de 15 genotipos de maíz (cada punto es el promedio de 18 observaciones)	64
10	Distribución de materia seca en los diferentes órganos de la planta, en las etapas de ampolla y masosa del grano de los genotipos 1, 2 y 3 (valores dentro de barras representan el porcentaje con respecto al peso seco total).....	68
11	Distribución de materia seca en los diferentes órganos de la planta, en las etapas de ampolla y masosa del grano de los genotipos 4, 5 y 6 (valores dentro de barras representan el porcentaje con respecto al peso seco total).....	69

FIGURAS		PAGINA
12	Distribución de materia seca en los diferentes órganos de la planta, en las etapas de ampolla y masosa del grano de los genotipos 7, 8 y 9 (valores dentro de barras representan el porcentaje con respecto al peso seco total).	70
13	Distribución de materia seca en los diferentes órganos de la planta, en las etapas de ampolla y masosa del grano de los genotipos 10, 11 y 12 (valores dentro de barras representan el porcentaje con respecto al peso seco total).....	71
14	Distribución de materia seca en los diferentes órganos de la planta, en las etapas de ampolla y masosa del grano de los genotipos 13, 14 y 15 (valores dentro de barras representan el porcentaje con respecto al peso seco total).....	72

RESUMEN

En el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la UANL ubicada en Marín, N.L., se estableció un experimento bajo condiciones de riego durante el ciclo agrícola primavera-verano de 1987. Se utilizaron 15 genotipos de maíz con diferente ciclo biológico. El objetivo del trabajo consistió en caracterizar a la planta de maíz con base a su eficiencia en la producción de materia seca y grano, esto se realizó a través de la estimación de los requerimientos de unidades calor necesarias para alcanzar cada una de las etapas fenológicas de la planta, así como los parámetros e índices fisiotécnicos asociados con la eficiencia fotosintética de la planta.

Se determinó el peso seco total de la planta y su área foliar activa en las etapas fenológicas de 2, 4, 6, 10, 12 y 14 hojas liguladas y en la etapa de ampolla y masosa del grano de cada uno de los genotipos; además en las etapas del llenado del grano se cuantificó la contribución al peso seco total de la planta por parte de sus diversos órganos.

Los genotipos mostraron similares requerimientos térmicos para alcanzar las diversas etapas fenológicas del crecimiento vegetativo, sin embargo las necesidades de temperatura fueron diferentes para llegar al desarrollo de las floraciones masculina y femenina.

El crecimiento del área foliar y la acumulación de materia seca total en la planta presentaron un comportamiento sigmoide a través del ciclo de crecimiento; ambas características registraron la mayor velocidad de incremento entre las etapas fenológicas de 10 a 14 hojas liguladas.

Los genotipos presentaron a través del ciclo de crecimiento diferencias en el aparato fotosintético desarrollado, tanto en el índice, duración y relación de área foliar; en la etapa

de ampolla del grano fue cuando se alcanzó el mayor índice de área foliar y la persistencia foliar se mantuvo hasta la etapa de grano masoso, mientras que su relación con el peso seco total presentó una tendencia descendente a partir de las primeras etapas vegetativas.

La eficiencia del aparato fotosintético para producir materia seca en la planta (TAN) mostró una tendencia similar en todos los genotipos presentando dos puntos máximos de producción en las etapas de 10 y 14 hojas liguladas, coincidiendo con la finalización del crecimiento vegetativo activo y con el desarrollo de las estructuras reproductivas, respectivamente.

La máxima ganancia de materia seca por peso seco en la planta (TRC) se logró en las primeras etapas vegetativas coincidiendo con la alta actividad en el crecimiento de los primordios foliares .

La tasa de crecimiento del cultivo (TCC) presentó en todos los genotipos incrementos a partir de la etapa de 2 hojas liguladas, manteniendose hasta la etapa de grano masoso.

El índice de cosecha (IC) se incrementó de la etapa de ampolla a la masosa del grano. Esta removilización estuvo correlacionada positivamente con el rendimiento del grano. Durante la etapa de ampolla del grano, en la mayoría de los genotipos, el tallo fue el órgano que realizó la mayor contribución al peso seco total de la planta, mientras que en la etapa masosa, el grano presentó la mayor acumulación de materia seca.

I. INTRODUCCION

En México, el maíz es el cereal básico su alimentación y es en éste país donde se encuentra la mayor diversidad genética de dicha planta. Esto último se comprueba por la gran cantidad de objetos arqueológicos referentes al cultivo; la diversidad de condiciones ambientales en que se le cultiva; y la gran multitud de usos y nombres que recibe, especialmente su grano.

Los rendimientos unitarios de muchas especies se han logrado incrementar a través del fitomejoramiento, el cual enfatiza sólo al rendimiento económico como único criterio de selección y evaluación de genotipos, además de relegar a términos secundarios otras características importantes sobre todo aquellas relacionadas con la eficiencia fisiológica de la planta. El rendimiento económico es el resultado de una serie de procesos fisiológicos (físico-químicos, morfológicos y anatómicos) que ocurren durante el desarrollo de la planta. El nivel de expresión e interrelación de éstos influye en dos aspectos importantes que determinan el rendimiento unitario: la acumulación total de fotosintetizados y su relación con el rendimiento biológico.

El Municipio de Marín situado en el noreste del Estado de Nuevo León, es una región característica de las zonas bajas de los llanos de la costa, cultivándose en ella las razas de maíz Tuxpeño y Vandéño. Existen en éste cultivo gran cantidad de estudios realizados cuya base son las características agronómicas y muy escasos del tipo fisiotécnico.

En cualquier programa de mejoramiento genético, es de vital importancia caracterizar agronómica y fisiológicamente los materiales a utilizar, los cuales permitirán explotar óptimamente: la variación genética, los factores ambientales y la interacción

genotipo-ambiente. En virtud de lo anterior, se planteó este trabajo con el objetivo general de caracterizar a la planta de maíz con base a su eficiencia en la producción de materia seca y grano; esto se realizará a través de los siguientes objetivos específicos:

1. Estudiar la fenología de diversos genotipos de maíz.
2. Estimar los parámetros e índices fisiotécnicos asociados con la eficiencia de la planta para producir materia seca y grano.
3. Conocer los requerimientos de horas-calor para los genotipos estudiados.

Las hipótesis bajo las cuales se desarrolló este estudio fueron:

1. Cada genotipo presenta una fenología específica que está determinada por la herencia, el ambiente y su interacción.
2. Los genotipos difieren en su producción de materia seca y grano por planta porque poseen diferente eficiencia fotosintética.
3. Cada genotipo tiene sus requerimientos específicos de horas-calor en cada etapa fenológica.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Conceptos.

2.1.1. Crecimiento.

Evans (1972) citado por Alanís (1989) menciona que el "Oxford English Dictionary" de 1557 indica que crecimiento proviene del verbo "crecer" y origina varios sentidos, por ejemplo el de la vida vegetal o de la planta viviendo en un hábitat específico o con características específicas.

A la fecha, varios autores han definido el crecimiento considerando algunos aspectos implícitos en él. El crecimiento se define como un aumento en masa del organismo (Bonner y Galston, 1970; Greulach y Adams, 1970; Ville, 1978; Rojas, 1981), asimismo, Ville (1978) menciona que tal aumento es producido por el tamaño de las células o por su número. Demolon (1972) indica que crecimiento se refiere a un aumento de longitud y peso. Greulach y Adams (1970) explican que la división, agrandamiento y diferenciación celular son fenómenos implicados en el crecimiento.

Por otra parte, Ray (1980) agrega que el crecimiento es un incremento irreversible en tamaño y que posee dos aspectos principales: el crecimiento en longitud de brotes y raíces, y el que se refiere a crecimiento en grosor del tallo y raíz; tales aspectos se originan por división celular en un tejido llamado meristemo. Igualmente el crecimiento ha sido referido en función del tiempo y origina una curva de tipo sigmoide (Bonner y Galston, 1970; Greulach y Adams, 1970; Demolon, 1972; Acosta y Kohashi, 1988). Dicha curva presenta tres fases: la primera consiste en un crecimiento en forma exponencial, la segunda se refiere a un crecimiento rápido y lineal y la tercera se caracteriza por un crecimiento desacelerado (Bonner y Galston, 1970; Sivori *et al.*, 1980; Rojas, 1981; Bidwell, 1983);

además Gardner *et al.* (1985) agrega una cuarta fase que le denomina estado estable que es referida a la madurez fisiológica.

2.1.2. Desarrollo.

Bonner y Galston (1970) consideran el desarrollo un fenómeno cualitativo; son cambios de forma, grado de diferenciación y estado de complejidad alcanzados por el organismo. Greulach y Adams (1970) señalan que desarrollo o morfogénesis es la diferenciación de células, tejidos y órganos en un organismo en crecimiento, resultando en su característico patrón de organización.

Demolon (1972) menciona que desarrollo es "la serie de estadios sometidos a condiciones ecológicas (temperatura-luz) propias a cada uno de ellos y determinantes".

El fenómeno de la diferenciación es explicado como una transformación de células aparentemente iguales en una gran variedad de células altamente especializadas (Bonner y Galston, 1970). En la diferenciación, las células adquieren gradualmente características estructurales y funciones diferentes (Ray, 1980). Para Rojas (1981) cuando las células sufren modificaciones en la estructura de su protoplasma, en donde aparecen organillos especializados con funciones determinadas, entonces ha ocurrido la diferenciación.

2.2. Los factores ambientales y su influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

El medio ambiente condiciona las especies que se pueden desarrollar, aunque muchas veces el factor económico es quien lo determina (Wilsie, 1966).

El crecimiento es regido por la herencia y el medio ambiente (Bonner y Galston,

1970; Greulach y Adams, 1970; Raven y Curtis, 1975; Aitken, 1977). Los factores genéticos y ambientales controlan el crecimiento de tallo y raíz, eficiencia fotosintética de tejidos con clorofila, eficiencia de la capacidad de absorción de la raíz, falta o exceso de humedad, etc. (Aitken, 1977).

El potencial hereditario de una planta determina lo que puede hacer, pero su medio ambiente determinará lo que hace en realidad. El medio ambiente puede ser dividido en dos grandes grupos, el biológico y el físico (Cole, 1958 y Daubenmire, 1959 citados por Greulach y Adams, 1970).

Entre los diversos factores físicos que comprende el medio ambiente, la temperatura es un factor que se puede catalogar como el más importante.

2.2.1. Temperatura.

Lo relevante de este factor estriba en su influencia sobre los procesos fisiológicos y morfológicos involucrados en el crecimiento y desarrollo de las plantas. La temperatura controla la proporción de reacciones químicas de los anteriores procesos, además de la solubilidad de minerales, la absorción de agua, nutrientes y gases y procesos de difusión (Rojas, 1981).

Diversos trabajos hacen referencia sobre el efecto de la temperatura sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Bierhuizen (1970) citado por Livera (1979) señala que los procesos metabólicos duplican su velocidad con un incremento de temperatura de 10°C (Q10) y el crecimiento muestra una respuesta lineal entre la temperatura mínima y una óptima. Además agrega que la respiración y la fotosíntesis disminuyen con temperaturas arriba de 45 y 35°C, respectivamente, de tal modo la ganancia en peso seco depende en alto grado de la temperatura.

Aldrich y Leng (1974) señalan que el maíz requiere una temperatura mínima para su crecimiento de 10 a 12°C, por debajo de 10°C se retarda o inhibe la germinación, la temperatura óptima para su ciclo vegetativo varía entre 25 y 30°C. En cambio, Wilsie (1966) menciona que para que el maíz produzca un crecimiento apreciable se necesita una temperatura mínima de 10°C, una óptima de 30-35°C y una máxima de 45°C.

Las temperaturas medias máximas de 40°C perjudican el período de polinización en regiones con alta humedad relativa; frecuentemente el calor y la sequía provocan desecación del tejido foliar y la formación de semillas es deficiente (Robles, 1981).

Además, cada una de las especies vegetales presentan una serie de requerimientos de temperatura para cada una de las etapas de su desarrollo como para el total de su ciclo vegetativo. Warrington y Kanemasu (1983) citados por Peña (1986) indican que presentándose temperaturas de 30°C, disminuye el período siembra a emergencia en el maíz; de 25-30°C provocan rápida iniciación floral y con 33-38°C se retrasa el tiempo a iniciación de la espiga como en el tiempo a antesis.

Castillo (1980) comparó el comportamiento del sorgo en ambiente cálido y templado con respecto a su período de crecimiento vegetativo, formación de órganos florales y llenado de grano; sus resultados indican que en el ambiente templado estas etapas ocurrieron diez días después que en el ambiente cálido.

González (1977) estudió cuatro variedades de sorgo contrastantes en precocidad y susceptibilidad al frío, en los cuales observó su efecto sobre el crecimiento y desarrollo. Sus conclusiones señalan que en genotipos susceptibles las bajas temperaturas provocan androesterilidad y reducen la dominancia apical ya que inhiben la tasa relativa de crecimiento y vainas durante el desarrollo de la inflorescencia, además promueven el ahijamiento. En la etapa vegetativa la tasa relativa de crecimiento en cualquier órgano aéreo de la planta es mayor conforme la temperatura ambiental es mayor, en cambio en los hijos ocurre lo inverso.

2.2.2. Unidades calor.

Los organismos vegetales necesitan estímulos térmicos que promuevan el desarrollo a través de los cambios fisiológicos, siempre y cuando los demás factores climáticos y edáficos se presenten en condiciones óptimas (Hinojosa, 1984), es decir las plantas demandan una cantidad fija de calor necesario para alcanzar un estado de desarrollo particular (Aitken, 1974).

Hinojosa (1984) menciona que Reaumer en el siglo XVIII estableció la teoría de las unidades calor; este último autor encontró que al sumar las temperaturas medias diarias arriba de 0°C, desde la germinación a madurez, la suma total era la misma cualquiera que fuese la ubicación y año considerado.

Las unidades calor también son referidas como grados calor y son el producto de la sumatoria de los grados centígrados que rebasan una temperatura base, con ésta, las plantas inician y desarrollan sus actividades fisiológicas; por encima de la temperatura media la cantidad de calor se considera efectivo, teniendo un efecto acumulativo. La temperatura base de cultivos de invierno son 5°C; de clima templado o semicálido como el maíz es 10°C y en climas tropicales o cálidos son 15°C (Hernández, 1987).

Cross y Zuber (1972) citados por Livera (1979) señalan que las unidades calor se deben emplear para predecir los días a floración o a madurez. Pero Hernández y Carballo (1984) agregan que los genotipos de maíz difieren en número de días a floración o a madurez fisiológica, a causa de la interacción con el medio ambiente y régimen de temperatura en particular, además indican que existen requerimientos de unidades calor para que las variedades lleguen a las diferentes etapas del cultivo.

2.2.3. Cálculo de unidades calor.

No existe un acuerdo universal acerca del mejor método para determinar unidades calor (Cross y Zuber, 1972 citados por Livera, 1979). Los cálculos se apoyan en el uso de la temperatura base (Hernández, 1987). La metodología para obtener unidades calor consiste en restar de la temperatura media diaria una temperatura base, bajo la cual se considera que no hay crecimiento (Gilmore y Rogers, 1958 citados por Hernández y Carballo, 1984); los valores se expresan en términos de días-grado, grados-día, unidades de calor y unidades térmicas (Wilsie, 1966); Además Kish *et al.* (1972) citados por Hernández y Carballo (1984) han agregado el parámetro de humedad del suelo al método de cálculo obteniendo mejor resultado. Otras modificaciones en los procedimientos para determinar unidades térmicas se han hecho principalmente para la temperatura base, la cual ha sido determinada por métodos experimentales, resultando distinta en los cultivos; por ejemplo en trigo, avena, cebada y guisantes poseen una temperatura base de 4-4.4°C; para maíz 10°C y en algodón posiblemente es de 15.6°C (Wilsie, 1966).

Algunos métodos para la estimación de unidades calor son (Alanís, 1989):

1. Método directo. Se basa en la suma de las temperaturas medias diarias durante el ciclo de crecimiento de la planta no considerando temperaturas bajo cero.

$$ct = \sum_{i=1}^n t_i$$

donde:

ct : constante térmica

t_i : temperatura media diaria $> 0^\circ\text{C}$

2. Método residual. Consiste en una modificación del método directo ya que no todas las temperaturas superiores a 0°C benefician el crecimiento y desarrollo; por lo tanto se considera la temperatura base.

$$ct = \sum_{i=1}^n (t_i - c)$$

donde:

ct : constante térmica t_i : temperatura media diaria c : temperatura base

3. Método exponencial. El principio de este método se basa en que la tasa de crecimiento de un organismo se duplica por cada 10°C de aumento en la temperatura (Ley de Van't Hoff o Q_{10}).

$$U = \frac{2^{(t_i - 4.5)}}{10}$$

donde:

U : eficiencia de la temperatura media diaria

t_i : temperatura media diaria

4. Método del índice fototérmico. Ortiz (1987) menciona que también se le conoce como el índice de Geslin o heliotérmico; considera los cambios en los requerimientos de calor en base a las diferentes condiciones de fotoperíodo (Nuttonson, 1955 citado por Hernández, 1987).

$$IG = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot \bar{d}}{100}$$

donde:

IG : índice de Geslin

t_i : temperatura media diaria

\bar{d} : duración media del día

5. Días-grado de desarrollo efectivo.

$$EGDD = \frac{[T^{\circ}_{Max} + T^{\circ}_{Min}]}{2} - T^{\circ}_{Base}$$

UC : Unidades calor.

T°_{Max} : Temperatura máxima en las 24 horas.

T°_{Min} : Temperatura mínima en las 24 horas.

T°_{Base} : Temperatura en la cual abajo de ella el crecimiento prácticamente cesa. Para maíz es 10°C.

Si $T^{\circ}_{máx.} > 30 = 30$.

Si $T^{\circ}_{mín.} < 10 = 10$.

La determinación de unidades calor requeridas en las diferentes etapas fenológicas en los cereales se ha reportado en diversos trabajos. Alanís (1989), al calcular las unidades calor por los métodos residual, fisiológico, días-grado de desarrollo y días-grado de desarrollo efectivo para el ciclo de crecimiento del maíz, concluye que no existen diferencias en los resultados de éstos, por lo que cualquiera de ellos se puede aplicar en la obtención de las unidades térmicas. En cambio encuentra que las unidades calor para cada etapa de desarrollo son distintas.

Gilmore y Rogers (1958) citados por Livera (1979) encontraron para maíz que el número de unidades calor requeridas para alcanzar la floración femenina son constantes en diferentes fechas de siembra, mientras que el número de días a floración varió ampliamente.

También Hernández y Carballo (1984) encuentran que el maíz requiere de cierta cantidad de unidades calor para llegar a la etapa de floración o a la madurez fisiológica; por ejemplo para alcanzar esta última etapa, la variedad precoz utilizó 1413 unidades térmicas; en cambio, un híbrido de ciclo tardío empleó 1573 para obtener la misma etapa. Los autores proponen el siguiente método para el maíz para la región de los Valles Altos Centrales de México:

$$UC = \sum_{i=1}^n \frac{[(T_{m\acute{a}x.} + T_{m\acute{i}n.}) - \text{Temperatura} > a \text{ } 27^{\circ}\text{C}] - 7^{\circ}\text{C}}{2}$$

donde:

UC : unidades calor

n : número de días desde la siembra hasta que la variedad alcanza determinada etapa fenológica.

T_{máx.}: temperatura máxima diaria

T_{mín.}: temperatura mínima diaria

Livera (1979) en un estudio sobre sorgo, comparó cinco métodos en la determinación de unidades calor durante el período siembra-floración donde propone el

siguiente método para la región de Chapingo, Méx. y otras regiones similares:

$$UC = \sum_{i=1}^n \frac{(T_{\text{máx.}} + T_{\text{mín.}})}{2} - 8^{\circ}\text{C}$$

Si $T_{\text{mín}} < 8^{\circ}\text{C}$, entonces $T_{\text{mín}} = 8^{\circ}\text{C}$

2.3. Fenología de las plantas.

La fenología describe y caracteriza fenómenos que se presentan en la realidad, donde se asigna su causa y efecto.

La fenología vegetal estudia fenómenos del desarrollo de las plantas o sea los cambios secuenciados y acumulativos durante el ciclo de vida de las especies, éstos se miden cuantitativamente (crecimiento) y/o cualitativamente (diferenciación) dependiendo del factor genético y ambiental.

La fenología vegetal emplea dos términos:

1. Período o estado. Se expresa por cambios discontinuos característicos de modificaciones drásticas en la fisiología y/o anatomía de las plantas; existe tres períodos:
 - a) Vegetativo. Ocurre la expansión foliar, se inicia con la emisión de las primeras hojas hasta la diferenciación floral.
 - b) Reproductivo. Surge el desarrollo de las estructuras reproductivas, comprende del desarrollo de los primordios florales hasta el momento de la fecundación en el órgano femenino.
 - c) Maduración. Se caracteriza porque se da el proceso de fructificación, donde inicia con el desarrollo del embrión hasta el desarrollo del fruto.
2. Etapa o fase. Abarca los cambios que ocurren dentro de los períodos, se presentan aumentos en el número y/o tamaño del mismo tipo de estructura u órgano.

Existe diversidad en el número de períodos o etapas en las que se subdivide el ciclo vital de las plantas.

Aitken (1977) divide el período de crecimiento de una planta anual desde la siembra hasta el estado de desarrollo de semilla seca en tres etapas:

1. Etapa vegetativa. Comprende desde la siembra hasta la iniciación floral.
2. Etapa reproductiva temprana. Abarca de la iniciación floral hasta la floración.
3. Etapa reproductiva tardía. Inicia con la floración y termina hasta encontrarse la semilla seca.

El mismo autor menciona que el cambio en la actividad fisiológica de la etapa vegetativa a la reproductiva, ocurre al nivel del ápice del tallo, esto determina el número total de fitómeros vegetativos o nudos, por lo cual, los componentes del desarrollo son la tasa de aparición de hojas, número de nudos vegetativos y la tasa de desarrollo de la semilla. Eastin y Sullivan (1974) agregan que en la etapa vegetativa se presenta la diferenciación de las partes vegetativas ocasionando la determinación del número potencial de hojas; la etapa reproductiva temprana es crítica respecto al número de granos potenciales de la planta, ya que en ella se define el número de flores fértiles, finalmente en la etapa reproductiva tardía se determina el tamaño de la semilla.

2.3.1. Fenología del maíz.

Poey (1978) divide el período de crecimiento del maíz en ciclo vegetativo y reproductivo; en el primero se diferencia y crecen los tejidos hasta aparecer las estructuras florales; en el segundo se inicia la fecundación de las estructuras femeninas, siendo un período de actividad en síntesis, translocación y depósito de productos elaborados.

Shaw y Thom (1951) mencionan que en maíz existen cuatro períodos de desarrollo que comprenden de:

- a) Siembra a emergencia.
- b) Emergencia a espigamiento.
- c) Espigamiento a floración femenina.
- d) Floración femenina a madurez.

Berger (1962) citado por Peña (1986) considera en maíz tres etapas fenológicas subdivididas en subetapas:

1. Período vegetativo. Posee las subetapas de siembra a emergencia y de ésta a floración masculina y femenina.
2. Período reproductivo. Se caracteriza por la polinización, fecundación hasta la máxima acumulación de materia seca.
3. Período de maduración. Ocurre el secado de toda la planta.

El ciclo biológico del maíz se divide en cuatro estados (López y Bayona, 1983):

1. Germinación. Comprende desde el inicio de la germinación y termina al transcurrir un mes donde aparece la brotación de la tercer hoja y las primeras raíces adventicias del nudo basal.
2. Crecimiento. Ocurre el alargamiento de entrenudos, emisión de hojas y formación de raíces adventicias.
3. Floración y fecundación. Se inicia con el surgimiento de la inflorescencia masculina y termina con el fenómeno de la fecundación.
4. Maduración. Se caracteriza por presentarse la madurez láctea, pastosa y completa del grano, así como la senescencia de la planta.

Tanaka y Yamaguchi (1984) relacionando el crecimiento de la planta de maíz con la producción de materia seca, distinguen cuatro fases:

1. Fase vegetativa inicial. Principia con la brotación de hojas y termina con la diferenciación de los órganos reproductivos y/o la elongación de los entrenudos. La producción de materia seca es lenta.
2. Fase vegetativa activa. Existe el desarrollo de hojas, tallo y el primordio de los órganos reproductivos, finalizando con la emergencia de los estigmas. Referente al peso seco, primeramente ocurre un incremento en las hojas y posteriormente del tallo.
3. Fase inicial de llenado de grano. Tal fase es transitoria entre la vegetativa y la de

llenado de grano, se presenta un aumento en el peso de espatas y raquis, en los granos el incremento se da lentamente.

4. Fase de llenado activo del grano. Se presenta un rápido incremento en el peso de los granos que a la vez surge un abatimiento en el peso de hojas, tallo, espatas y raquis.

Hanway (1971) describe detalladamente 15 estados en maíz, los identifica por el número de hojas totalmente emergidas (lígula visible) del verticilio y por el desarrollo de los granos de la mazorca. Los estados se representan por un sistema numérico, un resumen es el siguiente:

Estado 0, se caracteriza por la emergencia de la planta.

Estado 0.5, posee dos hojas totalmente emergidas, la fotosíntesis de éstas alimenta a la planta.

Estado 1, se le define por tener cuatro hojas completamente emergidas, inicia la formación de la espiga en el ápice del tallo permaneciendo debajo del suelo.

Estado 1.5, la sexta hoja se halla totalmente expuesta y el ápice del tallo (punto de crecimiento) se encuentra ligeramente sobre la superficie del suelo.

Estado 2, se presenta cuando la octava hoja ha emergido totalmente, existe desarrollo de hojas, tallo, espiga y raíces.

Estado 2.5, la décima hoja se tiene expuesta y los primordios de la mazorca se desarrollan en el sexto a octavo nudo sobre el suelo.

Estado 3, caracterizado por la doceava hoja totalmente emergida, las cuatro hojas inferiores han muerto, espiga y tallo crecen rápidamente, la mazorca inicia rápido desarrollo y el número potencial de óvulos en la mazorca superior es determinado.

Estado 3.5, se identifica con la catorceava hoja emergida en su totalidad, la espiga se encuentra cerca del tamaño total, inician a desarrollarse los estigmas.

Estado 4, corresponde a la décimo sexta hoja completamente emergida, la espiga surge del verticilio y los estigmas continúan elongándose.

Estado 5, ocurre la emergencia de estigmas, cesa el alargamiento de entrenudos, los óvulos se agrandan y los estigmas de los óvulos cercanos al ápice de la mazorca no han emergido.

Estado 6, se le llama estado de ampolla, los granos inician aumento de peso seco; el coleoptilo, primera hoja y radícula se inician en el embrión del grano.

Estado 7, es el estado pastoso por encontrarse el grano en esta textura, el eje principal del embrión de la nueva planta está totalmente desarrollado.

Estado 8, los granos son dentados y en el embrión la radícula y las hojas embrionarias están totalmente diferenciadas, se inician las raíces seminales.

Estado 9, el embrión se encuentra en completa madurez.

Estado 10, se presenta la madurez fisiológica, el grano pierde únicamente humedad.

2.4. Producción de fotosintetizados en la planta.

El valor antropocéntrico en los cereales es el grano y su rendimiento depende de los procesos que afectan a:

- a) La producción total de la planta y
- b) Los que determinan la distribución y almacenamiento en el grano. Es importante determinar qué y cómo ocurren los cambios en estos procesos, así también considerar a la planta como un sistema de producción donde la fuente principal de fotosintetizados son las hojas.

El tamaño, eficiencia y duración del aparato fotosintético ha sido relacionado con la producción en la planta (Watson, 1952). Además Hanway (1963) agrega que la producción de grano está asociada con el área foliar desarrollada en la fase final del período vegetativo.

El rendimiento también es considerado como resultado final de procesos fisiológicos que se reflejan en la morfología de la planta (Kohashi, 1979); es decir la eficiencia de procesos metabólicos que logran la máxima producción, translocación y acumulación de fotosintetizados en el grano y con una menor interacción con el medio ambiente (Poey, 1978).

Por lo tanto durante el desarrollo de la planta existen procesos fisiológicos que determinan la acumulación neta de fotosintetizados y su distribución a órganos de importancia económica y no económica.

Entre el 85 y 90% del peso seco de la planta es material orgánico derivado de la fotosíntesis (Duncan, 1975). El producto inmediato de este proceso es almidón o azúcar (Ray, 1980). Estas sustancias son producidas en las partes verdes de la planta, especialmente en las hojas que son la principal fuente; posteriormente son transportados a los órganos que conforman la demanda como son los meristemas, raíces y órganos de reserva en crecimiento (Stoy, 1975; Kohashi, 1979).

2.4.1. Acumulación de materia seca.

Demolon (1972) menciona que el aumento de materia seca mide la eficiencia de la planta; al iniciar el ciclo de crecimiento la materia seca aumenta, permanece constante un tiempo y después disminuye, el poder de asimilación de la planta se incrementa a medida que sus órganos se desarrollan y la ganancia absoluta de peso seco es proporcional a la superficie foliar.

Mendoza *et al.* (1986) encontraron que al defoliar totalmente plantas de sorgo en la época de antesis se produce un 26 % del rendimiento de grano del testigo (sin defoliar); en cambio al eliminar la superficie foliar 20 días después, se origina el 50% del rendimiento de grano respecto al testigo, por lo tanto, parte de la materia seca acumulada en el grano se produce en fotosíntesis laminar preantesis y/o fotosíntesis laminar postantesis.

Acosta y Kohashi (1988) estudiando el maíz en los sistemas unicultivo y asociado, encuentran que los órganos vegetativos (tallo, vaina foliar, lámina foliar) y reproductivos (pedúnculo, brácteas, raquis) excepto el grano, su peso seco máximo se obtiene entre los 105 y 125 días después de la siembra (fase activa de llenado de grano); posteriormente se

pierde el peso seco, lo cual coincide con una rápida acumulación de materia seca en el grano.

La acumulación de materia seca en diferentes órganos de la planta de maíz durante su ciclo biológico fue estudiada por Tanaka y Yamaguchi (1984). Estos autores reportan que en la fase vegetativa inicial la producción de materia seca es lenta y al terminar tal etapa surge el aumento del peso de las hojas, del tallo y del conjunto raquis y espatas, en ese orden, el incremento continúa hasta dos semanas después de la emergencia de los estigmas. Para la fase inicial de llenado del grano, el peso de las hojas y tallo sigue en aumento a una velocidad menor y el peso de los granos se elevó lentamente. Durante la fase de llenado activo del grano surge un aumento rápido en el peso de los granos que a la vez se abate en hojas, tallo, espatas y raquis; los autores mencionan que quizás en esta última fase existe una translocación de sustancias desde los órganos vegetativos hasta los granos.

2.4.2. Distribución de materia seca.

La importancia del estudio de la distribución de materia seca entre las diferentes partes de la planta estriba en la existente posibilidad de cambiar dicha distribución mediante mejoramiento genético, con lo cual se podría lograr incrementos en la productividad agrícola (Kohashi, 1979).

Durante la etapa vegetativa y floral los fotosintetizados producidos en la planta son utilizados principalmente para la formación y crecimiento de los órganos presentes en estas etapas, mientras que los producidos durante el llenado de grano son normalmente la fuente más importante de peso para el rendimiento de grano. A parte de los fotosintetizados producidos por la fotosíntesis laminar, el grano recibe asimilados de estructuras no laminares y de asimilados removilizados en otros órganos (Gardner *et al.* 1985).

Los principios que rigen la producción de fotosintetizados entre los órganos de una planta no se conocen totalmente. El patrón de distribución depende mucho del medio ambiente, la sequía, así como de otros factores (Jiménez, 1979). Asimismo, la efectividad de la movilización de fotosintetizados también es afectado por las condiciones ambientales así como de la propia planta. Por ejemplo en plantas C_4 la movilización es mayor que en plantas C_3 esto es debido a que en las primeras existe un mayor intercambio de CO_2 , esto es dado porque la distancia entre el lugar donde se realiza la carboxilación y el floema es más corta; además del factor anterior la movilización también es afectada por la baja intensidad de luz, las tensiones de humedad y las bajas temperaturas (Evans y Wordlaw, 1976).

Tanaka y Yamaguchi (1984) encuentran que los fotosintetizados producidos en las hojas situadas arriba de la mazorca en el maíz son translocados a los granos eficientemente; en cambio esta translocación de hojas situadas por debajo de la mazorca hacia los granos es disminuida progresivamente hacia la base de la planta.

Alanís (1989) al realizar una caracterización fisiotécnica en 15 genotipos de maíz obtiene que en antesis el tallo y las láminas foliares fueron los órganos que mayor aportación hicieron al peso seco total de la planta, mientras que en la etapa de la cosecha las mazorcas fueron los órganos con mayor peso seco.

Castellanos *et al.* (1984) trabajando en sorgo respecto a distribución de materia seca, encontraron que la proporción de ésta en vainas, pedúnculo, panoja, tallo y limbos fue aproximadamente la misma en la antesis, mientras que en madurez fisiológica la panoja acumuló el 50% de la materia seca total por planta, donde el grano obtuvo el 37%.

Pérez *et al.* (1987) estudiaron la distribución de materia seca del frijol negro Jamapa en las etapas del fin del período vegetativo, floración, formación de vainas, etapa intermedia del desarrollo del grano y planta con semillas secas, concluyen que la materia seca tuvo un aumento hasta la formación de vainas para los órganos estudiados (raíz, tallo, hojas,

pecíolo, pedicelo, inflorescencias, vainas y semillas); posteriormente estos órganos sufrieron un decremento salvo las vainas y semillas.

2.5. Análisis de crecimiento.

Hunt (1982) menciona que el comportamiento del crecimiento de un organismo o población puede ser analizado mediante sus curvas de crecimiento, las cuales son representaciones gráficas de una expresión matemática. Salisbury y Parke (1966) agregan que el crecimiento en las plantas puede ser estudiado por la medición de su tamaño o alguna de sus partes a distintos intervalos de tiempo; cuando los resultados son graficados, la dinámica de crecimiento de una planta sigue la forma de una curva sigmoideal, la cual presenta tasas diferenciales de crecimiento durante ciertas etapas fenológicas de la planta.

Gardner *et al.* (1985) señalan que el análisis de crecimiento describe el comportamiento de un genotipo, así como trata de explicar las bases fisiológicas de la producción, determinantes del rendimiento. Este análisis se basa en los criterios de peso seco y área foliar, por lo cual su propósito principal es estimar la fotosíntesis neta y su eficiencia. La primera se conoce indirectamente por mediciones en los cambios de la producción de materia seca, mientras que la segunda por medio de las relaciones existentes entre la fotosíntesis y el tamaño del aparato fotosintético (Radford, 1967).

Hunt (1982) menciona que al evaluar el crecimiento cuantitativamente se emplea el análisis del crecimiento, midiendo la materia seca en función del tiempo.

Evans (1969) citado por Rodríguez (1986) explica que una ventaja del análisis del crecimiento consiste en obtener fácilmente los valores en los que se basa dicho procedimiento sin gran demanda de equipo; para esto, se considera el peso total de la planta y/o sus partes y las dimensiones del aparato asimilatorio (área foliar, área del tallo, etc.). Otras ventajas del análisis del crecimiento han sido mencionadas, como son: la explicación de las

bases fisiológicas de la producción final, obtención de índices de eficiencia para emplearse como nuevos criterios de selección y observar el efecto de un factor sobre el comportamiento de un genotipo cualquiera a través de su ciclo (Sanz *et al.*, 1983).

2.5.1. Métodos para el análisis de crecimiento.

Existe dos métodos para la obtención del área foliar y peso seco como información esencial en un análisis de crecimiento:

1. Método clásico. Al efectuar los muestreos, se considera los períodos fenológicos por los cuales pasa la planta (amplios intervalos de tiempo), el tamaño de muestra es grande (Hunt, 1982).
2. Método funcional. Los muestreos se realizan a lo largo de los distintos períodos y en las diferentes etapas de cada uno de ellos; el tamaño de la muestra es pequeño (Radford, 1967).

Otros autores como Crofts *et al.* (1971) citados por Osuna (1980) sugieren que las mediciones de área foliar y peso seco se lleven a efecto a intervalos de una o dos semanas durante el ciclo de crecimiento, el mismo autor cita a Milthorpe y Moorby (1974) en donde señalan que es preferible identificar el tiempo o fase durante la ontogenia de la planta para el entendimiento y comparación de la conducta de los cultivos. También Hanway (1963) indica que al realizar un muestreo sin ninguna relación con algún estado morfológico o fisiológico de la planta, sino únicamente a ciertos períodos de tiempo, se hace difícil la comparación de datos de varios estudios. En cambio al seleccionar plantas en base a etapas morfológicas o fisiológicas permite: comparar los muestreos en diferentes etapas, se puede muestrear en cualquier período importante de transición en el desarrollo morfológico o fisiológico de la planta, y se realizan los muestreos en diferentes etapas de desarrollo fácilmente identificadas.

2.5.2. Importancia del área foliar sobre el rendimiento del grano.

El desarrollo de la superficie foliar está en función de la actividad meristemática que asegura el nacimiento de las hojas y de los procesos celulares que causan su crecimiento (Demolon, 1972). La magnitud, duración y eficiencia del área fotosintéticamente activa (la mayor parte pertenece a limbos) es lo que determina la materia seca, por tal razón la cuantificación de la magnitud del área foliar es importante en trabajos sobre fisiotecnia (Mendoza *et al.*, 1985).

Mendoza y Ortiz (1973) señalan que el área foliar del maíz es una característica que es afectada por la variedad y densidad de siembra. Lepiz (1978) trabajando en maíz y frijol asociados y con diferencia en precocidad de los genotipos, obtienen que a mayor ciclo de crecimiento es mayor el área foliar tanto asociados como en unicultivo. Rodríguez (1986) efectuando un estudio en frijol menciona que la superficie foliar es mayor en ciclo largo y hábito indeterminado comparado con materiales de ciclo corto y hábito determinado.

Quijano y Rojas (1984) realizando defoliaciones en un genotipo de maíz, encuentran que los estratos del tallo de la parte media y superior determinan en mayor parte el rendimiento del grano; siendo las cinco hojas superiores y las tres intermedias las que aportan más carbohidratos al grano, en cambio, las seis hojas inferiores constituyen en menor cantidad a causa del sombreo del dosel de las hojas superiores e intermedias.

Mendoza *et al.* (1986) al defoliar un sorgo tolerante al frío bajo dos densidades de población en la etapa de antesis y 20 días después de ésta, encuentran que los limbos ubicados en los 2/3 superiores de la planta determinan mayormente el rendimiento de grano durante su etapa de llenado.

En otro trabajo sobre remoción foliar en donde eliminan los estratos superior, medio e inferior y todas sus combinaciones en tallos principales de dos cultivares de sorgo en la etapa floración y 15 días posteriores a ésta, se concluyó que en la primer etapa el

rendimiento de grano y sus componentes depende más de la posición del estrato defoliado que de la magnitud del área foliar eliminada, el orden de importancia es del estrato superior > estrato medio > estrato inferior; en la segunda etapa no encontraron diferencias entre estratos en cuanto a su contribución al rendimiento (Mendoza *et al.*, 1985).

2.5.3. Determinación de área foliar.

Montgomery (1911) citado por Francis *et al.* (1969) utilizó por primera vez la ecuación, donde multiplica el largo (L) por el ancho (A) y por el factor de corrección 0.75 en la estimación de área foliar de una lámina foliar en maíz.

Francis *et al.* (1969) estimaron el área foliar en una repetición, en seguida dividieron la superficie foliar total entre el área foliar de la hoja más correlacionada obteniendo un factor. Para el resto de las repeticiones, tal hoja de mayor correlación (que fue la séptima) y con el factor se transformó a área foliar total de la planta.

Otra metodología para conocer la superficie foliar en maíz es presentada por Mendoza y Ortiz (1973) que consiste en los siguientes pasos:

1. El área foliar de hojas con lígula expuesta es medida desde las primeras etapas de desarrollo en 5 a 10 plantas por tratamiento en la primer repetición.
2. Para los cálculos se emplea la ecuación largo multiplicado por el ancho y por el factor de corrección 0.75.
3. Se estima el promedio de área foliar de la hoja de la mazorca, de la inmediatamente superior e inferior.
4. La superficie foliar total por planta se divide entre el área promedio de las tres hojas obteniendo un factor de conversión.
5. Para las demás repeticiones se determina únicamente el área foliar promedio de las tres hojas, la superficie foliar total será multiplicar éste promedio por el factor de conversión previamente conocido.

2.5.4. Determinación de materia seca.

Zavala (1982) menciona que para una muestra grande se determina directamente el peso fresco total de la muestra, e inmediatamente se extrae una submuestra y se calcula el porcentaje de materia seca, posteriormente se obtiene el peso seco de la muestra cosechada. En una muestra chica, se conoce el peso seco total en forma directa. En ambos casos para el secado de la muestra se emplean temperaturas entre 30 a 80°C por 3 a 5 días.

2.6. Parámetros e índices fisiotécnicos.

Ramírez y Carballo (1984) señalan que el principal criterio de selección de genotipos ha sido el rendimiento de grano. Mendoza y Ortiz (1973) explican que éste criterio está llegando a un máximo donde no es posible obtener genotipos más rendidores; por tal razón el rendimiento de grano debe ir acompañado de criterios de eficiencia fisiológica de la planta.

2.6.1. Tasa relativa de crecimiento.

La tasa relativa de crecimiento (TRC) se define como el incremento en peso por unidad de peso inicial en un intervalo de tiempo, y es expresada en $g\ g^{-1}\ d^{-1}$ (Hunt, 1982):

$$TRC = (\ln P_2 - \ln P_1) / (T_2 - T_1)$$

In: Base de los logaritmos naturales (2.7183).

P_2 y P_1 : Peso seco en los tiempos 1 y 2.

T_2 y T_1 : Tiempos 1 y 2.

Rocha (1987) encuentra para maíz que la tasa relativa de crecimiento adquiere los valores más altos ($0.132\ g\ g^{-1}\ d^{-1}$) durante la etapa vegetativa, posteriormente al final de

floración y principio del período de llenado de grano disminuye en un 83% respecto al valor inicial.

La caracterización fisiotécnica de 15 genotipos de maíz efectuada por Alanís (1989), demuestra que los valores de la tasa relativa de crecimiento son más altos en genotipos tardíos comparados con los precoces; el comportamiento de este parámetro es similar para todos los genotipos siendo ascendente al iniciar la etapa vegetativa hasta desarrollarse cuatro hojas con lígula visible, posteriormente disminuye hasta el final del ciclo. También González *et al.* (1986) trabajando en cuatro variedades de sorgo, mencionan que el comportamiento de las curvas de tasa relativa de crecimiento fueron iguales para todos los genotipos, aumentaron en la etapa vegetativa hasta un valor máximo (aproximadamente $230 \text{ mg g}^{-1} \text{ d}^{-1}$) que correspondió a los 7-14 días después del inicio de la panícula, en seguida decrecieron hasta el final del ciclo con un valor de $20 \text{ mg g}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Los autores concluyen que las diferencias genotípicas en tamaño y vigor de la planta, no estuvieron asociadas con éste parámetro, deduciendo que no es útil para comparar variedades de una misma especie sembradas en un ambiente dado, ya que representa la proporción de tejidos meristemáticos con una activa división y alargamiento celular en la planta más que a la capacidad que tiene una unidad de biomasa para producir más biomasa.

2.6.2. Tasa de asimilación neta.

La tasa de asimilación neta (TAN) se conoce como el peso seco acumulado por unidad de área foliar en una unidad de tiempo, es expresada en $\text{mg cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Hunt, 1982):

$$\text{TAN} = (P_2 - P_1) (\ln A_2 - \ln A_1) / (A_2 - A_1) (T_2 - T_1)$$

In: Base de logaritmos naturales (2.7183). P_2 y P_1 : Peso seco en los tiempos 1 y 2.

T_2 y T_1 : Tiempos 1 y 2. A_2 y A_1 : Area foliar en los tiempos 1 y 2.

Rocha (1987) señala que las curvas de tasa de asimilación neta en maíz muestran tres etapas: la primera se caracteriza por una disminución acentuada comprendiendo los primeros 45 días del desarrollo; en la segunda existe un incremento recuperando casi los valores iniciales, comprendida del final de la primera etapa hasta el inicio de las floraciones; finalmente la última etapa presenta una disminución drástica que abarca del inicio de las floraciones hasta el final del período de llenado de grano.

Alanís (1989) al estudiar las curvas de TAN en 15 genotipos de maíz obtiene dos inflexiones en ellas, a los 44 y 82 días después de la siembra, aunque este autor explica tal comportamiento a causa del retraso en la aplicación del riego.

Otro trabajo sobre el comportamiento de TAN lo hizo Zavala (1982) en sorgo, quien encuentra una TAN decreciente para 18 genotipos desde la siembra a la floración y generalmente constante durante el llenado de grano. Sin embargo, Barrera *et al.* (1984) determinan la TAN en sorgo a partir en que el cultivo posee todas sus hojas expandidas explicando que es con el fin de no cometer el error de considerar área foliar activa únicamente la de hojas liguladas ya que en etapas tempranas el área expuesta a la luz de las hojas inmaduras puede ser mayor que el área de las hojas maduras. Por lo tanto los cálculos de TAN serán eficientes en las primeras etapas si se considera área foliar activa de hojas que estén completa o parcialmente expuestas a la luz. Estos autores obtienen una TAN de $1 \text{ mg cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$, aproximadamente en la prefloración, floración y fin del período de llenado de grano siendo los valores más altos en variedades precoces y viceversa. Las curvas muestran un pico poco después de floración para posteriormente abatirse hasta la madurez fisiológica. Por otro lado González *et al.* (1986) concuerdan con estos autores, en que a menor ciclo de crecimiento en las variedades de sorgo se obtiene la mayor TAN y viceversa durante el llenado de grano.

2.6.3. Tasa de crecimiento del cultivo.

Se define a la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) como el peso seco acumulado por unidad de superficie de terreno por unidad de tiempo, se expresa en $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (Wallace *et al.*, 1972):

$$\text{TCC} = \frac{(P_2 - P_1)}{\text{AT} (T_2 - T_1)}$$

AT: Área de terreno que ocupa una planta.

P_2 y P_1 : Peso seco en los tiempos 1 y 2.

T_2 y T_1 : Tiempos 1 y 2.

Al ser graficado este parámetro en el cultivo del maíz, la curva presenta un incremento conforme avanza el ciclo de crecimiento hasta un máximo que es la etapa de anthesis, posteriormente disminuye hasta llegar a la madurez fisiológica. La caída de la curva se debe a la disminución del área foliar. Los valores más altos de TCC corresponden a genotipos tardíos y viceversa (Alanís, 1989).

2.6.4. Relación área foliar.

La relación de área foliar (RAF) indica la cantidad relativa de área foliar que produce una unidad de peso seco de la planta. Los efectos ambientales afectan a este índice, así como los cambios en la capacidad de formación de materia seca de la planta; su utilidad estriba en que determina la capacidad fotosintética por unidad de respiración y crecimiento de tejido, se expresa en $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ (Wallace *et al.*, 1972):

$$\text{RAF} = \frac{\text{AFT}}{\text{PST}}$$

AFT: Área foliar por planta. PST: Peso seco por planta.

Alanís (1989) encuentra un RAF decreciente a lo largo del ciclo de crecimiento del maíz explicando que tal disminución es a causa del incremento neto de la materia seca total.

2.6.5. Duración del área foliar.

La duración del área foliar (DAF) se refiere a la superficie foliar integrada en el tiempo; este índice nos indica el tiempo que permanecen las láminas foliares fotosintetizando. El DAF es determinado genéticamente por la precocidad (madurez temprana o tardía), así como por factores ambientales como el fotoperíodo y la temperatura, es dada en $m^2 d^{-1}$ (Wallace *et al.*, 1972):

$$DAF = (A_1 + A_2) (T_2 - T_1)/2.$$

A_1 y A_2 : Areas foliares 1 y 2.

T_2 y T_1 : Tiempos 1 y 2.

Alanís (1989) encontró una forma creciente del DAF a través del tiempo para el cultivo de maíz, obteniendo también una correlación positiva y altamente significativa con el rendimiento de grano en la primera mitad del ciclo.

2.6.6. Índice de área foliar.

El índice de área foliar (IAF) nos representa la relación entre el número de unidades de área foliar de la planta por unidad de superficie de terreno donde se desarrolla (Wallace *et al.*, 1972); este índice depende de la densidad de población y de la arquitectura de la planta y nos permite comparar los genotipos en cuanto a la capacidad de aprovechamiento de la energía radiante disponible (Poey, 1978):

$$IAF = \frac{AFT}{ATP}$$

AFT: Area foliar por planta. ATP: Area de terreno que ocupa una planta.

El rendimiento de grano en maíz posee una relación funcional con el IAF (Williams *et al.*, 1965). Todos los cereales tienen un IAF máximo pero el rendimiento de grano se incrementa hasta un IAF considerado óptimo (Jiménez, 1979). El IAF máximo se presenta después de la antesis en el maíz (Williams *et al.*, 1965); en cambio, Alanís (1989) encuentra en promedio para maíz un IAF máximo de 14.34 en la antesis.

Evans y Wardlaw (1976) mencionan que existe una gran influencia del medio ambiente sobre este índice y comúnmente no se puede efectuar comparaciones válidas entre cereales.

2.6.7. Índice de cosecha.

El índice de cosecha (IC) se define como la relación entre el rendimiento económico y el rendimiento biológico; el rendimiento de materia seca total de la planta madura sin incluir la raíz se considera el rendimiento biológico, una parte de éste constituye el rendimiento económico (Donald y Hamblin, 1976):

$$IC = \frac{RE}{RB} \times 100$$

RE: Rendimiento económico.

RB: Rendimiento biológico.

Donald (1962) menciona que el IC determina que tan eficiente es el sistema fotosintético de la planta (evaluado indirectamente por el peso seco total) en base a la proporción de rendimiento económico que produzca. Este índice puede ser un carácter heredable y si se logran combinar altos índices de cosecha con altos rendimientos biológicos, se obtendrían genotipos eficientes y con alta producción de rendimiento económico.

Alanís (1989) obtiene en promedio un IC de 38.51% para sus 15 genotipos de maíz estudiados donde los precoces generan el mayor índice de cosecha y viceversa, esto también fue encontrado por Barrera *et al.* (1984) en el cultivo del sorgo.

Otros parámetros han sido mencionados para medir la eficiencia de producción, como son: la producción de grano por unidad de superficie foliar, producción de grano por unidad de luz interceptada, intensidad de luz interceptada por unidad de superficie foliar, producción de grano por día, etc. (Poey, 1978).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del experimento.

El trabajo se estableció en Marín, N.L. durante el ciclo primavera-verano de 1987, en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León; cuya ubicación es en el kilómetro 17 de la carretera Zuazua a Marín; con coordenadas geográficas de 25° 53' latitud norte y 100° 03' longitud oeste y una altitud de 375 msnm.

3.2. Condiciones climáticas durante el experimento.

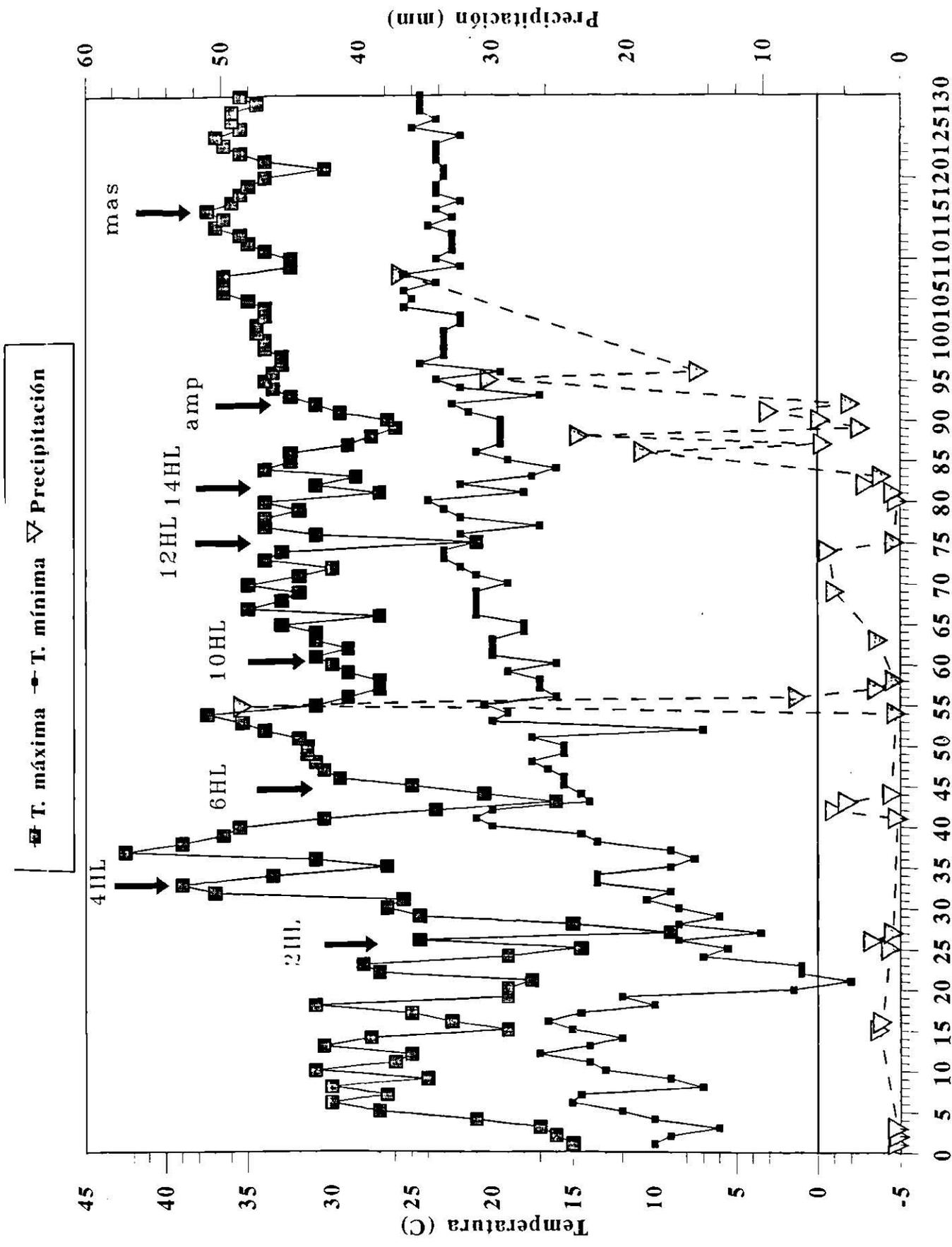
Según García (1973) la región presenta las siguientes características climáticas:

- BS₁ clima seco o árido con régimen de lluvia en verano.
- h'h temperatura anual sobre 22°C y bajo 18°C en el mes más frío.
- X' el régimen de lluvia se presenta como intermedio entre verano e invierno, con % de lluvias invernales mayores de 18.
- e' oscilación anual de las temperaturas mensuales mayores de 18°C siendo las más extremosas.

El régimen climático en el transcurso del experimento se presenta en el Cuadro 1 del Apéndice.

3.3. Características edáficas del sitio de estudio.

Las características físico-químicas del suelo donde se efectuó esta investigación se observan en el Cuadro 2 del Apéndice.



DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA

Figura 1. Temperatura máxima, mínima y precipitación pluvial registrada durante los meses de marzo a julio de 1987 en Marín, N.L.

3.4. Material utilizado.

3.4.1. Material genético.

Se emplearon 15 genotipos de maíz contrastantes, principalmente en vigor y precocidad, los cuales fueron proporcionados por el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo, del Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.. El Cuadro 1 señala su nombre, número de tratamiento y algunas de sus características.

3.4.2. Material de campo.

El material de campo consistió en: tractor y equipo (arado, rastra y bordeador); cinta métrica; estacas; cordel; azadones; machetes; insecticida; aspersora manual; bolsas de papel, estufa y cuarto de secado, vernier, y balanza analítica y granataria.

3.5. Especificaciones del experimento.

3.5.1. Diseño experimental.

Se estableció un lote experimental con un diseño en bloques completos al azar con 15 tratamientos (genotipos) y seis repeticiones, dando origen a 90 unidades experimentales.

3.5.2. Análisis estadístico.

El modelo estadístico utilizado fue bloques completos al azar:

$$Y_{ij} = M + T_i + B_j + E_{ij}$$

Cuadro 1. Material genético empleado, número de tratamiento y características. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

Genotipo	Tratamiento	Características ¹
Pool-30	01	Material procedente de Colombia.
Compuesto 22	02	Material formado de la variedad Ranchero a través de selección familiar con una presión de selección del 10%, en el Campo Experimental de la FAUANL de Marín, N.L.
V-401	03	Material distribuido por PRONASE, formado por el INIFAP, se clasifica como tardío.
Blanco Alemán	04	Material colectado en Linares, N.L.
Ranchero Original	05	Variedad originaria de San Nicolás de los Garza, N.L.; se le ha practicado cuatro ciclos de selección masal modificada y se clasifica como tardía.
Pinto Amarillo	06	Variedad formada a partir de 10 colectas de variedades de las zonas bajas del Estado de N.L.; se le ha practicado un ciclo de selección masal modificada; se clasifica como tardía.
Master Precoz	07	Compañía Master de Río Bravo Tamaulipas.
Compuesto 16	08	Material formado de la variedad San Nicolás a través de selección combinada con una presión de selección del 10%, en el Campo Experimental El Canadá de la FAUANL, Escobedo, N.L.
San Nicolás Original	09	Variedad de polinización libre con tres ciclos de selección masal producida por la FAUANL.
Compuesto 2	10	Material formado de la variedad Ranchero a través de selección individual con una presión de selección del 10%, en el Campo Experimental El Canadá de la FAUANL, Escobedo, N.L.
Compuesto 30	11	Material formado de la variedad San Nicolás en Marín, N.L. a través de selección familiar con una presión de selección del 10%.
Compuesto 18	12	Material formado de la variedad Ranchero a través de selección individual con una presión de selección del 10%, en el Campo Experimental del FAUANL, Marín, N.L.
Compuesto 6	13	Material formado de la variedad Ranchero a través de selección familiar con presión de selección del 10% en el Campo Experimental El Canadá de la FAUANL, Escobedo, N.L.
T-38 CD	14	Línea del INIFAP que da origen al H-422.
NLVS-2	15	Variedad de polinización libre producida por el ITESM, formada por la cruce de la variedad V-524 X NL-VS-1; tiene un porte alto, ciclo de 125-140 días a madurez comercial y se adapta a regiones tropicales y subtropicales hasta 1000 msnm. Se recomienda para grano y forraje; en temporal se utiliza una densidad de población de 40,000 plantas por hectárea y 50,000 para riego con óptima fertilidad.

¹ FUENTE: De Lira R., G (1984).

Programa de Maíz del PMMFYS de la FAUANL.

donde:

Y_{ij} = Variable bajo estudio.

M = Media verdadera general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

B_j = Efecto del j -ésimo bloque.

E_{ij} = Error aleatorio asociado a la ij -ésimo tratamiento.

Para las pruebas de hipótesis planteadas se desarrolló la técnica de Fisher (análisis de varianza) en cada muestreo realizado y para cada variable estudiada. En los análisis de varianza que resultaron con significancia estadística, se efectuó una comparación de promedios para conocer específicamente que tratamientos eran distintos, para esto se utilizó la técnica de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

Además se realizaron dos análisis de correlación por el método de Pearson con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ y 0.01 , entre el rendimiento de grano por unidad de superficie y los parámetros fisiotécnicos estimados en cada etapa fenológica, y entre las características agronómicas.

Los análisis estadísticos fueron efectuados a través del paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Science) en el Centro de Informática de la Facultad de Agronomía de la UANL.

La unidad experimental estuvo formada por seis surcos separados a 0.92 m con una longitud de 5 m y una distancia entre plantas de 0.20 m . La parcela útil se constituyó por cuatro surcos centrales eliminando 0.50 m a cada extremo. La densidad de población fue 54,000 plantas por hectárea.

3.5.3. Epoca de muestreo.

Los muestreos de área foliar y materia seca se realizaron en base al criterio de Hanway (1971). En el lado izquierdo del Cuadro 2 se indican sus características y en el

extremo derecho se señala las ocho etapas fenológicas estudiadas en este experimento.

La floración masculina y femenina se obtuvo contando los días transcurridos de la siembra hasta alcanzar el 50% de plantas con dehiscencia en las anteras y estigmas expuestos respectivamente en la parcela experimental.

Cuadro 2. Características de las etapas fenológicas según Hanway (1971) y las muestreadas en este estudio. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

Hanway (1971)			Etapas fenológicas estudiadas		
Etapas	Características	dde	Etapas	dds	dde
0	Emergencia	0	0	8	--
0.5	2 HL	7	0.5	25	17
1	4 HL	14	1	33	25
1.5	6 HL	21	1.5	45	37
2	8 HL	28	--	--	--
2.5	10 HL	32	2.5	61	53
3	12 HL	42	3	74	66
3.5	14 HL	49	3.5	79	71
4	16 HL	56	--	--	--
5	Antesis	66	--	--	--
6	Grano en ampolla	78	6	93	85
7	Grano masoso	90	7	117	109
8	Inicio de identificación	102	--	--	--
9	Granos dentados	114	--	--	--
10	Madurez fisiológica	126	--	--	--

dde= días después de la emergencia. dds= días después de la siembra.

3.5.4. Manejo del experimento.

La preparación del suelo se realizó con tractor durante el mes de febrero consistiendo en barbecho, rastra, cruza, surcado y trazo de regaderas. La siembra se efectuó el 10 de

marzo y entre 7 y 9 días después se presentó la emergencia, posteriormente se hizo un aclareo dejando una distancia entre plantas de 20 cm. Se dió un aporque y dos riegos de auxilio (15 de abril y 2 de junio, respectivamente). La plaga presentada fue el trips (*Frankliniella spp.*) controlándose con Folimat 1000 a razón de 350 ml ha⁻¹ en 200 litros de agua. Las malezas encontradas fueron principalmente el zacate Johnson (*Sorghum halepense* L. Pers.) y polocote (*Helianthus annuus* L.), las cuales se eliminaron en forma mecánica. La cosecha se llevó a cabo manualmente el 30 de julio.

El cultivo sufrió daños leves por dos fenómenos climatológicos: se presentó una helada (30 de marzo) al encontrarse el cultivo en el estado fenológico de dos hojas con lígula visible, donde las plantas se protegieron de los vientos fríos por situarse en el fondo del surco. El otro fenómeno consistió en una granizada ocurrida el cuatro de mayo, cuando el maíz exponía ocho láminas foliares totalmente emergidas.

3.6. Determinación de la acumulación y distribución de materia seca en la planta.

La acumulación de peso seco en los genotipos se determinó en las etapas fenológicas 0.5, 1, 1.5, 2.5, 3, 3.5 y en la etapa de ampolla y masosa del grano, cuantificándose por medio del peso seco total de la planta o biomasa aérea (PST).

La distribución de materia seca en cada genotipo se llevó a cabo sólo durante el período de llenado del grano, cuando éste se encontraba en las etapas de ampolla y masosa. Se obtuvo el peso seco de diferentes órganos de la planta: tallo (PSTAL), láminas foliares (PSLF), vainas foliares (PSVF), espiga (PSESP), brácteas (PSBRA), olote (PSOLO) y grano (PSGRA). El tamaño de muestra y su forma de secado fue similar al realizado en los estados de preantesis.

Se muestrearon tres plantas por parcela experimental llevadas a peso constante en cuarto de secado a una temperatura de 70°C durante 2 o 3 días; estas mismas plantas se utilizaron para ambas cuantificaciones (acumulación y distribución).

3.7. Obtención de área foliar.

El área foliar se calculó en las etapas 0.5, 1, 1.5, 2.5, 3, 3.5, y en las etapas de ampolla y masosa del grano, aplicando la fórmula de Montgomery (1911) citado por Francis *et al.* (1969). Este procedimiento se efectuó en cada hoja ligulada de cada planta muestreada (tres plantas por parcela experimental), posteriormente la suma de cada lámina foliar nos determina el área foliar total por planta (AFT).

3.8. Cálculo de índices y parámetros fisiotécnicos.

3.8.1. Tasa relativa de crecimiento (TRC).

Su cálculo se hizo por medio del peso seco y tiempo transcurrido entre dos muestreos sucesivos y se define como el incremento en peso por unidad de peso inicial en su intervalo de tiempo, propuesta por Hunt (1982) y expresado en $g\ g^{-1}\ d^{-1}$:

$$TRC = (\ln P_2 - \ln P_1) / (T_2 - T_1)$$

3.8.2. Tasa de asimilación neta (TAN).

Se obtuvo con el área foliar, peso seco y tiempo requerido entre cada dos muestreos, se conoce como el peso seco acumulado por unidad de área foliar en una unidad de tiempo, dada por Hunt (1982) en $mg\ cm^{-2}\ d^{-1}$:

$$TAN = (P_2 - P_1) (\ln A_2 - \ln A_1) / (A_2 - A_1) (T_2 - T_1)$$

3.8.3. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC).

El procedimiento se basó con el peso seco, tiempo transcurrido entre dos muestreos y el área de terreno por planta; se expresa en $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (Medina,1977):

$$\text{TCC} = \frac{(1)}{\text{AT}} (P_2 - P_1) / (T_2 - T_1)$$

3.8.4. Relación área foliar (RAF).

El cálculo se efectuó para cada etapa fenológica estudiada requiriendo de la superficie foliar y peso seco total por planta; Wallace *et al.* (1972) lo expresa como el área foliar por unidad de peso seco de la planta en $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$:

$$\text{RAF} = \frac{\text{AFT}}{\text{PST}}$$

3.8.5. Duración del área foliar (DAF).

La duración del área foliar se determinó entre cada dos muestreos ocupando las respectivas áreas foliares y tiempo transcurrido; este índice fisiológico se indica como el área foliar integrada sobre el tiempo dada en $\text{m}^2 \text{d}^{-1}$ (Wallace *et al.*, 1972), :

$$\text{DAF} = (A_1 + A_2) (T_2 - T_1) / 2.$$

3.8.6. Índice de área foliar (IAF).

El índice de área foliar se realizó por cada muestreo y para ello se basó en los datos de superficie foliar y área de terreno por planta (0.184 m^2); se señala como el área foliar por unidad de superficie (Wallace *et al.*, 1972):

$$\text{IAF} = \text{AFT} / \text{ATP}$$

3.8.7. Índice de cosecha (IC).

El índice de cosecha fue estimado para las etapas de ampolla y masosa del grano, requiriendo del rendimiento económico y peso seco total por planta ya que la relación entre ellos multiplicados por 100 nos origina tal índice (Donald y Hamblin, 1976):

$$IC = (RE/RB)*100$$

Para la representación gráfica de las variables área foliar (AFT) y materia seca total por planta (PST) con respecto al tiempo, así como de los parámetros de tasa relativa de crecimiento (TRC) y tasa de crecimiento del cultivo (TCC) se aplicó un modelo matemático logístico para efectuar los ajustes respectivos y así obtener las curvas de crecimiento; para el resto de los parámetros se graficó la curva de crecimiento con datos reales. En todos los casos, las gráficas fueron trazadas utilizándose el paquete computacional Harvard Graphic versión 3.0; cada punto de la gráfica representó el promedio de 18 observaciones realizadas en cada muestreo

La ecuación más representativa del crecimiento fue la logística propuesta por Radford (1967):

$$Y = \frac{K}{1 + e^{b_0 + b_1 x}}, \text{ donde:}$$

Y - Variable de interés ajustada.

K - Máximo valor de la variable dependiente.

e - Base de los logaritmos naturales (2.7183).

b_0 y b_1 - Coeficientes de regresión.

x - Variable independiente.

La anterior ecuación se linealizó para obtener los parámetros de la regresión.

$$\text{Si } Y = \frac{K}{1 + e^{b_0 - b_1 x}}$$

$$e^{b_0 - b_1 x} = \frac{K}{Y} - 1$$

$$\text{Ln } e^{b_0 - b_1 x} = \text{Ln} \left(\frac{K}{Y} - 1 \right), \text{ haciendo}$$

$$Y^1 = \text{Ln} \left(\frac{K}{Y} - 1 \right) \text{ se obtuvo la ecuación de la recta:}$$

$y^1 = b_0 + b_1 X$, por lo tanto, con el método de la regresión lineal se encontraron los valores de las constantes b_0 y b_1 , que al sustituirlos en la ecuación general, y teniendo el valor de K , se obtuvieron los valores de Y para cualquier x .

3.9. Unidades calor (UC).

Las unidades calor se calcularon a partir de la siembra y hasta el último muestreo realizado en la etapa masosa del grano.

Al estimar unidades calor en maíz, Alanís (1989) encuentra que sus resultados no poseen diferencias al emplear distintos métodos, por lo tanto para este trabajo se utilizó uno de ellos, días-grado de desarrollo efectivo (EGDD).

$$UC = \left[\frac{T^\circ \text{ Max} + T^\circ \text{ Min}}{2} \right] - T^\circ \text{ Base}$$

3.10. Características del rendimiento.

Para el cálculo de las características agronómicas, se tomó al momento de la cosecha una muestra de 10 mazorcas al azar de cada parcela experimental y se cuantificaron las siguientes variables:

LONGITUD DE MAZORCA (LMZ): Es la longitud entre la base y la punta de la mazorca, se midió con una cinta métrica en cm.

DIAMETRO DE MAZORCA (DMZ): Es el diámetro que posee la mazorca en su parte media, se empleó un vernier para su medición expresada en cm.

NUMERO DE HILERAS POR MAZORCA (NHMZ): Es el número de hileras en cada mazorca muestreada.

NUMERO DE GRANOS POR HILERA (NGH): Es el número de granos en una hilera; para su cálculo se contó únicamente una hilera tomada al azar de cada mazorca de la muestra.

PESO DE MAZORCA (PMZ): Para esta variable se consideró como el peso conjunto del grano más olote de cada mazorca de la muestra, para su medición se utilizó una balanza analítica y se expresó en gr.

PESO DE GRANO POR MAZORCA (PGMZ): Es el peso del grano de una mazorca (excepto su peso de olote) ajustándose la humedad del mismo al 12%, detectada a través del aparato "Stan Lite".

INDICE DE GRANO (IG): Es la relación que existe entre el peso del grano y el peso de mazorca.

RENDIMIENTO ECONOMICO (RE): Es el rendimiento de grano por unidad de superficie ($Kgha^{-1}$); previamente este rendimiento fue ajustado por el número de plantas cosechadas en cada parcela experimental, utilizando la fórmula de Iowa (Reyes, 1978).

$$\text{peso del campo} = \left[\text{peso al cosechar} \right] \left[\frac{H-0.3 M}{H - M} \right]$$

corregido al
12 % de Humedad

donde:

peso al cosechar= peso del campo sin corregir fallas.

H= Número de plantas que debería tener la unidad experimental si no hubiera N fallas.

M= Número de plantas perdidas (fallas).

0.3= Coeficiente para corregir la falta de competencia en las plantas existentes al tiempo de la cosecha.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Unidades calor y su relación con las etapas fenológicas en la planta.

Las unidades calor (UC) requeridas en cada etapa fenológica estudiada se presentan en el Cuadro 3. Los días a floración masculina y femenina, y las UC necesarias para alcanzar dichos períodos en cada uno de los genotipos estudiados, se presentan en el Cuadro 4.

La significancia de los análisis estadísticos y la comparación de días promedio para alcanzar la floración masculina (DFM) y femenina (DFF), se muestra en los Cuadros 3A y 4A, respectivamente.

En general, todos los genotipos emergieron del suelo cuando se habían acumulado 57 UC (Cuadro 3), lo cual se alcanzó en promedio a los 8 días después de la siembra (dds).

Para alcanzar el desarrollo completo de 14 hojas liguladas (etapa vegetativa activa) la planta requirió haber acumulado 858.0 UC, y sucediendo esto a los 79 dds (Cuadro 3).

La floración masculina y femenina se inició cuando la planta había logrado la acumulación de 916.5 y 987.5 UC, en ese orden; cronológicamente habían transcurrido 83 y 88 dds (Cuadros 3 y 4). Posteriormente, durante el período de llenado del grano fue necesario la acumulación de 1058.25 UC para que el grano alcanzara la etapa de ampolla (93 dds), y de 1456.0 UC para la etapa masosa (117 dds).

En forma específica, en cada uno de los genotipos fueron diferentes los requerimientos de UC para alcanzar cada floración respectiva. Considerando los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas mostraron el 50% de las espiguillas con las anteras abiertas (floración masculina), y la exposición de estilos en los jilotes (floración femenina), se clasificaron los genotipos en precoces, intermedios y tardíos.

La floración masculina mostró en los genotipos estudiados una variación de 76 a 90

Cuadro 3. Unidades calor requeridas durante el ciclo de crecimiento de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

Etapa fenológica ¹	dds	Característica morfológica	Unidades calor	
			Registradas	Acumuladas
0	8	emerg.	57.0	57.0
0.5	25	2 HL	135.5	192.5
1	33	4 HL	54.5	247.0
1.5	45	6 HL	129.0	376.0
2.5	61	10 HL	212.0	588.0
3	74	12 HL	197.0	785.0
3.5	79	14 HL	73.0	858.0
	83	F. masc.	58.5	916.5
	88	F. fem.	71.0	987.5
	93	g. amp.	70.75	1058.25
	117	g. mas.	397.75	1456.0

¹Según criterio de Hanway (1971).
F. masc.= Floración masculina.
g. amp.= Grano en etapa de ampolla.

dds= días después de la siembra
F. fem.= Floración femenina.
g. mas.= Grano en etapa masosa

emerg.= emergencia

HL= Hojas liguladas.

Cuadro 4. Días y unidades calor requeridas para alcanzar la floración masculina y femenina de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

Genotipos	DFM	UC	DFF	UC
Pool-30	76	812.0	82	903.5
Comp. 22	82	903.5	87	973.8
V-401	86	959.5	90	1013.0
Blanco Alemán	87	973.8	89	1000.0
R a n c h e r o Original	86	959.5	89	1000.0
Pinto Amarillo	83	916.5	87	973.8
Master Precoz	76	812.0	82	903.5
Comp.16	84	929.5	88	987.3
San Nicolás Original	85	944.0	89	1000.0
Comp. 2	81	887.5	86	959.5
Comp. 30	86	959.5	90	1013.0
Comp. 18	82	903.5	87	973.8
Comp. 6	81	887.5	86	959.5
T-38 CD	86	959.5	88	987.3
NLVS-2	90	1013.0	94	1074.3

dds. Así los genotipos Pool-30 y Master Precoz mostraron un comportamiento precoz, ya que ambos requirieron 76 días para lograr la floración masculina, y de 82 días para la floración femenina. Estos genotipos mostraron significativamente un menor número de días para alcanzar dichas floraciones con respecto a los demás genotipos (Cuadro 4A). En cuanto a UC, sus requerimientos para alcanzar la floración masculina y femenina fue similar, siendo de 812.0 y 903.5, respectivamente.

Los genotipos NLVS-2, Blanco Alemán, V-401, Compuesto 30, Ranchero Original, T-38 CD y San Nicolás Original requirieron el mayor número de días para lograr la floración masculina, siendo de 85 a 90 dds, pero estadísticamente no fueron diferentes entre sí. Por lo cual, en base a esta floración, estos materiales se clasificaron como tardíos, y necesitaron la acumulación de 944.0 a 1013.0 UC. Los genotipos intermedios necesitaron en promedio de 81.0 a 84.7 días para desarrollar la floración masculina. Esto correspondió al Pinto Amarillo, Compuestos 16, 2, 6, 18 y 22 (Cuadro 4A).

Con respecto a la floración femenina, esta varió de 82.3 (Master Precoz) a 94.2 dds (NLVS-2). En este caso, los genotipos considerados como tardíos e intermedios no mostraron diferencia en esta variable, pero sí con los genotipos precoces (Cuadro 4A).

La sincronía de la floración masculina con la femenina en cada genotipo respectivo, presentó una variación desde 2 (T-38 CD y Blanco Alemán) hasta 6 días (Master Precoz y Pool-30) de coincidencia en la aparición de estigmas y dehiscencia de anteras en la planta.

En el período vegetativo (inicial y activo) todos los genotipos requirieron similar número de días para lograr el desarrollo completo de sus láminas foliares (2 a 14 hojas liguladas), y por lo tanto de igual número de UC. El comportamiento entre los genotipos varió a partir de la floración masculina y femenina, ya que estos mostraron diferencias en las UC necesarias para lograr dicho desarrollo; por lo tanto, el efecto interactivo entre el genotipo y el ambiente fueron factores importantes para determinar el desarrollo de los órganos reproductivos. Este patrón de maduración de las hojas fue confirmado por Félix (1986) al efectuar un análisis de crecimiento en tres genotipos de maíz, igualmente demostraron que las

diferencias entre éstos se hayan a partir de las floraciones.

4.2. Análisis de crecimiento.

4.2.1. Acumulación de materia seca total en la planta.

El peso seco total (PST) promedio por planta en las diversas etapas fenológicas estudiadas para cada genotipo, se presenta en el Cuadro 7 del Apéndice. La significancia estadística de los análisis de varianza efectuados para esta variable y la comparación del PST producido se muestra en los Cuadros 5 y 8 del Apéndice, respectivamente.

La Figura 2 presenta para cada genotipo la acumulación de materia seca total a partir de la siembra. Cada punto graficado es el valor promedio de 18 plantas muestreadas en cada etapa fenológica.

Los genotipos presentaron a partir de la etapa fenológica EF 0.5, la cual corresponde al desarrollo de dos hojas liguladas y hasta la EF 6, referida a la etapa de ampolla del desarrollo del grano, diferencia altamente significativa en cuanto al PST producido por la planta, mientras que en la etapa de grano masoso los genotipos produjeron similar PST (Cuadro 5A). Similar significancia es reportada por Alanís (1989) al estudiar el desarrollo fenológico en los mismos genotipos.

Cuando la planta alcanzó el desarrollo de dos hojas (EF 0.5), el Compuesto 22, Pinto Amarillo, V-401, Blanco Alemán, Master Precoz, Compuesto 16, Compuesto 2 y el NLVS-2 presentaron el mayor PST, sin diferir estadísticamente entre sí, pero sí el resto de genotipos. La producción de PST de estos genotipos fluctuó entre 0.32 a 0.44 gpl⁻¹. El menor e igual valor lo produjeron el Pool-30 y el San Nicolás Original con 0.20 gpl⁻¹ (Cuadro 8A). En cuanto al resto de las etapas fenológicas del período vegetativo inicial (EF 1, 1.5, 2.5, 3 y 3.5) todos los genotipos continuaron acumulando PST en la planta, pero en la mayoría de las etapas, los genotipos produjeron estadísticamente similar PST, con excepción del T-38 CD,

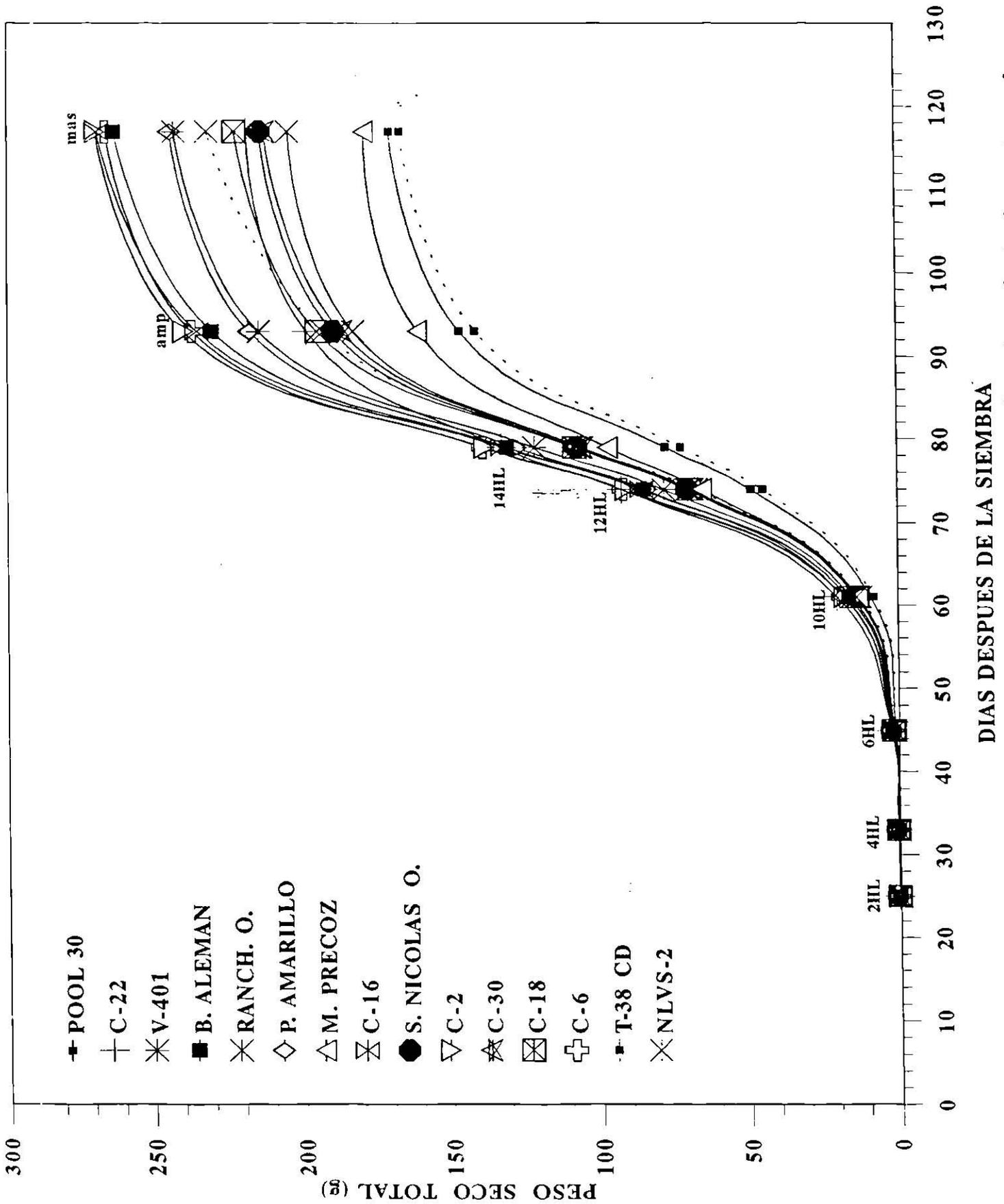


Figura 2. Acumulación de materia seca total por planta de 15 genotipos de maíz. (cada punto es el promedio de 18 observaciones).

el cual presentó el menor valor (Cuadro 8A y Figura 2).

La máxima tasa de acumulación de materia seca se observó entre la EF 2.5 a 3.5, que corresponde al desarrollo de 10 a 14 hojas (Figura 2). Este período coincide con la acelerada producción de materia seca de órganos vegetativos como hojas, tallo y el primordio de órganos reproductivos, y es considerada como la fase o etapa vegetativa activa descrita por Tanaka y Yamaguchi (1984). Sin embargo, Félix (1986) en maíz encontró que la máxima tasa de acumulación de materia seca se presentó durante el período del 72 % de hojas expuestas y el 100 % de floración femenina para el híbrido H-30, mientras que el H-28 y la variedad V-25, la tasa máxima fue entre el 100 % de floración femenina y el estado lechoso del grano.

A partir de la fase inicial del período de llenado del grano, así como en la fase activa del mismo, la planta continúa acumulando materia seca con respecto a la etapa de 14 hojas liguladas; en el primer caso, el grano se encontraba en estado de ampolla, mientras que en el segundo caso su consistencia era masosa (Figura 2). El incremento continuo en el PST, es principalmente por el aumento en la acumulación de materia seca en el grano. En etapa de ampolla, los genotipos produjeron entre 115.3 (Master Precoz) a 216 g (Compuesto 6) de PST por planta, sin embargo todos los genotipos no difirieron estadísticamente entre sí, con excepción del Pool-30 que presentó el menor PST (79.7 g).

A pesar de que en la última etapa muestreada en este estudio (grano masoso) los genotipos lograron un similar PST por planta, numéricamente el Compuesto 2 y el T-38 CD mostraron el mayor y el menor valor, de 268.0 y 166.2 g, respectivamente. La anterior información se aprecia en el Cuadro 8A y Figura 2.

En forma general, la acumulación de materia seca total en la planta o biomasa aérea mostró una tendencia de forma sigmoide en todos los genotipos, observándose las tres fases características del crecimiento (Figura 2): en la primera fase la producción de materia seca es lenta, posteriormente en la segunda fase esta producción es acelerada por el desarrollo de las hojas, tallo y primordios de los órganos reproductivos, y en la última fase, el peso de hojas, tallo y grano se incrementa lentamente. Esta tendencia coincide con la referida por Tanaka y

Yamaguchi (1984), Gardner *et al.* (1985), Félix (1986), Alanís (1989) y Molina (1992).

4.2.2. Desarrollo del área foliar.

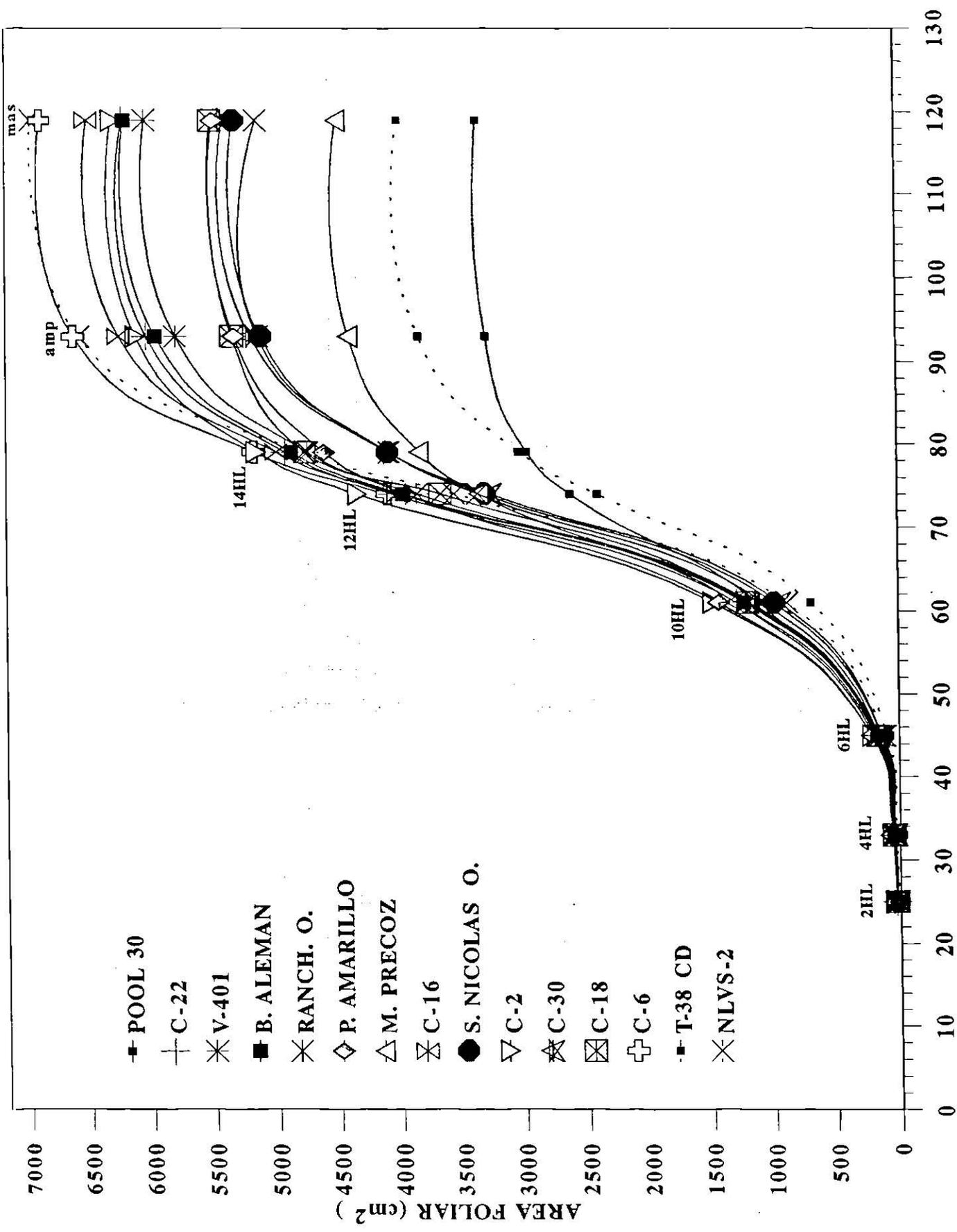
El Cuadro 9 del Apéndice presenta para cada genotipo su área foliar total (AFT) promedio por planta producida en las etapas fenológicas estudiadas. La significancia estadística del análisis de varianza para esta variable se aprecia en el Cuadro 6 del Apéndice, y la comparación entre el área foliar total producida por genotipo se presenta en el Cuadro 10 del Apéndice.

En forma general, el desarrollo del área foliar a través del ciclo biológico de los genotipos, presentó un comportamiento de tipo sigmoide similar al originado por el PST (Figura 3).

Los genotipos mostraron diferencia altamente significativa en cuanto al AFT producida durante el período vegetativo, especialmente en las etapas de 2, 4, 6 y 10 hojas totalmente expandidas, mientras que en las fases subsiguientes de 12 y 14 hojas la superficie foliar desarrollada fue estadísticamente similar en los materiales. Por otra parte, durante el estado de llenado del grano (etapa de ampolla y masosa) sólo en la primer fase, los genotipos resultaron diferentes en el AFT desarrollada (Cuadro 6A).

El desarrollo del AFT en la etapa vegetativa inicial (EF 0.5, 1 y 1.5) se caracterizó por un crecimiento lento (Figura 3). Cuando la planta alcanzó el desarrollo completo de dos hojas (EF 0.5) el AFT en los genotipos varió de 28.5 a 56.3 cm² pl⁻¹, siendo el Compuesto 30, T-38 CD, Compuesto 18, Pool-30 y San Nicolás Original, los que presentaron estadísticamente menor valor y diferente al resto de genotipos. En la EF 1 y 1.5, el AFT alcanzada fue de 31.2 a 58.7 y de 143.5 a 310.8 cm² pl⁻¹, respectivamente; en estas etapas, cuando se han desarrollado 4 y 6 hojas, un mayor número de genotipos presentaron un crecimiento similar de AFT correspondiendo al T-38 CD y al Pool-30 los menores valores (Cuadro 10A).

En el período del desarrollo completo de 10 a 14 hojas (EF 2.5 a 3.5) el crecimiento



DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA

Figura 3. Crecimiento del área foliar por planta de 15 genotipos de maíz (cada punto es el promedio de 18 observaciones).

de las láminas foliares continuó. Este estado comprende la etapa vegetativa activa, en la cual se observa el mayor incremento de AFT (Figura 3). Al lograrse el desarrollo de 10 hojas, el genotipo T-38 CD presentó la menor AFT, siendo diferente al resto de materiales, los cuales obtuvieron mayor AFT sin diferir entre sí. Posteriormente en las fases de 12 y 14 hojas totalmente expandidas, la superficie foliar fue similar para los genotipos (Cuadro 10A).

En el Cuadro 10A se indica que en la etapa de ampolla del grano, todos los genotipos mostraron el máximo valor de AFT siendo de 3349.6 (Pool-30) a 6961.5 $\text{cm}^2 \text{pl}^{-1}$ (NLVS-2). Cuando el grano se encontraba en estado masoso el AFT fue menor con respecto a la etapa anterior, debido probablemente a que a partir de estas etapas, los genotipos empezaron a perder láminas foliares por daños mecánicos y/o por senescencia de las mismas.

Cabe aclarar que posiblemente la máxima AFT fue alcanzada aproximadamente en anthesis o un poco después, ya que a partir de la etapa de ampolla del grano (5 días después de la floración femenina en promedio) el AFT en la mayoría de los genotipos empieza a ser constante (Figura 3), esto coincide con el máximo IAF producido en este lapso de tiempo. Las tres fases características de las curvas de crecimiento del área foliar (crecimiento lento, crecimiento rápido y crecimiento de descenso) encontradas en este trabajo son confirmadas por Molina (1992) en maíz, y Maití y Bidinger (1983) en mijo perla.

4.3. Parámetros fisiotécnicos.

La determinación del área foliar y peso seco total de la planta con respecto a la variable tiempo permitió calcular la tasa: relativa de crecimiento (TRC), de asimilación neta (TAN) y de crecimiento del cultivo (TCC). Además, se cuantificó la relación (RAF), duración (DAF) e índice de área foliar (IAF), en cada etapa fenológica y genotipo estudiado. En el período de llenado del grano (etapa de ampolla y masosa) se calculó el índice de cosecha (IC). La significancia estadística para cada uno de los parámetros estudiados se presenta en el Cuadro 11 del Apéndice.

Es importante mencionar que las curvas de la TRC y TCC fueron realizadas con datos ajustados del AFT y PST, el resto de las curvas fueron construidas con los datos observados de las anteriores variables base.

4.3.1. Tasa relativa de crecimiento.

Los genotipos obtuvieron una TRC estadísticamente similar en todas las etapas fenológicas estudiadas con excepción de la fase de 10 hojas liguladas (EF 2.5), donde mostraron ser diferentes significativamente (Cuadro 11A).

La TRC del peso seco total de la planta presentó una tendencia decreciente a partir de la fase de cuatro hojas liguladas (EF 1) y hasta la etapa de grano masoso (Figura 4).

El máximo valor de TRC lo mostraron los genotipos cuando habían alcanzado el desarrollo de cuatro hojas liguladas (EF 1), variando de 0.09 (Master Precoz) a 0.15 (San Nicolás Original) $\text{gg}^{-1} \text{d}^{-1}$, mientras que en la etapa de grano masoso (última etapa muestreada) los genotipos mostraron los menores valores de TRC, de 0.004 (Compuesto 6) a 0.03 $\text{gg}^{-1} \text{d}^{-1}$ (Pool-30 y V-401). Esto representó una disminución de un 80 a 95% con respecto a la EF 1 (Cuadro 12A y Figura 4).

Aunque los análisis estadísticos no detectaron diferencias en la TRC producida por los genotipos, numéricamente en la Figura 4 se aprecia que en la etapa vegetativa inicial (desarrollo de cuatro hojas) el Master Precoz produjo el menor valor, mientras que el resto de los materiales (tardíos e intermedios) lo superaron. Hacia el final del ciclo biológico (etapa de grano masoso) sólo el material precoz Pool-30 y la V-401 originaron una TRC mayor (0.03 $\text{gg}^{-1} \text{d}^{-1}$) que los demás genotipos, pero esta tasa fue menor a la producida por ellos al inicio del ciclo.

El patrón descendente de la TRC del peso seco total de la planta, así como su máxima expresión observada en la etapa vegetativa inicial, es un indicativo de la división y alargamiento celular en los tejidos meristemáticos activos; en cambio el descenso de las tasas hacia

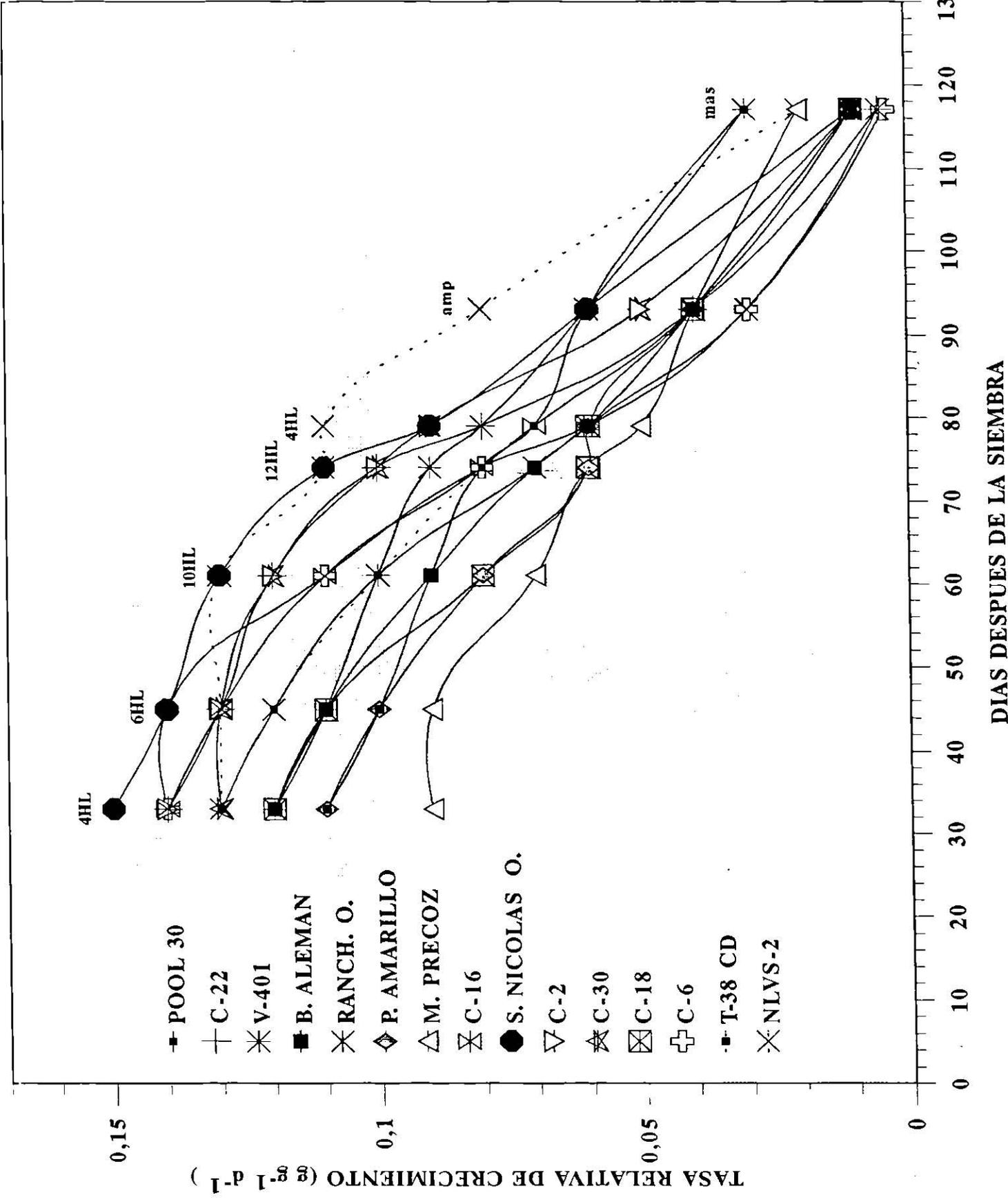


Figura 4. Tasa relativa de crecimiento por planta de 15 genotipos de maíz (cada punto es el promedio de 18 observaciones).

la madurez, refleja la poca actividad meristemática en los tejidos de la planta. En el primer caso esta ocurriendo la diferenciación de la inflorescencia masculina, el crecimiento de los entrenudos y de los primordios foliares. La anterior tendencia ha sido referida igualmente por otros autores al realizar el análisis del crecimiento en maíz (Rocha, 1987; Félix 1986) y en sorgo (González, *et al.*, 1986); sin embargo Molina (1992) trabajando sobre el efecto de la selección masal en las características morfológicas y fisiológicas en el maíz, obtiene una tendencia de TRC creciente para el período de emergencia a diferenciación floral y un comportamiento decreciente de la diferenciación floral a la madurez fisiológica; en el primer estado del cultivo, el rango de valores de TRC fluctuó de 1.54 a 1.76 $\text{gg}^{-1} \text{semana}^{-1}$, y en el segundo período de 0.11 a 0.20 $\text{gg}^{-1} \text{semana}^{-1}$.

En relación a las TRC expresadas por los genotipos estudiados al inicio del ciclo vegetativo (0.14 $\text{gg}^{-1} \text{d}^{-1}$ en promedio) estas son aproximadamente similares a las reportadas por Rocha (1987) y Félix (1986) en estudios sobre crecimiento del maíz (0.14 y 0.16 $\text{gg}^{-1} \text{d}^{-1}$, respectivamente).

4.3.2. Tasa de asimilación neta.

La tasa de asimilación neta a través del ciclo de crecimiento de los genotipos, con respecto al peso seco total de la planta, fue significativa en la etapa vegetativa, cuando había ocurrido el desarrollo de 6 y 12 hojas (EF 1.5 y 3, respectivamente), así como en la etapa de ampolla del grano. En el resto de las etapas fenológicas la TAN producida por los genotipos fue similar estadísticamente (Cuadro 11A).

La Figura 5 muestra que las curvas de la TAN producidas por los genotipos mostraron similar tendencia, observándose dos inflexiones en ellas y ocurriendo los máximos valores cuando se habían desarrollado 10 (EF 2.5) y 14 hojas (EF 3.5); en la primera etapa el TAN varió de 2.2 (T-38 CD) a 3.1 $\text{mg cm}^{-2} \text{d}^{-1}$ (Compuesto 18), y en la segunda etapa se obtuvieron valores de 1.1 (Compuesto 16) a 3.4 $\text{mg cm}^{-2} \text{d}^{-1}$ (San Nicolás Original).

A partir de la EF 1 (cuatro hojas liguladas) y hasta la 2.5 (10 hojas desarrolladas) la

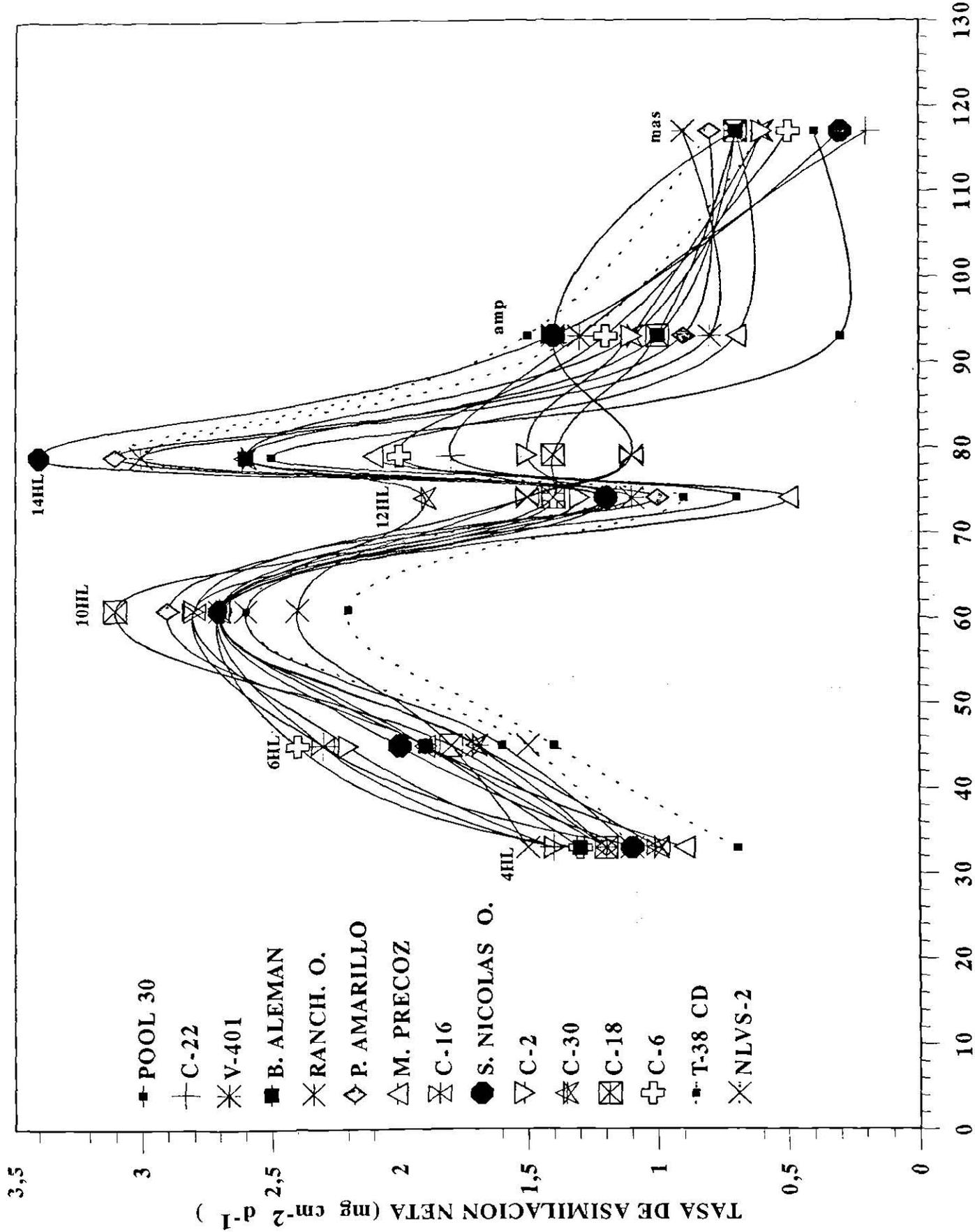


Figura 5. Tasa de asimilación neta por planta de 15 genotipos de maíz (cada punto es el promedio de 18 observaciones).

producción de materia seca total en la planta fue creciente en cuanto a la eficiencia del área foliar existente. Lo anterior es marcado por una alta relación de la TAN con la biomasa aérea de la planta y el IAF, correspondiendo este período a la gran actividad del crecimiento vegetativo. En estas fases vegetativas todos los genotipos mostraron similar comportamiento.

Posterior a la EF 2.5 (10 hojas liguladas) y hasta la 3 (12 hojas completamente desarrolladas) la TAN producida por los materiales decreció un 125% su valor, llegando los genotipos a obtener valores aproximadamente iguales a los producidos al iniciar el desarrollo de cuatro hojas. Sin embargo, los genotipos continuaron acumulando materia seca total en la planta, y en este caso el IAF correlacionó negativamente con la TAN. Esto podría ser indicativo de que el área foliar está por alcanzar su máximo desarrollo, por lo cual a pesar del sombreado que realizan las hojas superiores sobre las inferiores, el aumento en la biomasa aérea es debido probablemente al inicio de la actividad en el crecimiento de las estructuras reproductivas femeninas.

A partir de la EF 3 (12 hojas) y hasta la 3.5 (14 hojas) los genotipos nuevamente mostraron un incremento en su TAN, observándose en forma no significativa, que el San Nicolás Original ocasionó el más alto valor ($3.4 \text{ mg cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$), y la menor e igual tasa fue producida por el Ranchero Original y el Compuesto 16 ($1.1 \text{ mg cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$). Este aumento representó en promedio un incremento del 91% en la TAN. Posterior a este período la eficiencia de la biomasa aérea en relación al AF se abatió en un 73% en promedio (Figura 5 y Cuadro 14A).

El aumento en la actividad de la TAN al iniciar el desarrollo de 12 hojas (EF 3.0) y el abatimiento posterior a las 14 hojas, marca en el primer caso, la actividad existente en el período de llenado del grano, ya que los aumentos en la biomasa aérea son debidos al incremento en la materia seca del grano; en el segundo caso, a la poca actividad del área foliar presente. Esto último fue debido probablemente a que en la planta existió sombreado de las hojas superiores sobre las inferiores, así como por la senescencia natural de las mismas.

Los resultados del comportamiento de las curvas de TAN durante el período vegetativo

en el cultivo de maíz efectuados por algunos autores (Félix, 1986; Rocha, 1987; Alanís, 1989; Molina, 1992), así como en el cultivo de sorgo (Zavala, 1982) han sido diferentes; sin embargo los resultados del presente trabajo coinciden con estos autores en que durante el llenado del grano la TAN presenta una tendencia decreciente.

4.3.3. Tasa de crecimiento del cultivo.

La tasa de crecimiento del cultivo presentó en la mayor parte del estado vegetativo, y en todos los genotipos, diferencias significativas. En el período de llenado del grano, sólo en la etapa de ampolla se presentaron diferencias en TCC producida (Cuadro 11A).

Desde el inicio del crecimiento vegetativo y hasta el desarrollo de 14 hojas (EF 3.5), los genotipos presentaron incrementos en la producción de biomasa aérea total por unidad de terreno. Estos incrementos fueron mayores entre EF 1.5 (6 hojas liguladas) a EF 3 (12 hojas liguladas). Cabe notar que a pesar de esta similar tendencia, los genotipos exhibieron diferencias en TCC (Figura 6 y Cuadro 16A). Las altas tasas de TCC no ocurrieron en el mismo período vegetativo que las reportadas por Ramírez (1985), ya que él encontró que los mayores incrementos de este índice se originan en la floración masculina o un poco antes. La excepción del comportamiento de la TCC es presentada por el Compuesto 6, el cual hasta que alcanzó el desarrollo de 10 hojas liguladas (EF 2.5) originó marcados incrementos en la TCC, ya que anteriormente había mantenido baja y constante la producción de PST por unidad de terreno. No obstante el bajo índice de TCC que mostró este genotipo con respecto al resto, su eficiencia asimilatoria (TAN) es alta, lo cual representó un mayor peso seco total por planta (Figura 6).

Entre la EF 3 a 3.5 (12 a 14 hojas, respectivamente) todos los genotipos continúan incrementando su tasa de producción de materia seca en relación al área de terreno. Este período corresponde al final del estado vegetativo (Figura 6).

Al iniciar el período del llenado del grano (posterior a la EF 3.5), los genotipos mostraron diferencias marcadas en la tendencia de la TCC (Cuadro 15A). En la etapa de

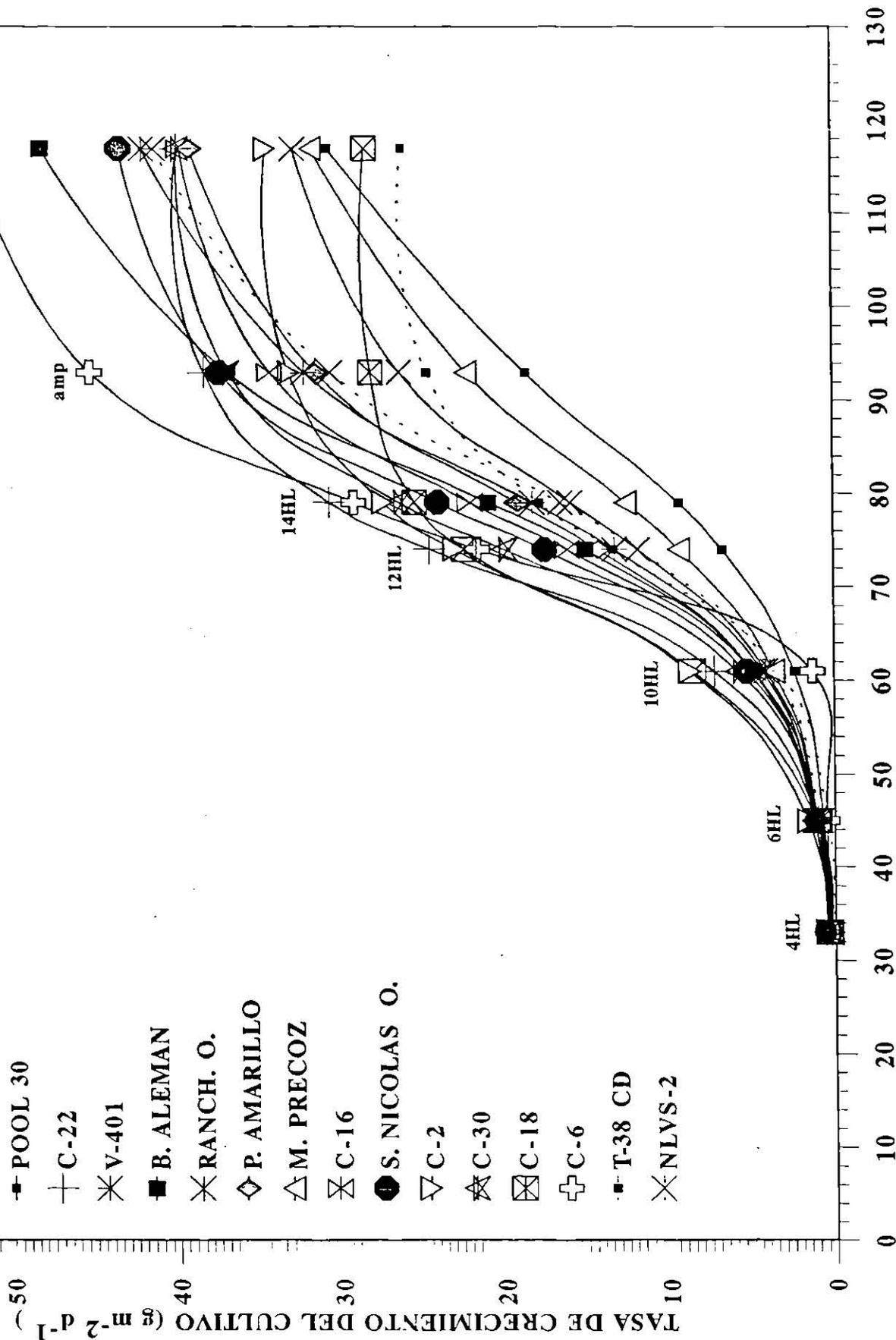


Figura 6. Tasa de crecimiento del cultivo de 15 genotipos de maíz (cada punto es el promedio de 18 observaciones).

ampolla del grano los genotipos continúan presentando aumentos en la TCC. Sin embargo, se observa que en el NLVS-2, Compuesto 2, Compuesto 18 y T-38 CD sus incrementos tienden a ser leves, asimismo en esta fase, estos materiales lograron su máximo valor de TCC, siendo de 30.5, 33.0, 28.0 y 24.5 $\text{gm}^{-2} \text{d}^{-1}$, respectivamente. Las tasas más altas en esta etapa son mostradas por el Compuesto 6 (45.2 $\text{gm}^{-2} \text{d}^{-1}$), mientras que el Pool-30 posee la menor TCC (18.6 $\text{gm}^{-2} \text{d}^{-1}$).

Al entrar en la fase activa del llenado del grano (hacia la etapa de grano masoso) los genotipos NLVS-2, Compuesto 2, Compuesto 18 y T-38 CD mantienen una TCC constante, mientras que los demás genotipos continuaron mostrando incrementos (Figura 6). La tendencia de las curvas de TCC por los genotipos anteriormente mencionados es debido posiblemente a que en la etapa de grano masoso la acumulación de materia seca total es baja en relación al área foliar existente (TAN), no obstante estos materiales presentaron un alto IAF y DAF, excepto el T-38 CD. En este último genotipo, esto indica que su aparato fotosintético no es eficiente para continuar aumentando la TAN, pero el peso seco total producido es alto ocasionado por aumentos en la acumulación de materia seca en el grano.

En la última etapa estudiada (grano masoso), el Compuesto 6 y el Blanco Alemán presentaron los más altos valores de TCC (52.3 y 48.1 $\text{gm}^{-2} \text{d}^{-1}$, respectivamente) y los que produjeron menor índice fueron el Compuesto 18 y el T-38 CD (28.3 y 26.0 $\text{gm}^{-2} \text{d}^{-1}$, en ese orden). En el primer grupo de genotipos, estos produjeron un alto valor de PST y les correspondió una mayor AF, IAF y DAF; mientras que en el segundo grupo, los genotipos mostraron tendencias opuestas respecto a estas variables (Figura 6 y Cuadro 16A). Otros autores (Alanís, 1989 en maíz; Zavala, 1982 en sorgo) han encontrado que la máxima TCC se presenta en la floración (originado por aumento del AF) para posteriormente abatirse hasta la madurez fisiológica, este comportamiento es similar al encontrado en este trabajo; sin embargo, no concuerda con Félix (1986) el cual reporta que la tendencia de la curva de TCC presentó dos puntos máximos, los cuales coinciden con las fases activas del crecimiento vegetativo y llenado del grano.

4.3.4. Índice de área foliar.

A través del ciclo biológico se observaron incrementos en el IAF, mostrándose diferencias significativas entre los genotipos, excepto cuando alcanzó el desarrollo de 12 a 14 hojas liguladas (EF 3 a EF 3.5) ya que entre estos puntos, los materiales están por adquirir su máxima área foliar. (Figura 7 y Cuadro 11A).

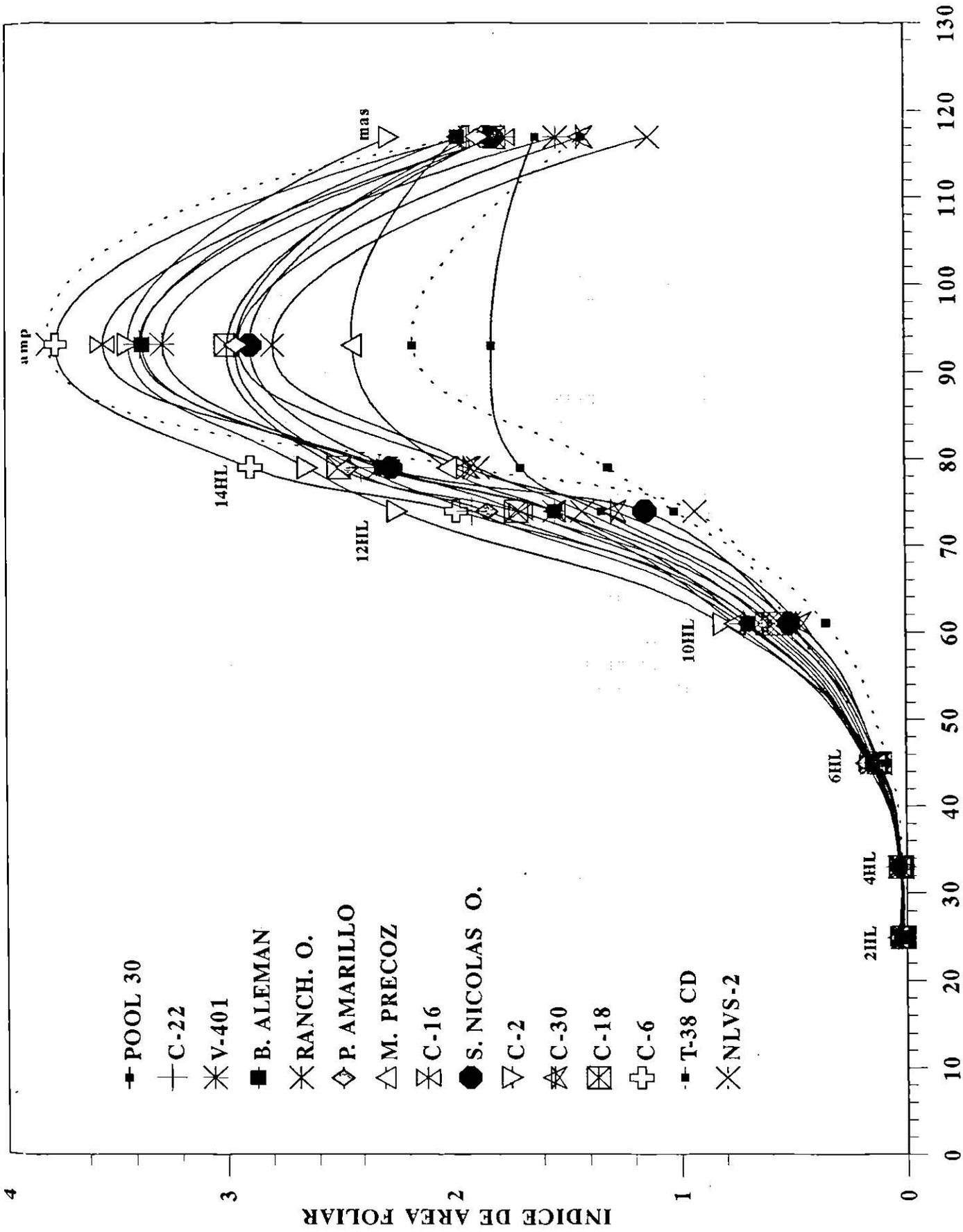
El máximo valor de IAF fue logrado posterior a la EF 3.5 (14 hojas liguladas), coincidiendo con el inicio de la floración, fase en que el AF de la planta ha finalizado su crecimiento; sin embargo, algunos genotipos como el Master Precoz, T-38 CD y Pool-30 ya habían cumplido este proceso (Figura 7). Al ocurrir la antesis, los materiales tardíos e intermedios presentaron el mayor IAF, logrando valores de 2.79 (Ranchero Original) a 3.78 (NLVS-2), mientras que los precoces como el Pool-30 y el Master Precoz su IAF fue bajo (1.82 a 2.44). Similares valores de IAF son reportadas en maíz por Molina (1992) durante la floración (2.26 a 3.24).

Al iniciar el período de llenado del grano el IAF disminuyó, dado que el aparato laminar de la planta empezó a perder follaje por daño mecánico y/o la senescencia natural del mismo. (Figura 7). Esta tendencia decreciente del IAF durante el llenado del grano ha sido reportada en maíz por Félix (1986) y Alanís (1989).

4.3.5. Duración del área foliar.

Los genotipos presentaron diferencias altamente significativas en la DAF para la mayoría de las etapas fenológicas estudiadas (Cuadro 11A). El Cuadro 18A contiene la comparación de promedios para la DAF mostrada por los genotipos.

Durante el ciclo de crecimiento de los genotipos la curva de la DAF exhibió una tendencia creciente a partir del desarrollo vegetativo inicial; sin embargo, las curvas presentaron una inflexión, ocurriendo entre las etapas de 12 a 14 hojas liguladas, posteriormente el comportamiento de la DAF recuperó la tendencia inicial (Figura 8).



DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA

Figura 7. Indice de área foliar por planta de 15 genotipos de maíz (cada punto es el promedio de 18 observaciones).

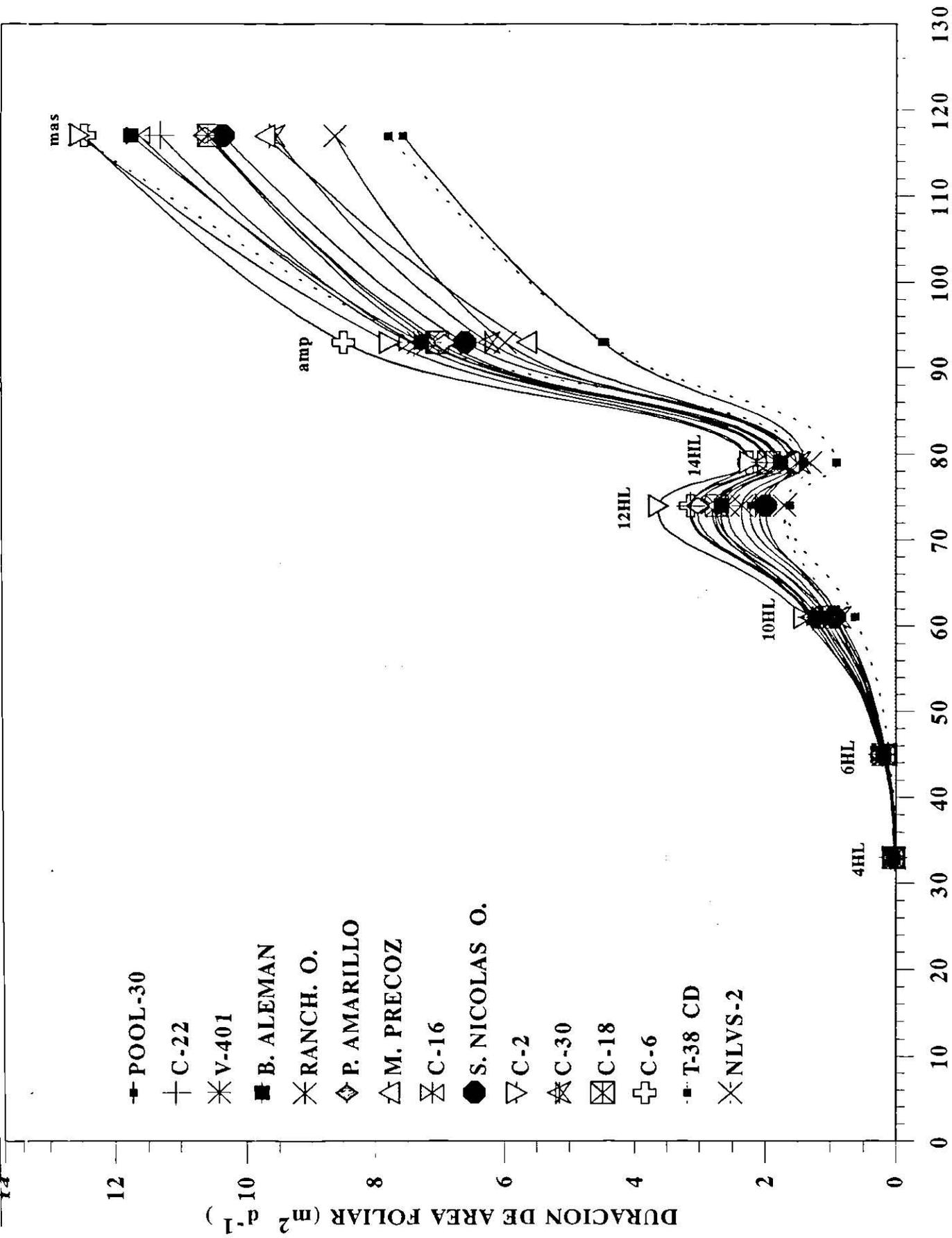


Figura 8. Duración de área foliar por planta de 15 genotipos de maíz (cada punto es el promedio de 18 observaciones).

La duración del área foliar activa se incrementa desde el inicio del ciclo biológico de la planta, esto es debido, por una parte, a que el desarrollo y crecimiento de un mayor número de hojas liguladas compensa la pérdida de las láminas foliares iniciales, y por otro lado, las láminas activas existentes persisten por un mayor tiempo.

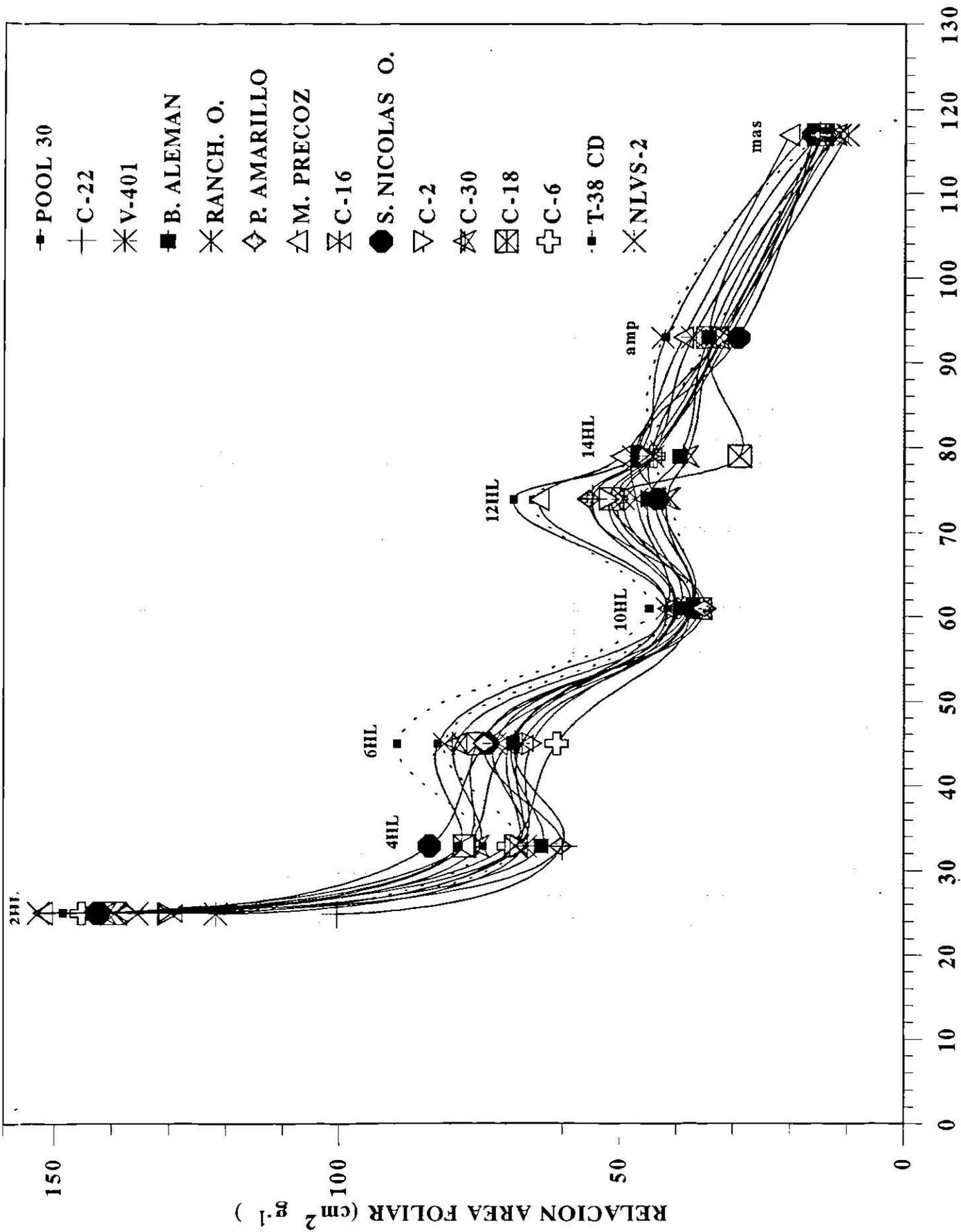
El decrecimiento de la DAF entre el desarrollo de 12 a 14 hojas fue debido posiblemente a que en este período transcurrió poco tiempo entre ambas etapas (5 días), este lapso no fue suficiente para ocasionar un crecimiento considerable en el área foliar. En las subsiguientes etapas (ampolla y masosa del grano) la curva de la DAF recuperó la tendencia inicial, ya que entre estos puntos es mayor el tiempo transcurrido entre ellos, así como también el máximo crecimiento foliar (IAF) se alcanzó posterior a la floración de los genotipos (Figura 7).

En la última etapa muestreada (grano masoso) la persistencia del área foliar presentó valores de 9.61 (Compuesto 30) a 12.57 $\text{m}^2 \text{d}^{-1}$ (NLVS-2), la menor duración del área foliar fue observada en el Ranchero Original (8.66), T-38 CD (7.82) y el Pool-30 (7.60); estos valores de la DAF se indican en el Cuadro 18A.

4.3.6. Relación del área Foliar.

El RAF no mostró significancia en ninguna de las EF estudiadas, pero registró el siguiente comportamiento:

La tendencia de la curva de la RAF se presentó en forma similar para la mayoría de los genotipos, originando un comportamiento decreciente conforme avanzaba el ciclo (Figura 9). El máximo valor se alcanzó cuando la planta había desarrollado completamente dos hojas liguladas (EF 0.5). En el Cuadro 19A se observa que este parámetro adquirió valores de 100.5 (Compuesto 22) a 153.0 $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ (Ranchero Original), posteriormente la mayoría de los genotipos exhibieron una disminución en la RAF, teniéndose los menores valores en la fase de grano masoso (último muestreo realizado), en esta etapa la relación fluctuó entre 10.2 (Ranchero Original) a 20.4 $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ (Master Precoz).



DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA

Figura 9. Relación de área foliar por planta de 15 genotipos de maíz (cada punto es el promedio de 18 observaciones).

El máximo RAF expresado en la etapa vegetativa inicial es debido a que al iniciar el ciclo, el crecimiento de las láminas foliares es mayor que el peso seco total de la planta, conforme se desarrolla el AF, la relación AFT/PST disminuye dado que otras partes aéreas de la planta empiezan a ganar materia seca en comparación al crecimiento obtenido por el aparato fotosintético. Así en las etapas de llenado del grano el RAF presentó los mínimos valores, siendo en estas etapas cuando el peso seco total aumentó principalmente por la alta acumulación de materia seca en el grano (Figura 9). Similar tendencia del RAF ha sido referida en estudios sobre análisis del crecimiento del maíz por Félix (1986) y Alanís (1989).

4.3.7. Índice de cosecha.

El IC presentó diferencias significativas entre los genotipos para las dos EF estudiadas (etapas de ampolla y masosa del grano). En las dos fases, la mayoría de los genotipos no difirieron estadísticamente entre sí, únicamente en el Pool-30 (Cuadros 5 y 20A). Los rangos de valores en cuanto a este índice fueron de 14.0 a 28.7 % en la etapa de ampolla, y de 36.6 a 49.8 % en la etapa masosa, siendo en las dos fases el genotipo T-38 CD el que obtuvo el mayor IC, y el Pool-30 el menor valor. No obstante lo anterior, los genotipos exhibieron numéricamente la siguiente tendencia:

Cuando el grano inició la acumulación de materia seca (ampolla del grano) la mayor translocación ocurrió en los genotipos T-38 CD y el Master Precoz, los cuales presentaron un IC de 28.7 y 27.2 %, en ese orden, y la menor movilización de fotosintetizados se observó en el Pool-30 con un 14 % de IC. (Cuadro 5).

Al pasar de la etapa de ampolla a la masosa del grano, todos los genotipos mostraron incrementos en la movilización de materia seca hacia el grano por parte de los diferentes órganos de la planta. La mayor magnitud de incremento correspondió al Pool-30 (161 %), seguido de los Compuestos 30, 16 y 2, y del Blanco Alemán (130, 131, 114 y 101 %, respectivamente), mientras que la menor tasa de IC lo mostró el Master Precoz con un 58 % (Cuadro 5).

Cuadro 5. Índice de cosecha (%) en dos etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

GENOTIPO	ETAPA DE DESARROLLO DEL GRANO	
	Ampolla	Masosa
POOL-30	14.0	36.6
COMPUESTO 22	23.6	46.0
V-401	22.5	37.8
BLANCO ALEMAN	20.0	40.3
RANCHERO ORIGINAL	24.5	40.4
PINTO AMARILLO	20.3	37.3
MASTER PRECOZ	27.2	43.1
COMPUESTO 16	17.5	40.4
SAN NICOLAS ORIGINAL	22.2	40.3
COMPUESTO 2	19.7	42.2
COMPUESTO 30	19.3	44.6
COMPUESTO 18	22.7	39.2
COMPUESTO 6	23.5	44.3
T-38 CD	28.7	49.8
NLVS-2	20.2	38.2

En la etapa masosa del grano, el máximo IC lo mostraron el T-38 CD (49.8 %), Compuesto 22 (46.0 %), Compuesto 30 (44.6 %), Compuesto 6 (44.3 %) y el Master Precoz (43.1 %), mientras que el Pool-30, Pinto Amarillo, V-401 y el NLVS-2 presentaron el menor IC, con un 36.6, 37.3, 37.8 y 38.2 %, respectivamente.

4.4. Distribución de materia seca en los diferentes órganos de la planta en dos etapas del llenado del grano.

La significancia de los análisis estadísticos para cada uno de los órganos de la planta estudiados se presentan en el Cuadro 21A. La comparación de promedios de su peso seco, en dos etapas del llenado del grano, se indica en el Cuadro 22A.

La representación gráfica en forma porcentual de la aportación de cada órgano al peso seco total de la planta es presentada para cada uno de los genotipos en las Figuras 10 a 14.

En la etapa de ampolla del grano, los genotipos presentaron diferencias altamente significativas en la producción de materia seca en todos los órganos, con excepción del grano (PSGRA) y la espiga (PSESP), en los cuales los genotipos produjeron similar peso seco en estas estructuras; mientras que en la etapa masosa, mostraron similar PSGRA y PSOLO, en el resto de órganos difirieron significativamente (Cuadro 21A).

4.4.1. En la etapa de ampolla.

Cuando el grano se encontraba en la etapa de ampolla, los genotipos Master Precoz, Pool-30 y T-38 CD produjeron el menor peso seco en el tallo, de 12.8 a 18.8 g pl⁻¹. En el resto de los genotipos su valor varió de 28.3 (Ranchero Original) a 48.0 (Compuesto 2) g pl⁻¹, pero sin diferir entre sí (Cuadro 22A).

En esta etapa, el tallo fue el órgano que mayor aportación realizó al PST, principalmente en el Blanco Alemán, Pinto Amarillo, Compuestos 16, 2 y 30, siendo esta de un 21.0

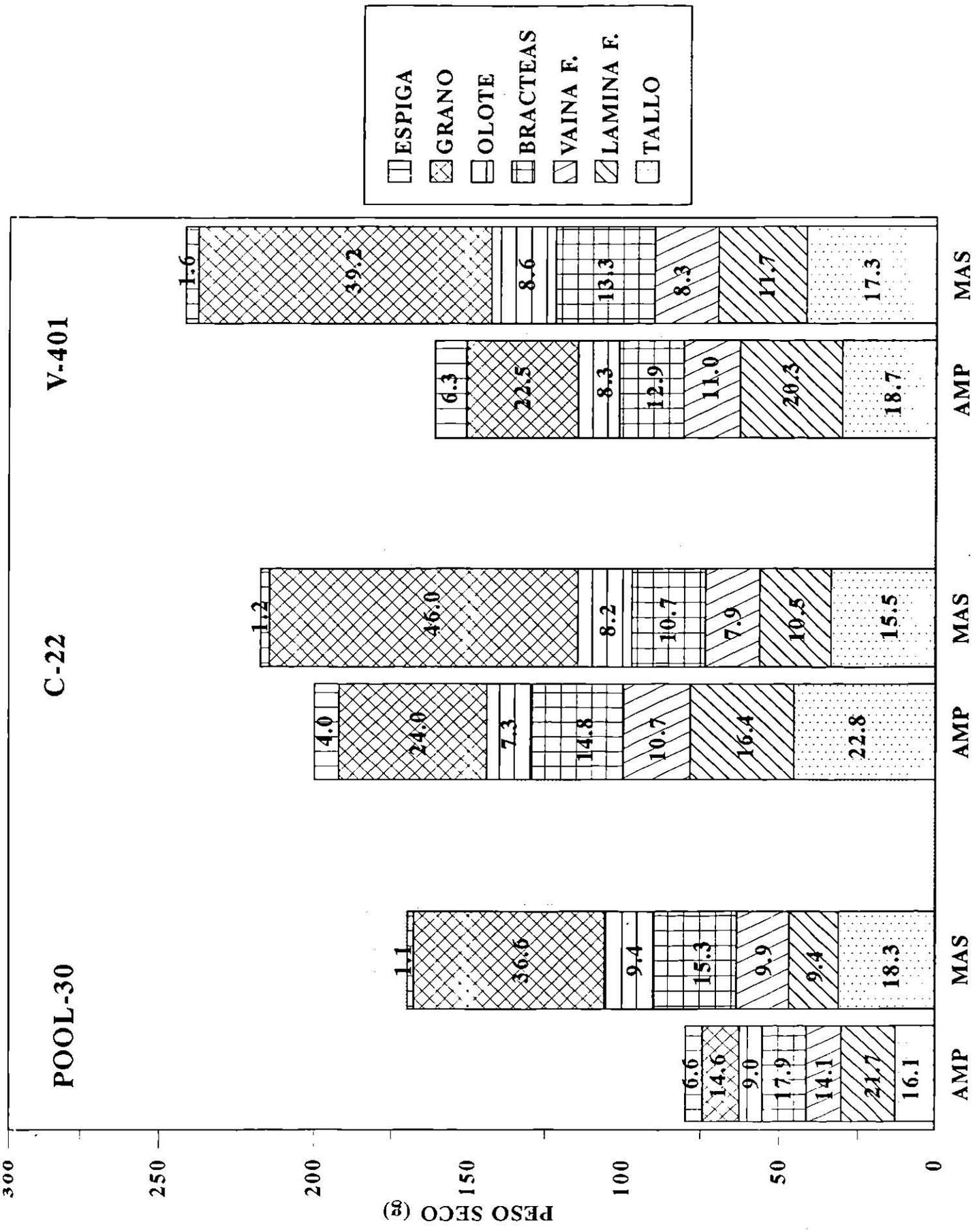


Figura 10. Distribución de materia seca en los diferentes órganos de la planta, en las etapas de ampolla y masosa del grano, de los genotipos 1, 2 y 3 (valores dentro de barras representan el porcentaje con respecto al peso seco total).

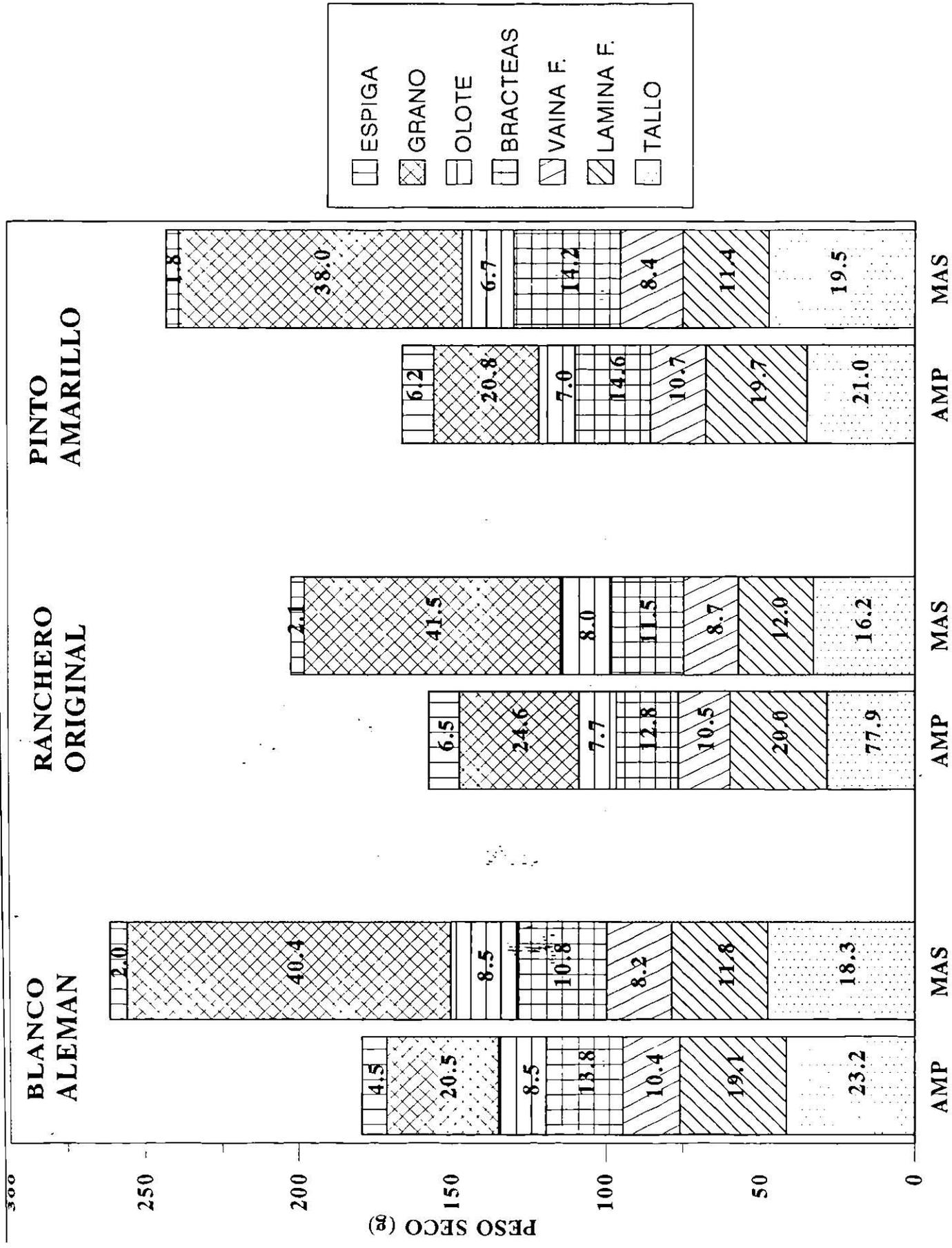


Figura 11. Distribución de materia seca en los diferentes órganos de la planta, en las etapas de ampolla y masa del grano, de los genotipos 4, 5 y 6 (valores dentro de barras representan el porcentaje con respecto al peso seco total).

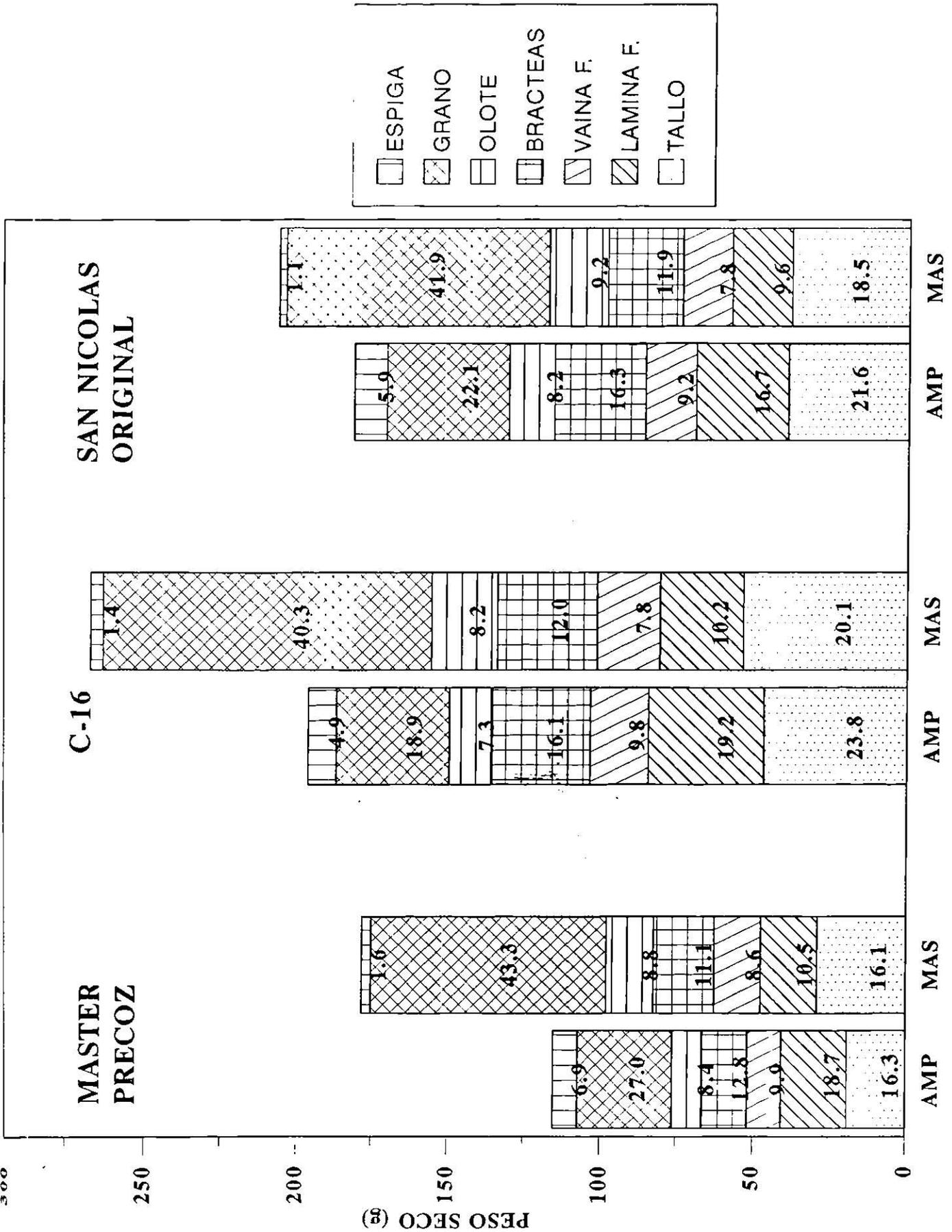


Figura 12. Distribución de materia seca en los diferentes órganos de la planta, en las etapas de ampolla y masosa del grano, de los genotipos 7, 8 y 9 (valores dentro de barras representan el porcentaje con respecto al peso seco total).

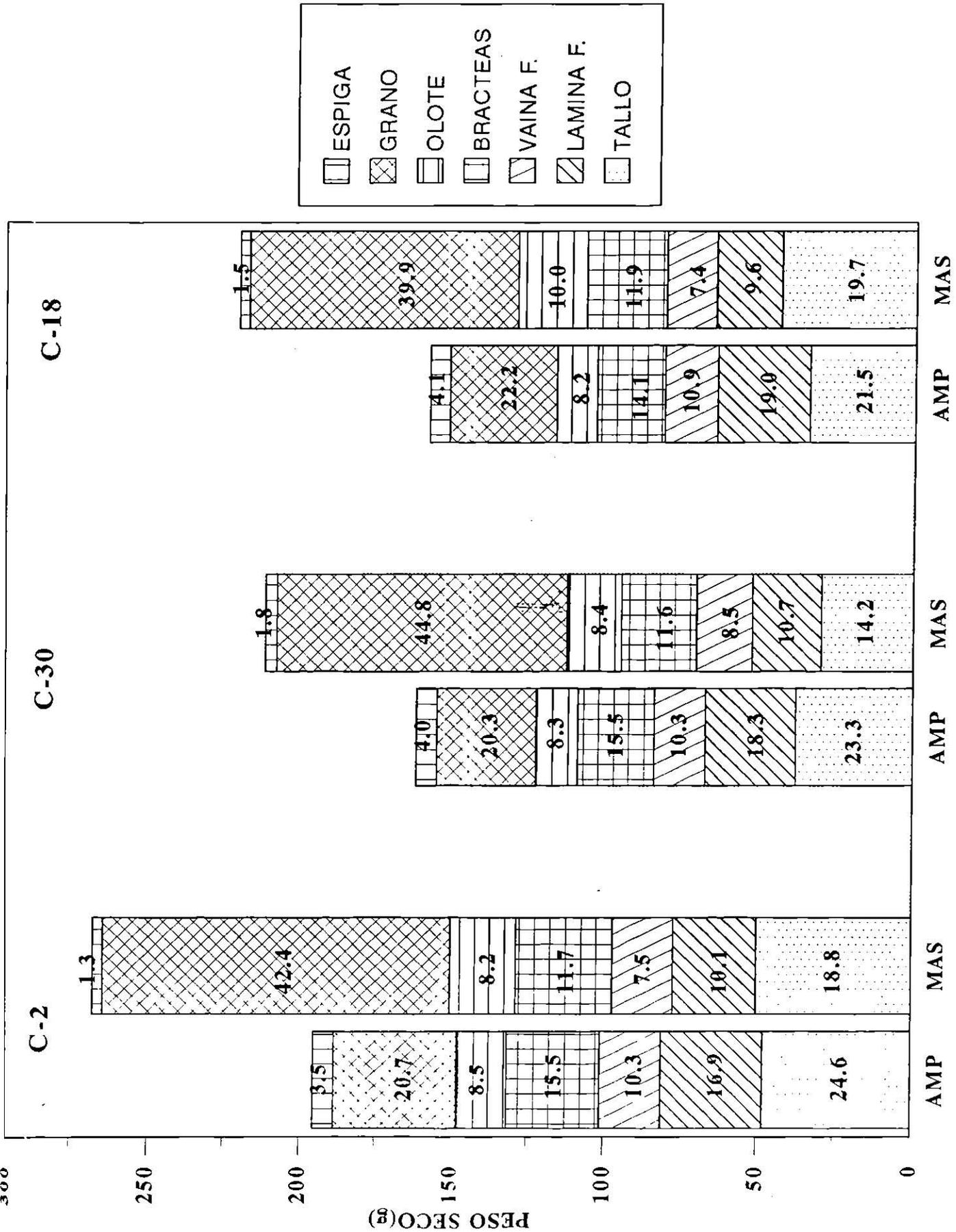


Figura 13. Distribución de materia seca en los diferentes órganos de la planta, en las etapas de ampolla y masosa del grano, de los genotipos 10, 11 y 12 (valores dentro de barras representan el porcentaje con respecto al peso seco total).

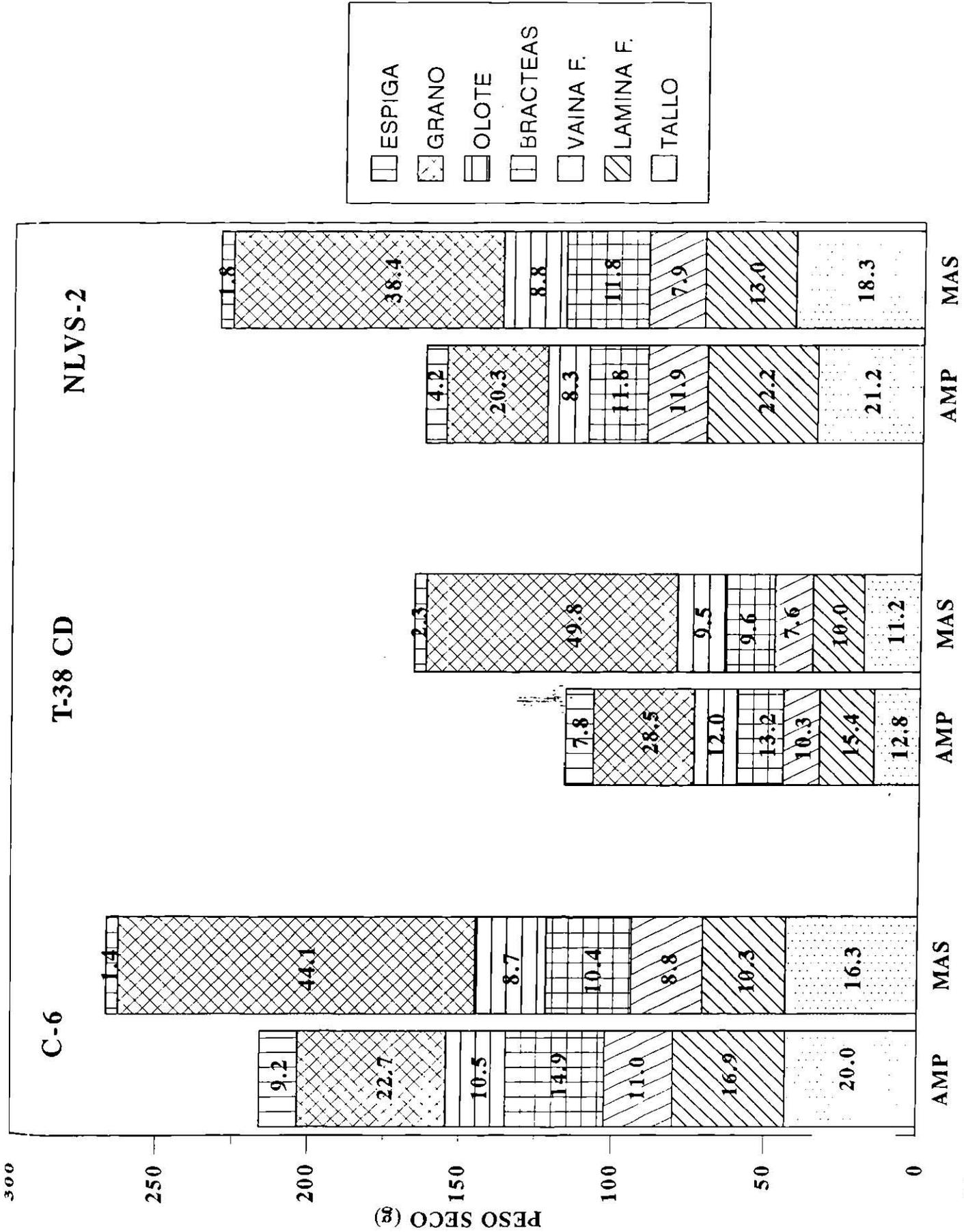


Figura 14. Distribución de materia seca en los diferentes órganos de la planta, en las etapas de ampolla y masosa del grano, de los genotipos 13, 14 y 15 (valor dentro de barras representan el porcentaje con respecto al peso seco total).

a 24.6 % (Figuras 11 a 13). En los demás genotipos, el grano contribuyó con mayor materia seca a la biomasa aérea, con excepción del Pool-30 y NLVS-2; en el primer genotipo, las láminas foliares representaron seguidas de las brácteas, las estructuras con mayor peso seco, mientras que en el segundo genotipo fueron las láminas foliares y el tallo.

Los genotipos que exhibieron una mayor contribución al PST por parte del tallo (Blanco Alemán, Pinto Amarillo, Compuestos 16, 2 y 30) fue debido probablemente a que aún no se iniciaba la translocación de fotosintetizados hacia el grano, ya que estos genotipos presentaron bajos IC (17.5 a 20.3%); mientras que, donde el grano realizó la mayor aportación (Compuesto 22, V-401, Ranchero Original, Master Precoz, San Nicolás Original, Compuesto 18, Compuesto 6 y T-38 CD) sus IC fueron altos (22.2 a 28.7 %), existiendo así una mayor movilización de fotosintetizados hacia la demanda principal (Cuadro 5).

El peso seco de grano producido en la etapa de ampolla, no difirió estadísticamente entre los genotipos, pero numéricamente los Compuestos 6 y 22 produjeron el mayor PSGRA, con 49.1 y 48.0 g pl⁻¹, respectivamente; el menor valor lo mostraron el Master Precoz con 31.1 y el Pool-30 con 11.6 gpl⁻¹ (Cuadro 22A).

En cuanto a las láminas y vainas foliares, el Master Precoz, T-38 CD y Pool-30 presentaron un menor y significativo peso seco que el resto de los genotipos, pero estos últimos no difirieron entre sí. Las láminas foliares alcanzaron un peso seco de 17.3 a 37.8 gpl⁻¹, y de 11.2 a 22.6 gpl⁻¹ en vainas foliares (Cuadro 22A).

La contribución que realizaron las LF al PST fue de 15.4 (T-38 CD) a 22.2 % (NLVS-2). Las estructuras laminares de la planta en la mayoría de los genotipos fueron las que en tercer lugar mayor aportación efectuaron; esta tendencia no se observó en el NLVS-2 y Pool-30, donde las LF mostraron ser la primera estructura con mayor peso seco que el resto de los órganos, esto debido probablemente a que en el primer genotipo se desarrolló una mayor área foliar, lo que ocasionó un mayor PSLF; mientras que en el segundo caso, el material presentó un menor porte de planta (entrenudos cortos), lo que produjo un menor PSTAL, y en conjunto todos los órganos repercutieron en una menor biomasa aérea.

Referente a las vainas foliares, estas estructuras representaron de un 9.2 (San Nicolás Original) a 14.1 % (Pool-30) del PST de la planta.

En el caso de las partes vegetativas de la mazorca (brácteas y olote), el menor valor significativo correspondió a Master Precoz y Pool-30, con un PSBRA de 14.8 y 14.3 g pl⁻¹, respectivamente, y un PSOLO de 9.7 y 7.20 g pl⁻¹, en ese orden (Cuadro 22A); los demás genotipos produjeron estadísticamente similar PS en las anteriores estructuras, siendo el Compuesto 6 el que mayor peso seco produjo en ambas variables (32.1 gpl⁻¹ para brácteas y 19.9 gpl⁻¹ para olote).

Por último, en todos los genotipos la espiga fue el órgano que menor contribución realizó a la biomasa aérea de la planta, de 3.5 (Compuesto 2) a 7.8 % (T-38 CD). En relación al PSESP producido por genotipo, estos no mostraron diferencias estadísticas, sin embargo el PSESP varió de 5.3 (Pool-30) a 12.5 gpl⁻¹ (Compuesto 6).

La importancia de la contribución del peso seco de los órganos de la planta de maíz a la biomasa aérea y radical fue estudiada por Félix (1986), obteniendo resultados semejantes con este trabajo; por ejemplo en la etapa de ampolla del grano, el tallo de la planta continúa como principal órgano de almacenamiento, mientras que la inflorescencia masculina adquiere el menor peso seco, esto refleja que en esta etapa fenológica existe escasa movilización de fotosintetizados hacia el grano, y por lo tanto se tiene menores índices de cosecha en relación a la etapa masosa (Cuadro 5).

En forma general, cuando el grano se encontraba en la etapa de ampolla, la mayoría de los genotipos presentaron alta aportación de materia seca al peso seco total de la planta por parte de las estructuras vegetativas, como son el tallo, brácteas y olote, y/o en algunos casos, la contribución fue similar a la realizada por el grano. Sin embargo, esta tendencia no ocurrió en los genotipos precoces Master Precoz, T-38 CD y Pool-30, donde el grano mostró la mayor aportación a la biomasa aérea.

En esta etapa de crecimiento de la planta, las estructuras vegetativas de la mazorca

(brácteas y olote) aún presentan crecimiento, por lo cual están acumulando materia seca, además el tallo continúa incrementando su peso seco (Ramírez, 1985; Tanaka y Yamaguchi, 1984; Félix, 1986). Asimismo en esta etapa, el grano se encuentra en una fase inicial de llenado, donde su crecimiento es lento y empieza a acumular materia seca (Tanaka y Yamaguchi, 1984; Félix, 1986). En el caso de los genotipos precoces, principalmente Master Precoz y Pool-30, la mayor contribución por parte del grano, es debido posiblemente a que el período de llenado del grano se inició antes que el resto de los genotipos, ya que fueron los materiales que alcanzaron primero la floración, y por lo tanto, iniciaron la acumulación de materia seca en el grano.

4.4.2. En la etapa masosa.

En esta etapa (período de llenado activo del grano) la mayoría de los genotipos continuaron incrementando su peso seco total en la planta. Este aumento fue dado, principalmente por la acumulación de materia seca en el grano, y en menor magnitud por el tallo (Figuras 10 a 14).

En esta etapa, el órgano primordial de almacenamiento temporal de fotosintetizados (tallo) seguía acumulando materia seca en todos los genotipos, sin embargo los Compuestos 6, 22 y 30, y el San Nicolás Original mostraron un decremento de la materia seca a la producida en la etapa de ampolla (Figuras 10,13 y 14). Hacia la madurez fisiológica, esperaríamos que esta estructura translocara al grano los fotosintetizados acumulados en pre-antesis. Por lo cual, los genotipos que no realizaron tal translocación fue debido posiblemente a que el punto de abatimiento del PSTAL estaba por ocurrir, en cambio esto si se observó en algunos genotipos.

El PSTAL fue mayor y sin mostrar diferencia entre sí, en los Compuestos 16, 2, 6 y 18, Blanco Alemán, Pinto Amarillo y NLVS-2, de 42.2 a 53.7 gpl^{-1} (Cuadro 22A); en el resto de los genotipos mostró valores de 18.6 (T-38 CD) a 41.7 g pl^{-1} (V-401). En base al PST, estos valores variaron de 11.2 (T-38 CD) a 20.1% (Compuesto 16), siendo la segunda estructura, después del grano, que mayor aportación realizó durante la etapa masosa del mismo.

El peso seco de vainas foliares (PSVF) presentó incrementos leves en la mitad de los genotipos, mientras que en la otra parte, su peso seco disminuyó (Compuestos 18 y 22, y NLVS-2) o se mantuvo similar al producido en la etapa de ampolla del grano (San Nicolás Original, Compuesto 2 y T-38 CD). En cuanto a las láminas foliares (LF), estas mostraron un decrecimiento de su peso seco al registrado en la anterior etapa (grano en ampolla). Los mayores valores fueron de 27.0 (Compuesto 2) a 30.8 gpl⁻¹ (Blanco Alemán), pero no difirieron entre sí, sólo con el resto de los genotipos donde se obtuvieron valores de 15.9 (Pool-30) a 24.4 gpl⁻¹ (Ranchero Original).

El comportamiento de las láminas foliares, fue debido posiblemente a que la mayoría de los genotipos empezaron a perder área foliar por la senescencia natural de la misma, en tanto que las vainas foliares estuvieron translocando una parte de los fotosintetizados hacia el grano. Estos últimos órganos han sido referidos como contribuidores de fotosíntesis no laminar, importante fuente de fotosintetizados de post-antesis para el grano (Tanaka y Yamaguchi, 1984).

Las estructuras laminares y vainas foliares ocuparon el cuarto y sexto sitio, respectivamente, como contribuyentes al PST de la planta, su aportación fue del orden de 9.4 (Pool-30) a 13% (NLVS-2) en las LF, y de un 7.4 (Compuesto 18) a 9.9% (Pool-30) en las VF.

Con respecto a las estructuras vegetativas de la mazorca (brácteas y olote), la mayoría de los genotipos continuaron acumulando levemente materia seca, posterior a la etapa de ampolla en el grano (Cuadro 22A). La primera estructura adquirió el mayor peso seco, pero no significativo en el Pinto Amarillo, V-401, Compuestos 16 y 2 (31.3 a 34.2 gpl⁻¹), a su vez éstos presentaron diferencias con los demás genotipos, cuyos valores fluctuaron de 16.0 (T-38 CD) a 28.25 gpl⁻¹ (Blanco Alemán). Mientras que el olote, a pesar de no detectarse diferencias en los genotipos, numéricamente se observaron valores de 15.7 (Master Precoz) a 23.3 g pl⁻¹ (Compuesto 6).

La contribución del PSBRA y PSOLO al peso seco total fue de 9.6 (T-38 CD) a

15.3% (Pool-30), y de 6.7 (Pinto Amarillo) a 10.0% (Compuesto 18), en ese orden. En estas estructuras, las brácteas constituyeron el tercer órgano (después del grano y el tallo) que mayor aportación realizaron, mientras que el olote ocupó el quinto sitio (Figuras 10 a 14).

La inflorescencia masculina de la planta fue el órgano que menor contribución realizó a la biomasa aérea, de 1.1 (Pool-30 y San Nicolás Original) a 2.3 % (T-38 CD), alcanzando en la etapa masosa del grano valores de 15.2 (Blanco Alemán) a 5.8 g pl⁻¹ (Pool-30). La espiga mostró una disminución del PS con respecto a la etapa de ampolla, debido a la senescencia natural que ocasionó pérdida de anteras y espiguillas (Figuras 10 a 14).

A pesar de no detectar diferencias marcadas en la producción de grano cuando se encontraba en su etapa masosa (Cuadro 22A), su peso varió de 62.2 a 117.4 g pl⁻¹. Se observó que los Compuestos 16, 2 y 6 produjeron la mayor cantidad, entre tanto los genotipos precoces desarrollaron una menor cantidad de PSGRA, siendo de 62.2, 77.1 y 82.7 g pl⁻¹ en el Pool-30, Master Precoz y T-38 CD, respectivamente. El grano constituyó el principal órgano que mayor aportación realizó a la planta, representando de un 36.6 (Pool-30) a 49.8% (T-38 CD).

Desde el punto de vista de eficiencia, considerándola en cuanto a la movilización de fotosintetizados hacia el grano, esta fue de diferente magnitud en los genotipos. Así, en el Cuadro 5, se muestra que el IC en la etapa masosa del grano presentó valores de 36.6 a 49.8 %.

Los genotipos que produjeron la menor cantidad de PSGRA (62.2, 77.1 y 82.7 g pl⁻¹) fueron el Pool-30, Master Precoz y T-38 CD. A estos materiales, les correspondió un IC de 36.6, 43.1 y 49.8%, respectivamente (Cuadro 22A y Cuadro 5). Con respecto al rendimiento de grano por unidad de superficie, el Pool-30 produjo 2.8 Ton ha⁻¹, siendo menor que lo producido por el resto de los genotipos precoces, 4.6 en el Master Precoz y 3.3 Ton ha⁻¹ en T-38 CD. Estas diferencias podrían ser explicadas por su alta movilización de fotosintetizados hacia el grano (IC).

En general, hacia la madurez fisiológica (etapa masosa) el grano realizó la mayor aportación a la biomasa aérea de la planta. El resto de los órganos levemente aumentaron de peso, excepto la espiga, lo cual ya había senescido. Además, el material Precoz T-38 CD presentó el mayor IC, mientras que el Pool-30 el menor valor. Por otra parte, en esta etapa el grano ocupaba el 41.8 % del peso seco total (promedio de 15 genotipos), mientras que las demás estructuras de la planta ocupaban el resto del peso seco total (17.2 % en tallo, 10.7 % en láminas foliares, 11.9 % en brácteas, 8.2 % en vainas foliares, 8.6 % en olote y 1.6 % en espiga). Estas proporciones son similares a las encontradas por Félix (1986), donde el grano ocupó del 36 al 41 % del peso seco total.

Hasta la etapa masosa del grano, no se observó el característico abatimiento del peso seco del tallo (PSTAL), el cual es mencionado como una movilización de fotosintetizados por parte del tallo hacia el grano (Duncan, 1975; Tanaka y Yamaguchi, 1984). El incremento en el PSTAL se presentó principalmente en los materiales tardíos como el NLVS-2, Blanco Alemán y V-401. Esta tendencia es debido a que el punto máximo de acumulación de materia seca en este órgano aún no ocurría. Similar comportamiento mostró el tallo en los genotipos precoces como el Pool-30 y Master Precoz, a pesar de que iniciaron el período de llenado del grano antes que el resto de los genotipos. La nula removilización de esta estructura es indicativo que la planta fue capaz de mantener la demanda de fotosintetizados hacia el grano por medio su aparato fotosintético existente, este es el caso del Master Precoz, ya que su IC fue mayor (43.1 %) que el producido por el Pool-30 (36.6 %), mientras que en este último genotipo, el bajo IC es debido a que la demanda principal (grano) en la planta, no fue abastecida completamente por la fotosíntesis laminar y/o por la translocación de fotosintetizados, por parte de las estructuras de almacenamiento temporal.

4.5. Características de los componentes del rendimiento del grano.

Las características agronómicas cuantificadas a la cosecha en cada uno de los genotipos estudiados, son analizados con interés de establecer su caracterización en base a diversos aspectos morfológicos como son: peso, longitud, diámetro, número de hileras y

número de granos por hilera en la mazorca; peso e índice de grano, y rendimiento de grano por hectárea. Estas variables sólo se analizaron desde un punto de vista descriptivo.

La significancia estadística y la comparación de valores promedios obtenidos para cada una de las variables estudiadas se presentan en los Cuadros 23 y 24 del Apéndice, respectivamente.

El Cuadro 24A muestra que con excepción del peso de mazorca (PMZ) y peso de grano (PGMZ), todas las variables presentaron diferencias significativas entre los genotipos.

EL Compuesto 6 fue el genotipo que mostró una mayor LMZ (15.1 cm), pero estadísticamente fue similar a los demás genotipos, con excepción del T-38 CD, el cual desarrolló un menor tamaño de mazorca (12.1cm); en cuanto a diámetro, las mazorcas mostraron diversos valores, estos fueron de 4.4 (Compuesto 16) a 3.5 cm (Pool-30), sin embargo sólo este último genotipo presentó el menor y significativo DMZ, los demás materiales desarrollaron un DMZ similar (Cuadro 24A).

Los genotipos Blanco Alemán, NLVS-2 y Compuesto 18 obtuvieron el mayor NHMZ, con valores de 13.8, 13.4 y 12.8, en ese orden, los cuales son similares entre sí, pero diferentes con el resto de genotipos. EL Master Precoz y Pinto Amarillo mostraron los menores valores (10.8 y 11.6, respectivamente). Por otra parte, los granos desarrollados por hilera (NGH) fueron estadísticamente similares, siendo de 29.5 (Compuesto 2) a 21.7 (T-38 CD), pero significativamente menor en Pool-30 (20.3).

No obstante que el análisis estadístico no detectó diferencias entre los genotipos con respecto al peso conjunto de grano + olote (PMZ), ni en PGMZ, numéricamente se observó que la mayor expresión en ambos caracteres lo presentaron los Compuestos 6 y 2, y Blanco Alemán. En el primer caso, las mazorcas llegaron a pesar de 75.0 a 122.5 g ; en el segundo caso, el grano pesó de 56.6 a 98.3 g. Asimismo, el Pool-30 y NLVS-2 produjeron el menor peso de mazorca (75.0 y 76.7 g) y de grano (56.6 y 64.5 g).

La proporción de grano en la mazorca (IG) fue menor estadísticamente en los Compuestos 22 (0.74) y 30 (0.72), y en Pool-30 (0.71). En el resto de los genotipos se obtuvo un índice de 0.75 (San Nicolás Original) a 0.88 (Pinto Amarillo), sin mostrar los genotipos ninguna diferencia significativa.

En cuanto al rendimiento de grano por unidad de superficie, este fue mayor pero no significativo en los Compuestos 2, 6, 18, 22 y 30, Master Precoz, Pinto Amarillo, Blanco Alemán y San Nicolás Original, con valores de 5,206.4 a 3,867.8 kg ha^{-1} . En menor cantidad y significativa el Pool-30 y el Compuesto 16 produjeron 2,794.2 y 3,539.1 kg ha^{-1} , respectivamente (Cuadro 24A).

Por último, las correlaciones entre los diversos componentes del rendimiento del grano se presentan en el Cuadro 25A.

4.6. Correlaciones entre los parámetros fisiotécnicos y el rendimiento del grano.

El Cuadro 26A presenta las correlaciones realizadas entre el rendimiento de grano (kg ha^{-1}) obtenido en la cosecha comercial de los genotipos con respecto a la TAN, TRC, TCC, IAF, RAF, DAF e IC, parámetros estimados en el período vegetativo (2, 4, 6, 10, 12 y 14 hojas desarrolladas) y en el período de llenado del grano (etapa de ampolla y masosa).

La TAN sólo correlacionó positiva y significativamente con el rendimiento cuando la planta había desarrollado 6 hojas (EF 1.5), en las demás etapas estas variables no mostraron relación. Similar comportamiento fue observado con la TRC, así como cuando la planta mostraba 6 y 12 hojas completas, donde la correlación fue altamente significativa. El comportamiento de estas variables con respecto a rendimiento, principalmente durante la etapa vegetativa, es similar a lo indicado por Molina (1992) en maíz. Por otra parte, Zavala (1982) trabajando con parámetros fisiotécnicos en sorgo no detectó diferencias en dichas variables.

El rendimiento y la TCC correlacionaron con valores positivos y altamente significativos en la etapa vegetativa, con excepción en la fase inicial de 4 hojas, donde no se observó relación. Mientras que en el período de llenado del grano, correlacionaron positiva y significativamente sólo cuando éste se encontraba en su fase de ampolla. Estos resultados concuerdan con los reportados por Molina (1992) al estudiar el efecto de la selección masal sobre características fisiológicas en maíz. Por el contrario, Alanís (1989) no encontró relación entre estas variables en el cultivo de maíz. Sin embargo, Zavala (1982) trabajando en sorgo menciona una alta relación en la etapa de pre y post-antesis.

La importancia del área foliar (IAF) en la producción de fotosintetizados en el crecimiento de la planta, se refleja en la alta relación que mostró esta variable con el rendimiento en la etapa de pre-antesis para el crecimiento vegetativo, y posteriormente para el llenado del grano. El papel de los fotosintetizados en post-antesis ha sido indicado por Tanaka y Yamaguchi (1984) en maíz, además ha sido reportado por otros autores como Zavala (1982) y Alanís (1989). En cuanto a su duración (DAF), un aparato fotosintético que persiste activo un mayor tiempo, permite una mayor acumulación de materia seca en la planta; en este estudio se encontró una relación positiva y significativa entre la DAF y el rendimiento. Una mayor duración del área foliar durante el período de llenado del grano, asegura una alta aportación de fotosintetizados al mismo, ya que la fotosíntesis de post-floración repercute en una mayor acumulación de materia seca hacia la demanda principal (Tanaka y Yamaguchi, 1984; Zavala, 1982). Por el contrario, Alanís (1989) no encontró, principalmente durante post-antesis, relación entre la DAF y el rendimiento.

En cuanto a la distribución de materia seca hacia el grano (IC) durante su período de llenado, esta variable correlacionó positiva y significativamente con el rendimiento. Es decir, entre más alto sea el IC mayor será la translocación de fotosintetizados hacia el grano. Esta misma correlación ha sido reportada por algunos autores (Tanaka y Yamaguchi, 1984; Zavala, 1982; Alanís, 1989).

En la mayoría del ciclo de la planta, el crecimiento del área foliar en relación a la acumulación de materia seca en la planta (RAF) no mostró correlación con el rendimiento; esto es debido probablemente a que a través del tiempo, la RAF disminuye ya que la biomasa aérea aumenta hacia la floración, aunque este incremento no es totalmente translocado hacia el grano (Tanaka y Yamaguchi, 1984).

V. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos y en las condiciones realizadas la investigación, se presentan las siguientes conclusiones:

1. Los requerimientos térmicos durante el período vegetativo de 2 a 14 hojas liguladas fueron similares en todos los genotipos, en tanto que para alcanzar sus etapas de floración masculina y femenina difirieron.
2. El crecimiento de las láminas foliares y la acumulación de materia seca total en la planta mostraron una tendencia sigmoideal en todos los genotipos. La mayor velocidad de incremento de ambas características ocurrió entre las etapas de 10 a 14 hojas liguladas.
3. El tamaño del aparato fotosintético desarrollado varió entre genotipos, los cuales registraron los máximos índices de área foliar cuando el grano se encontraba en su respectiva etapa de ampolla. Los genotipos que mostraron el mayor índice de área foliar fueron el NLVS-2 y el Compuesto 6, mientras que el Pool-30, T-38 CD y el Master Precoz presentaron los menores valores en esta característica.
4. La persistencia del área foliar presentó un comportamiento ascendente a través del ciclo del cultivo, su mayor duración fue en la etapa de grano masoso. Los genotipos NLVS-2 y Compuestos 2 y 6 mantuvieron su área foliar activa por mayor tiempo y por el contrario el Pool-30, T-38 CD y el Ranchero Original su aparato fotosintético mostró una menor duración.
5. La relación del área foliar presentó un comportamiento decreciente a través de la ontogenia del cultivo de todos los genotipos.
6. La acumulación de materia seca total por planta difirió entre genotipos, únicamente a partir de la etapa de 14 hojas liguladas.

7. La variación en la acumulación de materia seca total por planta en cada genotipo fue significativa sólo entre las etapas de 14 hojas liguladas y la etapa de grano masoso; observándose en este intervalo incrementos en el valor de esta característica. La mayor producción de biomasa aérea por planta la mostraron los Compuestos 2, 16 y 10 y el Blanco Alemán, en contraparte el Pool-30, T-38 CD y Master Precoz produjeron el menor peso seco total.
8. La tasa relativa de crecimiento exhibió un patrón descendente a través del ciclo biológico de los genotipos, sin mostrar diferencias entre ellos. Los valores más altos fueron alcanzados entre las etapas de 2 y 4 hojas liguladas, siendo el San Nicolás Original y los Compuestos 2, 6 y 22 los materiales con mayor valor.
9. La tasa de asimilación neta no difirió entre genotipos y a través del ciclo del cultivo presentó variación con dos inflexiones en su curva, observándose los máximos valores en las etapas de 10 y 14 hojas liguladas.
10. La tasa de crecimiento del cultivo mostró incrementos a través del ciclo de los genotipos, excepto en el NLVS-2, T-38 CD y los Compuestos 2 y 18, cuya tasa de producción de materia seca se mantuvo constante a partir de la etapa de 14 hojas liguladas. En la etapa de grano masoso, el Compuesto 6 y el Blanco Alemán presentaron los mayores valores para esta variable, mientras que el T-38 CD, Compuesto 18 y Pool-30 produjeron los menores valores.
11. La translocación de fotosintetizados al grano se incrementó de la etapa de ampolla a la masosa en todos los genotipos. En ambas etapas, el T-38 CD presentó los mayores índices de cosecha, con valores de 28.7 y 49 % respectivamente, y la menor removilización la produjo el Pool-30, cuyos índices fueron de 14.0 y 36.6 %, respectivamente.
12. En la etapa del grano en ampolla, el tallo fue el órgano de mayor contribución al peso seco total de la planta, posteriormente fue el grano en su etapa masosa.

13. Los genotipos de menor ciclo biológico, Pool-30 y Master Precoz, no presentaron removilización de fotosintetizados del tallo y vainas foliares hacia el grano.
14. El rendimiento de grano económico correlacionó positivamente con la TAN y la TCC, principalmente entre el desarrollo de 4 a 6 hojas liguladas, y con la TCC a partir de 6 hojas y hasta la etapa de grano en ampolla.
15. El índice y la duración del área foliar correlacionaron positivamente con el rendimiento de grano, a partir de la etapa de 6 hojas liguladas.
16. El rendimiento de grano mostró asociación positiva con la capacidad de translocación de fotosintetizados hacia el grano.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Acosta D.,E. y J. Kohashi-Shibata. 1988. Crecimiento y rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en unicultivo y asociación. *Agrociencia* 71: 345-356.
- Aitken, Y. 1974. Flowering time, climate and genotype. Melbourne University Press. Australia. 193 p.
- 1977. Conceptos agronómicos y producción foliar. *Agrociencia* 28: 115-143.
- Alanís C., J. A. 1989. Caracterización fisiotécnica de 15 genotipos de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Profesional. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N.L. México.
- Aldrich R.,S. y E.R. Leng. 1974. Producción moderna del maíz. 1a. Edición. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. Traducido por Oscar Martínez T. y Patricia Leguisamón. 308 p.
- Barrera C.,C. González H., V. A. Livera M., M. y Mendoza O., L. E. 1984. Crecimiento y desarrollo de siete genotipos de sorgo evaluados en Zacatepec Morelos. *Chapingo* 43,44: 135-140.
- Bidwell, R. G. S. 1983. Fisiología vegetal. 1a. Edición. Editorial AG. EDITOR, S.A. México. Traducido por Guadalupe G. Cano y Manuel Rojas G. 784 p.
- Bonner, J. y A. W. Galston. 1970. Principios de fisiología vegetal. 5a. Edición. Editorial Aguilar. España. Traducido por Federico Portillo. 485 p.
- Castellanos S., A. Castillo A., J. J. y Mendoza O.,L. E. 1984. Producción y distribución de materia seca durante el llenado de grano de sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench, tolerante al frío. *Chapingo* 43-44: 124-128.
- Castillo G., F. 1980. El rendimiento de grano en sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.], su relación con los períodos de desarrollo y otros caracteres, efectos de aptitud combinatoria. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- De Lira R., G. 1984. Comparación de métodos y presiones de selección en dos variedades de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Profesional. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N.L. México.
- Demolon, A. 1972. Crecimiento de vegetales cultivados. 5a. Edición. Editorial OMEGA. Barcelona, España. Traducido por José Pérez M. 587 p.

- Donald, C. M. 1962. In search of yield. *Jour. Austral. Inst. Agric. Sci.* 28: 171-178.
- , and J. Hamblin. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.* 28: 361-406.
- Duncan, W. G. 1975. Maize. *In: Crop physiology: some case histories.* Ed. L.T. Evans. Cambridge University Press. London, Great Britain. pp. 23-50.
- Eastin, J. D., and C. Y. Sullivan. 1974. Yield considerations in selected cereals. pp. 871-877. *In: R. L. Bieleski, A. R. Ferguson, and M. M. Cresswell. (eds.). Mechanisms of regulation of plant growth. Bulletin 12. The Royal Society of New Zeland. Wellington, N. Z.*
- Evans, L. T., and I. F. Wardlaw. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. *Adv. Agron.* 28: 301-359.
- Félix V., P. 1986. Patrón y análisis del crecimiento de tres variedades de maíz (*Zea mays* L.) Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Francis, C. A., J. N. Rutger, and A.F.E Palmer. 1969. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 9: 537-539.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen. 2da. Edición. Instituto de Geofísica UNAM. México. 246 p.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce, and L. R. Mitchell. 1985. *Physiology of Crop Plants.* Iowa State University Press. AMES, Iowa. 327 p.
- González H., V. A. 1977. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo y el crecimiento del sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- , Livera M., M., Mendoza O., L. E. y Barrera C., C. 1986. Crecimiento y desarrollo de sorgos contrastantes en vigor y precocidad. *Fitotecnia* 8: 95-110.
- Greulach, V. A. y J. E. Adams. 1970. *Las plantas. Introducción a la Botánica Moderna.* 1a. Edición. Editorial LIMUSA. México. Traducido por Dr. Ramón Riba y Nava Esparza. 679 p.
- Hanway, J. J. 1963. Growth stages of corn (*Zea mays* L.) *Agron. J.* 55: 487-492.
- 1971. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extensión Service. Ames, Iowa. Special Report No. 48. 13 p.

- Hernández D., G. 1987. Mesoclimas del sur del Estado de Nuevo León. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L. México.
- Hernández L., A. y Carballo C., A. 1984. Caracterización de genotipos de maíz de valles altos por sus requerimientos de unidades calor. Chapingo 43-44: 42-48.
- Hinojosa C., G. A. 1984. Fenología. Seminario de la materia de Irrigación UACH Chapingo, México.
- Hunt, R. 1982. Plant Growth Curves. The functional approach to plant growth analysis. Ed. Edmard Arnold. Great Britain. 247 p.
- Jiménez C., A. A. 1979. Estabilidad del rendimiento y de algunos componentes fisiotécnicos en sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Kohashi S., J. 1979. Fisiología del frijol. En: Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México, E.M. Mark Engleman. (Ed.) Rama de Botánica, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp. 39-58.
- Lepiz I., R. 1978. La asociación maíz-frijol y el aprovechamiento de la luz solar. Tesis D.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Livera M., M. 1979. Adaptación y adaptabilidad de genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tolerantes al frío. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- López M., C. y R. Bayona. 1983. Biblioteca práctica agrícola y ganadera. Practica de los cultivos. España. Vol. 2. pp 48.
- Maití, R. y F. R. Bidinger. 1983. Crecimiento y desarrollo del mijo perla. Boletín Investigación No.6 ICRISAT. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N.L. p. 19.
- Medina, E. 1977. Introducción a la ecofisiología vegetal. Departamento de asuntos científicos de la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington D.C. Serie de Biología. Monografía No. 16. 97 p.
- Mendoza O., L. E., Castellanos S., A. y Livera M., M. 1986. Defoliación a partir de anthesis, rendimiento de grano y distribución final de materia seca de un sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] tolerante al frío. Agrociencia 65: 253-262.
- , González H., V. A. y Ortiz C., J. 1985. Factores de conversión y tamaños de muestra en la estimación del área foliar en maíz. Agrociencia 58: 141-151.

- Mendoza O., L. E. y Ortiz C., J. 1973. Estimadores del área foliar e influencia del espaciamiento entre surcos, la densidad de siembra y la fertilización sobre el área foliar en relación con la eficiencia en la producción de grano de dos híbridos de maíz. *Agrociencia* 11: 57-71.
- Molina A., J. A. 1992. Efecto de tres ciclos de selección masal sobre características morfológicas y fisiológicas en la variedad criolla del maíz San Nicolás. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N.L. México.
- Ortiz S., C. 1987. Elementos de agrometeorología cuantitativa. UACH Chapingo, México.
- Osuna O., J. 1980. Estimación y uso de índices fisiotécnicos en la evaluación de genotipos de sorgo para grano [*Sorghum bicolor* L. Moench] tolerantes al frío bajo diferentes ambientes en Chapingo México. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Peña O., M. G. 1986. Caracterización y selección de líneas precoces de maíz en base a mínima duración de etapas fenológicas. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Pérez S., F., Ortega D., M. L. y Peña V., C. B. 1986. Materia seca en órganos de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Jamapa durante su crecimiento. *Chapingo* 54-55: 53-57.
- Poey D., F. R. 1978. El mejoramiento integral del maíz: Valor nutritivo y rendimiento; hipótesis y métodos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 206 p.
- Quijano C., J. A. y Rojas M., R. 1984. Importancia del área foliar en la producción de grano de maíz. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N.L. México.
- Radford, P. J. 1967. Fórmulas de Análisis de Crecimiento: uso y abuso. Traducción al español por Manuel Livera Muñoz. Rama de Genética. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 23 pp.
- Ramírez D., J. L. 1985. Análisis del crecimiento y componentes del rendimiento de los híbridos de maíz H-30 y H-31 y de sus progenitores. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Ramírez P., F. y Carballo C., A. 1984. Evaluación de otros índices de eficiencia como sustituto del índice de cosecha en maíz *Zea mays* L. *Chapingo*. 43-44: 55-63.
- Raven, P. H. y Curtis H. 1975. *Biología Vegetal*. Editorial Omega. Barcelona. Traducido por Xavier Llimona Pagés y A. M. Hernández Cardona. 716 p.
- Ray, P. M. 1980. *La planta viviente*. 1a. Edición. Traducido por Dr. Raúl J. Blaisten. Editorial CECSA. México. 272 p.

- Reyes C., P. 1978. Diseño de experimentos agrícolas. 1a. Edición. Editorial Trillas. 344 p.
- Robles S., R. 1981. Producción de granos y forrajes. 4a. Edición. Editorial LIMUSA. México. 592 p.
- Rocha A., J. L. 1987. Crecimiento y desarrollo de dos variedades de maíz (*Zea mays* L.) sometidas a sequía en diferentes etapas fenológicas. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Rodríguez Z., C. 1986. Fotosíntesis, transpiración, eficiencia en el uso de agua, análisis de crecimiento de cuatro cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis D.C. Colegio de Postgraduados. México.
- Rojas G., M. 1981. Fisiología vegetal aplicada. 2a. Edición. Editorial Mc Graw Hill. México. 262 p.
- Salisbury, F. B. and R. V. Parke. 1966. Vascular Plants: form and function. Fundamentals of Botany Series. Wedsworth Publishing Company, Inc. 184 p.
- Sanz V., C. G., Ruíz U., M., Rivas R., J. A. y Ortega M., F. S. 1983. Evaluación de las características agronómicas, índices fisiotécnicos y parámetros de estabilidad, de 10 variedades de maíz (*Zea mays* L.) en 6 ambientes ubicados en las zonas bajas del Estado de Nuevo León. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N.L.
- Shaw, R. H., and H.C.S. Thom. 1951. On the phenology of yield corn, the vegetative period. Agron. J. 43: 9-15.
- Sivori, M. E., Montaldi R. E. y Caso H. O. 1980. Fisiología Vegetal. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 681 p.
- Stoy, V. 1975. Use of tracer techniques to study yield components in seed. In: Crop tracer techniques for plant breeding. Panel Proceedings Series. Vienna, Australia.
- Tanaka, A. y Yamaguchi, J. 1984. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento de grano en maíz. Traducido por J. Kohashi Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 124 p.
- Villé, C. A. 1978. Biología. 7a. Edición. Editorial Interamericana. México. 803 p.
- Wallace, D. H., J. L. Ozbun, and H. M. Munger. 1972. Physiological genetics of crop yield. Adv. Agron. 24: 97-146.
- Watson, J. D. 1952. The Physiological basis of variation in yield. Adv. Agron. 4:101-145.

- Williams, W. A., R. S. Loomis, and C. R. Lepley. 1965. Vegetative growth of corn as affected by population density. I. Productivity in relation to interception of solar radiation. *Crop Sci.* 5:211-215.
- Wilsie, C. P. 1966. *Cultivos: Aclimatación y Distribución*. Traducido por Manuel Serrano G. Editorial Acribia. Zaragoza España. 491 p.
- Zavala G., F. 1982. Interrelación entre los caracteres fisiotécnicos del híbrido y sus progenitores sobre el rendimiento de grano y estimación de parámetros genéticos en sorgo para grano. (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

VII. A P E N D I C E

Cuadro 1 A. Características ambientales presentes durante el desarrollo del estudio. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

Característica	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Temperatura media mensual (°C)	16.0	20.5	25.0	27.0	28.0	29.5
Temperatura máxima (°C)	22.3	29.0	31.0	32.0	34.0	36.0
Temperatura mínima (°C)	9.8	12.0	20.0	22.0	23.0	23.0
Humedad relativa (%)	70	67	76	74	68	67
Evaporación total (mm)	140.96	185.6	196.49	324.0	251.6	212.24
Precipitación total (mm)	13.8	12.6	50.9	152.8	73.7	106.6
Insolación total (hrs)	158.8	196.6	--	152.8	267.9	255.58

FUENTE: Departamento de Meteorología y Climatología de la FAUANL.

Cuadro 2 A. Características físico-químicas del suelo donde se realizó el experimento. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

DETERMINACION	ANALISIS		CLASIFICACION AGRONOMICA	
	Suelo (0-30 cm)	Subsuelo (30-60 cm)	Suelo (0-30 cm)	Subsuelo (30-60 cm)
COLOR (Escala Munsell)	Seco 10YR 6/2 Húmedo 10YR 3/2	Seco 10YR 5/2 Húmedo 10YR 4/2	Gris cafeáceo claro Café grisáceo muy obscuro	Café grisáceo Café grisáceo obscuro
REACCION (Relación suelo:agua 1:2)	PH 7.8	PH 7.7	Ligeramente alcalino	Ligeramente alcalino
TEXTURA (Método del hidrómetro)	Arena 32.6% Limo 23.72% Arcilla 43.68%	Arena 29.88% Limo 25.44% Arcilla 44.68%	Arcilloso	Arcilloso
MATERIA ORGANICA (Método de Walkley y Black)	0.414%	0.345%	Extremadamente pobre	Extremadamente pobre
NITROGENO TOTAL (Método Kjeldahl)	0.2070%	0.0172%	Extremadamente pobre	Extremadamente pobre
FOSFORO APROVECHABLE (Método Olsen)	1.180 ppm	1.19489 ppm	Bajo	Bajo
POTASIO APROVECHABLE (Método Peech y English)	283.72 kg/ha	247.8 kg/ha	Medianamente rico	Mediano
SALES SOLUBLES TOTALES (Puente wheatstone)	1.3 mmhos/cm	Conductividad Eléctrica a 25°C (CE x 10 ⁴) 0.5 mmhos/cm	No salino	No salino

FUENTE: Laboratorio de Suelos de la FAUANL.

Cuadro 3 A. Significancia del análisis estadístico para días a floración masculina (DFM) y femenina (DFF) de 15 genotipos de maíz. Datos originales transformados a \sqrt{x} . Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

FV	GL	DFM	DFF
Rep	5	NS	NS
Gen	14	**	**
CV(%)		20.0	20.0

FV= Fuente de variación GL= Grados de libertad Rep =Repetición
Gen= Genotipo CV= Coeficiente de variación

* Diferencia significativa ($\alpha=0.05$)
** Diferencia altamente significativa ($\alpha=0.01$)
NS Diferencia no significativa

Cuadro 4 A. Comparación de promedios para días a floración masculina (DFM) y femenina (DFF) de 15 genotipos de maíz. Datos originales transformados a \sqrt{x} . Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

Gen	DFM	Gen	DFF
15	90.5	15	94.2
4	87.2	11	90.3
3	86.3	3	90.0
11	86.3	5	89.8
5	86.0	4	89.7
14	86.0	9	89.3
9	85.5	8	88.7
8	84.7	14	88.2
6	83.5	6	87.8
2	82.2	12	87.8
12	82.2	2	87.5
10	81.0	10	86.3
13	81.0	13	86.0
7	76.2	1	82.5
1	76.0	7	82.3

Promedios unidos por la misma línea son estadísticamente iguales según prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)
Gen= genotipo DMSH= Diferencia mínima significativa honesta

Cuadro 5 A. Significancia del análisis estadístico para peso seco total por planta (g) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

FV	GL	0.5	1	1.5	2.5	3	3.5	ampolla	masosa
Rep	5	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS
Gen	14	**	**	**	**	**	**	**	NS
\bar{X}		0.27	0.67	3.5	28.6	55.7	88.9	158.9	223.3
CV(%)		29.1	29.3	30.3	27.3	31.8	32.2	30.4	27.5

Cuadro 6 A. Significancia del análisis estadístico para área foliar total por planta (cm²) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

FV	GL	0.5	1	1.5	2.5	3	3.5	ampolla	masosa
Rep	5	NS	**	NS	**	**	NS	**	NS
Gen	14	**	**	**	**	NS	NS	**	NS
\bar{X}		41.1	48.9	248.3	1112.3	2810.4	4023.0	5575.5	3137.1
CV(%)		22.2	22.3	20.8	28.0	45.8	36.5	22.7	34.5

FV= Fuente de variación GL= Grados de libertad Rep =Repetición Gen= Genotipo
 \bar{X} = Media general CV= Coeficiente de variación

* Diferencia significativa ($\alpha=0.05$)
 ** Diferencia altamente significativa ($\alpha=0.01$)
 NS Diferencia no significativa

Cuadro 7 A. Peso seco total por planta (g) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos ajustados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

Gen	Etapa fenológica							
	0.5	1	1.5	2.5	3	3.5	AMP.	MAS.
1	0.2	0.3	1.1	9.0	48.8	77.5	146.3	169.7
2	0.4	0.7	2.5	20.2	92.3	132.0	198.0	217.8
3	0.3	0.5	1.8	15.2	78.0	120.9	214.0	241.8
4	0.3	0.5	2.0	16.3	84.8	130.3	229.7	261.9
5	0.3	0.5	1.7	13.8	70.1	106.2	182.1	203.9
6	0.3	0.5	2.0	17.9	84.2	127.3	217.1	243.2
7	0.2	0.4	1.6	13.1	65.0	96.8	160.5	178.1
8	0.3	0.5	2.0	16.4	85.5	131.8	234.6	267.5
9	0.3	0.5	1.6	13.6	70.2	107.3	188.9	213.5
10	0.3	0.6	2.2	17.8	91.1	138.1	239.2	267.9
11	0.3	0.4	1.6	13.2	68.4	105.5	186.0	212.0
12	0.3	0.4	1.6	13.2	69.4	107.6	194.5	221.7
13	0.4	0.6	2.2	18.1	91.6	138.5	236.3	264.6
14	0.2	0.3	1.0	8.1	44.9	72.2	140.8	166.1
15	0.2	0.4	1.5	12.4	67.0	106.0	192.5	231.0

Gen= Genotipo

AMP. y MAS.= etapa de ampolla y masosa del grano, respectivamente.

Cuadro 8 A. Comparación de promedios para peso seco total por planta (g) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos observados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

Gen	Etapa fenológica															
	0.5		1		1.5		2.5		3		3.5		AMP		MAS	
	Gen	PST	Gen	PST	Gen	PST	Gen	PST	Gen	PST	Gen	PST	Gen	PST	Gen	PST
2	0.44	4	0.90	13	4.6	10	36.9	10	79.1	13	120.2	13	216.0	10	268.0	
6	0.41	6	0.89	10	4.4	6	36.2	13	71.8	10	110.8	2	200.2	8	267.5	
3	0.38	3	0.88	8	4.3	7	33.6	8	70.0	4	107.7	8	196.6	13	266.3	
4	0.34	10	0.83	6	4.2	4	32.7	2	63.8	6	97.5	10	195.4	4	261.1	
7	0.34	5	0.80	2	4.2	2	32.7	4	62.6	2	97.4	9	181.7	6	243.3	
8	0.34	2	0.78	4	3.9	8	32.5	12	61.1	3	96.5	4	179.3	3	241.7	
10	0.32	13	0.72	7	3.6	13	31.8	6	61.0	8	93.8	6	166.6	15	231.0	
15	0.32	7	0.71	5	3.6	12	29.8	3	57.2	11	93.1	15	163.4	12	221.5	
5	0.27	8	0.70	3	3.6	3	29.6	11	56.3	9	88.7	11	162.4	2	217.8	
13	0.27	15	0.69	9	3.1	9	25.5	5	55.2	12	85.9	3	161.5	11	212.1	
14	0.26	12	0.60	12	2.9	5	24.6	9	48.5	15	79.9	12	158.9	9	207.0	
11	0.26	1	0.56	11	2.8	15	23.5	7	44.1	7	74.4	5	157.8	5	202.8	
12	0.22	11	0.55	15	2.7	11	22.7	15	41.1	5	72.4	14	116.3	7	178.1	
9	0.20	9	0.51	1	2.5	1	22.6	1	35.9	1	65.8	7	115.3	1	169.8	
1	0.20	14	0.42	14	1.6	14	14.3	14	28.5	14	49.2	1	79.7	14	166.2	
DMSH	0.16	0.40	2.1	15.9	35.9	58.3	98.1	---								

Promedios unidos por la misma línea son estadísticamente iguales según prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)
 Gen= genotipo DMSH= Diferencia mínima significativa honesta

Cuadro 9 A. Area foliar total por planta (cm²) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos ajustados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

Gen	Etapa fenológica							
	0.5	1	1.5	2.5	3	3.5	AMP	MAS
1	30.2	51.7	180.6	1116.5	2616.8	2964.2	3283.9	3349.6
2	29.6	50.8	180.9	1292.0	4053.5	4922.1	6021.2	6201.9
3	27.3	46.9	167.2	1206.5	3859.1	4740.3	5788.6	6020.2
4	27.8	47.8	170.2	1227.6	3966.2	4871.9	5949.4	6187.4
5	24.5	42.1	149.8	1070.2	3357.5	4076.9	5137.0	5137.0
6	35.2	60.5	213.5	1434.7	3942.8	4605.5	5320.9	5480.6
7	32.8	56.3	198.1	1293.4	3349.5	3836.2	4400.3	4488.4
8	26.4	45.1	161.9	1188.4	4005.6	4991.6	6239.5	6489.1
9	22.0	37.9	135.3	988.3	2302.5	4090.0	5112.5	5317.1
10	35.1	60.4	214.1	1482.8	4335.9	5153.3	6103.9	6287.1
11	20.7	35.6	127.1	940.7	3252.9	4090.8	5192.2	5399.9
12	27.8	47.8	169.9	1200.2	3664.8	4761.8	5337.0	5497.2
13	25.5	44.0	157.2	1169.6	4093.6	5170.9	6612.8	6877.4
14	15.3	26.1	93.5	693.0	2404.6	3024.0	3838.2	3991.8
15	18.4	31.6	113.4	882.3	3551.7	4768.1	6567.4	6961.5

Gen= Genotipo

AMP. y MAS.= etapa de ampolla y masosa del grano, respectivamente.

Cuadro 10 A. Comparación de promedios para área foliar total por planta (cm²) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos observados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

Gen	0.5		1		1.5		Etapa fenológica		3.5		AMP		MAS		
	Gen	AFT	Gen	AFT	Gen	AFT	Gen	AFT	Gen	AFT	Gen	AFT	Gen	AFT	
6	56.3	3	58.7	6	310.8	10	1482.1	10	4114.7	13	5308.0	15	6961.5	10	4181.0
7	51.7	4	57.4	8	289.3	7	1387.7	13	3645.2	10	4962.0	13	6877.4	4	3641.9
4	48.7	10	56.1	10	282.2	2	1322.5	2	3504.7	12	4600.9	8	6489.1	7	3627.7
3	46.3	7	55.1	2	287.9	4	1289.1	6	3391.8	6	4516.3	10	6287.1	13	3542.8
2	44.2	5	54.7	13	281.0	6	1270.1	12	3147.8	2	4407.8	2	6201.9	15	3517.4
8	44.1	6	53.8	4	268.9	8	1208.3	8	3100.7	3	4271.8	4	6187.4	6	3453.6
15	43.4	13	50.2	3	260.0	13	1189.9	7	2837.4	4	4249.1	3	6020.0	9	3328.5
10	41.7	8	47.8	7	252.1	3	1116.8	3	2829.7	8	4193.7	12	5497.2	12	3318.4
5	41.3	15	47.0	5	249.8	12	1069.4	4	2825.5	9	4171.9	6	5480.6	2	3248.6
13	39.2	2	46.9	9	228.2	5	1026.4	5	2607.3	7	3710.2	11	5399.9	8	3232.7
11	36.7	12	46.5	11	221.5	9	949.1	1	2474.9	11	3556.2	9	5317.1	1	2984.4
14	33.7	1	44.0	15	219.3	1	940.9	11	2355.2	15	3537.5	5	5137.0	3	2811.1
12	30.7	9	42.8	12	218.0	15	931.0	9	2115.7	5	3453.9	7	4488.4	11	2605.9
1	29.7	11	41.3	1	206.1	11	856.2	14	1864.8	1	3110.3	14	3991.8	14	2605.1
9	28.5	14	31.2	14	143.5	14	642.6	15	1701.6	14	2406.6	1	3349.6	5	2076.1
DMSH	18.4		22.4		104.6		634.0	---	---	---	---	2563.2		---	

Promedios unidos por la misma línea son estadísticamente iguales según prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)
 Gen= genotipo DMSH= Diferencia mínima significativa honesta

Cuadro 11 A. Significancia de los análisis estadísticos de los parámetros e índices fisiotécnicos en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N. L.

Parámetros e índices	Etapas fenológicas							
	0.5	1	1.5	2.5	3	3.5	AMP	MAS
TRC	--	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
X	--	0.11	0.13	0.13	0.05	0.10	0.04	0.02
CV(%)	--	41.0	32.0	9.0	48.0	65.0	50.0	60.0
TAN	--	NS	**	NS	*	NS	*	NS
X	--	1.1	1.9	2.7	1.2	2.3	1.1	0.7
CV(%)	--	50.0	25.0	17.0	49.0	77.0	55.0	76.0
TCC	--	*	**	**	**	NS	*	NS
X	--	0.27	1.3	8.5	11.5	36.0	27.3	14.6
CV(%)	--	47.0	35.0	29.0	56.0	78.0	54.0	72.0
IAP	**	**	**	**	NS	NS	**	*
X	0.02	0.03	0.14	0.61	1.5	2.2	3.0	1.7
CV(%)	29.0	20.0	23.0	28.0	45.0	36.0	23.0	28.0
DAF	--	**	**	**	*	**	**	**
X	--	0.04	0.19	1.1	2.6	1.7	6.7	10.5
CV(%)	--	17.0	19.0	25.0	38.0	34.0	20.0	20.0
RAF	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
X	141.5	72.7	74.8	40.0	50.6	46.2	38.4	15.3
CV(%)	24.0	26.0	17.0	16.0	32.0	26.0	40.0	40.0
IC	--	--	--	--	--	--	*	*
X	--	--	--	--	--	--	21.7	41.4
CV(%)	--	--	--	--	--	--	28.0	15.4

Cuadro 12 A. Tasa relativa de crecimiento ($g\ g^{-1}\ d^{-1}$) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos ajustados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

Gen	Etapa fenológica							
	0.5	1	1.5	2.5	3	3.5	AMP	MAS
1	--	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.03
2	--	0.14	0.13	0.12	0.10	0.08	0.04	0.005
3	--	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.06	0.03
4	--	0.12	0.11	0.09	0.07	0.06	0.04	0.01
5	--	0.13	0.12	0.10	0.07	0.06	0.03	0.005
6	--	0.11	0.10	0.08	0.06	0.06	0.04	0.01
7	--	0.09	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.02
8	--	0.14	0.13	0.11	0.08	0.07	0.04	0.01
9	--	0.15	0.14	0.13	0.11	0.09	0.06	0.01
10	--	0.14	0.13	0.12	0.10	0.09	0.05	0.01
11	--	0.13	0.13	0.12	0.10	0.09	0.05	0.01
12	--	0.12	0.11	0.08	0.06	0.06	0.04	0.01
13	--	0.14	0.14	0.11	0.08	0.06	0.03	0.004
14	--	0.13	0.12	0.10	0.08	0.07	0.04	0.01
15	--	0.13	0.13	0.13	0.11	0.11	0.08	0.02

Gen= Genotipo

AMP. y MAS.= etapa de ampolla y masosa del grano, respectivamente.

Cuadro 13 A. Comparación de promedios para tasa relativa de crecimiento ($gg^{-1}d^{-1}$) del peso seco total de la planta en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos observados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

0.5		1		1.5		Etapa fenológica 2.5		3		3.5		AMP		MAS	
Gen	TRC	Gen	TRC	Gen	TRC	Gen	TRC	Gen	TRC	Gen	TRC	Gen	TRC	Gen	TRC
-		5	0.15	7	0.15	1	0.14	11	0.07	15	0.14	14	0.06	1	0.03
-		2	0.13	8	0.15	7	0.14	13	0.07	1	0.12	15	0.06	3	0.02
-		1	0.12	9	0.15	12	0.14	8	0.06	3	0.12	2	0.05	4	0.02
-		4	0.12	13	0.15	15	0.14	10	0.06	9	0.12	5	0.05	7	0.02
-		10	0.12	2	0.14	2	0.13	12	0.06	14	0.12	8	0.05	8	0.02
-		12	0.12	10	0.14	3	0.13	2	0.05	4	0.11	9	0.05	12	0.02
-		13	0.12	12	0.14	4	0.13	3	0.05	6	0.10	3	0.04	14	0.02
-		9	0.11	1	0.13	6	0.13	4	0.05	7	0.10	4	0.04	2	0.01
-		3	0.10	4	0.13	8	0.13	5	0.05	11	0.10	6	0.04	5	0.01
-		6	0.10	6	0.13	9	0.13	9	0.05	13	0.10	10	0.04	6	0.01
-		15	0.10	11	0.13	10	0.13	14	0.05	2	0.09	11	0.04	9	0.01
-		7	0.09	3	0.12	11	0.13	15	0.05	10	0.07	12	0.04	10	0.01
-		11	0.09	5	0.12	14	0.13	1	0.04	12	0.07	13	0.04	11	0.01
-		8	0.08	14	0.11	13	0.12	6	0.04	5	0.05	7	0.03	13	0.01
-		14	0.07	15	0.11	5	0.12	7	0.02	8	0.05	1	0.02	15	0.01
DMSH	-	-	-	-	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cuadro 14 A. Comparación de promedios para la tasa de asimilación neta ($mg\ cm^{-2}d^{-1}$) del peso seco total de la planta en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos observados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

0.5		1		1.5		Etapa fenológica 2.5		3		3.5		AMP		MAS	
Gen	TAN	Gen	TAN	Gen	TAN	Gen	TAN	Gen	TAN	Gen	TAN	Gen	TAN	Gen	TAN
-		5	1.5	13	2.4	12	3.1	11	1.9	9	3.4	14	1.5	1	0.4
-		2	1.4	8	2.3	6	2.9	8	1.5	6	3.1	8	1.4	3	0.9
-		10	1.4	2	2.3	8	2.8	5	1.5	14	3.1	9	1.4	6	0.8
-		13	1.3	10	2.2	10	2.8	12	1.4	3	3.0	5	1.4	14	0.8
-		4	1.3	9	2.0	2	2.7	13	1.4	15	3.0	2	1.3	4	0.7
-		3	1.2	7	1.9	3	2.7	10	1.3	4	2.6	15	1.3	5	0.7
-		6	1.2	6	1.9	4	2.7	2	1.2	11	2.6	13	1.2	7	0.7
-		12	1.2	4	1.9	7	2.7	4	1.2	1	2.5	10	1.1	8	0.7
-		1	1.1	12	1.8	9	2.7	9	1.2	7	2.1	11	1.1	12	0.7
-		9	1.1	5	1.8	11	2.7	15	1.2	13	2.0	4	1.0	10	0.6
-		15	1.1	3	1.7	13	2.7	3	1.1	2	1.8	12	1.0	11	0.6
-		8	1.0	11	1.7	1	2.6	6	1.0	10	1.5	6	0.9	15	0.6
-		11	1.0	1	1.6	15	2.6	14	0.9	12	1.4	3	0.8	13	0.5
-		7	0.9	5	1.5	5	2.4	1	0.7	5	1.1	7	0.7	9	0.3
-		14	0.7	14	1.4	14	2.2	7	0.5	8	1.1	1	0.3	2	0.2
DMSH	-	-	-	1.0	-	-	-	1.2	-	-	-	1.2	-	-	-

Promedios unidos por la misma línea son estadísticamente iguales según prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)
Gen= genotipo DMSH= Diferencia mínima significativa honesta

Cuadro 15 A. Tasa de crecimiento del cultivo ($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos ajustados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

Gen	Etapa fenológica							
	0.5	1	1.5	2.5	3	3.5	AMP.	MAS.
1	-	0.32	0.69	2.4	6.7	9.3	18.6	30.6
2	-	0.27	0.98	7.2	24.4	30.6	38.3	39.9
3	-	0.42	1.00	4.3	13.2	18.2	32.1	42.0
4	-	0.48	1.20	4.9	15.0	20.8	36.8	48.1
5	-	0.41	0.98	4.1	11.8	15.9	26.2	32.7
6	-	0.49	1.20	4.9	14.2	19.1	31.4	39.1
7	-	0.49	1.00	3.6	9.3	12.5	22.1	31.6
8	-	0.35	0.96	4.9	16.1	21.9	34.2	39.7
9	-	0.38	1.00	5.3	17.5	23.9	37.4	43.4
10	-	0.51	1.60	8.7	22.9	27.3	33.0	34.4
11	-	0.28	0.93	5.8	19.9	26.3	36.8	39.9
12	-	0.27	1.10	8.5	22.3	25.3	28.0	28.3
13	-	0.46	0.47	1.3	21.5	29.1	45.2	52.3
14	-	0.12	0.43	3.3	13.3	17.8	24.5	26.0
15	-	0.36	0.88	3.7	11.8	16.5	30.5	41.3

Gen= Genotipo

AMP. y MAS.= etapa de ampolla y masosa del grano, respectivamente.

Cuadro 16 A. Comparación de promedios para la tasa de crecimiento del cultivo ($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos observados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

Gen	0.5		1		1.5		Etapa fenológica				3.5		AMP		MAS	
	TCC	Gen	TCC	Gen	TCC	Gen	TCC	Gen	TCC	Gen	TCC	Gen	TCC	Gen	TCC	Gen
-	-	2	0.367	13	1.8	10	11.0	10	17.6	13	52.5	2	38.6	1	22.0	
-	-	4	0.367	10	1.7	6	10.9	13	16.7	4	49.0	8	38.1	3	19.6	
-	-	5	0.367	8	1.7	7	10.2	8	15.6	9	43.6	13	34.4	6	18.5	
-	-	10	0.350	2	1.6	4	9.8	5	15.2	3	42.6	9	33.5	4	17.1	
-	-	3	0.333	6	1.5	2	9.7	11	14.1	15	42.1	10	31.8	8	17.1	
-	-	6	0.333	4	1.4	8	9.6	12	13.1	11	40.0	15	31.5	10	17.0	
-	-	13	0.300	7	1.4	13	9.3	2	13.0	6	39.7	5	31.4	15	15.8	
-	-	15	0.250	3	1.3	12	9.1	4	12.5	2	36.6	12	26.7	12	15.2	
-	-	1	0.233	5	1.3	3	8.9	3	11.5	10	34.4	4	26.6	7	15.1	
-	-	7	0.233	9	1.2	9	7.6	6	10.3	7	32.7	11	25.8	13	12.7	
-	-	12	0.233	12	1.1	5	7.2	9	9.6	1	32.4	6	25.3	14	12.4	
-	-	8	0.217	11	1.0	15	7.1	15	7.4	12	27.0	14	24.1	5	11.8	
-	-	11	0.195	15	0.9	1	6.9	14	6.3	8	25.9	3	22.8	11	11.8	
-	-	9	0.183	1	0.9	11	6.8	1	5.6	14	22.6	7	14.4	9	8.8	
-	-	14	0.083	14	0.6	14	4.0	7	4.4	5	18.6	1	4.4	2	4.7	
DMSH		0.257		0.93		5.0		13.1		-		30.2		-		

Promedios unidos por la misma línea son estadísticamente iguales según prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)
 Gen= genotipo DMSH= Diferencia mínima significativa honesta

Cuadro 17 A. Comparación de promedios para índice de área foliar en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos observados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

0.5		1		1.5		Etapa fenológica 2.5		3		3.5		AMP		MAS	
Gen	IAF	Gen	IAF	Gen	IAF	Gen	IAF	Gen	IAF	Gen	IAF	Gen	IAF	Gen	IAF
6	0.030	10	0.033	6	0.170	10	0.807	10	2.24	13	2.89	15	3.78	10	2.27
7	0.038	3	0.033	10	0.157	7	0.755	13	1.98	10	2.64	13	3.74	7	1.97
4	0.027	4	0.032	8	0.157	2	0.718	2	1.91	12	2.50	8	3.53	4	1.97
3	0.025	5	0.030	2	0.155	4	0.700	6	1.84	6	2.46	10	3.42	13	1.93
2	0.023	7	0.030	13	0.152	6	0.692	12	1.71	2	2.40	2	3.37	15	1.91
15	0.023	6	0.028	4	0.147	8	0.660	8	1.69	3	2.32	4	3.36	6	1.88
8	0.023	8	0.027	3	0.142	13	0.645	3	1.54	4	2.31	3	3.27	9	1.81
10	0.022	13	0.027	5	0.137	3	0.608	4	1.54	8	2.28	12	2.99	12	1.80
5	0.022	15	0.025	7	0.137	12	0.582	7	1.54	9	2.27	6	2.95	2	1.77
11	0.020	12	0.025	9	0.123	5	0.557	5	1.42	7	2.02	11	2.94	8	1.76
13	0.020	2	0.025	15	0.122	9	0.515	1	1.34	11	1.93	9	2.89	1	1.62
14	0.018	1	0.023	11	0.120	1	0.512	11	1.28	15	1.92	5	2.79	3	1.53
9	0.017	9	0.022	12	0.117	15	0.510	9	1.15	5	1.88	7	2.44	11	1.42
1	0.017	11	0.022	1	0.112	11	0.465	14	1.02	1	1.69	14	2.17	14	1.42
12	0.015	14	0.018	14	0.080	14	0.350	15	0.93	14	1.31	1	1.82	5	1.13
DMSH 0.013		0.011		0.064		0.346		--		--		1.40		0.988	

Cuadro 18 A. Comparación de promedios para duración del área foliar en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos observados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

0.5		1		1.5		Etapa fenológica 2.5		3		3.5		AMP		MAS	
Gen	DAF	Gen	DAF	Gen	DAF	Gen	DAF	Gen	DAF	Gen	DAF	Gen	DAF	Gen	DAF
-		6	0.0440	6	0.2188	10	1.41	10	3.64	10	2.24	13	8.52	15	12.57
-		7	0.0427	10	0.2066	7	1.31	13	3.14	13	2.24	10	7.80	10	12.56
-		4	0.0424	8	0.2023	2	1.28	2	3.14	2	1.98	8	7.48	13	12.49
-		3	0.0420	2	0.2009	6	1.26	6	3.03	6	1.98	2	7.43	4	11.78
-		10	0.0391	13	0.1987	4	1.24	8	2.80	12	1.94	15	7.35	8	11.67
-		5	0.0384	4	0.1958	8	1.19	7	2.75	8	1.82	4	7.31	2	11.34
-		8	0.0368	3	0.1912	13	1.17	12	2.74	3	1.78	3	7.20	6	10.65
-		2	0.0364	7	0.1844	3	1.10	4	2.67	4	1.77	12	7.07	3	10.60
-		15	0.0362	5	0.1828	12	1.03	3	2.57	7	1.64	6	6.96	12	10.58
-		13	0.0357	9	0.1626	5	1.02	5	2.36	9	1.57	9	6.64	9	10.38
-		11	0.0312	15	0.1598	9	0.94	1	2.22	5	1.52	11	6.26	7	9.74
-		12	0.0309	12	0.1587	15	0.92	11	2.09	11	1.48	5	6.01	11	9.61
-		1	0.0295	11	0.1577	1	0.92	9	2.00	1	1.40	7	5.67	5	8.66
-		9	0.0285	1	0.1501	11	0.86	15	1.71	15	1.31	1	4.52	14	7.82
-		14	0.0260	14	0.1049	14	0.63	14	1.63	14	0.90	14	4.48	1	7.60
DMSH		0.012		0.067		0.56		1.98		1.16		2.83		3.67	

Promedios unidos por la misma línea son estadísticamente iguales según prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)
Gen= genotipo DMSH= Diferencia mínima significativa honesta

Cuadro 19 A. Comparación de promedios para relación del área foliar ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Datos observados. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

0.5		1		1.5		Etapa fenológica				3.5		AMP		MAS	
Gen	RAF	Gen	RAF	Gen	RAF	2.5		3		Gen	RAF	Gen	RAF	Gen	RAF
5	153.0	9	83.9	14	89.7	14	44.9	1	68.9	7	49.9	15	42.6	7	20.4
7	152.1	1	78.6	1	82.4	5	41.7	14	65.4	14	48.9	1	42.0	1	17.6
1	148.5	7	77.6	15	81.2	1	41.6	7	64.3	5	47.7	7	38.9	9	16.1
13	145.2	12	77.5	11	79.1	7	41.6	6	55.6	1	47.3	3	37.3	14	15.7
4	143.2	11	75.1	12	75.2	2	40.4	2	55.0	9	47.0	12	34.6	10	15.6
9	142.5	14	74.3	6	74.0	10	40.2	10	52.0	6	46.3	4	34.5	15	15.2
11	141.2	13	69.7	9	73.6	15	39.6	12	51.5	2	45.3	14	34.3	12	15.0
12	139.5	5	68.4	3	72.2	4	39.4	13	50.8	10	44.8	11	33.3	2	14.9
6	137.3	8	68.3	7	70.0	3	37.7	3	49.5	8	44.7	8	33.0	6	14.2
15	135.6	15	68.1	5	69.4	11	37.7	5	47.2	3	44.3	6	32.9	4	13.9
10	130.2	10	67.6	4	68.9	13	37.4	4	45.1	15	44.3	5	32.6	13	13.3
8	129.7	3	66.7	2	68.5	8	37.2	8	44.3	13	44.2	10	32.2	11	12.3
14	129.6	4	63.8	8	67.3	9	37.2	9	43.6	4	39.5	13	31.8	8	12.1
3	121.8	6	60.4	10	65.5	12	35.9	11	41.8	11	38.2	2	31.0	3	11.6
2	100.5	2	60.1	13	61.1	6	35.1	15	41.4	12	29.0	9	29.3	5	10.2
DMSH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cuadro 20 A. Comparación de promedios para índice de cosecha (%) en dos etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

Gen	Etapa de desarrollo del grano			
	Ampolla		Masosa	
	Gen	IC	Gen	IC
14		28.7	14	49.8
7		27.2	2	46.0
5		24.5	11	44.6
2		23.6	13	44.3
13		23.5	7	43.1
12		22.7	10	42.2
3		22.5	5	40.4
9		22.2	8	40.4
6		20.3	9	40.3
15		20.2	4	40.3
4		20.0	12	39.2
10		19.7	15	38.2
11		19.3	3	37.8
8		17.5	6	37.3
1		14.0	1	36.6
DMSH		12.48		12.9

Promedios unidos por la misma línea son estadísticamente iguales según prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)
 Gen= genotipo DMSH= Diferencia mínima significativa honesta

Cuadro 21 A. Significancia del análisis estadístico del peso seco (g) en los diferentes órganos de la planta de 15 genotipos de maíz, en las etapas de ampollla (A) y masosa (B) del grano. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

A)								
FV	GL	PSTAL	PSLF	PSVF	PSESP	PSBRA	PSOLO	PSGRA
Rep	5	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS
Gen	14	**	**	**	NS	**	**	NS
\bar{X}		102.2	91.0	51.7	12.6	70.9	40.6	107.7
CV(%)		34.4	25.2	24.2	37.4	30.5	33.7	52.0
B)								
FV	GL	PSTAL	PSLF	PSVF	PSESP	PSBRA	PSOLO	PSGRA
Rep	5	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
Gen	14	*	**	**	*	**	NS	NS
\bar{X}		116.6	72.0	54.8	10.7	79.4	57.7	278.9
CV(%)		44.1	24.1	23.9	36.7	27.4	30.3	34.2

FV= Fuente de variación
 \bar{X} = Media general

GL= Grados de libertad
 CV(%)= Coeficiente de variación

Rep= Repetición

Gen= Genotipo

* = Diferencia significativa ($\alpha=0.05$)
 ** = Diferencia altamente significativa ($\alpha=0.01$)
 NS = No significativo

Cuadro 23 A. Significancia del análisis estadístico de los componentes del rendimiento del grano de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

FV	GL	LMZ	DMZ	NHMZ	NGH	PMZ	PGMZ	IG	RE
Rep	5	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Gen	14	*	*	**	*	NS	NS	*	**
\bar{X}		13.2	3.9	12.5	25.6	91.9	76.0	0.80	3955.7
CV(%)		10.6	9.9	4.4	17.2	31.0	30.0	8.8	20.0

FV=Fuente de variación
 \bar{X} = Media general

GL= Grados de libertad
 CV(%)= Coeficiente de variación

Rep= Repetición

Gen= Genotipo

* = Diferencia significativa ($\alpha=0.05$)
 ** = Diferencia altamente significativa ($\alpha=0.01$)
 NS = No significativo

Cuadro 24 A. Comparación de promedios para el rendimiento de grano y sus componentes de 15 genotipos de maíz Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

Gen	LMZ (cm)	Gen DMZ (cm)	Gen NHMZ	Gen NGH	Gen PMZ (g)	Gen PGMZ (g)	Gen IG	Gen RE (kg ha ⁻¹)
13	15.1	8 4.4	4 13.8	10 29.5	13 122.5	13 98.3	6 0.88	13 5206.4
10	14.6	13 4.2	15 13.4	13 29.4	10 119.2	4 95.2	7 0.86	12 5097.5
2	13.8	10 4.1	12 12.8	4 27.3	4 116.0	10 94.1	12 0.84	10 4713.5
12	13.6	2 4.1	3 12.6	15 26.8	2 110.0	12 85.1	3 0.84	7 4593.9
4	13.6	12 4.1	8 12.6	12 26.7	12 100.8	2 82.3	5 0.83	6 4334.1
8	13.5	9 4.0	1 12.6	2 26.5	9 92.5	8 81.9	15 0.83	4 4283.4
6	13.4	3 4.0	14 12.5	7 26.0	14 83.0	6 71.9	4 0.82	2 4256.1
15	13.3	4 3.9	2 12.5	9 26.0	8 82.5	9 71.7	13 0.80	11 3910.5
9	13.3	11 3.8	10 12.5	8 25.9	7 81.7	5 69.9	14 0.79	9 3867.8
3	12.9	15 3.8	13 12.4	6 25.6	11 81.7	7 69.5	10 0.78	8 3539.1
7	12.6	5 3.8	5 12.3	5 24.7	6 80.8	3 67.5	8 0.77	14 3338.4
5	12.5	14 3.7	11 12.2	11 24.6	3 80.0	14 66.1	9 0.75	15 3253.1
11	12.4	7 3.7	9 12.2	3 23.1	5 76.7	11 65.4	2 0.74	3 3223.3
1	12.2	6 3.7	6 11.6	14 21.7	15 76.7	15 64.5	11 0.72	5 2925.1
14	12.1	1 3.5	7 10.8	1 20.3	1 75.0	1 56.6	1 0.71	1 2794.2
DMSH	2.9	0.78	1.1	8.9	-	-	0.14	1580.2

Promedios unidos por la misma línea son estadísticamente iguales según prueba de Tukey ($\alpha=0.05$)
 Gen= genotipo DMSH= Diferencia mínima significativa honesta

Cuadro 25 A. Coeficientes de correlación Pearson entre el rendimiento del grano y sus componentes de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

RE	1								
IC	** 0.27	1							
IG	** 0.42	NS 0.02							
LMZ	** 0.65	** 0.29	NS 0.10	1					
DMZ	** 0.46	** 0.35	NS 0.06	** 0.66	1				
NHMZ	NS -0.01	NS -0.05	NS -0.01	NS 0.18	* 0.24	1			
NGH	** 0.69	** 0.31	* 0.22	** 0.86	** 0.66	NS 0.16	1		
PMZ	** 0.69	** 0.43	NS 0.01	** 0.81	** 0.61	* 0.23	** 0.76	1	
PGMZ	** 0.79	** 0.40	* 0.26	** 0.85	** 0.69	* 0.25	** 0.82	** 0.88	1
	RE	IC	IG	LMZ	DMZ	NHMZ	NGH	PMZ	PGMZ

Cuadro 26 A. Coeficientes de correlación Pearson entre el rendimiento del grano y los parámetros e índices fisiotécnicos estimados en ocho etapas fenológicas de 15 genotipos de maíz. Ciclo primavera-verano 1987. Marín, N.L.

	E.F.	TAN	Parámetros e índices fisiotécnicos					IC
			TRC	TCC	IAP	RAP	DAF	
	0.5	--	--	--	NS 0.03	NS -0.21	--	--
	1	NS 0.10	NS 0.03	NS -0.13	NS 0.13	NS -0.03	NS 0.09	--
	1.5	** 0.38	** 0.38	** 0.42	** 0.36	NS -0.35	* 0.23	--
REND. ECONO MICO	2.5	NS 0.19	NS 0.08	** 0.41	** 0.42	NS -0.05	** 0.43	--
	3	NS 0.02	* 0.21	** 0.42	** 0.63	** 0.38	** 0.62	--
	3.5	NS -0.11	NS -0.03	* 0.25	** 0.60	NS 0.04	** 0.70	--
	AMP	NS 0.08	NS -0.03	** 0.33	NS 0.18	NS -0.44	** 0.48	** 0.35
	MAS	NS -0.04	NS -0.18	NS 0.07	** 0.34	NS -0.17	** 0.31	** 0.27

* Diferencia significativa ($\alpha=0.05$)
 ** Diferencia altamente significativa ($\alpha=0.01$)
 NS No significativo

