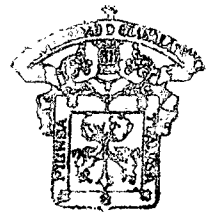


**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**FACULTAD DE AGRICULTURA**



**ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA**

**"ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE CUATRO VARIEDADES DE  
MAIZ (*Zea mays* L.) EN EL MUNICIPIO DE  
ZAPOPAN, JALISCO."**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA**

**P R E S E N T A**

**ARMANDO JARA INIGUEZ**

**GUADALAJARA, JALISCO. 1988**



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
Facultad de Agricultura

Expediente .....

Número .....

Abril 29 de 1988

**C. PROFESORES:**

~~DR. FRANCISCO VILLALPANDO IBARRA, DIRECTOR~~  
~~ING. SALVADOR MENA MUNGUIA, ASESOR~~  
~~ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL, ASESOR~~

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

" ANALISIS DE CRECIMIENTO DE CUATRO VARIETADES DE MAIZ (Zea mays, L.) EN EL MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO "

presentado por el (los) PASANTE (ES) ARMANDO JARA INIGUEZ

han sido ustedes designados Director y Asesores respectivamente para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección - su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"AÑO ENRIQUE DIAZ DE LEON"  
"PIENSA Y TRABAJA"  
EL SECRETARIO

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL

srd'

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
Facultad de Agricultura

Expediente .....  
Número .....

Abril 29 de 1988

ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRICULTURA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (es)  
ARMANDO JARA INIGUEZ

titulada:

" ANALISIS DE CRECIMIENTO DE CUATRO VARIEDADES DE MAIZ (Zea mays, L.)  
EN EL MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO ".

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

DR. FRANCISCO VILALPANDO IBARRA

ASESOR

ING. SALVADOR MENA MUNGUIA

ASESOR

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL

srd'

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número

## AGRADECIMIENTOS



A LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA, por la indispensable oportunidad de formación profesional que me brindó.

AL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS, por proporcionar los medios físicos y económicos para que la realización de este trabajo fuera posible.

AL DR. J. FRANCISCO VILLALPANDO IBARRA, por su imprescindible dirección, sus observaciones y sugerencias valiosas y por la cuidadosa revisión del presente trabajo, además del apoyo bibliográfico proporcionado.

A LOS INGENIEROS PATRICIA A. LUNA GUTIERREZ y AARON A. SANCHEZ ZAMORA, por la importante ayuda prestada en el trabajo de campo, especialmente en la toma y organización de datos.

A LOS INGENIEROS J. ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL y SALVADOR MENA MUNGUIA, por la revisión del escrito original.

A TODO EL PERSONAL DEL CAMPO AGRICOLA AUXILIAR "VALLE DE ZAPOPAN", especialmente al Ing. Abel Luévanos Arellano, Jefe de Operación, que de una manera u otra colaboraron para que este trabajo llegara a su fin.

## DEDICATORIA

A quien me enseñó, con su ejemplo, que  
la honestidad, la bondad y el amor a -  
los hijos aún existen en el mundo:

Mi Madre.

# C O N T E N I D O

	Página
INDICE DE CUADROS .....	i
INDICE DE FIGURAS .....	iii
INDICE DE CUADROS EN EL APENDICE .....	v
RESUMEN .....	vi
I. INTRODUCCION .....	1
II. REVISION DE LITERATURA .....	4
1. Crecimiento .....	4
1.1. Crecimiento y desarrollo (compara -- ción) .....	4
1.2. Causas del crecimiento .....	5
1.3. Medición del crecimiento .....	6
2. Análisis matemático del crecimiento .....	6
2.1. Concepto Análisis de crecimiento ...	8
3. Parámetros del análisis del crecimiento ..	10
3.1. Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC)	10
3.2. Tasa de Crecimiento Relativa (TCR)..	11
3.3. Índice de Area Foliar (IAF) .....	12
3.4. Tasa de Crecimiento Relativa Foliar (TCRF) .....	13
3.5. Duración del Area Foliar (DAF) .....	13
3.6. Tasa de Asimilación Neta (TAN) .....	14
3.7. Relación del Area Foliar (RAF) .....	15
3.8. Eficiencia del Area Foliar (EAF) ...	16
4. Componentes del Rendimiento .....	16
4.1. Período de Llenado del Grano (PLLG).	17
4.2. Tasa de Llenado del Grano (TLLG) ...	17

	Página
5. Índice de Cosecha (IC) .....	17
6. Aplicaciones del análisis de crecimiento ..	18
6.1. Densidad de Población .....	19
III. MATERIALES Y METODOS .....	21
1. Localización .....	21
2. Clima .....	21
2.1. Caracterización climática .....	21
3. Suelo .....	23
4. Cultivos .....	24
5. Diseño Experimental .....	25
6. Procedimiento Experimental .....	25
6.1. Establecimiento del experimento .....	25
6.2. Variedades usadas .....	25
6.3. Siembra .....	27
6.4. Manejo del cultivo .....	27
7. Mediciones .....	28
7.1. Fenología .....	28
7.2. Materia seca .....	31
7.3. Area Foliar .....	31
7.4. Rendimiento de grano, paja y biomasa total .....	33
8. Metodología de análisis de los datos .....	34
8.1. Cálculo de los parámetros de creci- miento .....	34
8.2. Cálculo de los componentes del rendi- miento .....	37
8.3. Obtención del rendimiento experimen- tal de grano y paja .....	37
8.4. Cálculo del Índice de Cosecha (IC) ..	39

ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

IV. RESULTADOS Y DISCUSION .....	40
1. Fenología .....	40
2. Materia seca .....	41
3. Area Foliar .....	43
4. Rendimiento de grano, paja, biomasa total e Indice de Cosecha .....	46
4.1. Rendimiento de grano .....	46
4.2. Rendimiento de biomasa total .....	48
4.3. Rendimiento de paja .....	49
4.4. Indice de Cosecha .....	50
4.5. Efecto de la densidad en el rendimien to de grano .....	51
4.6. Efecto de la densidad en el rendimien to de paja .....	54
4.7. Efecto de la densidad en el rendimien to de biomasa total .....	55
4.8. Efecto de la densidad en el Indice de Cosecha .....	57
5. Componentes del Rendimiento .....	58
5.1. Período de Llenado del Grano (PLLG) .	58
5.2. Tasa de Llenado del Grano (TLLG) ....	59
6. Parámetros del Crecimiento .....	59
6.1. Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC)	59
6.2. Tasa de Crecimiento Relativa (TCR) ..	62
6.3. Indice de Area Foliar (IAF) .....	64
6.4. Tasa de Crecimiento Relativa Foliar - (TCRF) .....	68
6.5. Duración del Area Foliar (DAF) .....	69
6.6. Tasa de Asimilación Neta (TAN) .....	73
6.7. Relación del Area Foliar (RAF) .....	76
6.8. Eficiencia del Área Foliar (EAF) ....	78

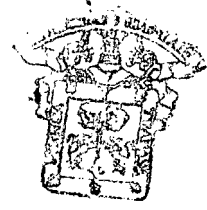


V. CONCLUSIONES .....	81
VI. BIBLIOGRAFIA .....	86
VII. APENDICE .....	90

## INDICE DE CUADROS

Cuadro N°		Página
1	Promedios de algunos elementos agroclimáticos para los meses de Mayo-Octubre que comprenden la estación de crecimiento. Datos tomados de la estación "El Carmen" en el año de 1985 y de la estación "Guadalajara" para el período 1941-1970 .....	22
2	Registro de fenología y calendario de muestreos de materia seca .....	30
3	Calendario de muestreos de área foliar .....	32
4	Pesos promedio de materia seca acumulada a diferentes etapas fenológicas (ton ha <sup>-1</sup> ) en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	42
5	Area Foliar (AF) promedio, en dm <sup>2</sup> por planta, para la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	45
6	Rendimiento de grano, paja, biomasa total (kg ha <sup>-1</sup> ) e Índice de Cosecha (IC) en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	47
7	Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano .....	47
8	Análisis de varianza para la variable rendimiento de biomasa total .....	48
9	Análisis de varianza para la variable rendimiento de paja .....	49
10	Análisis de varianza para la variable Índice de Cosecha .....	50
11	Efecto de la densidad sobre el rendimiento de grano, rendimiento de paja, rendimiento de biomasa total, Índice de Cosecha (IC) e Índice de Area Foliar (IAF) máximo .....	53
12	Rendimiento, Período de Llenado del Grano (PLLG) y Tasa de Llenado del Grano (TLLG) para las cuatro variedades evaluadas a 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	59

13	Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC) en -- kg ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> para diferentes etapas, en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	61
14	Rendimiento de grano y biomasa total en kg ha <sup>-1</sup> y valores máximos de la Tasa de Creci- miento del Cultivo (TCC) en kg ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> , para la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> ...	62
15	Tasa de Crecimiento Relativa (TCR) en g g <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> para diferentes etapas, en la densi - dad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	64
16	Indice de Area Foliar (IAF) promedio en --- muestreos semanales para la densidad de --- 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	66
17	Rendimiento de grano y biomasa total en kg ha <sup>-1</sup> e Indice de Area Foliar (IAF) máximo - en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	67
18	Tasa de Crecimiento Relativa Foliar (TCRF) y Duración del Area Foliar (DAF) en m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> y m <sup>2</sup> por período de muestreo (7 días) respectivamente, en la densidad de 60,000 - plantas ha <sup>-1</sup> .....	70
19	Rendimiento de biomasa total en ton ha <sup>-1</sup> y promedio de la DAF durante el ciclo, en m <sup>2</sup> por período de muestreo (7 días), para la - densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	73
20	Tasa de Asimilación Neta (TAN) en g m <sup>-2</sup> --- día <sup>-1</sup> para diferentes etapas en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	74
21	Relación del Area Foliar (RAF) en dm <sup>-2</sup> g <sup>-1</sup> para diferentes etapas fenológicas en la -- densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	78
22	Eficiencia del Area Foliar (EAF) en g dm <sup>-2</sup> para diferentes etapas fenológicas en la -- densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	79



INDICE DE FIGURAS

ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

Figura N°		Página
1	Croquis de la distribución de los tratamientos en el campo .....	26
2	Cambios en el peso seco con el tiempo para las variedades H-311, HV-313, JALISCO-5 y B-840 en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .	42
3	Cambios en el Area Foliar con el tiempo para las variedades H-311, HV-313, JALISCO-5 y B-840 en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .	44
4	Rendimiento de grano en tres densidades para las cuatro variedades evaluadas .....	52
5	Rendimiento de paja en tres densidades para las cuatro variedades evaluadas .....	55
6	Rendimiento de biomasa total en tres densidades para las cuatro variedades evaluadas .	56
7	Indice de Cosecha en tres densidades para las cuatro variedades evaluadas .....	58
8	Cambios a través del ciclo en la Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC) para las variedades H-311, HV-313, JALISCO-5 y B-840 en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	60
9	Cambios a través del ciclo en la Tasa de Crecimiento Relativa (TCR) para las variedades H-311, HV-313, JALISCO-5 y B-840 en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	63
10	Cambios a través del ciclo en el Indice de Area Foliar (IAF) para las variedades H-311, HV-313, JALISCO-5 y B-840 en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	65
11	Cambios a través del ciclo en la Tasa de Crecimiento Relativa Foliar (TCRF) para las variedades H-311, HV-313, JALISCO-5 y B-840 en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	69
12	Cambios a través del ciclo en la Duración del Area Foliar (DAF) para las variedades H-311, HV-313, JALISCO-5 y B-840 en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	71

13	Cambios a través del ciclo en la Tasa de Asimilación Neta (TAN) para las variedades H-311, HV-313, JALISCO-5 y B-840 en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	74
14	Relación entre área foliar y peso seco en las variedades H-311, HV-313, JALISCO-5 y B-840 para la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	76
15	Cambios a través del ciclo en la Relación del Área Foliar (RAF) para las variedades H-311, HV-313, JALISCO-5 y B-840 en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	77
16	Cambios a través del ciclo en la Eficiencia del Área Foliar (EAF) para las variedades H-311, HV-313, JALISCO-5 y B-840 en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	79

## INDICE DE CUADROS EN EL APENDICE

Cuadro N°		Página
1A	Promedios y totales mensuales acumulados de - varios elementos climáticos, según datos toma- dos en la estación "El Carmen" (Lat. (N) 20° 44', Long. (W) 103° 26', y Altitud 1630 m.s.n.m.) durante los meses que comprende la Estación - de Crecimiento (May-Oct) para el año de 1985.	91
2A	Promedios y totales mensuales acumulados de - varios elementos climáticos, según datos toma- dos en la estación "Guadalajara" (Lat. (N) -- 20° 40', Long. (W) 103° 23' y Altitud 1589 -- m.s.n.m.) durante los meses que comprende la Estación de Crecimiento (May-Oct) para el pe- ríodo 1941-1970 .....	92
3A	Peso de materia seca acumulada a diferentes - etapas fenológicas en g por 8 plantas en la - densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	93
4A	Area Foliar en m <sup>2</sup> por 5 plantas en la densi - dad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	94
5A	Valores promedio de materia seca (MS), en g - por planta, y de área foliar (AF), en dm <sup>2</sup> por planta, para diferentes etapas fenológicas en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	96
6A	Cálculo del rendimiento experimental de grano y paja al 14 y 6% de humedad respectivamente en la densidad de 60,000 plantas ha <sup>-1</sup> .....	97

## R E S U M E N

Este estudio comprendió un análisis comparativo del crecimiento de cuatro variedades de maíz. El análisis se realizó a través de los parámetros de crecimiento, componentes del rendimiento e índices de eficiencia fisiológica. Además se estudió el efecto de la densidad de población sobre los rendimientos de grano, paja y biomasa total y en algunos de los parámetros e índices antes mencionados. El experimento se estableció en el ciclo primavera-verano de 1985, bajo condiciones de humedad residual, en el rancho "El Carmen", Municipio de Zapopan, Jalisco. El material genético que se utilizó fueron las variedades H-311, HV-313, JALISCO-5 y B-840 que fueron sembradas en tres densidades, 40, 60 y 80,000 plantas ha<sup>-1</sup>. El trabajo se estableció en un arreglo combinatorio con una distribución en bloques al azar, con tres repeticiones. Las mediciones que se realizaron fueron: fenología, peso de materia seca a diferentes etapas fenológicas, área foliar total activa en muestreos periódicos semanales, y los rendimientos de grano, paja y biomasa total. Con los valores originales de peso seco y área foliar provenientes de los muestreos de campo, se realizó un análisis de crecimiento clásico, a través de la estimación de los parámetros de crecimiento; Tasa de Crecimiento Relativa (TCR), Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC), Índice de Área Foliar (IAF), Tasa de Crecimiento Relativa Foliar (TCRF), Duración del Área Foliar (DAF), Tasa de Asimilación Neta (TAN), Relación del Área Foliar (RAF) y Eficiencia del Área Foliar (EAF). También se estimaron los componentes del rendimiento: Período de Llenado del Grano (PLLG) y Tasa de Llenado del Grano (TLLG), así como el Índice de Cosecha (IC). En todas las mediciones y variables antes mencionadas se analizó primeramente la comparación entre las variedades sem-

bradas a una misma densidad (60,000 plantas  $ha^{-1}$ ). De tal comparación las diferencias más sobresalientes se mencionan a continuación.

En cuanto a la fenología, el número de días promedio de siembra a madurez fisiológica fue de 167 días para B-840, 161 para H-311, 155 para HV-313 y 145 para JALISCO-5. Hubo poca diferencia en días en la presentación de las distintas etapas fenológicas respectivas entre variedades, al menos durante el período vegetativo. En el período reproductivo las diferencias se fueron haciendo más notorias a partir de la floración femenina.

El peso seco total acumulado a la madurez fisiológica fue mayor para la variedad B-840, con 21  $ton\ ha^{-1}$  en promedio, siguiéndole H-311 con 19, JALISCO-5 con 16 y por último HV-313 con 15.

La variedad B-840 presentó a lo largo de todo su ciclo la mayor cantidad de área foliar con respecto a las otras variedades, alcanzando en su punto máximo 95  $dm^2$  en promedio por planta, H-311 alcanzó 84  $dm^2$ , HV-313 70  $dm^2$  y JALISCO-5 55  $dm^2$ . El valor máximo de área foliar se obtuvo pocos días después de la floración femenina en todas las variedades.

Las diferencias entre variedades en los pesos de materia seca acumulada, a distintas etapas fenológicas y en el área foliar, fueron más notorias a partir de la floración. Las variedades más tardías estuvieron asociadas con los valores más altos.

Por lo que respecta a los rendimientos de grano, paja y biomasa total, la variedad B-840 tuvo los valores más altos, siguiéndole en orden descendente las variedades



H-311, HV-313 y JALISCO-5. Las variedades con los más altos rendimientos fueron aquellas que tuvieron los más altos pesos secos en sus distintas etapas fenológicas respectivas, el mayor número de días entre estas últimas etapas y la mayor cantidad de área foliar a través del ciclo.

Los únicos parámetros para los cuales no se detectaron diferencias apreciables entre variedades fueron: TCR, TCRF, TAN y TCC. Aunque el último parámetro no mostró diferencias apreciables en la mayor parte del ciclo de cultivo, en el período comprendido de la floración al estado lechoso, que fue donde se acumuló la mayor cantidad de materia seca y a la mayor velocidad, se obtuvo diferencias que estuvieron muy relacionadas con los rendimientos de grano y biomasa total; es decir, las variedades que tuvieron los valores más altos para la TCC, en el mencionado período, tuvieron también los mayores rendimientos de grano y biomasa total, por lo cual se debe reconocer la importancia de dicho período para tratar de mantener condiciones agronómicas favorables durante el mismo y así lograr los más altos rendimientos.

El IAF máximo y el PLLG estuvieron relacionados con el rendimiento de grano, en tanto que la DAF promedio durante el ciclo lo estuvo con el rendimiento de biomasa total.

El comportamiento de TAN a través del tiempo tuvo desviaciones serias debido a que el intervalo entre muestreos fue muy grande.

También se analizó la influencia de la densidad de población sobre los rendimientos de grano, paja y biomasa total, IC e IAF. Los resultados más sobresalientes se mencionan a continuación.

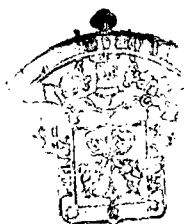
En ninguna de las variedades se encontró un IAF - óptimo, a una determinada densidad, donde el rendimiento - de grano fuera máximo, es decir, siempre un aumento en la densidad produjo un incremento en el IAF y en el rendimiento de grano, por tanto, las 4 variedades analizadas se pueden sembrar en la densidad de 80,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  y sus -- rendimientos serán superiores a los obtenidos en densidades inferiores.

En todas las variedades un incremento en la densidad de población se tradujo en un incremento en el rendimiento de grano por ha, aunque éste fue proporcionalmente mayor al pasar de la densidad de 40,000 a 60,000 plantas -  $\text{ha}^{-1}$  que al pasar de 60,000 a 80,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

Un incremento en el número de plantas por hectárea causó un aumento en la cantidad de biomasa total. Aunque el aumento fue proporcionalmente mayor al pasar de --- 40,000 a 60,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  que al pasar de 60,000 a --- 80,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , en este último aumento los incrementos no fueron tan pequeños como en el caso del rendimiento de grano, lo cual significa que a altas densidades de siembra el rendimiento de biomasa total se ve más favorecido - que el rendimiento de grano, o dicho de otra manera, las - relaciones entre la fuente y la demanda fisiológica son menos favorables para el rendimiento de grano que para el -- rendimiento de materia seca total a altas densidades de -- siembra.

El IC tendió a reducirse con el incremento en la densidad, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. El aumento en la densidad causó un incremento, tanto en la biomasa total como en el rendimiento de grano, pero en la primera el incremento fue proporcionalmente mayor, por lo cual el IC tendió a caer.

Los genotipos de menor ciclo biológico (HV-313 y JALISCO-5) tuvieron los IC más altos en las tres densidades.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

# I. INTRODUCCION

En las circunstancias actuales discutir la importancia del cultivo de maíz en México sería innecesario, -- basta sólo con decir que la demanda para el año de 1985 -- fue de 15.6 millones de toneladas y que la producción al -- canzada, en ese mismo año, llegó sólo a 12.5 millones de -- toneladas, lo cual representó un déficit de 3.1 millones -- de toneladas que tuvieron que importarse para cubrir las -- necesidades de este grano. Además, tomando en cuenta el -- alto índice demográfico de nuestro país, se prevé una de -- manda futura de 16.2 millones de toneladas tan sólo para -- el año de 1988, que frente a una producción de 12.5 millo-- nes de toneladas obtenida en 1985, significa una diferen -- cia de 3.6 millones de toneladas. De esta última cantidad se deduce que si se quieren evitar importaciones de maíz -- en los próximos tres años, se tiene que aumentar la produc -- ción de 1985 cuando menos en un 9.6% cada año (cifras ex -- traídas del Programa Nacional de Desarrollo Rural Integral y citadas por González et al., 1985).

(Para aumentar la producción se tienen dos alterna -- tivas básicas, una de ellas es ampliar la superficie dedi -- cada al cultivo y la otra incrementar su productividad, -- es decir, incrementar los rendimientos por unidad de super -- ficie. En esta segunda alternativa las aportaciones de -- las diversas disciplinas científicas relacionadas con la -- agricultura son determinantes. Gracias a la siembra de se -- milla híbrida, al uso de fertilizantes, a mejores métodos de cultivo, etc., los rendimientos de maíz por hectárea se han incrementado enormemente en los últimos años). Por ejem -- plo, según datos tomados del Boletín Mensual de la Direc -- ción de Economía Rural y de Gómez y otros, citados por -- Brauer (1981), en el período de 1943 a 1945 los rendimien-

tos de maíz por hectárea eran de 638 kg. en promedio o sea estadísticamente iguales a los de 1925 a 1927, mientras -- que para 1961 a 1965 el rendimiento promedio había subido ya hasta 995 kg/ha, lo que significó un aumento de 57%. Pa -- ra 1965 el promedio fue de 1145 kg/ha. A pesar de que es -- tos avances han sido muy espectaculares, en la actualidad los rendimientos promedio obtenidos en otros países son su -- periores a los nuestros; esta situación se debe, entre --- otras causas, a las nuevas tecnologías derivadas de las -- ciencias agronómicas de reciente desarrollo.

Desarrollar en México investigación sobre ciencia o tecnología resulta muy difícil, debido a una gran gama - de problemas particulares tales como: la falta de infraes -- tructura física (laboratorios especializados, equipo cien -- tífico sofisticado y costoso), carencia de personal alta - mente capacitado, insuficientes apoyos económicos, etc., - sin embargo, lentamente se avanza en estas nuevas áreas -- científicas.

La investigación en ciencias como la agroclimato -- logía, la fisiología vegetal y otras más, empiezan a gene -- rar información desarrollada en nuestros propios medios am -- bientes y con objetivos acordes a nuestras necesidades par -- ticulares. La información así obtenida es básica e indis -- pensable para lograr avances en la producción de cultivos.

En el caso de la fisiología vegetal, uno de los - temas de importancia actual en nuestro país, es el "Análi -- sis de Crecimiento de Cultivos Agrícolas", debido a la --- gran utilidad que puede obtenerse por este tipo de traba -- jos.

La utilidad de un análisis de crecimiento en maíz es muy variada, los parámetros de crecimiento obtenidos, -

podrían utilizarse como criterio de selección en programas de mejoramiento genético, son auxiliares para determinar densidades óptimas de población, pueden usarse, junto con otros datos ambientales, para desarrollar modelos matemáticos de crecimiento que ayuden a programar aplicaciones más eficientes de fertilizantes, de agua, de pesticidas, etc.)

Además, relacionando los parámetros de crecimiento con algunos factores del clima, se contribuiría a comprender la influencia del clima sobre el crecimiento en el cultivo de maíz.

Con base en lo mencionado anteriormente se planeó el presente trabajo, usando las variedades H-311, HV-313, JALISCO-5 y B-840, con los objetivos e hipótesis siguientes:

#### Objetivos:

1.- Realizar un análisis comparativo del crecimiento entre cuatro variedades de maíz bajo condiciones de temporal.

2.- Determinar el efecto de la densidad de población de maíz sobre el rendimiento y algunos índices de eficiencia fisiológica.

#### Hipótesis:

1.- Las cuatro variedades analizadas presentan diferencias significativas en los índices de eficiencia fisiológica.

2.- El rendimiento y los índices de eficiencia fisiológica están influenciados por la densidad de población.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 1. Crecimiento

Encontrar una definición precisa de lo que significa el crecimiento, es problemático, ya que este término tiene muchas acepciones que involucran conceptos diferentes, tal como lo señala Hunt, citado por Ramírez (1985), al textualizar lo siguiente: "Una definición precisa del crecimiento no es fácil, ya que ésta puede variar desde una clara y sin ambigüedades, que sería "un cambio en una dimensión específica", hasta una sumamente abstracta en donde la palabra "crecer" signifique solamente "vivir o existir". A pesar de eso, se ha convenido (Hunt, Steward, Richards, citados por Ramírez, 1985) que el concepto sea -- aplicado exclusivamente a los seres vivientes y además deberá de implicar, dentro de la dimensión tiempo, cambios irreversibles en tamaño o incremento de sustancia y en ocasiones de número.

#### 1.1. Crecimiento y Desarrollo (Comparación)

A los conceptos de crecimiento y desarrollo a menudo se les confunde entre sí, lo cual es un error, porque desde el punto de vista de la fisiología vegetal, el crecimiento y el desarrollo son fenómenos distintos, aunque muy estrechamente relacionados entre sí: Bidwell (1983) menciona al respecto: "El diccionario de la Real Academia define el término crecimiento como "tomar aumento natural los seres orgánicos" y el término desarrollo como "acrecentar, -- dar incremento a una cosa del orden físico, intelectual o moral". Aquí se separarán arbitrariamente los conceptos de crecimiento y desarrollo reservando el término creci --

miento para denotar aumento en tamaño, dejando fuera cualquier concepto cualitativo tal como "desarrollo total" o "maduración" que claramente carecen de relación con un proceso de aumento o incremento. El desarrollo puede definirse como un cambio ordenado o progreso, a menudo (aunque no siempre) hacia un estado superior, más ordenado o más complejo. En tal forma el desarrollo puede tener lugar sin que haya crecimiento y el crecimiento sin desarrollo, pero a menudo los dos están combinados en un solo proceso".

A pesar de que existe un concepto diferencial entre términos crecimiento y desarrollo, ciertos fenómenos biológicos característicos al ser sometidos a un análisis presentan problemas para identificarlos como fenómenos de crecimiento o fenómenos de desarrollo; esta problemática la expone claramente Bidwell (1983) al escribir así: "Hay situaciones en las que es muy difícil definir intuitivamente si ha ocurrido crecimiento o no. Un ejemplo es el aumento de tamaño debido a la absorción de agua que puede ser permanente o temporal, o la división celular que da lugar a un gran aumento en el número de células sin que ocurra un cambio mayor en la forma o masa. El primer caso puede ser una manifestación fisiológica diferente al crecimiento; el segundo probablemente pueda considerarse como desarrollo. No parece haber hasta hoy una solución aceptable a este dilema, pues el crecimiento, el desarrollo y los meros cambios de tamaño (debidos a la absorción de agua u otros materiales inertes) frecuentemente se superponen. Estos procesos se confunden el uno con el otro y pueden ocurrir separados o juntos en cualquier combinación".

## 1.2. Causas del crecimiento

Debido al hecho de que el crecimiento y el desarrollo son fenómenos tan estrechamente ligados que frecuen



temente se superponen formando parte de un mismo proceso, resulta muy difícil entender las causas diferenciales de origen de cada uno de ellos; Bidwell (1983) escribe: "Es un problema analizar y entender las causas del crecimiento y del desarrollo; puede ser que aparezcan separados y distinguibles o ambos pueden provenir de un mismo estímulo. A su vez, esto trae problemas en el análisis matemático del crecimiento, pues el progreso ordenado de éste puede verse perturbado de modo imprevisible por fenómenos de desarrollo. El desarrollo implica cambio y los cambios pueden ser graduales o abruptos. Ciertos eventos importantes tales como germinación, floración o senectud, aparecen súbitamente como un importante cambio en la vida o en el esquema de crecimiento de la planta".

### 1.3. Medición del crecimiento

A pesar de que el crecimiento se conceptúa como un simple aumento de tamaño, se presentan dificultades por que hay diversas formas de medirlo. El crecimiento puede medirse como longitud, grosor o área; a menudo se mide como un aumento en volumen, masa o peso (ya sea peso fresco o seco). Cada uno de estos parámetros describe algo diferente y rara vez hay una relación simple entre ellos en un organismo en crecimiento. Esto sucede porque el crecimiento a menudo ocurre en direcciones diferentes a distintas tasas, quizá ni siquiera relacionadas, así que una simple relación lineal área-volumen no persiste en el tiempo --- (Bidwell, 1983).

## 2. Análisis matemático del crecimiento

Debido a la naturaleza de ocurrencia del crecimiento en la planta y a su estrecha relación con el fenómeno de desarrollo, es problemático hacer un análisis matemá

tico del crecimiento; Bidwell (1983) amplía este punto al señalar lo siguiente: "Se ha considerado durante mucho tiempo que si se pudiera describir exactamente el crecimiento de un órgano o un organismo por medio de una fórmula o de un modelo matemático, se tendría una explicación del patrón de crecimiento. Si tal modelo (que no necesitaría describir el crecimiento total del organismo) fuera incompleto podría usarse para comprobar la hipótesis sobre factores desconocidos o sospechosos, y si fuera completo podría usarse para comprobar su propia validez, comparando experimentalmente los efectos de perturbaciones específicas en el modelo y en un organismo vivo. Desafortunadamente los procesos del crecimiento y desarrollo son tan complejos que una formulación satisfactoria con dichas posibilidades probablemente está muy lejana aún". No obstante, el mismo Bidwell (1983) menciona que se han hecho varios ensayos de describir el crecimiento en términos matemáticos. Muchos de ellos no han tenido éxito en muchos aspectos pues han descrito el crecimiento con precisión tan sólo por un corto tiempo, generalmente cuando no está ocurriendo un cambio de importancia en el desarrollo. Pero recientemente se han elaborado varios modelos matemáticos para el crecimiento de plantas cultivadas importantes, que aplican parámetros de ambiente (luz, agua, temperatura, etc.) a un modelo de crecimiento simple para partes individuales de la planta (raíces, hojas, tallos). La contribución de cada una de las partes para con las otras (o interdependencia de ellas) se aplica también. Han resultado algunos modelos de crecimiento vegetal muy interesantes que relacionan el crecimiento actual con las capacidades fisiológicas o bioquímicas (tales como fotosíntesis, respiración, transporte) de las partes en desarrollo. Estos modelos han sido muy usados en programas de mejoramiento por hibridación, para diseñar plantas mejor adaptadas a los factores ambientales particulares y para programar aplica-

ciones más eficientes de fertilizantes y agua. Hasta el presente no han contribuido de modo importante en un entendimiento del desarrollo y su control, pero quizás se logrará esto cuando se refinen y mejoren.

No obstante, es valioso hacer un breve análisis matemático de los aspectos simples del crecimiento porque al hacerlo se revela claramente la naturaleza de algunos de los factores que lo gobiernan (al crecimiento, no a la diferenciación). Un modelo típico de crecimiento de una planta anual puede dividirse en tres fases: 1) fase logarítmica o exponencial; 2) fase lineal; y 3) fase de declinación de la tasa de crecimiento llamada envejecimiento o senilidad.

Para evaluar cuantitativamente el crecimiento, normalmente se determina la producción primaria (peso seco) en función del tiempo (Hunt citado por Ramírez 1985). Un enfoque más particular ha sido descomponer el peso seco total de la planta en sus diferentes órganos, incluyendo los de importancia económica (Wallace et al citados por Ramírez 1985).

## 2.1. Concepto Análisis de Crecimiento

Las técnicas usadas para cuantificar los componentes de crecimiento son colectivamente conocidas como "análisis de crecimiento". Tales procedimientos representan el primer paso en el análisis de la producción primaria y son los métodos más prácticos de estimar la producción fotosintética neta (Iwaki, Monsi y Midorikawa, citados por Sivakumar y Shaw, 1977).

Existen dos enfoques en el análisis de crecimiento: el "Clásico" y el "Funcional"; su diferencia radica en

que en el primer caso, no es necesario utilizar curvas --- ajustadas por regresión para calcular los parámetros del -- crecimiento, mientras que en el segundo sí. Asimismo, se señala que los dos enfoques no son mutuamente excluyentes, pues si el tiempo y el espacio no son problema, los muestreos pueden ser de tamaño grande y frecuentes, pero como esto no es lo más común, se requiere que en el esquema seguido se haga un uso más eficiente de los recursos disponibles; de ahí, que en la mayoría de los casos, el investigador deberá decidir en principio cual enfoque tomar y esta decisión influirá en el diseño y la ejecución del experimento (Hunt citado por Ramírez, 1985). En general, los valores obtenidos con el método funcional son menos variables que aquellos valores obtenidos por el método clásico (Sivakumar y Shaw, 1977), pero porque del ajuste de la curva, las influencias ambientales pueden ser canceladas --- (Buttery citado por Ruiz, 1984). Así parece que el enfoque del método clásico de análisis de crecimiento es más útil para aquellos interesados con los efectos ambientales en la productividad de los cultivos (Ruiz, 1984). (Hunt -- (citado por Ramírez, 1985) ha señalado las ventajas y desventajas del análisis de crecimiento; entre las desventajas se menciona que provee poca información acerca de la fotosíntesis en respuesta a factores ambientales específicos, y que pocas veces considera el peso de las raíces por la dificultad de obtener datos precisos (Wallace et al., - citados por Ramírez, 1985); como ventajas se indica que a nivel del ecosistema permite tener una idea más precisa de la naturaleza de la interacción planta-tiempo-ambiente, y que el emplear el peso seco de la planta en forma continua desde el inicio hasta el final del ciclo biológico, permite observar a la planta como un todo a través de intervalos definidos de tiempo)

Por su parte Evans (citado por Ramírez, 1985) se-

ñala algunas dificultades que son causa de variabilidad en los análisis de crecimiento, como:

a) Diferencias en la constitución genética de la población bajo estudio.

b) Diferencias en el ambiente, de muestreo a --- muestreo, en donde se realiza el experimento.

c) Diferencias en la estructura y función que -- existe en el cuerpo de la planta, entre muestreos.

d) Resulta difícil, sino imposible, realizar una serie de observaciones de una característica particular -- sin destruir la planta, lo que ocasiona que los problemas de variabilidad se incrementen.

### 3. Parámetros del análisis del crecimiento

Un requisito importante para analizar el creci -- miento de la planta es la disponibilidad de datos exactos respecto a las dimensiones del aparato asimilatorio, tal -- como área foliar y la resultante acumulación de biomasa ex -- presada como el peso seco de las plantas enteras o de sus partes. Estos datos debieran obtenerse a intervalos regula -- res durante el ciclo de crecimiento del cultivo. De estos datos es posible calcular varios índices o parámetros de -- crecimiento (Sivakumar y Shaw, 1977).

#### 3.1. Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC)

Watson (citado por Ruiz, 1984) sugirió que la ta -- sa promedio de aumento de peso seco por unidad de terreno por unidad de tiempo se llamara tasa de crecimiento del -- cultivo. En forma matemática:

TCC =  $dPS/dt$ . Integrando sobre tiempo:

TCC =  $(PS_2 - PS_1)/(t_2 - t_1)$ , donde:

PS = peso seco total por unidad de área, y

t = tiempo

El único supuesto que se necesita para utilizar la ecuación de la TCC es que el peso seco varíe en forma continua de  $t_1$  a  $t_2$ ; condición que satisfacen todas las plantas, a menos que alguna parte de la planta sea físicamente removida durante ese período (Radford citado por Ramírez, 1985).

### 3.2. Tasa de Crecimiento Relativa (TCR)

Watson (citado por Ramírez, 1985) señala que el rendimiento de un cultivo en el campo es el peso por unidad de área del producto cosechado, o sea, de alguna parte específica de él y por lo que es más lógico basar un análisis del crecimiento sobre los cambios de los caracteres morfológicos. Fue así como dió origen a la TCR y quien la propuso fue Blackman (citado por Ramírez, 1985), basándose en el principio de la tasa de interés compuesto; en donde la materia seca producida por la planta puede ser considerada como dependiente de los tres factores siguientes: 1) el peso de la semilla, representando el capital inicial; 2) la tasa promedio mediante la cual la planta hace uso del material ya presente, para construir nuevo material; esto representa la tasa de interés; y 3) el período de crecimiento.

Desde el punto de vista del cálculo diferencial, la TCR se basa en una tasa de cambio y es igual a la pendiente resultante de graficar el logaritmo natural del peso seco contra el tiempo; asimismo, una consideración importante es que los valores de TCR pueden cambiar para los

diferentes intervalos de tiempo medidos (Batschelet citado por Ramírez, 1985).

Briggs et al. (citados por Ruiz, 1984) expresaron la TCR como  $TCR = (1/PS) (dPS/dt)$ . Esto es, el incremento de materia vegetal por unidad de materia presente por unidad de tiempo (Radford citado por Ruiz, 1984). Integrando sobre tiempo:

$$TCR = (\ln PS_2 - \ln PS_1) / (t_2 - t_1).$$

Para aplicar esta fórmula es necesario que el PS varíe sin discontinuidad entre  $t_1$  y  $t_2$ , una condición generalmente encontrada (Radford citado por Ruiz, 1984).

La TCR puede ser considerada un indicador de la eficiencia de la planta para producir nuevo material. La TCR pudiera ser un mejor indicador de esta eficiencia ya que el material producido está dado en relación a la cantidad total de material vegetal presente en  $t_1$ . La TCR usa el área foliar en  $t_1$ , pero la fotosíntesis ocurre en todas las estructuras verdes de la planta (Ruiz, 1984).

### 3.3. Índice de Area Foliar (IAF)

Una comparación del área foliar por planta de especies diferentes es de poco interés, porque debe de ser altamente dependiente del espaciamiento de las plantas, el cual varía de acuerdo con las prácticas agrícolas normales. La medida del área foliar que es relevante para la comparación de rendimientos agrícolas, es el área foliar por unidad de área de terreno, la cual se propuso llamar Índice de Area Foliar (Watson, 1947).

El IAF por consiguiente, se estima con la fórmula:

IFA = AF/S donde:

AF = Area foliar y S = Unidad de área del terreno

### 3.4. Tasa de Crecimiento Relativa Foliar (TCRF)

La TCRF es análoga a la TCR, pero es más difícil de interpretar desde el punto de vista ontogénico, pues además de los efectos del ambiente externo, involucra a procesos fisiológicos (fotosíntesis, respiración, absorción de nutrientes y el balance metabólico), está relacionada con el abastecimiento de material nuevo y además está afectada por mecanismos de correlación interna, por la actividad meristemática y por los mecanismos involucrados en el origen de órganos y en la expansión foliar (Evans citado por Ramírez, 1985). Watson citado también por Ramírez, 1985, informa que la TCRF se utiliza para hacer comparaciones del crecimiento del área foliar a diferentes períodos de tiempo durante la etapa del crecimiento.

Gregory (citado por Ruiz, 1984) definió esta variable como:

TCRF =  $(1/AF) (dAF/dt)$  o el incremento en el área foliar -- por unidad de área foliar presente por unidad de --- tiempo integrando sobre tiempo:

TCRF =  $(\ln AF_2 - \ln AF_1) / (t_2 - t_1)$ , donde  $AF_1$  y  $AF_2$  representan el área foliar por planta en los tiempos  $t_1$  y  $t_2$  respectivamente.

### 3.5. Duración del Area Foliar (DAF)

Watson (1947) menciona que la medición del área foliar que es relevante para comparaciones del total de materia seca acumulada en diferentes especies es claramente la



integral del IAF sobre el total del período de crecimiento, a lo que llamó Duración del Area Foliar, resaltando al mismo tiempo que este parámetro es una medida de habilidad de la planta para producir y mantener el área foliar, y por lo tanto de la oportunidad total para asimilación.

Para el cálculo de la DAF se han propuesto (Hunt citado por Ramírez, 1985) otras alternativas, siendo la -- primera:  $DAF = (AF_2 + AF_1) (t_2 - t_1)/2$  y la segunda sería graficar el AF con respecto al tiempo y luego estimar el -- área que queda bajo la curva.

### 3.6. Tasa de Asimilación Neta (TAN)

Watson (1947) define a la TAN como la tasa de incremento de materia seca por unidad de área de superficie foliar, al mismo tiempo menciona que es de especial importancia, por ser una medida de la tasa de fotosíntesis en -- las hojas menos la pérdida por respiración de la materia se -- ca en toda la planta.

La ecuación de cálculo generalmente usada es la -- siguiente:

$$TAN = (PS_2 - PS_1) (\ln AF_2 - \ln AF_1) T (AF_2 - AF_1) (t_2 - t_1)$$

Williams (citado por Watson, 1947) señaló que esta fórmula da una medida precisa del valor promedio de la TAN sólo si la relación entre PS y AF es lineal en el in -- tervalo de tiempo de  $t_1$  a  $t_2$ ; además, señala que para in -- tervalos cortos (de una a dos semanas) esta condición se -- satisface y los errores introducidos son insignificantes; por lo menos para experimentos de campo.

Buttery y Buzzel (citados por Ruiz, 1984) mencionan por su parte que, la TAN puede ser considerada como --

una medida aproximada de la fotosíntesis neta, ya que in -  
cluye la ganancia en peso debida a la absorción de minera-  
les además de la absorción de  $\text{CO}_2$ . Este enfoque para esti  
mar la fotosíntesis neta tiene algunas ventajas sobre ---  
otros métodos, los cuales cambian el medio ambiente (por -  
ejemplo, encierro de la planta en una cámara) y producen -  
resultados difíciles de interpretar en términos de creci -  
miento de la planta. Este método puede usar plantas creci  
das en el campo para obtener estimaciones integradas de la  
fotosíntesis neta sobre un período de tiempo.

Watson (1947) aclara que una fuente de error en -  
la estimación de la TAN lo constituye el no poder incluir  
en ocasiones el peso del sistema radical, lo que se tradu-  
ce en una subestimación de la TAN. El mismo autor mencio-  
na que otra limitante del concepto de la TAN proviene del  
hecho de que la función fotosintética no está restringida  
únicamente a las láminas de las hojas, sino que ocurre en  
otras estructuras verdes de la planta tales como tallos, -  
peciolos, vainas y en las espigas de los cereales. Por --  
consiguiente la TAN no es una medida exacta de la eficien-  
cia de las hojas en la producción de materia seca. El --  
error es quizá pequeño en las plantas en estado vegetati -  
vo, pero puede aumentar en forma considerable después de -  
la floración, como en el caso de los cereales, en donde --  
las aristas y otras estructuras de la espiga aportan gran  
cantidad de productos fotosintetizados al grano.

### 3.7. Relación del Area Foliar (RAF)

Hunt (citado por Ramírez, 1985) señala, que ha --  
blando en sentido amplio, la RAF representa la relación en  
tre la fotosíntesis y la respiración dentro de la planta y  
está definida como la relación entre al área foliar total  
y el peso seco total; para su cálculo se utiliza la ecua -

ción siguiente:

$$\text{RAF} = \text{AF/PS}$$

### 3.8. Eficiencia del Area Foliar (EAF)

Sánchez y Ordaz (1985) utilizaron para el cálculo de este parámetro la siguiente fórmula:

$\text{EAF} = \text{Peso seco} / \text{Area foliar}$ , de donde se deduce que la EAF es un indicador de la capacidad de la planta para desarrollar materia seca a partir del área foliar presente.

## 4. Componentes del Rendimiento

Tomando en cuenta lo complejo que resulta el estudio del rendimiento en forma total, éste ha sido desglosado (para propósitos de investigación) en componentes del rendimiento. De la misma forma, que el proceso de crecimiento, ha sido desglosado en sus parámetros con el objeto de conocer cuál es el patrón de distribución de la materia seca en los genotipos y de esta manera tener un conocimiento más claro de las relaciones fuente-demanda que existen en ellos (Ramírez, 1985). Entre los componentes del rendimiento comunmente estimados se encuentra el período de llenado del grano, la tasa de llenado del grano y el número de granos por mazorca, entre otros. Tanaka y Yamaguchi (1977) mencionan que se puede obtener un rendimiento de grano razonablemente bueno, de 7 ton/ha, con las siguientes combinaciones de componentes de rendimiento:

Número de mazorcas por m <sup>2</sup> de siembra .....	4
Número de granos por mazorca .....	700
Número de granos por m <sup>2</sup> de área sembrada...	2800

Sin embargo, también mencionan que el número de granos por unidad de área sembrada es el que determina el rendimiento en grano de maíz.

#### 4.1. Período de Llenado del Grano (PLLG)

El período de llenado del grano es la diferencia en días de la fecha de floración femenina a la fecha de madurez fisiológica.

$$\text{PLLG} = \text{días a mad. fisiol.} - \text{días a flor. femenina}$$

#### 4.2. Tasa de Llenado del Grano (TLLG)

La tasa de llenado del grano se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{TLLG} = \frac{\text{Peso seco del grano}}{\text{PLLG}}$$

### 5. Indice de Cosecha (IC)

El índice de cosecha es definido como la fracción de la biomasa neta del cultivo que puede aprovecharse económicamente (FAO, 1981). Según Donald y Hamblin (citados por Ramírez, 1985) fue propuesto por primera vez por Beaven en 1914 en Inglaterra; y también mencionan que el IC se ve afectado en forma adversa por la sequía, la dosis de nitrógeno y la densidad de población, además señalan que es posible utilizarlo dentro del mejoramiento genético, usando progenitores de alto rendimiento biológico o alto IC, o --

usándolo como un criterio inicial en las primeras generaciones de selección. La ecuación para su cálculo es:

$$IC = \frac{\text{Rendimiento de grano}}{\text{Rendimiento biológico total}}$$

## 6. Aplicaciones del análisis de crecimiento

El análisis de crecimiento ha permitido conocer la respuesta diferencial de los genotipos a las prácticas de cultivo, tales como la densidad de siembra y la fertilización; dicha respuesta es evaluada cuantitativamente a través de los parámetros de crecimiento, los cuales detectan las diferencias en el tamaño, duración y eficiencia del área foliar, así como en la producción y distribución de materia seca.

Las aportaciones al conocimiento de la fisiología de los cultivos logradas a través del análisis de crecimiento, son de gran utilidad en campos tan importantes como el mejoramiento genético; Ortiz, et al. (1985), amplían este punto al escribir: "En la actualidad, por el limitado conocimiento que se tiene de la fisiología del rendimiento, así como de la genética de los procesos fisiológicos, el fitomejorador depende casi totalmente de la recombinación aleatoria de los genes responsables de los procesos bioquímicos y fisiológicos involucrados. Se aprecia así que, para incrementar la eficiencia en los programas de fitomejoramiento, es necesario tomar en cuenta un mayor número de componentes fisiológicos que originan el rendimiento y no sólo los caracteres como el rendimiento de grano".

### 6.1. Densidad de Población

Los efectos de la densidad de población, sobre el crecimiento de un cultivo, pueden ser analizados de dos formas: a) a nivel planta, y b) a nivel de área cultivada. En el primer caso, se ha observado que al incrementar la densidad de población generalmente disminuyen todos los componentes de la planta de maíz (Duncan citado por Ramírez, 1985). Por ejemplo, se reduce el diámetro del tallo (Duncan; Huerta, citados por Ramírez, 1985), el número de hijos (Tanaka y Yamaguchi, 1977) y la duración efectiva del período de llenado del grano (Poneleit y Egli, citados por Ramírez, 1985); en cambio se incrementa el número de plantas que no producen mazorca y el efecto de protandria se acentúa (Tanaka y Yamaguchi, 1977) lo que ocasiona una reducción en el número de mazorcas y en el número de granos por mazorca (Tanaka y Yamaguchi, 1977), lo que reduce el rendimiento por planta y el índice de cosecha (González, et al, citados por Ortiz, et al, 1985).

Finalmente se ha informado (Tanaka y Yamaguchi, 1977) que se incrementa el acame de raíz y del tallo, probablemente a consecuencia de una reducción en el tamaño del sistema radical y del grosor del tallo.

A nivel área, la densidad de población modifica la magnitud de la demanda (grano o forraje). Por ejemplo, si se considera al grano como producto de interés, el número de granos por unidad de área sembrada, será el tamaño de la demanda fisiológica, el cual está compuesto de: a) número de plantas por unidad de área sembrada; b) número de mazorcas por planta; y c) número de granos por mazorca (Tanaka y Yamaguchi, 1977).

El número de mazorcas por planta es mayor a dis -

tancias amplias de siembra. Sin embargo, esto no compensa la disminución en la población de plantas, así pues a distancias grandes de siembra el rendimiento de grano es generalmente pequeño. El número de mazorcas por unidad de --- área sembrada puede ser incrementado más fácilmente aumentando la población de plantas.

El número de granos por mazorca es el producto -- del número de hileras por mazorca y el número de granos -- por hilera. El número de hileras es un carácter genético que no es afectado fácilmente por las condiciones del cultivo, mientras que el número de granos por hilera disminuye con un decremento del espaciamiento y del nivel del nitrógeno.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 1. Localización

El sitio experimental estuvo ubicado en las proximidades del Rancho "El Carmen", Municipio de Zapopan, Jalisco. Una de las vías de acceso es la carretera Zapopan-Tesistán.

Las coordenadas del sitio experimental fueron las siguientes: Latitud: 20° 44' 06'' N; Longitud: 103° 26' - 12'' W y Altitud 1630 m.s.n.m.

#### 2. Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Koppen y por las características que se presentan en el lugar, se trata de un clima "Cwa" tipificado como templado caliente con invierno seco y verano caliente (Griffiths y Driscoll, citados por Villalpando, 1985).

##### 2.1. Caracterización climática

El Cuadro 1 presenta las características agroclimáticas para el año 1985 y para el período 1941-1970 (normales climatológicas) durante la estación de crecimiento (Mayo-Octubre).



Cuadro 1. Promedios de algunos elementos agroclimáticos - para los meses de Mayo-Octubre que comprenden - la estación de crecimiento. Datos tomados de - la estación "El Carmen" en el año de 1985 y de la estación "Guadalajara" para el período 1941-1970.

PARAMETROS <sup>1/</sup>	El Carmen (1985)	Guadalajara (1941-1970)
Temperatura máxima	27.3	27.2
Temperatura mínima	14.4	14.6
Oscilación térmica	12.9	12.5
Temperatura media	20.9	20.9
Temperatura diurna media	24.1	24.0
Temperatura nocturna media	17.7	17.8
Precipitación <sup>2/</sup>	905.4	843.6
Evaporación <sup>2/</sup>	1034.9	1038.7
Evapotranspiración <sup>2/</sup>	827.9	830.9
Radiación solar	475.2	475.6
Unidades Calor (temp. base 10°C)	1996.0	2006.0

<sup>1/</sup> Las temperaturas están en °C, los datos restantes en mm excepto la Radiación solar que está en cal cm<sup>-2</sup> -- día<sup>-1</sup>.

<sup>2/</sup> Se trata de valores acumulados para los meses de Mayo a Octubre que comprenden la estación de crecimiento.



De acuerdo a los reportes del Laboratorio Regional de Análisis de Suelos, las muestras examinadas presentaron las siguientes características físico-químicas:

CARACTERISTICA	P R O F U N D I D A D			
	0-15 (cm)	CLASIFICACION	0-30 (cm)	CLASIFICACION
% Arena	58		54	
TEXTURA % Limo	23	Migajón arenoso	24	Migajón arcillo arenoso.
% Arcilla	19		22	
pH	4.66	Muy fuertemente ácido.	4.80	Muy fuertemente ácido.
Materia orgánica %	1.32	Medianamente pobre.	1.22	Medianamente pobre.
N Total %	0.064	Medianamente pobre.	0.066	Medianamente pobre.
Fósforo ppm	63.85	Muy alto	44.09	Muy alto
Potasio ppm	69.20	Mediano	94.33	Rico

#### 4. Cultivos

Los cultivos principales en el Municipio de Zapopan son: maíz, sorgo, frijol, garbanzo, avena, trigo, cártamo, hortalizas, caña de azúcar y frutales. Según datos proporcionados por la Delegación Jalisco de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en el Distrito N° 1 de Zapopan, Jalisco, el maíz es el que ocupa la mayor extensión de superficie de cultivo con 117,059 hectáreas, de las cuales 2,794 se sembraron bajo la modalidad de riego, 45,460 de humedad residual y 68,850 en condiciones de temporal, y se estima un rendimiento medio de 4.3, 3.6 y 3.3 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente (datos del ciclo primavera-verano 85/85).

## 5. Diseño Experimental

El trabajo se sembró en un arreglo combinatorio con una distribución en bloques al azar, con tres repeticiones. El tamaño de parcela fue de 8 surcos por 9 m de largo, la distancia entre surcos fue de 80 cm (Figura 1).

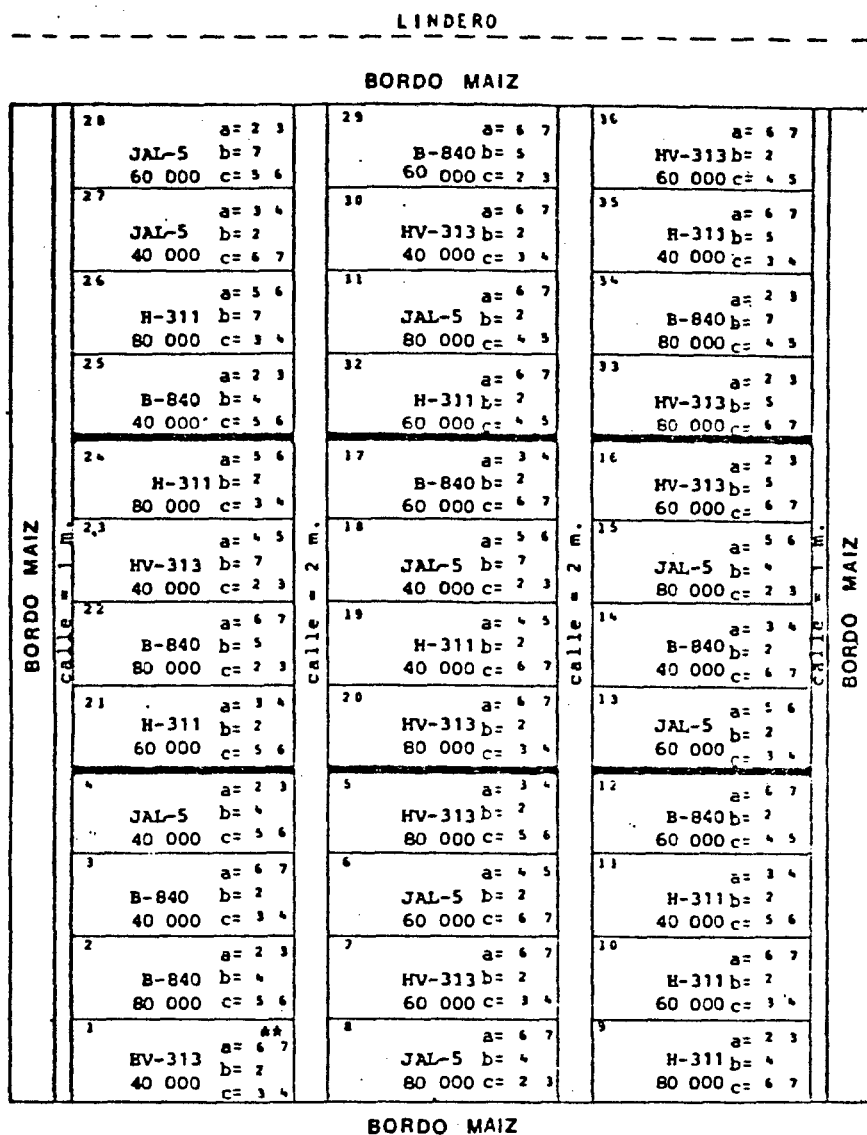
## 6. Procedimiento Experimental

### 6.1. Establecimiento del experimento

El experimento se estableció en los terrenos del Campo Agrícola Auxiliar "Valle de Zapopan", dependiente del Campo Agrícola Experimental Altos de Jalisco del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, como parte de los trabajos de investigación desarrollados en el Programa de Agroclimatología. El material genético y demás insumos utilizados en este trabajo, también fueron proporcionados por la misma institución.

### 6.2. Variedades usadas

El análisis de crecimiento comparativo se hizo entre las variedades H-311, HV-313, JALISCO-5 y B-840; estas variedades fueron seleccionadas, entre otras, debido a que presentan características morfológicas y fenológicas que son contrastantes entre ellas, por ejemplo, la variedad B-840 es un material muy vigoroso que desarrolla una gran cantidad de área foliar, su ciclo biológico es largo (167 días en promedio de siembra a madurez fisiológica), por lo que se clasifica como tardía, en tanto que la variedad JALISCO-5 desarrolla menor área foliar y se considera precoz, alcanzando la madurez fisiológica a los 145 días en



\*\* Tamaño parcela = 8 surcos por 9 m. de largo  
a = Surcos Area Foliar y Fenología  
b = Surcos para Materia Seca  
c = Surcos para Rendimiento.

FIGURA 1. Croquis de la distribución de los tratamientos en el campo.

promedio. Por lo que respecta a las variedades H-311 y HV-313 se consideran como intermedias en cuanto a la duración de su ciclo biológico y a la magnitud del área foliar que desarrollan, aunque la variedad H-311 es superior en cierto grado a la variedad HV-313.

### 6.3. Siembra

Se sembraron los materiales el día 8 de mayo de 1985, en condiciones de "humedad residual", utilizando sembradora mecánica; se manejaron tres densidades: 40, 60 y 80,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , el establecimiento de las densidades se hizo por medio de aclareo, una vez que las plántulas se encontraban bien afianzadas en el terreno; en el caso de 60,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  la distancia entre plantas fue de 21 cm, aproximadamente 7 plantas por cada 1.5 m, para 40 y 80,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , las distancias fueron de 31 y 16 cm respectivamente.

### 6.4. Manejo del cultivo

En la siembra se aplicó el insecticida Furadan 5 G, en la dosis de 20 kg por ha, para prevenir el problema de ataque de plagas del suelo. A los 27 días (04/Jun/85), para prevenir el ataque de gusano cogollero, Spodoptera frugiperda, se aplicó Lorsban 480 EM en la dosis de 1 lt por ha en 300 lt de agua, en esta fecha el cultivo se encontraba en la etapa de 4 a 6 hojas; cuando llegó a la etapa de 10 a 12 hojas (04/Jul/85) se repitió la aplicación del mismo producto en la misma dosis. La aplicación de los insecticidas fue una medida preventiva para asegurar la sanidad del cultivo, ya que en ningún momento se presentó ataque de plaga alguna que causara daños de importancia.

En cuanto a la fertilización se usaron como fuen-

tes de nitrógeno y fósforo, respectivamente, el Nitrato de Amonio 33.5% N y el Superfosfato de Calcio Triple 46%  $P_2O_5$ . La fertilización inicial se hizo en la primera escarda -- (31/May/85), se aplicó 1/3 del N y todo el  $P_2O_5$ , el resto del N se aplicó a los 18 días (18/Jun/85). El tratamiento de fertilización completo fue 200-80-00. No hubo una segunda escarda pero se aplicó el herbicida Primagram 500 a razón de 2 lt por ha en 300 lt de agua, cuando el cultivo se encontraba en la etapa de 4 a 8 hojas.

## 7. Mediciones

El experimento se planeó con propósitos múltiples, se generó mucha información pero los datos básicos utilizados para el análisis de crecimiento provienen de las mediciones siguientes:

### 7.1. Fenología

A partir de la fecha de siembra se contó el número de días transcurridos hasta la presentación de cada una de las diferentes etapas fenológicas en todas las variedades.

Unicamente en las parcelas donde se sembró a la densidad de 60,000 plantas  $ha^{-1}$  se tomaron datos para realizar un análisis de crecimiento. Las etapas fenológicas registradas fueron las siguientes: emergencia, 5 hojas, -- 9 hojas, 12 hojas, floración masculina, floración femenina, estado lechoso, estado masoso y madurez fisiológica -- (Cuadro 2). Se consideró que los materiales llegaban a -- floración masculina cuando el 50% + 1 de las plantas muestreadas presentaban dehiscencia de anteras en la inflorescencia; la floración femenina se registraba cuando el 50%+1

de las plantas consideradas presentaban emergencia de es -  
tigmas. Para determinar los estados de desarrollo del gra  
no (lechoso y masoso), se hizo un corte en forma de cruz -  
en la porción media del elote, con la finalidad de extraer  
unos cuantos granos y verificar su consistencia. Para de-  
terminar el momento de la madurez fisiológica se usó el --  
procedimiento sugerido por Daynard y Duncan (1969), el ---  
cual consiste básicamente en tomar unos cuantos granos de  
la porción media de la mazorca y examinarlos haciendo un -  
corte en la parte inferior del grano (punto de unión del -  
grano con la mazorca), para detectar la presencia de una -  
capa negra, capa que se considera como indicador de que la  
planta ha llegado a la madurez; además se tomó como auxi -  
liar el aspecto externo de la planta, es decir, el área fo  
liar seca, el tallo seco y hueco, etc.

De cada parcela se dejaron dos surcos para tomar  
información de fenología y área foliar.



CUADRO 2. Registro de fenología y calendario de muestreos de materia seca.

ETAPAS FENOLOGICAS 1/	H-311				HV-313			
	I días a fecha	II días a fecha	III días a fecha	$\bar{X}$ días a fecha	I días a fecha	II días a fecha	III días a fecha	$\bar{X}$ días a fecha
Emergencia	5 13 May	6 14 May	7 15 May	6 14 May	5 13 May	6 14 May	6 14 May	6 14 May
5 Hojas	33 10 Jun	32 9 Jun	31 8 Jun	32 9 Jun	33 10 Jun	38 15 Jun	33 10 Jun	35 12 Jun
9 Hojas	44 21 Jun	45 22 Jun	45 22 Jun	45 22 Jun	47 24 Jun	50 27 Jun	49 26 Jun	49 26 Jun
12 Hojas	60 7 Jul	63 10 Jul	65 12 Jul	63 10 Jul	64 11 Jul	64 11 Jul	64 11 Jul	64 11 Jul
Floración masculina	83 30 Jul	84 31 Jul	86 2 Ago	84 31 Jul	81 28 Jul	82 29 Jul	79 26 Jul	81 28 Jul
Floración femenina	83 30 Jul	84 31 Jul	86 2 Ago	84 31 Jul	81 28 Jul	82 29 Jul	79 26 Jul	81 28 Jul
Estado lechoso	105 21 Ago	105 21 Ago	106 22 Ago	105 21 Ago	102 18 Ago	103 19 Ago	102 18 Ago	102 18 Ago
Estado masoso	119 4 Sep	119 4 Sep	119 4 Sep	119 4 Sep	114 30 Ago	114 30 Ago	114 30 Ago	114 30 Ago
Madurez fisiológica	161 16 Oct	161 16 Oct	161 16 Oct	161 16 Oct	154 9 Oct	155 10 Oct	155 10 Oct	155 10 Oct

1/ Los muestreos de materia seca se hicieron sólo en las etapas de 5 hojas, 12 hojas, Floración femenina, Estado lechoso, Estado masoso y Madurez fisiológica.

CUADRO 2. (Continuación) ....

ETAPAS FENOLOGICAS 1/	JALISCO-5				B-840			
	I días a fecha	II días a fecha	III días a fecha	$\bar{X}$ días a fecha	I días a fecha	II días a fecha	III días a fecha	$\bar{X}$ días a fecha
Emergencia	5 13 May	7 15 May	6 14 May	6 14 May	5 13 May	7 15 May	5 13 May	6 14 May
5 Hojas	32 9 Jun	33 10 Jun	30 7 Jun	32 9 Jun	32 9 Jun	32 9 Jun	31 8 Jun	32 9 Jun
9 Hojas	46 23 Jun	44 21 Jun	44 21 Jun	45 22 Jun	43 20 Jun	46 23 Jun	43 20 Jun	44 21 Jun
12 Hojas	58 5 Jul	58 5 Jul	57 4 Jul	58 5 Jul	62 9 Jul	65 12 Jul	62 9 Jul	63 10 Jul
Floración masculina	74 21 Jul	71 18 Jul	71 18 Jul	72 18 Jul	81 28 Jul	86 2 Ago	82 29 Jul	83 30 Jul
Floración femenina	76 23 Jul	72 19 Jul	72 19 Jul	73 19 Jul	82 29 Jul	86 2 Ago	83 30 Jul	84 31 Jul
Estado lechoso	94 10 Ago	92 8 Ago	92 8 Ago	93 9 Ago	105 21 Ago	107 23 Ago	105 21 Ago	106 22 Ago
Estado masoso	99 15 Ago	101 17 Ago	100 16 Ago	100 16 Ago	121 6 Sep	121 6 Sep	121 6 Sep	121 6 Sep
Madurez fisiológica	146 1 Oct	144 29 Sep	146 1 Oct	145 30 Sep	166 21 Oct	167 22 Oct	169 14 Oct	167 22 Oct

## 7.2. Materia seca

Los muestreos se hicieron en las distintas etapas fenológicas, iniciando cuando las plantas llegaron a 5 hojas, posteriormente en 12 hojas, floración femenina, estado lechoso, estado masoso y madurez fisiológica. El calendario de muestreos realizados se presenta en el Cuadro 2. Sólo se muestrearon las parcelas donde la densidad de población fue de 60,000 plantas  $ha^{-1}$ . En cada parcela se dejó sólo un surco para tomar materia seca, de cada surco se seleccionaron 7 u 8 plantas procurando que todas ellas coincidieran en las distintas etapas fenológicas que se fueran presentando, es decir, que su grado de desarrollo fuera muy similar. Para evaluar la materia seca se cortaron las plantas al ras del suelo, se partieron en trozos pequeños, y se depositaron en bolsas de papel. En las etapas fenológicas en que ya había parte reproductiva, ésta se cortó y embolsó por separado. Tanto de la parte vegetativa como de la reproductiva se obtuvo el peso fresco utilizando una báscula tipo "reloj". Del total de la muestra de la parte vegetativa, se tomó una submuestra de 2 kg y se secó en una estufa a 60°C hasta peso constante, el resto de la muestra se desechó, se tomó la submuestra por la falta de espacio en la estufa: la parte reproductiva se secó completa.

## 7.3. Area foliar

Los muestreos de área foliar se hicieron cada 7 días en forma continua, desde que las variedades se encontraban aproximadamente en la etapa de 5 hojas, hasta cuando aún presentaban área foliar activa medible (Cuadro 3). Se tomaron datos en las tres densidades de población utilizadas, 40, 60 y 80,000 plantas  $ha^{-1}$ . Para medir el área foliar total activa (verde) se utilizó una cinta métrica,

anotándose el largo y el ancho de las hojas, el largo se tomó desde la base de la hoja (lígula) hasta la punta. Para poder hacer la medición es necesario separar ligeramente la base de la hoja del tallo. El ancho se midió en la parte de la hoja que presentara la mayor longitud en sentido transversal; en cada parcela se midió sólo el área foliar de 5 plantas seleccionadas. En la etapa de 5 hojas se midió el total de hojas por planta, pero en las etapas posteriores sólo se cuantificaron tres hojas por planta, la de la mazorca, una de la parte superior y otra de la parte inferior de la misma, se obtuvo un promedio de las tres y este valor se multiplicó por el total de hojas en cada planta, posteriormente se sumó el área foliar de las 5 plantas. El área foliar de cada limbo se calculó mediante la ecuación  $AF = \text{largo} \times \text{ancho} \times 0.75$  (Montgomery, 1911).

CUADRO 3. Calendario de muestreos de área foliar

Nº de muestreo	Fecha	Nº de muestreo <sup>1/</sup>	Fecha
1	Junio 10	11	Agto. 22
2	Junio 21	12	Agto. 29
3	Junio 27	13	Sept. 5
4	Julio 4	14	Sept. 12
5	Julio 11	15	Sept. 19
6	Julio 18	16	Sept. 26
7	Julio 25	17	Oct. 3
8	Agto. 1º	18	Oct. 10
9	Agto. 7	19	Oct. 17
10	Agto. 15	20	Oct. 24

1/ No se hicieron los 20 muestreos en todas las variedades debido a las diferencias en precocidad entre ellas.

#### 7.4. Rendimiento de grano, paja y biomasa total

Los rendimientos de grano, paja y biomasa total se estimaron en las densidades de 40, 60 y 80,000 ha<sup>-1</sup>.

El rendimiento de paja se refiere a la suma del peso del rastrojo más el peso del olote, y el rendimiento de biomasa total a la suma del peso del grano más el peso de paja.

Los rendimientos se estimaron cosechando solamente dos surcos por parcela y siguiendo el procedimiento expuesto a continuación:

a) Se cortaron las plantas al ras del suelo, se contaron y pesaron completas en una báscula de reloj.

b) Se pizaron y pesaron las mazorcas, anotándose las plantas vanas, con carbón, dañadas por ratas y podridas. Las mazorcas dañadas también se pesaron. Se tomaron al azar unas cuantas mazorcas, se desgranaron y se estimó el porcentaje de humedad del grano con un determinador de humedad de resistencia eléctrica marca Steinlite.

c) Se calculó el peso de rastrojo con la diferencia del peso total rastrojo con mazorca y el peso de las mazorcas.

d) Se desgranaron todas las mazorcas pesándose el grano y el olote por separado.

e) Al peso del rastrojo se le sumó el peso de los olotes y se obtuvo el peso de paja. Con todos estos datos posteriormente se calculó el rendimiento de grano al 14% de humedad y el rendimiento de paja al 6% de humedad, el rendi

miento de biomasa total se obtuvo por la suma de ambos.

## 8. Metodología de análisis de los datos

### 8.1. Cálculo de los parámetros de crecimiento

Para estimar todos los parámetros de crecimiento - se utilizaron los datos originales de campo de materia se - ca, área foliar y fenología, es decir, se obtuvieron a tra - vés de un análisis de crecimiento "Clásico" (Sivakumar y -- Shaw, 1977), en el cual no se utilizan técnicas de regre -- sión para estimar los parámetros de crecimiento.

#### a) Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC)

Se calculó según Hunt (citado por Ramírez, 1985) - con la siguiente ecuación:

$$TCC = PS_2 - PS_1 / (t_2 - t_1) (S) \quad \text{donde:}$$

Los PS se obtuvieron en g por planta al dividir en tre 8 los PS promedio de 3 repeticiones registrados en el - Cuadro 3A; el valor de S, de acuerdo a la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup> fue de 0.1667 m<sup>2</sup>. Las unidades en que se mane jó el parámetro fueron kg ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>.

#### b) Tasa de Crecimiento Relativa (TCR)

Se usó la fórmula propuesta por Radford (citado -- por Ruiz, 1984):

$$TCR = (\ln PS_2 - \ln PS_1) / (t_2 - t_1); \text{ las unidades en que se midió fueron } g \text{ g}^{-1} \text{ día}^{-1}.$$



## c) Índice de Area Foliar (IAF)

Se estimó según lo sugerido por Watson (1947)

IAF = AF/S ; el AF se midió en m<sup>2</sup> por 5 plantas, y se utilizaron los promedios de las tres repeticiones (Cuadro 4A) el valor de S, es decir, la superficie que ocuparon 5 plantas, fue igual a 0.8333 m<sup>2</sup>, de acuerdo a la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>; para la densidad de 40,000 plantas fue de 1.2500 m<sup>2</sup> y para la densidad de 80,000 plantas de -- 0.6250 m<sup>2</sup>.

## d) Tasa de Crecimiento Relativa Foliar (TCRF)

Se calculó de acuerdo con Gregory (citado por --- Ruiz, 1984) con la fórmula:

$$TCRF = (\ln AF_2 - \ln AF_1) / (t_2 - t_1)$$

Al igual que en el parámetro anterior se utiliza - ron promedios de las tres repeticiones para el AF. Las uni - dades utilizadas fueron m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>.

## e) Duración del Area Foliar (DAF)

Se estimó según Hunt (citado por Ramirez, 1985) -- con la ecuación:

DAF = (AF<sub>2</sub> + AF<sub>1</sub>) (t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>) / 2 ; se utilizó el AF en m<sup>2</sup> por planta, la cual se obtuvo de dividir los prome -- dios de las tres repeticiones (cuatro 4A) entre 5; las uni - dades en que se midió fueron m<sup>2</sup> por período de muestreo --- (7 días).

## f) Tasa de Asimilación Neta (TAN)

Se calculó con la fórmula utilizada por Watson ---  
(1947):

$$TAN = (PS_2 - PS_1) (\ln AF_2 - \ln AF_1) / (AF_2 - AF_1) (t_2 - t_1)$$

Debido a que los períodos de muestreo de materia seca y área foliar no siempre fueron coincidentes en el --- tiempo, ya que los primeros se tomaron en las diferentes -- etapas fenológicas en tanto que los segundos en intervalos fijos de tiempo (cada 7 días), fue necesario estimar los valores de AF para los días exactos de muestreo de materia seca en todas las variedades. Esto se hizo de la manera siguiente:

Se graficaron los valores muestrales de AF de las 4 variedades, con lo cual se obtuvieron las curvas de AF -- en el tiempo, de las cuales en forma gráfica se obtuvo el - valor de AF correspondiente a las diferentes fechas de muestreo de materia seca <sup>1/</sup>. Se consideró que la tendencia entre un punto de muestreo y otro, en la gráfica, es lineal, ya que los intervalos de muestreo fueron cortos (7 días). - Los valores de materia seca y AF para las diferentes etapas fenológicas se presentan en el Cuadro 5A. Las unidades en que se midió la TAN fueron  $g\ dm^{-2}\ día^{-1}$ .

#### g) Relación del Area Foliar (RAF)

Se estimó según Hunt (citado por Ramírez, 1985) en donde:

$$RAF = AF/PS; \text{ las unidades utilizadas fueron } dm^2 \text{ ---} \\ g^{-1} .$$

<sup>1/</sup> Procedimiento sugerido por comunicación personal del Dr. Francisco Villalpando Ibarra, Coordinador del Programa de Agroclimatología. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias -Zona Centro- hasta 1987.

#### h) Eficiencia del Area Foliar (EAF)

Se calculó con la fórmula utilizada por Sánchez y Ordaz (1985) donde:

$EAF = PS/AF$ ; las unidades en que se midió fueron  $g\ dm^{-2}$ . También se calculó la eficiencia del AF en floración con respecto al rendimiento de grano, utilizando la misma fórmula y las mismas unidades.

Los índice fisiológicos TAN, RAF y EAF se calcularon utilizando datos promedio por planta, que se obtuvieron al dividir los pesos promedio de materia seca entre 8 y los valores de AF, estimados gráficamente, entre 5; convirtiendo además los  $m^2$  a  $dm^2$  (Cuadro 5A).

#### 8.2. Cálculo de los componentes del rendimiento.

Los únicos componentes del rendimiento estimados fueron el período de llenado del grano (PLLG) y la tasa de llenado del grano (TLLG). El PLLG se considera como el número de días transcurridos de la floración femenina a la madurez fisiológica; la TLLG se estimó con la ecuación siguiente:

$$TLLG = \text{Peso seco del grano} / PLLG$$

Los días a floración femenina y a madurez fisiológica son promedios de 3 repeticiones y se encuentran registrados en el Cuadro 2 (página 30).

#### 8.3. Obtención del rendimiento experimental de grano y paja.

El rendimiento de grano en  $kg\ ha^{-1}$ , al 14% de hu-



medad, se obtuvo con la siguiente fórmula (véase Cuadro 6A):

$$\text{Rend. de grano al } 14\% \text{ de humedad} = \frac{(\text{kg parcela})(\text{FC humedad grano})}{(\text{FC tamaño parcela})}$$

donde:

$$\text{FC humedad grano} = \text{Factor de corrección por humedad de grano.}$$

$$\text{FC tamaño parcela} = \text{Factor de corrección por tamaño de parcela.}$$

$$\text{FC humedad grano} = \frac{100 - \% \text{ de humedad a la cosecha}}{100 - 14\% \text{ de humedad deseado}}$$

$$\text{FC tamaño parcela} = \frac{10,000 \text{ m}^2}{\text{Superficie del área cosechada en m}^2}$$

El rendimiento de paja en  $\text{kg ha}^{-1}$ , al 6% de humedad, se calculó con la siguiente ecuación (véase el Cuadro 6A):

$$\text{Rend. de paja al } 6\% \text{ de humedad} = \frac{1/}{(\text{kg parcela})} \frac{(\text{FC humedad rastrojo})}{(\text{FC tamaño parcela})}$$

donde:

$$\text{FC humedad rastrojo} = \text{Factor de corrección por humedad de rastrojo.}$$

$$\text{FC humedad rastrojo} = \frac{100 - \% \text{ de humedad a la cosecha}}{100 - 6\% \text{ de humedad deseado}}$$

$$\% \text{ de humedad a la cosecha} = \frac{\text{Peso húmedo muestra MS} - \text{Peso seco muestra MS}}{\text{Peso húmedo muestra MS}} \times 100$$

1/ Se considera únicamente el peso del rastrojo más olote.

#### 8.4. Cálculo del Índice de Cosecha (IC)

Se determinó con la ecuación:

$$IC = \frac{\text{Rendimiento de grano}}{\text{Rendimiento biológico total}}$$

en donde ambos rendimientos se determinaron para un mismo porcentaje de humedad (14%).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 1. Fenología

En el Cuadro 2 (Página 30) se puede apreciar el número de días transcurridos a las diferentes etapas fenológicas para las 4 variedades. El número de días de siembra a madurez fisiológica fue mayor para la variedad B-840 con -- 167 días en promedio, siguiéndole la H-311 con 161, la HV-313 con 155 y la JALISCO-5 con 145. La diferencia entre la variedad más tardía (B-840) y la variedad más precoz (JALISCO-5) fue de 22 días.

Comparando entre sí las variedades B-840 y H-311 se observa que el número de días transcurridos a cada una de sus etapas fenológicas respectivas, fue muy similar entre ellas, encontrándose únicamente una diferencia considerable para el número de días a madurez fisiológica (6 días).

Las variedades HV-313 y JALISCO-5 con respecto a las variedades H-311 y B-840 fueron más precoces en la mayoría de sus etapas fenológicas, especialmente en la floración femenina, en la floración masculina y en la madurez fisiológica.

Al comparar la variedad HV-313 con la variedad JALISCO-5, se puede ver que el ciclo vegetativo de la primera es más largo y que la presentación de todas sus etapas fenológicas es más tardía, registrándose 8 días de diferencia a floración femenina, 9 a la floración masculina y 10 a la madurez fisiológica.

Cabe hacer notar que, para las cuatro variedades, la ocurrencia de las distintas etapas fenológicas durante

el desarrollo vegetativo fue muy similar, es decir, hubo poca diferencia en días entre las fechas de registro de cada una de las etapas; las desigualdades en la duración del ciclo de cultivo empezaron a ser notorias a partir del inicio de las etapas reproductivas o sea a partir de la floración.

## 2. Materia seca

En la Figura 2 se observan los pesos de materia seca acumulada a diferentes etapas fenológicas. El peso seco total acumulado a la madurez fisiológica fue mayor para la variedad B-840 con 21 ton ha<sup>-1</sup> en promedio, siguiéndole la H-311 con 19, la JALISCO-5 con 16 y por último la HV-313 con 15.

La acumulación de materia seca en todas las etapas fenológicas respectivas fue similar para las variedades B-840 y H-311, lo cual se puede corroborar consultando el Cuadro 4, aunque, en las etapas de floración femenina y madurez fisiológica, la variedad B-840 presentó una superioridad considerable de 0.9 y 2.6 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente; en cuanto a las demás etapas fenológicas, la variedad B-840 fue ligeramente superior a la H-311, excepto en las etapas de estado lechoso y 12 hojas; en esta última la variedad H-311 superó a la variedad B-840 con 0.6 ton ha<sup>-1</sup>.

Las variedades HV-313 y JALISCO-5, con respecto a las dos anteriores, tuvieron pesos secos considerablemente menores para todas las etapas fenológicas correspondientes, situación que fue más notoria a partir de la floración.

Comparando entre sí las variedades HV-313 y JALISCO-5 podemos apreciar que los pesos secos a partir de la floración femenina son mayores para la variedad HV-313, con

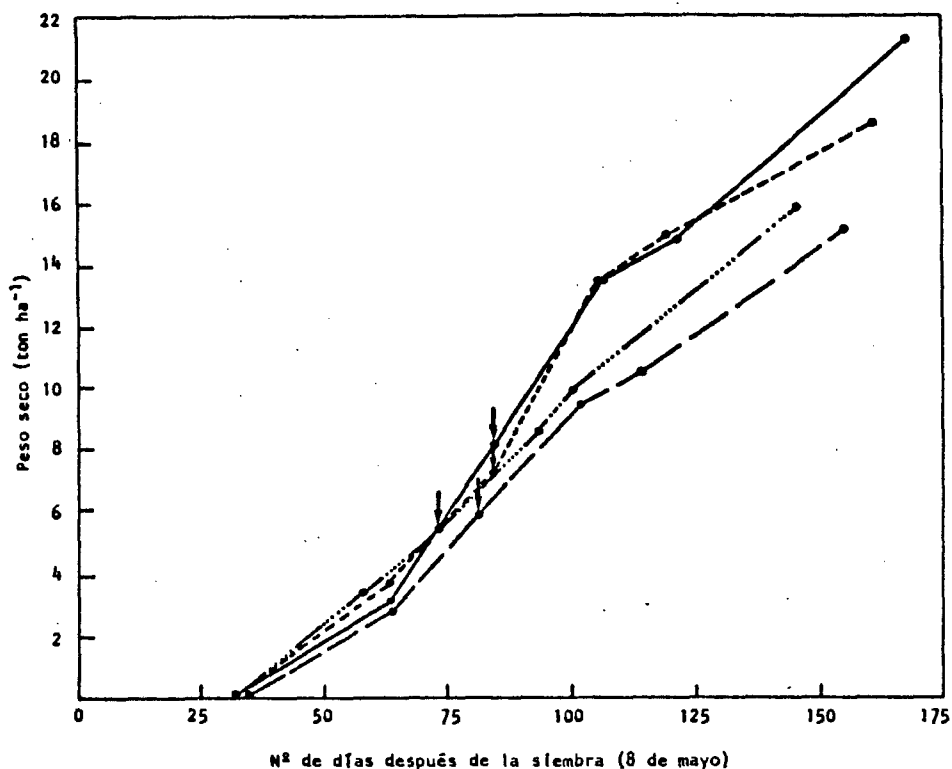


Fig. 2. Cambios en el peso seco con el tiempo para las variedades H-311 (-----), HV-313 (---), JALISCO-5 (.....) y B-840 (—), en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>. (↓) Floración femenina.

CUADRO 4. Pesos promedio de materia seca acumulada a diferentes etapas fenológicas (ton ha<sup>-1</sup>) en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

ETAPAS FENOLOGICAS	H-311	HV-313	JAL-5	B-840
5 hojas	0.17	0.16	0.19	0.18
12 hojas	3.64	2.81	3.39	3.08
Floración femenina	7.13	5.75	5.30	8.09
Estado lechoso	13.49	9.41	8.56	13.50
Estado masoso	14.90	10.48	9.86	14.84
Madurez fisiológica	18.64	15.25	15.87	21.26

excepción en la etapa de madurez fisiológica, donde el peso seco de JALISCO-5 es  $0.6 \text{ ton ha}^{-1}$  superior al peso seco de la variedad HV-313, además, también la variedad JALISCO-5 fue superior en las etapas de 5 y 12 hojas.

Es importante destacar, que la variedad JALISCO-5 presentó pesos secos mayores, con respecto a las demás variedades, únicamente para los primeros 70 días después de la siembra.

Las causas de las diferencias encontradas en los pesos secos, entre variedades, seguramente se debe en parte a las desigualdades en la duración de sus ciclos de cultivo; sin embargo, con la ayuda del análisis gráfico de los parámetros de crecimiento, se puede tener un entendimiento más preciso del origen de estas diferencias.

### 3. Area foliar

Al analizar el área foliar (Figura 3), se encontró que existe una clara diferencia en cuanto a la cantidad que desarrollaron cada una de las variedades. La variedad B-840 presentó, a lo largo de todo su ciclo, mayor área foliar en comparación con las demás variedades, alcanzando en su punto máximo  $95 \text{ dm}^2$  en promedio por planta. La variedad H-311 fue la que más se acercó a la anterior alcanzando en su punto máximo  $84 \text{ dm}^2$  en promedio por planta. La variedad HV-313 con respecto a las dos anteriores tuvo valores considerablemente menores y alcanzó en su punto máximo  $70 \text{ dm}^2$  en promedio por planta. La variedad JALISCO-5 presentó la menor área foliar de las 4 variedades, y alcanzó en su punto máximo tan sólo  $55 \text{ dm}^2$  en promedio por planta.

En las cuatro variedades se observó la misma ten-

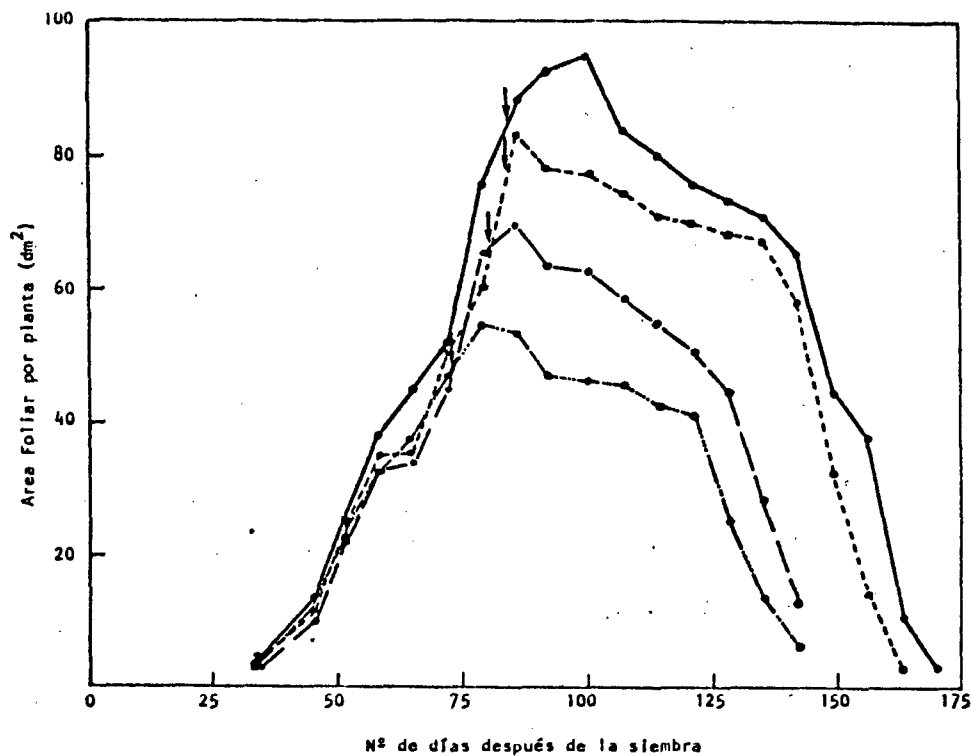


Fig. 3. Cambios en el Área Foliar con el tiempo para las variedades H-311 (-----) HV-313 (—•—•—), Jalisco-5 (—•••••) y B-840 (—•—•—), en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>. (|) Floración femenina.

dencia general de área foliar con respecto al tiempo, es decir, se tuvieron valores siempre ascendentes a partir del primer muestreo, hasta llegar a un punto máximo, después del cual empezaron a descender hasta llegar a prácticamente cero en los últimos muestreos. Este valor máximo de área foliar, se presentó pocos días después de la floración femenina en las cuatro variedades. En B-840 se presentó 16 días después de la floración, en H-311 con tan sólo 2 días de diferencia, en HV-313 con 5 días de diferencia y en JALISCO-5 con 6 días de diferencia. También se detectó que en los primeros muestreos anteriores a la floración, las diferencias en el área foliar, entre variedades, no fueron muy grandes (ver Cuadro 5) y que a partir de la presentación respectiva de dicha etapa en cada una de las variedades, las diferencias se fueron haciendo más pronunciadas, esto indica que la floración femenina en cierto modo frena

el crecimiento del área foliar, y como el número de días a esta etapa es diferente entre todos los materiales, esto último se convierte en la causa de las diferencias encontradas.

Todo lo anterior indica que existe una relación directa entre el número de días a floración y la cantidad de área foliar que desarrolla un genotipo, es decir, en aquellos genotipos en que la floración sea precoz, tenderán a desarrollar menor área foliar que aquellos otros cuya floración se presente con un número mayor de días a partir de la fecha de siembra.

CUADRO 5. Área Foliar (AF) promedio, en  $\text{dm}^2$  por planta, para la densidad de 60,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

Nº de Muestreo.	AF				Nº de Muestreo.	AF			
	H-311	HV-313	JAL-5	B-840		H-311	HV-313	JAL-5	B-840
1	3.38	3.11	3.31	4.41	11	75.22	58.84	46.00	84.01
2	11.46	9.87	11.59	13.35	12	71.74	55.36	42.52	80.68
3	25.12	22.04	23.04	25.40	13	70.36	50.86	41.60	76.37
4	35.51	32.63	32.09	38.53	14	68.57	44.67	25.42	73.93
5	35.63	34.18	38.11	45.36	15	67.65	28.38	0.14	71.44
6	50.87	45.17	47.14	52.21	16	58.56	13.24	0.07	65.69
7	60.73	65.92	54.68	76.75	17	33.15	- -	- -	45.27
8	83.60	69.67	53.44	88.33	18	14.33	- -	- -	38.09
9	78.32	63.45	47.35	93.07	19	2.76	- -	- -	10.68
10	77.97	62.98	46.43	95.12	20	- -	- -	- -	2.52



#### 4. Rendimiento de grano, paja, biomasa total e - Indice de Cosecha.

##### 4.1. Rendimiento de grano

En el Cuadro 6 se presentan los rendimientos de grano al 14% de humedad, sólo en la densidad de 60,000 plantas  $ha^{-1}$ , en él se puede apreciar que la variedad más rendidora fue B-840, siguiéndole en orden descendente las variedades H-311, HV-313 y JALISCO-5.

Si se asocian los resultados de rendimiento de grano con los resultados de materia seca acumulada, área foliar y N° de días a las etapas fenológicas posteriores a la floración, se puede descubrir que existe una relación directamente proporcional entre ellos (al menos en las condiciones en que se realizó el experimento), es decir, las variedades que tuvieron más rendimiento de grano tuvieron también mayor cantidad de área foliar, materia seca acumulada (para las etapas fenológicas respectivas) y N° de días a las etapas fenológicas posteriores a la floración femenina, lo cual puede explicar, en parte, las diferencias encontradas en el rendimiento de grano entre las variedades; sin embargo, es probable que analizando la relación entre rendimiento de grano y componentes del rendimiento, parámetros del crecimiento e índices fisiotécnicos, se logre tener una explicación más completa de los resultados.

Si se quiere consultar en detalle la forma de obtención de los rendimientos de grano, así como los rendimientos de rastrojo más olote y los rendimientos de biomasa total, consúltese el Cuadro 6A.

CUADRO 6. Rendimiento de grano, paja, biomasa total --- (Kg ha<sup>-1</sup>) e Índice de Cosecha (IC) en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

VARIETADES	RENDIMIENTO DE GRANO	RENDIMIENTO <sup>1/</sup> DE PAJA	RENDIMIENTO BIOMASA TOTAL	IC
H-311	9,973	11,246	21,219	0.45
HV-313	7,871	7,319	15,191	0.50
JAL-5	7,291	7,896	15,188	0.46
B-840	10,131	14,991	25,122	0.38

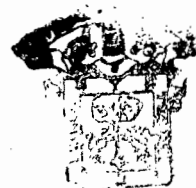
1/ Se refiere al peso del rastrojo más olote.

En cuanto al análisis estadístico de la variable rendimiento de grano se encontró que para los factores "variedades" y "densidades" hubo diferencias altamente significativas, en tanto que para "repeticiones" y para "interacción variedades por densidades", no se presentaron diferencias estadísticas significativas. El coeficiente de variación obtenido se considera bueno para el cultivo de maíz en condiciones de temporal, y además nos indica que el manejo de las unidades experimentales fue adecuado (Cuadro 7).

CUADRO 7. Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	F.05	F.01
REPETICIONES	2	996,388	498,194	0.57 NS	3.44	5.72
VARIETADES	3	35'673,580	11'891,193	13.71 **	3.05	4.82
DENSIDADES	2	36'205,243	18'102,622	20.86 **	3.44	5.72
VAR. X DENS.	6	1'599,838	266,640	0.31 NS	2.55	3.76
ERROR	22	19'087,394	867,609	- - -	- - -	- - -
TOTAL	35	93'562,443	- - -	- - -	- - -	- - -

\*\* Significativa al 1%      NS No significativa  
Coeficiente de variación (CV) = 11.05%



## 4.2. Rendimiento de biomasa total

 ESCUELA DE AGRICULTURA  
 BIBLIOTECA

La jerarquía de los valores de biomasa total fue igual a la obtenida en los rendimientos de grano; es decir, la variedad B-840 tuvo el valor más alto. Le siguieron en orden descendente las variedades H-311, HV-313 y JALISCO-5 (Cuadro 6). La diferencia en el rendimiento de biomasa total entre las variedades HV-313 y JALISCO-5 fue de apenas  $3 \text{ kg ha}^{-1}$ , sin embargo en HV-313 la mayor parte es aportada por el rendimiento de grano, en tanto que en JALISCO-5 el rendimiento de paja contribuye en mayor proporción al rendimiento de biomasa total que el rendimiento de grano. La comparación entre las variedades HV-313 y JALISCO-5 nos orienta en cuanto a la dirección que se debe tomar en el mejoramiento genético; es decir, no sólo se debe procurar seleccionar las variedades con un más alto rendimiento de grano, sino que también se debe analizar el rendimiento de paja, para descubrir qué tan eficiente es el material; es decir, los materiales más deseables serían aquellos cuyo rendimiento de grano sea proporcionalmente mayor a su rendimiento de paja, como en el caso de la variedad HV-313.

El análisis estadístico para la variable rendimiento de biomasa total indica que para los factores "densidades" y "variedades", las diferencias fueron altamente significativas, en cambio para "repeticiones" y para "interacción variedades por densidades" las diferencias no fueron estadísticamente significativas (Cuadro 8).

CUADRO 8. Análisis de varianza para la variable rendimiento de biomasa total.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	F.05	F.01
REPETICIONES	2	7'698,630	3'849,315	0.87 NS	3.44	5.72
VARIEDADES	3	536'592,440	178'864,147	40.64 **	3.05	4.82
DENSIDADES	2	234'063,780	117'031,890	26.59 **	3.44	5.72
VAR. X DENS.	6	18'422,870	3'070,478	0.70 NS	2.55	3.76
ERROR	22	96'815,090	4,400,686	- -	- -	- -
TOTAL	35	893'592,810	- - -	- -	- -	- -

\*\* Significativa al 1%

NS No significativa

CV = 11.30

## 4.3. Rendimiento de paja

Por lo que respecta al rendimiento de paja (Cuadro 6), nuevamente la variedad B-840 tuvo el valor más alto, -- después de ella siguieron las variedades H-311, JALISCO-5 y HV-313 con valores menores en orden descendente, es importante destacar que a diferencia de los resultados obtenidos para el rendimiento de grano, ahora la variedad HV-313 tuvo el valor más bajo intercambiando su lugar con la variedad JALISCO-5, y además fue la única variedad donde el peso de grano superó al peso de paja, lo cual quiere decir que más de la mitad del peso total de la planta está representado por el peso del grano.

En el análisis estadístico para esta característica, se encontró que tanto para el factor "densidades" como para el factor "variedades", las diferencias fueron altamente significativas; en cambio, la interacción entre ambos -- factores no fue significativa. El coeficiente de variación obtenido respalda la confiabilidad de los datos (Cuadro 9).

CUADRO 9. Análisis de varianza para la variable rendimiento de paja.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	F.05	F.01
REPETICIONES	2	4'426,084	2'213,042	0.99 NS	3.44	5.72
VARIETADES	3	306'470,000	102'160,000	45.54 **	3.05	4.82
DENSIDADES	2	87'151,754	43'575,877	19.42 **	3.44	5.72
VAR. X DENS.	6	13'318,183	2'219,697	0.99 NS	2.55	3.76
ERROR	22	49'353,979	2'243,363	- - -	- - -	- - -
TOTAL	35	460'720,000	- - -	- - -	- - -	- - -

\*\* Significativa al 1%      NS No significativa      CV = 14.78 %

#### 4.4. Índice de Cosecha

La relación entre el rendimiento de grano y el rendimiento biológico total presentó valores considerablemente diferentes entre las 4 variedades analizadas (Cuadro 6).

El índice de cosecha más bajo lo tuvo la variedad B-840, aún cuando su rendimiento de grano fue el más alto; en contraste, la variedad HV-313, que tuvo el IC más alto, alcanzó un rendimiento de grano considerablemente menor. - Estas diferencias indican que los genotipos más rendidores no necesariamente son los más eficientes para la conversión de materia seca total en materia seca de importancia económica. Este punto debe ser tomado en cuenta en el fitomejoramiento genético, ya que puede ser utilizado como criterio de selección y evaluación de genotipos.

El análisis estadístico de la variable Índice de Cosecha revela que el factor "variedades" fue el único que presentó diferencias significativas. El coeficiente de variación indica que hubo buen manejo de las unidades experimentales (Cuadro 10).

CUADRO 10. Análisis de varianza para la variable Índice de Cosecha.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	SUMA CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F	F.05	F.01
REPETICIONES	2	0.0042889	0.0021444	1.23 NS	3.44	5.72
VARIETADES	3	0.0678222	0.0226074	12.91 **	3.05	4.82
DENSIDADES	2	0.0048389	0.0024194	1.38 NS	3.44	5.72
VAR. X DENS.	6	0.0055611	0.0009268	0.53 NS	2.55	3.76
ERROR	22	0.0385111	0.0017505	- - -	- - -	- - -
TOTAL	35	0.1210222	-	- - -	- - -	- - -

\*\* Significativa al 1%      NS No significativa      CV = 9.46 %

#### 4.5. Efecto de la densidad en el rendimiento de grano

En todas las variedades un incremento en la densidad de población de plantas se tradujo en un incremento en el rendimiento de grano (Fig. 4), aunque éste fue mayor al pasar de la densidad de 40,000 a 60,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  que al pasar de 60,000 a 80,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  en todos los casos.

Al pasar de la densidad de 40,000 a 60,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , la variedad H-311 tuvo un incremento del 31%, que fue el más alto de las 4 variedades, le siguió la variedad B-840 con un 26% y las variedades HV-313 y JALISCO-5 con un 22 y un 19% respectivamente.

El incremento en el rendimiento de grano al pasar de 60,000 a 80,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , alcanzó un 15% en la variedad JALISCO-5, en tanto que la variedad HV-313 alcanzó un 9%. En las variedades H-311 y B-840 el incremento fue apenas perceptible con un 2 y un 5% respectivamente.

Estos resultados indican que los materiales precoces como JALISCO-5 y HV-313 fueron más eficientes, que los materiales tardíos al pasar de la densidad de 60,000 a 80,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  lo cual quizá se deba a que el IAF máximo desarrollado a esta última densidad llegó a ser alrededor de 5 (Cuadro 11), en ambas variedades, condición que les permitió aprovechar mejor el terreno, encontrándose bien distribuidas para captar el máximo de radiación solar por unidad de superficie, no permitiendo además el sombreado mutuo entre las hojas.

Por otra parte, las variedades H-311 y B-840 que desarrollaron más área foliar, alcanzando un IAF máximo de hasta 5.8 y 6.7 respectivamente (ver Cuadro 11), tuvieron incrementos muy bajos en el rendimiento de grano, probable-

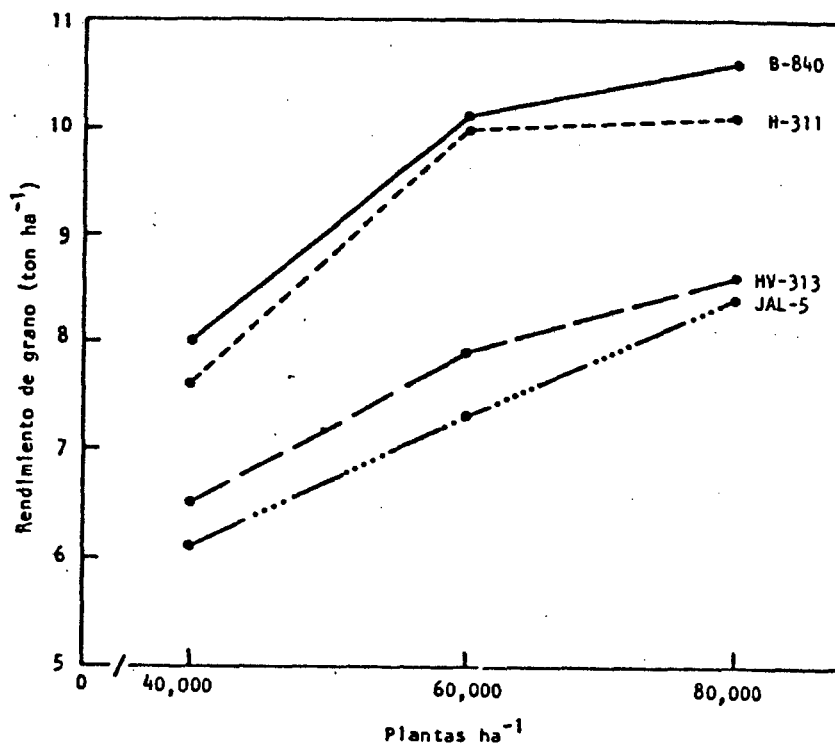


Fig. 4. Rendimiento de grano en tres densidades para las cuatro variedades evaluadas.

mente a consecuencia del sombreo mutuo entre las hojas, condición que generalmente se presenta a altas densidades y que afecta negativamente el rendimiento de grano. Es probable que para estas variedades exista una densidad de siembra óptima entre el rango de 60,000 a 80,000 plantas ha<sup>-1</sup> donde el rendimiento sea máximo; sin embargo, el IAF y la densidad de siembra no son los únicos factores agronómicos que afectan el rendimiento de grano, tal como lo señalan Tanaka y Yamaguchi (1977) al escribir: "La clave para un rendimiento más alto de grano es mantener un alto número de granos por unidad de área foliar, combinado con un alto IAF. Para este propósito, es de capital importancia mantener un alto porcentaje de plantas que lleven mazorca y un alto número de granos por mazorca a cortas distancias de siembra".

Al parecer, según los resultados del trabajo y pa-

CUADRO 11. Efecto de la densidad sobre el rendimiento de grano, rendimiento de paja, rendimiento de biomasa total, Índice de Cosecha (IC) e Índice de Área Foliar (IAF) máximo.

VARIEDAD	DENSIDAD PLANTAS ha <sup>-1</sup>	RENDIMIEN TO DE GRA NO. Kg ha <sup>-1</sup>	RENDIMIEN TO DE PA JA. Kg ha <sup>-1</sup>	RENDIMIEN TO TOTAL. Kg ha <sup>-1</sup>	IC	IAF MAXIMO
H-311	40,000	7,591	7,789	15,379	0.47	3.2
	60,000	9,973	11,246	21,219	0.45	5.0
	80,000	10,121	13,985	24,106	0.40	5.8
HV-313	40,000	6,477	5,806	12,283	0.51	2.8
	60,000	7,871	7,319	15,191	0.50	4.2
	80,000	8,558	8,370	16,928	0.49	5.3
JAL-5	40,000	6,109	6,486	12,595	0.47	2.4
	60,000	7 291	7 896	15,188	0.46	2.9
	80,000	8,401	9 138	17,540	0.45	4.7
B-840	40,000	8,043	12,407	20,450	0.37	3.7
	60,000	10,131	14,991	25,122	0.38	5.7
	80,000	10,593	16,155	26,748	0.37	6.7

ra las condiciones del mismo, siempre un incremento en la densidad de población, producirá un incremento en el IAF y en el rendimiento de grano; sin embargo, Elías, Gagianas y Gerakis (1979) mencionan que aunque en la densidad de 120,000 plantas ha<sup>-1</sup> el IAF aumenta con respecto al obtenido en la densidad de 80,000 plantas ha<sup>-1</sup>, esto no sucede con el rendimiento de grano el cual disminuye. Además, se ha comprobado que en altas densidades de siembra, el número de plantas que no producen mazorca aumenta, especialmente cuando el nitrógeno es limitante, condición que se traduce



en una disminución en el número de mazorcas por unidad de área sembrada y por ende también del número de granos por unidad de área sembrada, o sea, la demanda fisiológica, la cual se considera es el factor más importante en la determinación del rendimiento de grano (Tanaka y Yamaguchi, 1977).

En cuanto a las diferencias en el rendimiento de grano entre las distintas variedades, sembradas a una misma densidad, se detectó que en todas las densidades el orden de las variedades de mayor a menor rendimiento de grano fue el siguiente: B-840, H-311, HV-313 y JALISCO-5. La causa de estas diferencias ya ha sido previamente discutida al inicio de este capítulo.

#### 4.6. Efecto de la densidad en el rendimiento de paja

Nuevamente, como en el caso del rendimiento de grano, al incrementar la densidad de población se incrementó el rendimiento de paja (Fig. 5), y aunque también en este caso el aumento fue proporcionalmente mayor al pasar de la densidad de 40,000 a 60,000 plantas  $ha^{-1}$  que al pasar de 60,000 a 80,000 plantas  $ha^{-1}$ , se presentaron ciertas diferencias.

Al incrementar la densidad de 40,000 a 60,000 plantas  $ha^{-1}$ , la variedad H-311 tuvo un aumento de 44%, en tanto que las variedades HV-313, JALISCO-5 y B-840 tuvieron un incremento de 26, 22 y 21%, respectivamente.

Los incrementos al pasar de la densidad de 60,000 a 80,000 plantas  $ha^{-1}$ , aunque menores con respecto a los anteriores, no fueron proporcionalmente tan pequeños como en el caso del rendimiento de grano; la variedad H-311 tuvo el más alto, un 24%, las variedades HV-313, JALISCO-5 y B-840

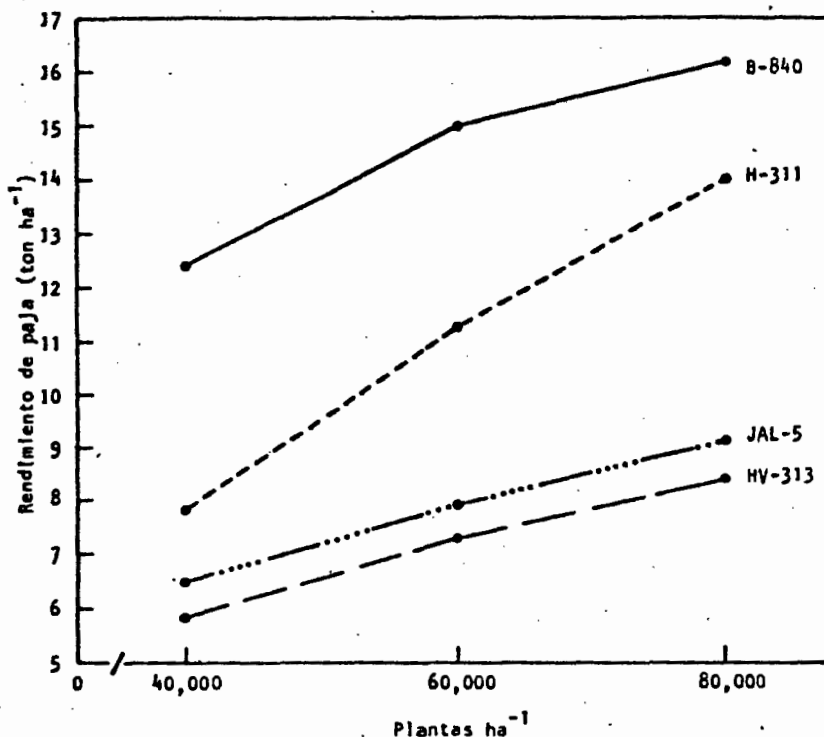


Fig. 5. Rendimiento de paja en tres densidades para las cuatro variedades evaluadas.

tuvieron un 14, 16 y 8% respectivamente.

#### 4.7. Efecto de la densidad en el rendimiento de biomasa total.

Los resultados del rendimiento de biomasa total fueron similares, en cuanto al comportamiento general, a los resultados del rendimiento de paja. Al incrementar la densidad de 40,000 a 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>, la variedad H-311 aumentó en un 38% su rendimiento de biomasa total, en tanto que las variedades HV-313, JALISCO-5 y B-840 tuvieron incrementos del 24, 21 y 23%, respectivamente (Fig. 6).

Al igual que para el rendimiento de paja, los incrementos al pasar de la densidad de 60,000 a 80,000 plantas ha<sup>-1</sup> fueron proporcionalmente más grandes a los obteni-

total pueda seguirse incrementando en densidades donde el rendimiento de grano empieza a descender, se deba a que el primero está influenciado en forma principal por el IAF --- (sombreo mutuo entre las hojas) y por el acame, en tanto -- que el rendimiento de grano, además de esos factores, intervienen otros como el tamaño de la demanda fisiológica que puede resultar afectada negativamente en altas densidades de siembra, o dicho de otra manera, las relaciones entre la fuente y la demanda fisiológica, son menos favorables para el rendimiento de grano que para el rendimiento de materia seca total en altas densidades de siembra.

#### 4.8. Efecto de la densidad en el Índice de Cosecha (IC)

El efecto del incremento en la densidad de siembra sobre el IC fue similar en todas las variedades. El IC tendió a caer con el incremento en la densidad (Fig. 7), aun que sus diferencias no fueron estadísticamente significativas (Cuadro 10). Este resultado confirma lo encontrado previamente por: Elías, Gagianas y Gerakis (1979), Gerakis y Papakosta-Tasopoulou (1979) y González y otros citados por Ortiz, Mendoza y González (1985).

Los índices de cosecha obtenidos parecen indicar que la acumulación de fotosintatos en el grano llega a ser menos eficiente con el incremento en la densidad.

Es importante hacer notar la superioridad de los genotipos más precoces (HV-313 y JALISCO-5) sobre los genotipos más tardíos (H-311 y B-840). En todas las densidades la variedad HV-313 tuvo los valores más altos, le siguieron en orden descendente las variedades JALISCO-5, H-311 y B-840 (Cuadro 11).

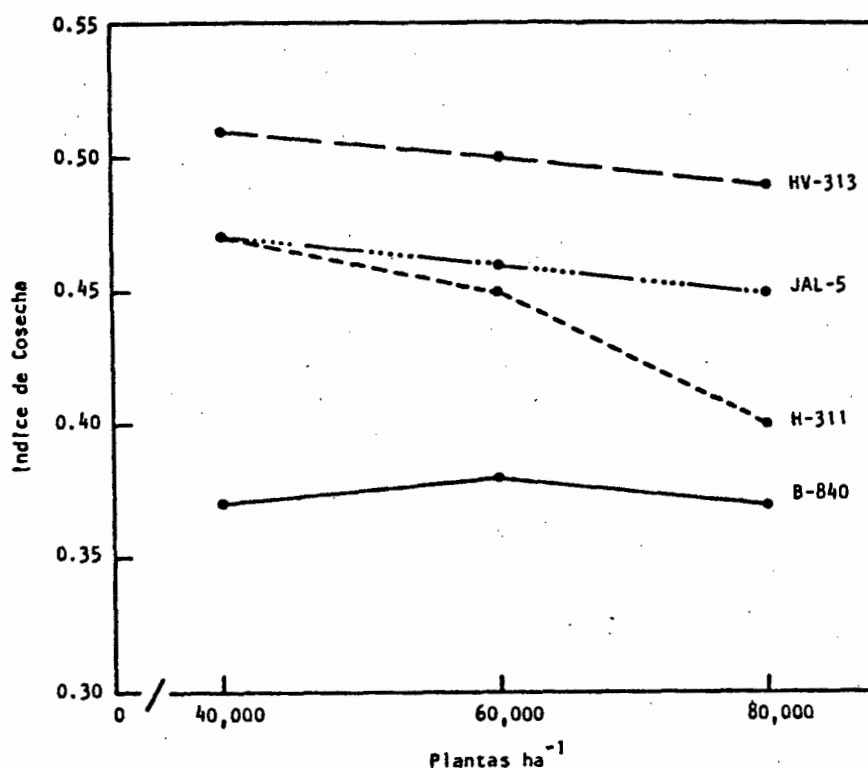


Fig. 7. Índice de Cosecha en tres densidades para las cuatro variedades evaluadas.

## 5. Componentes del Rendimiento

Los únicos componentes del rendimiento que se estimaron fueron el período de llenado del grano y la tasa de llenado del grano. La tasa de llenado del grano se calculó a nivel área en  $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$  y únicamente para la densidad de 60,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

### 5.1. Período de Llenado del Grano (PLLG)

Las variedades de mayor ciclo biológico también tuvieron mayor período de llenado del grano (Cuadro 12). La variedad B-840 tuvo el mayor número de días, siguiéndole en orden descendente las variedades H-311, HV-313 y JALISCO-5. Parece que los altos rendimientos de grano están relacionados con largos períodos de llenado del grano, lo cual según Tanaka y Yamaguchi (1977) se debe a que por un mayor período

do post-antesis está ocurriendo fotosíntesis, y se sabe que la mayoría de los productos fotosintetizados durante esta etapa, se acumulan principalmente en el grano.

CUADRO 12. Rendimiento, Período de LLenado (PLLG) y Tasa de Llenado del Grano (TLLG) para las cuatro variedades evaluadas a 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

VARIEDAD	RENDIMIENTO Kg ha <sup>-1</sup>	PLLG días	TLLG kg ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>
H-311	9,973	77	129.5
HV-313	7,871	74	106.4
JAL-5	7,291	72	101.3
B-840	10,131	84	120.6

## 5.2. Tasa de LLenado del Grano (TLLG)

Las tasas de llenado del grano parecen estar menos asociadas con el rendimiento de grano que el PLLG. La TLLG más alta fue obtenida por la variedad H-311 (Cuadro 12).

## 6. Parámetros del crecimiento

### 6.1. Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC)

Al analizar la tendencia general de la curva de la TCC (Fig. 8), se puede apreciar que las 4 variedades tuvieron un comportamiento similar. En las primeras etapas mostraron valores siempre ascendentes hasta la etapa 4, la cual comprende el período de tiempo transcurrido de la flo-

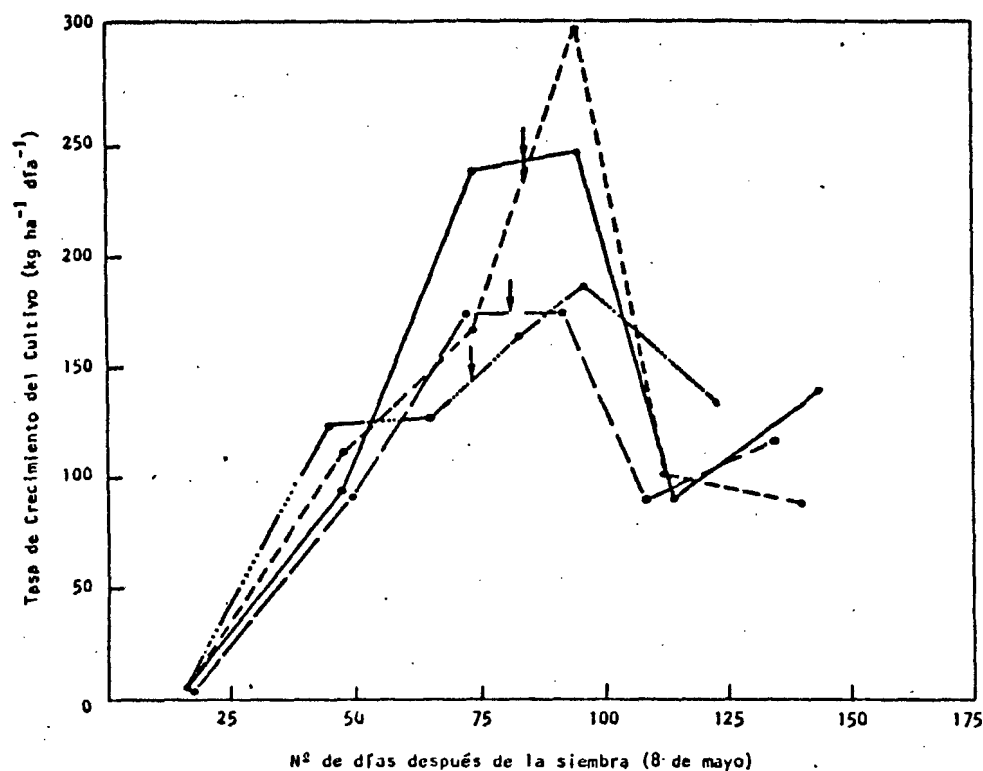


Fig. 8. Cambios a través del ciclo en la Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC) - para las variedades H-311 (-----), HV-313 (—), Jalisco-5 (.....) y B-840 (—•—), en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>. (↓) Floración femenina.

ración femenina al estado lechoso. La excepción fue la variedad JALISCO-5 que tuvo valores ascendentes hasta la etapa 5 (de estado lechoso a estado masoso). A partir de la etapa 4 se tuvieron valores siempre descendentes hasta la última etapa (etapa 6: de estado masoso a madurez fisiológica); sólo las variedades HV-313 y B-840 presentaron un valor nuevamente ascendente en la etapa 6. Resultados similares, en cuanto a la tendencia general de la curva, han sido reportados por: Allison, Allesi y Power, Goldsworthy y Colegrove, todos ellos citados por Gerakis y Papakosta-Tasopoulou (1979), Sivakumar y Shaw (1977) y Elías, Gagianas y Gerakis (1979).

En todas las variedades, excepto JALISCO-5, la máxima TCC se obtuvo en la etapa 4 (véase Cuadro 13), lo que indica que de la floración a la etapa de estado lechoso la

planta produce el máximo de materia seca en comparación con las demás etapas, además, si consideramos que la duración - de este período es relativamente corta, podemos afirmar que en la etapa 4 se acumula la mayor cantidad de materia seca y a la mayor velocidad. Debido a que la floración se considera como el final de la fase vegetativa, se puede deducir que el incremento en peso antes mencionado se transfiere al grano, de ahí la importancia de que en esta etapa se deban mantener condiciones agronómicas favorables para lograr los más altos rendimientos.

CUADRO 13. Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC) en  $\text{Kg ha}^{-1}$  día<sup>-1</sup> para diferentes etapas, en la densidad de 60,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

ETAPAS	H-311	HV-313	JAL-5	B-840
1. Siembra-5 hojas	5.4	4.5	5.9	5.6
2. 5 hojas-12 hojas	111.8	91.3	123.2	93.4
3. 12 hojas-flor. fem.	166.4	173.4	127.0	238.6
4. Flor. fem. - edo. lechoso	302.5	173.9	163.1	246.1
5. Edo. lechoso - edo. masoso	101.3	89.4	186.4	89.5
6. Edo. masoso - madurez fisiol.	88.9	116.3	133.5	139.4

Si asociamos la TCC con el rendimiento de grano, - podemos deducir que las variedades que tuvieron valores más altos (H-311 y B-840) para dicho parámetro en la etapa 4, - tuvieron también mayores rendimientos de grano y biomasa total (Cuadro 14), lo cual viene a corroborar la afirmación - antes hecha en ese sentido y concuerda con lo que reportan Tanaka y Yamaguchi (1977), quienes encontraron que hay una correlación positiva entre el rendimiento de grano y la producción de materia seca después de la floración femenina.

CUADRO 14. Rendimiento de grano y biomasa total en  $\text{kg ha}^{-1}$  y valores máximos de la Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC), en  $\text{Kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ , para la densidad de 60,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

VARIEDAD	REND. GRANO	BIOMASA TOTAL	TCC MAXIMA
B-840	10,131	25,122	246
H-311	9,973	21,219	303
HV-313	7,871	15,191	174
JAL-5	7,291	15,188	186

No parece existir una superioridad muy clara en la TCC de alguna variedad con respecto a las otras, ya que --- mientras en alguna etapa cierta variedad es superior, en -- otra etapa ya no lo es, es decir, esta superioridad no se - mantiene constante a través de todas las etapas en ninguna de las variedades.

#### 6.2. Tasa de Crecimiento Relativa (TCR)

Al analizar la Figura 9, nos damos cuenta que para todas las variedades, excepto B-840, la TCR tuvo su valor - máximo en la etapa 2, que comprende de la etapa de planta - con 5 hojas, hasta la planta con 12 hojas resultando que -- coincide con lo encontrado por Sánchez y Ordaz, 1985; y por Voldeng y Blackman (1972). Posteriormente en todos los casos se tuvo un rápido decremento para las siguientes etapas y en todas las variedades, el cual fue haciéndose más gra - dual en las últimas etapas.

Los cambios con el tiempo para la TCR fueron simi - lares para las 4 variedades. No parece haber una superiori - dad clara de algún genotipo con respecto a los otros a tra - vés de todas las etapas. En la segunda etapa se dieron las



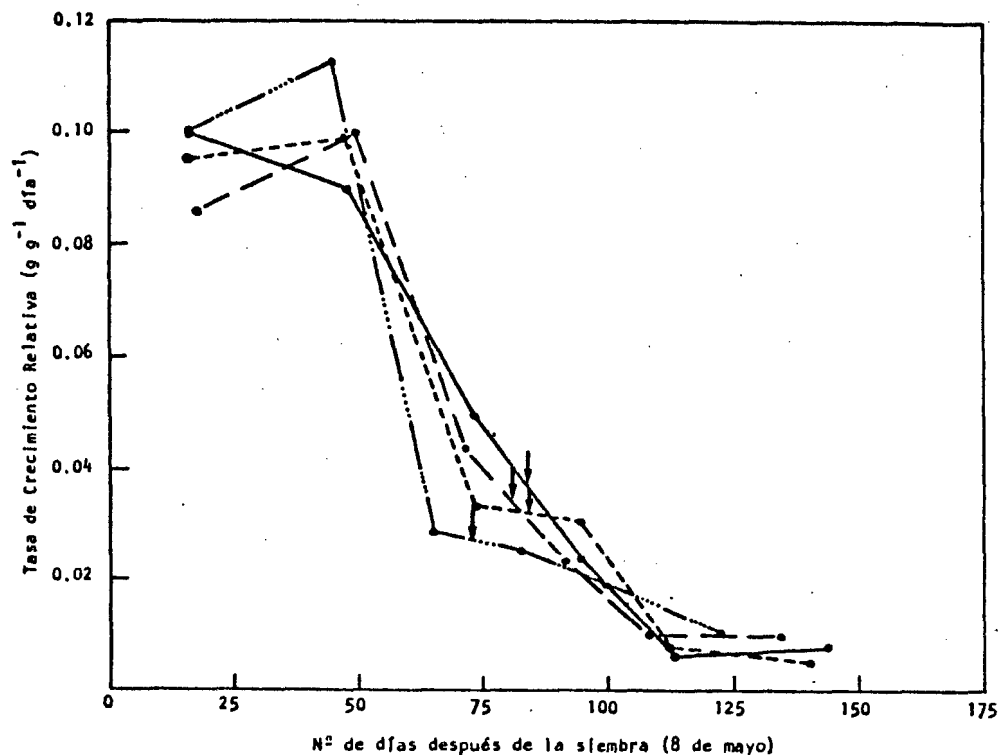


Fig. 9. Cambios a través del ciclo en la Tasa de Crecimiento Relativa (TCR) para las variedades H-311 (-----), HV-313 (---), Jalisco-5 (.....) y B-840 (—), en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>. (↓) Floración femenina.

más grandes diferencias; la variedad JALISCO-5 tuvo el mayor valor, siguiéndole las variedades HV-313 y H-311 con un valor muy similar entre ambas, y al final la variedad B-840 con el menor valor. En la tercera etapa los valores se invirtieron completamente, es decir, el mayor valor lo tuvo la variedad B-840 y el menor la variedad JALISCO-5. Para las demás etapas las diferencias entre genotipos no fueron muy apreciables (ver Cuadro 15).

La TCR se considera como el producto de dos componentes que son: la Tasa de Asimilación Neta (TAN) y la Relación del Area Foliar (RAF) (Voldeng y Blackman, 1972), por tal razón si queremos encontrar una explicación de los resultados encontrados, es probable que analizando el comportamiento tanto de la TAN como de la RAF, con respecto a los valores de la TCR, se pueda encontrar una relación entre ellos que explique las diferencias obtenidas.

CUADRO 15. Tasa de Crecimiento Relativa (TCR) en  $g\ g^{-1}\ día^{-1}$  para diferentes etapas, en la densidad de 60,000 plantas  $ha^{-1}$

ETAPAS	H-311	HV-313	JAL-5	B-840
1. Siembra - 5 hojas	0.095	0.088	0.100	0.099
2. 5 hojas - 12 hojas	0.099	0.099	0.113	0.089
3. 12 hojas - flor. fem.	0.034	0.044	0.028	0.049
4. Flor. fem. - edo. lechoso	0.030	0.023	0.025	0.023
5. Edo. lechoso - edo. masoso	0.007	0.010	0.019	0.006
6. Edo. masoso - Madurez fisiol.	0.005	0.009	0.010	0.008

Para fines de caracterización fenológica, así como para tener más puntos de muestreo que describan mejor, gráficamente, el comportamiento de la TCC y la TCR, es de gran utilidad realizar el mayor número de muestreos posibles, de materia seca, en todas las etapas fenológicas; sin embargo, para fines únicamente comparativos entre variedades, es más adecuado realizar muestreos para períodos de tiempo iguales, sin tomar en cuenta las etapas fenológicas, así se puede apreciar mejor la habilidad de cada material para acumular materia seca a un mismo número de días.

### 6.3. Índice de Area Foliar (IAF)

Los cambios con el tiempo para el IAF, en las 4 variedades (Fig. 10), son iguales a los encontrados para el IAF; nuevamente la variedad B-840, tuvo a lo largo de todo su ciclo, IAF mayores en comparación con las demás variedades, alcanzando en su punto máximo un valor de 5.7. La variedad H-311 fue la que más se acercó a la anterior, alcanzando en su punto máximo un IAF de 5.0. La variedad HV-313, con respecto a las dos anteriores, tuvo valores considerablemente

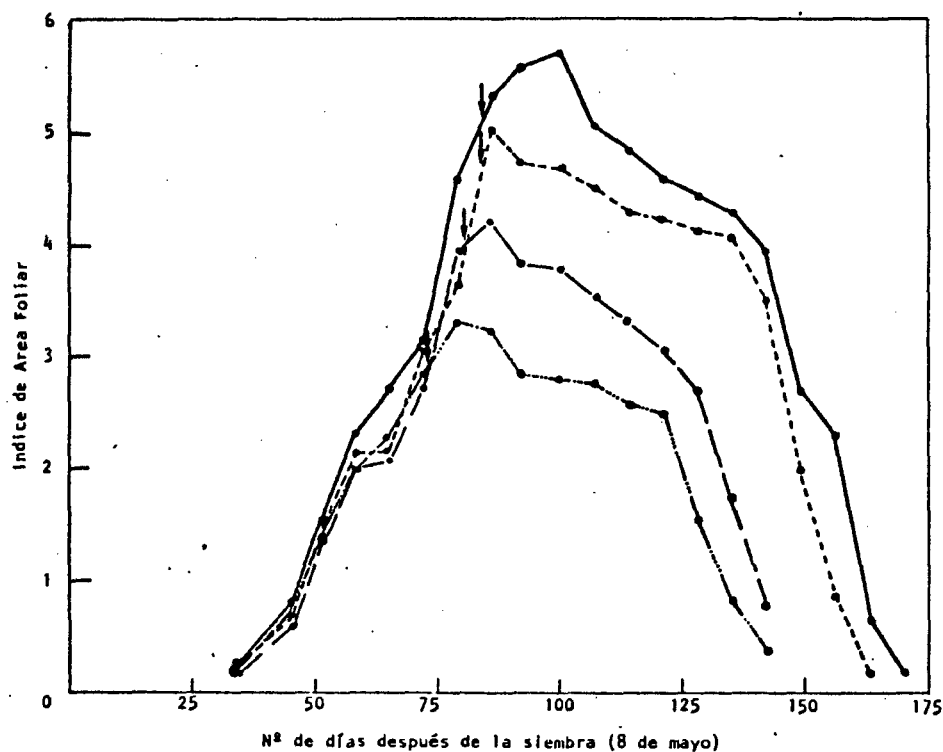


Fig. 10. Cambios a través del ciclo en el Índice de Área Foliar (IAF) para las variedades H-311 (-----), HV-313 (—•—•—), Jalisco-5 (—•••••) y B-840 (—•—•—), en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>. (↓) Floración femenina.

menores, y su IAF máximo fue de 4.2. La variedad JALISCO-5 presentó siempre los IAF más bajos y tan sólo alcanzó un IAF máximo de 3.3. Flores (1987) trabajando en Tepatitlán, Jalisco, bajo condiciones de temporal, encontró un IAF máximo de 2.9 y 4.7 para las variedades JALISCO-5 y HV-313 respectivamente. Ambas variedades fueron sembradas a la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Al igual que en el AF, el patrón de cambio del IAF con el tiempo fue similar en todas las variedades, o sea, se tuvieron valores siempre ascendentes en los primeros muestreos, hasta llegar a un punto máximo, a partir del cual se tuvieron valores siempre descendentes hasta el último muestreo (Cuadro 16). Este valor máximo también se presentó pocos días después de la floración femenina en cada una de las variedades, lo cual concuerda con lo encontrado

previamente por Eddowes, 1969; Allison, 1969; Goldsworthy y Colegrove, 1974 (todos ellos citados por Elías, Gagianas y Gerakis, 1979) y Gerakis y Papakosta-Tasopoulou (1979).

CUADRO 16. Índice de Area Foliar (IAF) promedio, en muestreos semanales para la densidad de 60,000 plantas  $ha^{-1}$

Nº de Muestreo.	IAF				Nº de Muestreo.	IAF			
	H-311	HV-313	JAL-5	B-840		H-311	HV-313	JAL-5	B-840
1	0.20	0.19	0.20	0.26	11	4.51	3.53	2.76	5.04
2	0.69	0.59	0.70	0.80	12	4.30	3.32	2.55	4.84
3	1.51	1.32	1.38	1.52	13	4.22	3.05	2.50	4.58
4	2.13	1.96	1.93	2.31	14	4.11	2.68	1.53	4.44
5	2.14	2.05	2.29	2.72	15	4.06	1.70	0.81	4.29
6	3.05	2.71	2.83	3.13	16	3.51	0.79	0.40	3.94
7	3.64	3.96	3.28*	4.61	17	1.99	- - -	- - -	2.72
8	5.02*	4.18*	3.21	5.30	18	0.86	- - -	- - -	2.29
9	4.70	3.81	2.82	5.58	19	0.17	- - -	- - -	0.64
10	4.68	3.78	2.79	5.71*	20	- - -	- - -	- - -	0.15

\* Valor máximo alcanzado.

Se encontró que las variedades que alcanzaron los más altos rendimientos de grano y biomasa total (peso seco) tuvieron los índices de área foliar máximos mayores (Cuadro 17), por lo menos para la densidad de 60,000 plantas  $ha^{-1}$ .

Elías Gagianas y Gerakis (1979) mencionan que la biomasa total máxima, en las condiciones de su experimento, fue obtenida con IAF = 5.5 (a una densidad de 120,000 plantas  $ha^{-1}$ ), y que el más alto rendimiento de grano correspondió a un IAF = 4.7 (a una densidad de 80,000 plantas  $ha^{-1}$ ),

mientras que valores más altos que éste estuvieron relacionados con los más bajos rendimientos de grano debido al sombro mutuo de las hojas en el dosel vegetal, lo que baja su efectividad fotosintética. Los mismos autores (Elías, Gagianas y Gerakis, 1979) mencionan que valores óptimos del IAF para rendimiento de grano han sido reportados por Butery, Duncan, y Prior y Russell, en tanto que los valores óptimos del IAF donde la TCC es máxima han sido reportados por Eddowes (dicho valor es de 4 y 4.5 para este caso).

CUADRO 17. Rendimiento de grano y de biomasa total en kg ha<sup>-1</sup>, e Índice de Area Foliar (IAF) máximo en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

---

VARIEDAD      REND GRANO      BIOMASA TOTAL      IAF MAXIMO

---

B-840	10,131	25,122	5.7
H-311	9,973	21,219	5.0
HV-313	7,871	15,191	4.2
JAL-5	7,291	15,188	3.3

---

Tanaka y Yamaguchi (1977) por su parte, han reportado que, después de la floración femenina, en las variedades de alto rendimiento (4-8 ton ha<sup>-1</sup>) no hay un IAF óptimo, aún a índices mayores de 8, para el cual la TCC del cultivo sea máxima. Para las variedades de bajo rendimiento (2 a 4 ton ha<sup>-1</sup>) hay un IAF óptimo entre 4 y 5 por encima del cual la TCC disminuye; y como se ha encontrado que la TCC está positivamente correlacionada con el rendimiento de grano, es de esperarse que el rendimiento de grano disminuya también.

Por todas las razones anteriores, podemos deducir

que en nuestro caso, las variedades HV-313 y JALISCO-5 que tuvieron índices de 4.2 y 3.3 respectivamente, pueden sembrarse a densidades mayores de 60,000 plantas  $ha^{-1}$ , con lo cual se podría aumentar su rendimiento de grano por hectárea.

Es necesario, para incrementar los rendimientos de grano por hectárea, determinar la densidad de siembra más adecuada. Para los genotipos de bajo rendimiento de grano, la densidad de siembra adecuada debe ser aquella en la que se obtenga un IAF entre 4 y 5, ya que este valor se considera como óptimo para la producción de materia seca en el período de llenado del grano; en tanto que para los genotipos de alto rendimiento de grano, en donde no se detecta un IAF óptimo, sería apropiado sembrarlos a una densidad adecuada para obtener un IAF máximo, siempre y cuando a dicha densidad no se presente el problema de acame de plantas y que los métodos de cultivo utilizados sean razonables.

#### 6.4. Tasa de Crecimiento Relativa Foliar (TCRF)

Analizando el patrón de la curva para la TCRF (Fig. 11) veremos que es similar al que presentó la TCR antes analizada. Sivakumar y Shaw (1977) encontraron que esta similitud entre ambos parámetros también se presentó en soya, y además mencionan que gran parte de la declinación o de la tendencia a la baja, en ambos parámetros, puede ser atribuida al incremento del sombreado mutuo entre las plantas.

En cuanto a la TCRF, para las 4 variedades hubo claramente un breve incremento entre los 45 y los 50 días después de la siembra, seguido por un acentuado decremento que llegó a su punto más bajo entre los 58 y los 65 días.

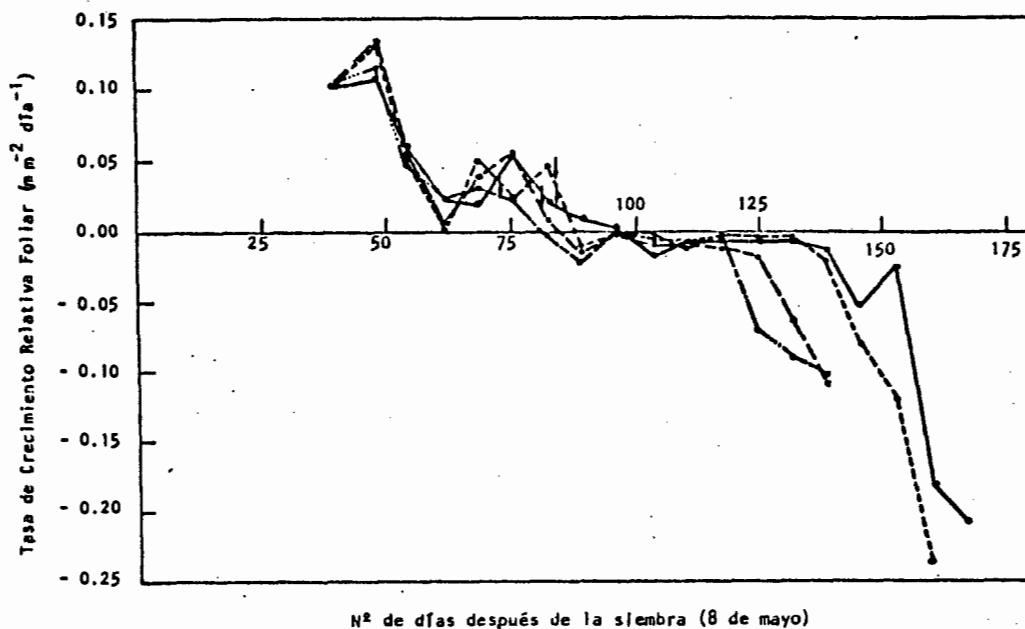


Fig. 11. Cambios a través del ciclo en la Tasa de Crecimiento Relativa Foliar (TCRF) para las variedades H-311 (---), HV-313 (—), JALISCO-5 (—) y B-840 (—) en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>. (↓) Floración femenina.

Subsecuentemente las tasas se incrementaron y tuvieron valores relativamente fluctuantes desde los 65 hasta los 86 --- días. Pocos días después, antes del final de este período, se presentó la floración femenina, a partir de la cual las tasas subsecuentes fueron siempre descendentes hasta llegar, incluso, a ser negativas (Cuadro 18). Si se considera a la floración masculina como el final del período vegetativo, - se tendrá una explicación de los valores negativos de la -- TCRF (Ramírez, 1985); aunque Voldeng y Blackman (1973) señalan que después de la semana N<sup>o</sup> 13, después de la siembra, la declinación de la TCRF está asociada con el marchitamiento de las hojas viejas.

#### 6.5 Duración del Area Foliar (DAF)

Al graficar la DAF (Fig. 12) se encontró un paralelismo entre su comportamiento y el del crecimiento del AF, lo cual, según Ramírez (1985), es consecuencia del método - de cálculo de la DAF. El mismo autor menciona que sin em -

CUADRO 18. Tasa de Crecimiento Relativa Foliar (TCRF) y Duración del Area Foliar (DAF) en  $m^2 m^{-2} día^{-1}$  y  $m^2$  por período de muestreo (7 días), respectivamente, en la densidad de 60,000 plantas  $ha^{-1}$

MUESTREO	T C R F				D A F			
	H-311	HV-313	JAL-5	B-840	H-311	HV-313	JAL-5	B-840
1- 2	0.1017	0.1053	0.1044	0.1007	0.89	0.72	0.89	0.98
2- 3	0.1308	0.1336	0.1145	0.1072	1.10	0.96	1.04	1.16
3- 4	0.0494	0.0560	0.0474	0.0595	2.12	1.91	1.93	2.24
4- 5	0.0005	0.0066	0.0245	0.0233	2.49	2.34	2.46	2.94
5- 6	0.0509	0.0398	0.0304	0.0201	3.03	2.78	2.98	3.42
6- 7	0.0253	0.0540	0.0212	0.0550	3.91	3.89	3.56	4.51
7- 8	0.0456	0.0079	-0.0033	0.0201	5.05	4.75	3.78	5.78
8- 9	-0.0109	-0.0156	-0.0216	0.0087	4.86	3.99	3.01	5.44
9-10	-0.0006	-0.0009	-0.0014	0.0027	6.25	5.06	3.74	7.53
10-11	-0.0051	-0.0097	-0.0013	-0.0177	5.36	4.26	3.24	6.27
11-12	-0.0068	-0.0087	-0.0112	-0.0058	5.14	3.99	3.10	5.76
12-13	-0.0028	-0.0121	-0.0031	-0.0078	4.97	3.72	2.94	5.50
13-14	-0.0037	-0.0185	-0.0703	-0.0046	4.86	3.34	2.35	5.26
14-15	-0.0020	-0.0648	-0.0899	-0.0049	4.77	2.56	1.36	5.09
15-16	-0.0205	-0.1039	-0.1022	-0.0120	4.42	1.46	0.71	4.80
16-17	-0.0813	--	--	-0.0532	3.21	--	--	3.88
17-18	-0.1199	--	--	-0.0247	1.66	--	--	2.92
18-19	-0.2354	--	--	-0.1817	0.60	--	--	1.71
19-20	--	--	--	-0.2065	--	--	--	0.46



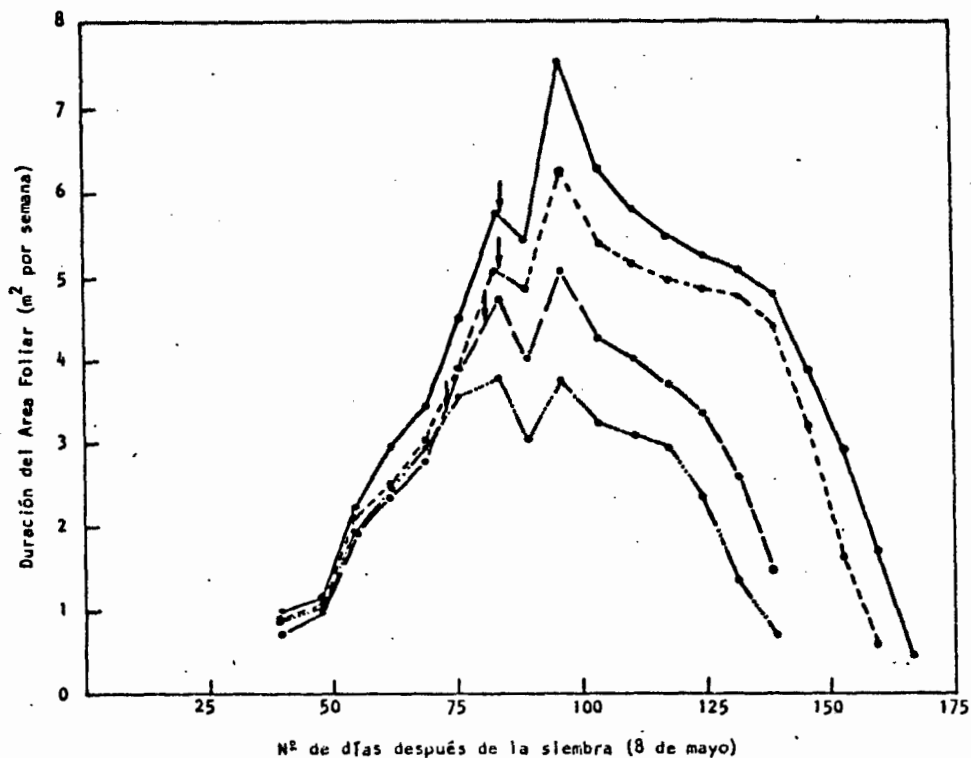


Fig. 12. Cambios a través del ciclo en la Duración del Area Follar (DAF) para las variedades H-311 (-----), HV-313 (---), JALISCO-5 (.....) y B-840 (—) en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>. (↓) Floración femenina.

bargo, la información que proporciona la DAF es diferente, ya que integra la cantidad de AF activa expuesta entre dos muestreos, y al mismo tiempo señala que se considera incorrecto denominar a este parámetro como Duración del Area Foliar, debido a que en el término duración está implícito el concepto de longevidad y bajo este método de cálculo, sólo se estima la cantidad de AF activa expuesta en un determinado período. De ahí que sea necesario definir el término adecuado para este parámetro, y además las expresiones matemáticas que efectivamente midan la duración del área foliar activa.

Nuevamente, como en el caso del AF, la curva representa valores siempre ascendentes a partir del primer período de muestreo, hasta llegar a un punto máximo (el valor máximo se presentó entre los 92 y los 100 días después

de la fecha de siembra), a partir del cual se presentaron valores siempre descendentes hasta el último período de muestreo. En las 4 variedades aproximadamente a los 90 días después de la fecha de siembra, se presentó un leve declive, antes de que la curva alcanzara su valor máximo; dicho declive puede deberse a que el número de días transcurridos de muestreo a muestreo, para esa fecha (6 días), fue menor que el número de días transcurridos entre la mayoría de los otros muestreos (7 días).

La variedad B-840 tuvo los valores más altos a través de todo el ciclo, siguiéndole en orden descendente las variedades H-311, HV-313 y JALISCO-5.

Parece que la DAF está relacionada con el rendimiento de biomasa total (Cuadro 19). Elías, Gagianas y Gerakis (1979) reportaron que la DAF estuvo cercanamente relacionada con la biomasa total; sin embargo, mencionan que la biomasa total no se incrementa proporcionalmente con el incremento en DAF. Godsworthy y Colegrove, citados por los mismos autores anteriores, encontraron con varios tipos de híbridos de maíz que los valores de la DAF para el período posterior a la floración fueron los más importantes para la biomasa total.

Watson (1947) también menciona que, en condiciones de constante Tasa de Asimilación Neta (TAN), la acumulación de materia seca sería proporcional a la DAF, y encontró que el peso seco de diferentes cultivos a la cosecha se incrementó constantemente con el incremento en la DAF y la razón rendimiento de peso seco/DAF, fue casi constante.

CUADRO 19. Rendimiento de biomasa total en  $\text{ton ha}^{-1}$  y promedio de la DAF durante el ciclo, en  $\text{m}^2$  por período de muestreo (7 días), para la densidad de 60,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

VARIEDAD	BIOMASA TOTAL	DAF (PROMEDIO)	BIOMASA TOTAL/DAF (PROMEDIO)
B-840	25.12	3.72	6.72
H-311	21.22	3.59	5.91
HV-313	15.19	3.05	4.98
JAL-5	15.19	2.47	6.15

#### 6.6. Tasa de Asimilación Neta (TAN)

No parece existir una clara tendencia en el comportamiento de la TAN con respecto al tiempo para las 4 variedades (Fig. 13). Inicialmente se tiene un valor muy bajo para la etapa 1 (etapa que comprende de la siembra a la planta -- con 5 hojas), quizá debido a que los valores de peso seco -- (PS) y área foliar (AF) en la siembra se consideran como cero o son prácticamente cero. Posteriormente se presenta un gran incremento, que llega a ser máximo durante la etapa 2 -- (de 5 a 12 hojas). Para las etapas 3, 4 y 5 (véase Cuadro 20) los valores de la TAN siempre fueron descendentes. Finalmente en la etapa 6 (de estado masoso a madurez fisiológica) se presentó nuevamente un gran incremento, que en algunos casos llegó a ser superior al de la etapa 2. Dicho incremento se debe probablemente a que en esta etapa el AF disminuye mientras el peso seco aumenta.

Sólo en las etapas 2 y 6 hubo diferencias considerables entre variedades. Para las etapas 2 y 6 la variedad -- JALISCO-5 tuvo los valores más altos, y a partir de la eta --

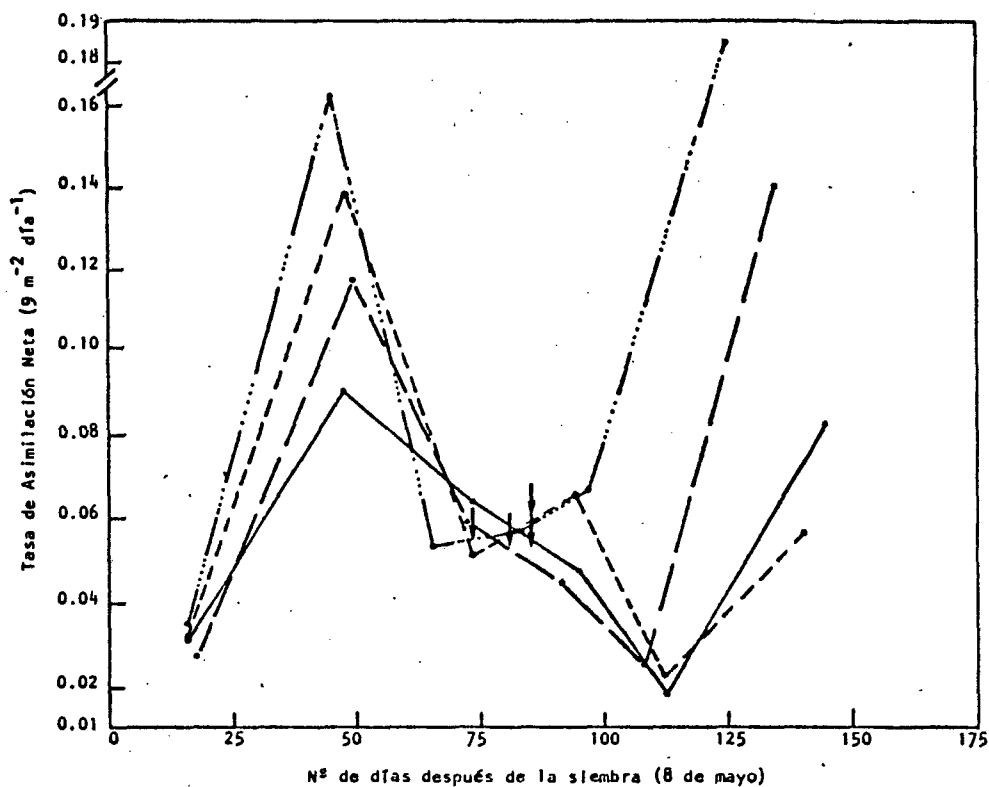


Fig. 13. Cambios a través del ciclo en la Tasa de Asimilación Neta (TAN) para las variedades H-311 (-----), HV-313 (— — —), JALISCO-5 (.....) y B-840 (———) en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>. (|) Floración femenina.

CUADRO 20. Tasa de Asimilación Neta (TAN) en g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup> para diferentes etapas en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

ETAPAS	H-311	HV-313	JAL-5	B-840
1. Siembra - 5 hojas	3.24	2.74	3.48	3.15
2. 5 hojas - 12 hojas	13.84	11.78	16.20	9.12
3. 12 hojas - flor. fem.	5.14	5.93	5.34	6.41
4. Flor. fem. - edo. lechoso	6.57	4.51	5.72	4.80
5. Edo. lechoso - edo. masoso	2.31	2.55	6.67	1.85
6. Edo. masoso - madurez fisiol.	5.70	14.06	18.39	8.31

pa 3 fue la única variedad que presentó valores siempre ascendentes. Para la etapa 2, después de la variedad JALISCO-5, le siguieron en orden descendente (con valores menores) las variedades H-311, HV-313 y B-840, y para la etapa 6 las variedades HV-313, B-840 y H-311.

Sin embargo, se deben tomar precauciones en cuanto a la confiabilidad de estos resultados, debido a que según Williams, citado por Watson (citado por Ramírez, 1985), menciona que la expresión de la TAN da una estimación precisa del valor promedio, solamente si la relación entre PS y AF es lineal en el intervalo de tiempo de  $t_1$  a  $t_2$ ; además, señala que para intervalos cortos (de una a dos semanas) esta condición se satisface y los errores introducidos son insignificantes, por lo menos para experimentos de campo. Las estimaciones de la TAN por este método para intervalos de muestreo mayores pueden tener sesgos serios positivos o negativos, dependiendo de la dirección en la cual se desvíen de la linealidad la relación entre el PS y el AF. En la figura 14 se presenta la relación entre PS y AF para las 4 variedades.

Por otra parte Engleman<sup>1/</sup>, en comunicación personal con Ramírez (1985), opina que los valores finales de la TAN resultan difíciles de interpretar, debido a que los limbos se encuentran en senescencia, lo cual dificulta una estimación precisa del AF activa y además en estas etapas finales pueden existir pérdidas de material vegetal más fácilmente.

Quizá aumentando el número de muestreos coinciden-

<sup>1/</sup> Comunicación personal Dr. Mark Engleman. Profesor Investigador -- del Centro de Botánica del Colegio de Postgraduados.

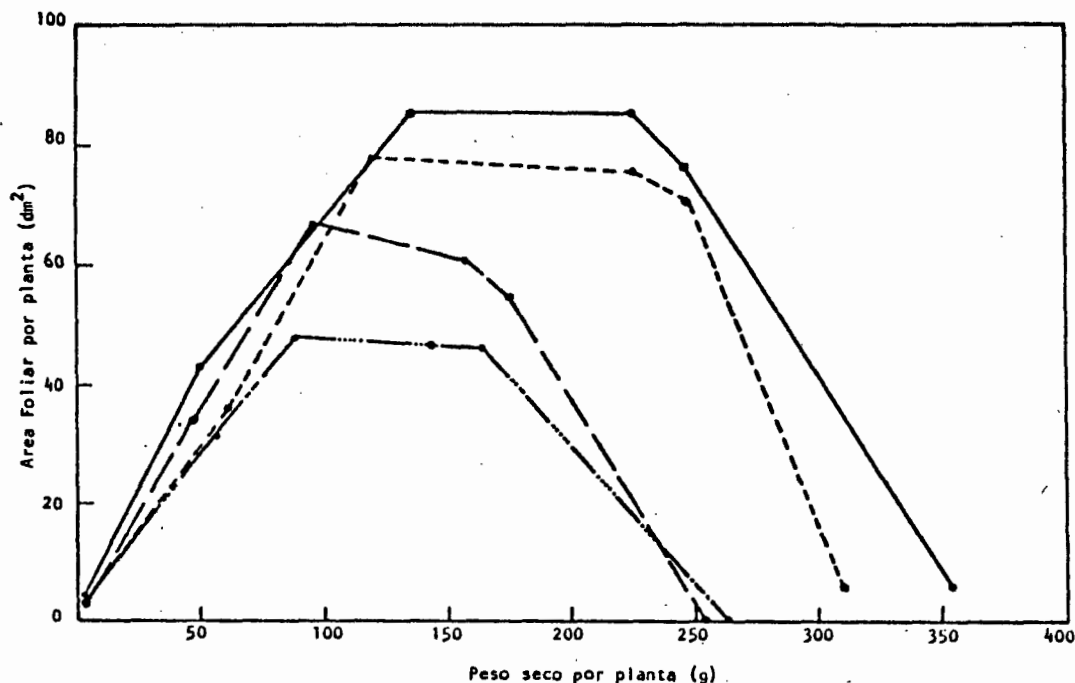


Fig. 14. Relación entre área foliar y peso seco en las variedades H-311 (-----), H-313 (— · — · —), JALISCO-5 (— · · · — ·) y B-840 (————) para la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

tes (para un mismo número de días a partir de la siembra) de AF y PS a través del ciclo, se logre conocer mejor el comportamiento de la TAN con respecto al tiempo.

#### 6.7. Relación del Area Foliar (RAF)

Al observar el patrón de cambio con el tiempo de la RAF (Fig. 15), se aprecia que los valores más altos se obtuvieron en los primeros muestreos y posteriormente fueron disminuyendo gradualmente conforme avanzó el ciclo del cultivo. Este comportamiento, según Ramírez (1985), posiblemente se deba a que al avanzar el ciclo biológico de la planta existe crecimiento y diferenciación de otros órganos, entre los cuales será distribuido el PS producido. Patrones similares para la RAF fueron encontrados por Gerakis y Papakosta-Tasopoulou (1979) y Ramírez (1985); aunque Voldeng y Blackman (1973) reportan ciertas diferencias, ellos mencionan que en la fase vegetativa inicial, las RAF<sub>s</sub> son muy bajas, alcanzan su máximo en la cuarta semana después

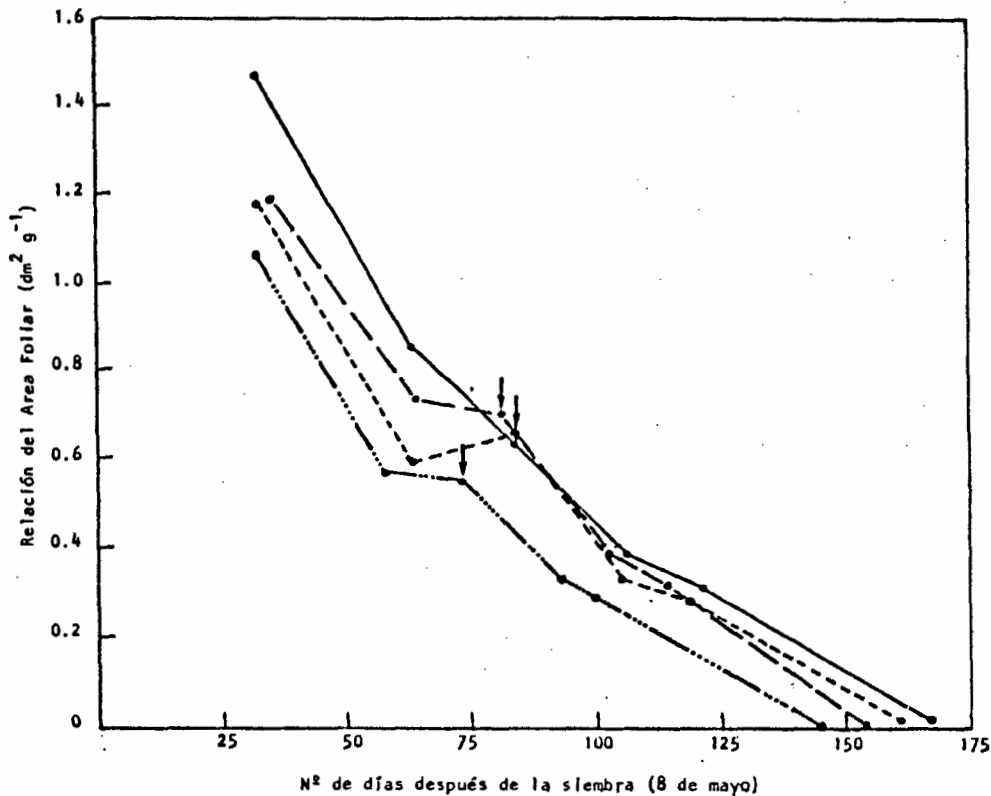


Fig. 15. Cambios a través del ciclo en la Relación del Area Foliar (RAF) para las variedades H-311 (-----), HV-313 (—), JALISCO-5 (.....) y B-840 (— · —) en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>. (|) Floración femenina.



de la siembra, fluctúan hasta la décima semana y entonces declinan constantemente.

Todas las variedades en estudio tuvieron su valor máximo en la etapa de 5 hojas. De la etapa de 12 hojas a floración femenina la variedad H-311 tuvo un ligero incremento, en tanto que las variedades JALISCO-5 y HV-313 mostraron un decremento, pero muy leve, en comparación con la variedad B-840.

Posteriormente se tuvieron decrementos constantes hasta llegar a la madurez fisiológica. Las variedades JALISCO-5 y HV-313 tuvieron un valor de 0 en esta última etapa, ya que no presentaban para ese momento AF activa medible (Cuadro 21).

CUADRO 21. Relación del Area Foliar (RAF) en  $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$  para diferentes etapas fenológicas en la densidad de 60,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$

ETAPAS FENOLOGICAS	H-311	HV-313	JAL-5	B-840
5 Hojas	1.1763	1.1832	1.0592	1.4707
12 Hojas	0.5867	0.7280	0.5680	0.8474
Floración femenina	0.6549	0.7003	0.5480	0.6340
Edo. lechoso	0.3366	0.3919	0.3280	0.3794
Edo. masoso	0.2841	0.3170	0.2825	0.3087
Madurez Fisiológica	0.0189	0.0000	0.0000	0.0175

Generalmente la variedad B-840 tuvo los valores más altos a través del ciclo, en tanto que la variedad JALISCO-5 los más bajos. Las variedades H-311 y HV-313 tuvieron valores intermedios en comparación con las dos anteriores.

#### 6.8. Eficiencia del Area Foliar (EAF)

La eficiencia del área foliar para diferentes etapas fenológicas se encuentra representada en la Figura 16. Se puede observar claramente que el comportamiento de las 4 variedades fue totalmente inverso al que ya habían presentado para la RAF, es decir, se tuvieron los valores más bajos en las primeras etapas, y posteriormente se incrementaron constantemente conforme transcurrió el ciclo biológico de las plantas. Para este parámetro la variedad JALISCO-5 tuvo los valores más altos, la variedad B-840 los más bajos, y las variedades H-311 y HV-313 valores intermedios.

La relación de los resultados de la RAF con los resultados de la EAF sin duda se debe al método de cálculo de ambas.



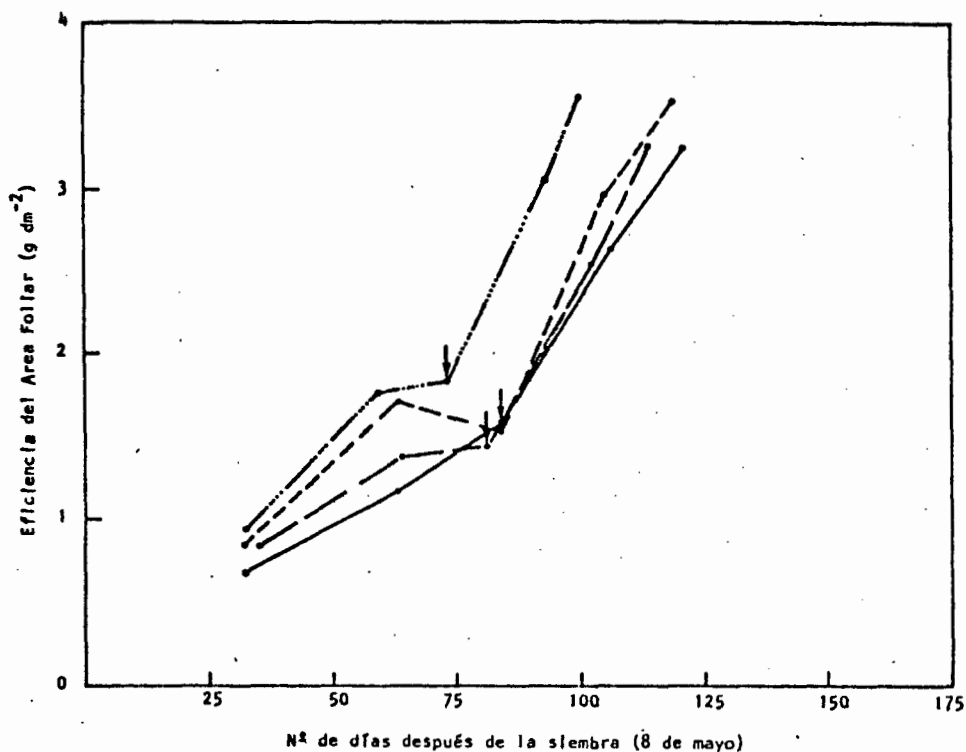


Fig. 16. Cambios a través del ciclo en la Eficiencia del Area Foliar (EAF) para las variedades H-311 (-----), HV-313 (—●—), JALISCO-5 (.....) y B-840 (—■—) en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>. (↓) Floración femenina.

En el Cuadro 22 se presentan los valores de la EAF para las 4 variedades.

CUADRO 22. Eficiencia del Area Foliar (EAF) en g dm<sup>-2</sup> para diferentes etapas fenológicas en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

ETAPAS FENOLOGICAS	H-311	HV-313	JAL-5	B-840
5 Hojas	0.85	0.84	0.94	0.68
12 Hojas	1.70	1.37	1.76	1.18
Floración femenina	1.53	1.43	1.82	1.58
Estado lechoso	2.97	2.55	3.05	2.64
Estado masoso	3.52	3.16	3.54	3.24
Madurez fisiológica	53.03			57.01

También se estimó la eficiencia del AF en floración con respecto al rendimiento de grano en  $\text{grs dm}^{-2}$ :

<u>VARIEDAD</u>	<u>EAF</u>
H-311	2.14
HV-313	1.95
JAL-5	2.51
B-840	1.98

El rendimiento de grano y el área foliar son a nivel planta en el cálculo de la EAF en floración con respecto al rendimiento de grano. De estos resultados se observa que la variedad JALISCO-5 tuvo el valor más alto siguiéndole en orden de mayor a menor las variedades H-311, B-840 y HV-313.

## V. CONCLUSIONES



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

De acuerdo a las condiciones en que se realizó este trabajo, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1.- Hubo poca diferencia en días en la presentación de las distintas etapas fenológicas respectivas entre las variedades analizadas, al menos durante el período vegetativo (de siembra a floración); en el período reproductivo (considerado de floración a madurez fisiológica, incluyendo la primera) las diferencias se hicieron más notorias a partir de la floración.

2.- Las diferencias entre las variedades en los pesos de materia seca acumulada a distintas etapas fenológicas, también fueron más notorias a partir de la floración femenina. Las variedades más tardías estuvieron asociadas con los pesos de materia seca más altos.

3.- Nuevamente las diferencias en el área foliar entre variedades fueron más notorias a partir de la floración femenina y también los valores más altos estuvieron asociados con las variedades más tardías. El valor máximo de área foliar se obtuvo, en todas las variedades, pocos días después de la floración femenina.

4.- Las variedades con los más altos rendimientos de grano, paja y biomasa total fueron aquellas que tuvieron los más altos pesos secos en sus distintas etapas fenológicas respectivas, el mayor número de días entre estas últimas etapas, y la mayor cantidad de área foliar a través del ciclo.

5.- Los únicos parámetros de crecimiento para los

cuales no se detectaron diferencias apreciables entre variedades, sembradas a una misma densidad (60,000 plantas  $ha^{-1}$ ) fueron: la Tasa de Crecimiento Relativa (TCR), la Tasa de Crecimiento Relativa Foliar (TCRF) y la Tasa de Asimilación Neta (TAN).

6.- Aunque la Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC) no mostró diferencias apreciables entre variedades, en la mayor parte de sus ciclos biológicos, en la etapa de floración a estado lechoso, que fue donde se acumuló la mayor cantidad de materia seca y a la mayor velocidad, se obtuvo diferencias que estuvieron muy relacionadas con los rendimientos de grano y biomasa total, es decir, se encontró que la etapa de floración a estado lechoso es el período más importante tanto para el rendimiento de grano como para el rendimiento de biomasa total. De lo anterior se desprende la necesidad de mantener condiciones agronómicas favorables durante esta etapa para lograr los más altos rendimientos.

7.- Se encontró que las variedades que alcanzaron los más altos rendimientos de grano y biomasa total tuvieron los mayores índices de área foliar máximos, al menos en la densidad de 60,000 plantas  $ha^{-1}$ . Al igual que el AF el IAF máximo se obtuvo pocos días después de la floración femenina.

8.- El valor promedio de la Duración del Área Foliar (DAF) durante el ciclo estuvo relacionado con los rendimientos de biomasa total.

9.- El comportamiento de la Tasa de Asimilación Neta (TAN) a través del tiempo tuvo sesgos serios, debido a que el intervalo entre muestreos fue muy grande; es necesario aumentar el número de muestreos (reducir el intervalo



entre muestreos) coincidentes de materia seca y área foliar para conocer mejor el comportamiento de la TAN y que los resultados sean más confiables. El postulado anterior también puede ser válido para los parámetros Relación del Area Foliar (RAF) y Eficiencia del Area Foliar (EAF).

10.- Las variedades de mayor ciclo biológico tuvieron los períodos de llenado del grano (PLLG) más largos. El PLLG parece estar más asociado con el rendimiento del mismo que la Tasa de Llenado del Grano (TLLG).

11.- Los resultados obtenidos respecto al Índice de Cosecha (IC) nos indican que los genotipos de mayor rendimiento de grano no necesariamente son los más eficientes para la conversión de materia seca total en materia seca de importancia económica. Este punto debe ser tomado en cuenta en mejoramiento genético, ya que el IC puede ser utilizado como criterio de selección y evaluación de genotipos.

12.- Existe un paralelismo entre el comportamiento de la Duración del Area Foliar (DAF) y el crecimiento del área foliar, debido, probablemente, al método de cálculo utilizado para estimar la DAF;  $DAF = (AF_2 + AF_1)(t_2 - t_1)/2$ .

13.- Si se calcula la DAF integrando los valores del IAF sobre el tiempo, un incremento en la densidad causará un incremento en la DAF, de otra manera si la DAF se estima con la ecuación:  $DAF = (AF_2 + AF_1)(t_2 - t_1)/2$ , un aumento en el número de plantas por hectárea disminuirá la DAF.

14.- Se observó que un aumento en el número de plantas por hectárea condujo siempre a un incremento en el valor del Índice de Area Foliar (IAF), en todos los muestreos realizados y en las cuatro variedades analizadas.

15.- En ninguna de las variedades se encontró un IAF óptimo, a una determinada densidad, donde el rendimiento de grano fuera máximo, es decir, siempre un aumento en la densidad produjo un incremento en el IAF y en el rendimiento de grano, por tanto, las cuatro variedades analizadas se pueden sembrar a la densidad de 80,000 plantas  $ha^{-1}$  y sus rendimientos serán superiores a los obtenidos en densidades inferiores. Sin embargo, en las variedades HV-313 y JALISCO-5 que desarrollaron un menor IAF (5.3 y 4.7 respectivamente) en la densidad de 80,000 plantas  $ha^{-1}$ , es más probable incrementar sus rendimientos con un aumento en la densidad de población.

16.- En todas las variedades un incremento en la densidad de población se tradujo en un incremento en el rendimiento de grano por ha, aunque éste fue proporcionalmente mayor al pasar de la densidad de 40,000 a 60,000 plantas  $ha^{-1}$  que al pasar de 60,000 a 80,000 plantas  $ha^{-1}$ .

17.- Las variedades JALISCO-5 y HV-313 fueron más eficientes que las variedades B-840 y H-311 al pasar de la densidad de 60,000 a 80,000 plantas  $ha^{-1}$ , en cambio al pasar de la densidad de 40,000 a 60,000 plantas  $ha^{-1}$  sucedió completamente lo contrario, B-840 y H-311 superaron a JALISCO-5 y HV-313.

18.- Un incremento en el número de plantas por hectárea causó un aumento en la cantidad de biomasa total, y aunque el aumento también fue proporcionalmente mayor al pasar de 40,000 a 60,000 plantas  $ha^{-1}$  que al pasar de 60,000 a 80,000 plantas  $ha^{-1}$ , en este último los incrementos en el rendimiento de biomasa total no fueron tan pequeños como en el caso del rendimiento de grano; lo cual significa que a altas densidades de siembra el rendimiento de biomasa total se ve menos afectado o más favorecido que el rendimiento de

grano, o dicho de otra manera las relaciones entre la fuente y la demanda fisiológica son menos favorables para el -- rendimiento de grano que para el rendimiento de materia seca total en altas densidades de siembra.

19.- El Índice de Cosecha (IC) tendió a caer con el incremento en la densidad, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Este hecho corrobora la conclusión anterior, pues significa que a nivel área un aumento en la densidad causa un incremento tanto en la biomasa total como en el rendimiento de grano, pero en la primera el aumento es proporcionalmente mayor por lo cual el IC tiende a caer.

20.- Los genotipos de menor ciclo biológico (HV-313 y JALISCO-5) tuvieron los Índices de Cosecha más altos en las tres densidades.



## VI. BIBLIOGRAFIA

- Aldrich, S.R. y E.R. Leng. 1974. Producción moderna del --  
maíz. Trad. de la ed. en inglés por Oscar Martínez  
T. y Patricia Leguisamón. Buenos Aires Argentina.  
Ed. Hemisferio Sur. p. 1-14.
- Bidwell, R.G.S. 1983. Fisiología vegetal. Trad. de la 2a.  
ed. en inglés por Guadalupe Cano y M. Rojas Garcí-  
dueñas. México. AGT Editor. p. 75-91, 409-437.
- Brauer, H.O. 1981. Fitogenética aplicada. México, Ed. Li-  
musa. 502 p.
- Burd, P. and J. Lomas. 1977. Leaf area measuring methods:  
A study of accuracy and cost. Proceedings of the  
Symposium on the Agrometeorology of the Maize ---  
(corn) crop. World Meteorological Organization --  
(WMO) N° 481. p. 101-110.
- Daynard, T.B., and W.G. Duncan. 1969. The black layer and  
grain maturity in corn. Crop. Sci. 9:473-476.
- Duncan, W.G. 1975. Maize. In: L.T. Evans (Ed.) "Crop Phy -  
siology: some case histories". Cambridge Universi  
ty Press. Great Britain. p. 23-50.
- Elias, J.E., A.A. Gagianas, and P.A. Gerakis. 1979. Inter-  
relationships and plasticity of growth parameters  
in Zea mays L. populations as influenced by densi-  
ty and nitrogen. Ecol. Plant. 14(2):159-168.
- FAO. 1981. Informe del proyecto de zonas agroecológicas. -  
Metodología y resultados para América del Sur y --  
Central. N° 48 Vol. 1. Roma. 253 p.



- Flores López, H.E. 1987. Caracterización agroclimática de maíz bajo condiciones de temporal en Tepatitlán, Jalisco. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista Saltillo, Coahuila.
- Flores Luna, G.M. 1985. Análisis de índices de eficiencia fisiológica en maíz. Tesis Profesional. Escuela de Agricultura. Universidad de Guadalajara. Las Agujas, Municipio de Zapopan, Jalisco.
- Gerakis, P.A. and D. Papakosta-Tasopoulou. 1979. Growth dynamics of Zea mays L. populations differing in genotype and density and grown under illuminance stress. Ecol. Plant. 14(1): 13-26.
- González Iñigo, J.F., et al. 1985. El maíz estrella del PRONADRI, agro-síntesis (México). 16(6): 3-4.
- Hatfield, J.L., C.D. Stanley, and R.E. Carlson. 1976. Evaluation of an electronic foliometer to measure leaf area in corn and soybeans. Agron. J. 68 : 434-436.
- Little, T.M. y F.J. Hills. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trad. de la ed. en inglés por Anatolio de Paula Crespo. México. Ed. Trillas. 270 p.
- Montgomery, E.G. 1911. Correlación studies in corn. Nebraska Agr. Exp. Sta. Ann. Rep. 24:108-159.
- Organización Meteorológica Mundial. 1985. Compendio de apuntes de Agrometeorología para el personal de la clase IV. Preparado por A.V. Todorov, trad. por Leonardo Mella P. WMO N° 593. Serv. Meteorológico Nal. SARH.

- Ortiz, C.J., Mendoza O.L. y V.A. González. 1985. La fisiotecnia en la formación de arquetipos vegetales. - Ciencia y Desarrollo (México) 10(60):115-120.
- Ortiz Solorio, C.A. 1982. Apuntes del curso de agrometeorología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 219 p.
- Ramírez Díaz, J.L. 1985. Análisis de crecimiento y componentes del rendimiento de los híbridos de maíz H-30 y H-131 y de sus progenitores. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 181 p.
- Reyes Castañeda, P. 1978. Diseño de experimentos agrícolas, México. Ed. Trillas. 344 p.
- Ruiz Vega, J. 1984. Soybean phenology and yield as influenced by environmental and management factors . Ph. D. Thesis. Iowa State University, Ames, Iowa. -- p. 29-35.
- Sánchez González, J.J. y L. Ordaz S. 1985. Reestudio de -- las razas mexicanas de maíz. Informe de proyecto interno de trabajo. Campo Auxiliar "Valle de Zapopan", Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Zapopan, Jalisco. p. 17-26.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1980. Nomenclator de Jalisco. México, D.F. 181 p.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1981. Síntesis Geográfica de Jalisco. México, D.F. p. 84-92.

- Servicio Meteorológico Nacional. 1982. Normales Climatológicas; Período 1941-1970. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D.F. p. 84-92.
- Sivakumar, M.V.K., H.M. Taylor, and R.H. Shaw. 1977. Top and root relations of field-grown soybeans. *Agron. J.* 69:470-473.
- Sivakumar, M.V.K. y R.H. Shaw. 1978. Methods of growth analysis in field-grown soya beans (*Glycine max* (L.) Merrill). *Ann. Bot.* 42:213-222.
- Tanaka, A. y J. Yamaguchi. 1977. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano en maíz. Traducido por J. Kohashi S. Colegio de Postgraduados, Rama Botánica. Chapingo, -- México.
- Villalpando Ibarra, J.F. 1985. Metodología de investigación en agroclimatología. Documento de circulación interna. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Zapopan, Jalisco. 183 p.
- Voldeng, H.D. and G.E. Blackman. 1973. An analysis of the components of growth which determine the course of development under field conditions of selected inbreds and their hybrids of *Zea mays*. *Ann. Bot.* -- 37:539-552.
- Watson, D.J. 1947. Comparative physiological studies on -- the growth of field crops. *Ann. Bot. N.S.* 11(41): 41-76.

## **VII. APENDICE**

CUADRO 1A. Promedios y totales mensuales acumulados de varios elementos climáticos, según datos tomados en la estación "El Carmen" (Lat (N) 20°44', Long. (W) 103°26' y Altitud 1630 m.s.n.m.) durante los meses que comprende la Estación de Creci -- miento (May-Oct) para el año de 1985.

PARAMETROS <sup>1/</sup>	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUBRE	MAY-OCT.
Temp. promedio máxima	32.2	27.4	24.8	25.4	26.9	27.1	27.3
Temp. promedio mínima	13.8	15.7	15.3	14.9	14.2	12.5	14.4
Oscilación	18.4	11.7	9.5	10.5	12.7	14.6	12.9
Temp. promedio diaria	23.0	21.6	20.1	20.2	20.6	19.8	20.9
Temp. diurna media	27.2	24.2	22.1	22.7	24.0	24.2	24.1
Temp. nocturna media	18.8	19.0	17.9	17.6	17.2	15.4	17.7
Precipitación total	22.2	281.9	164.4	186.5	120.8	129.6	905.4
Evaporación total	332.8	207.1	141.9	134.2	116.2	102.7	1034.9
Evotranspiración total	266.2	165.7	113.5	107.4	93.0	82.2	827.9
Total de horas de insolación <sup>2/</sup>	306.8	169.0	161.2	223.2	217.6	235.8	1313.6

1/ Las temperaturas están en °C, los datos restantes en mm excepto la insolación.

2/ Por no contar con registros se utilizaron los datos del Observatorio Meteorológico de la Universidad de Guadalajara (Lat. (N) 20°40', Long (W) 103°23' y Alt. 1589 m.s.n.m.).

CUADRO 2A. Promedios y totales mensuales acumulados de varios elementos climáticos, según datos tomados en la estación "Guadalajara" (Lat. (N) 20°40', Long. (W) 103°23' Altitud 1589 m.s.n.m.) durante los meses que comprende la "Estación de Crecimiento" (May-Oct) para el período 1941-1970.

PARAMETROS <sup>1/</sup>	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUBRE	MAY-OCT.
Temp. promedio máxima	31.2	28.7	26.0	26.0	25.6	25.5	27.2
Temp. promedio mínima	14.0	15.9	15.3	15.1	15.1	12.4	14.6
Oscilación	17.2	12.8	10.7	10.9	10.5	13.1	12.5
Temp. promedio diaria	22.6	22.3	20.7	20.6	20.4	18.9	20.9
Temp. diurna media	26.5	25.1	23.0	23.2	23.2	22.9	24.0
Temp. nocturna media	18.7	19.5	18.3	17.9	17.6	15.0	17.8
Precipitación total	24.6	164.6	250.3	195.6	148.8	59.7	843.6
Evaporación total	272.5	202.0	158.8	146.5	128.0	130.9	1038.7
Evapotranspiración total	218.0	161.6	127.0	117.2	102.4	104.7	830.9
Total de horas de insolación	280.2	213.6	202.0	213.6	186.9	216.7	1313.0

<sup>1/</sup> Las temperaturas están en °C. Los datos restantes en mm excepto la insolación.

CUADRO 3A. Peso de materia seca acumulada a diferentes etapas fenológicas en g por 8 plantas en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

ETAPAS FENOLOGICAS	H-311				HV-313			
	I	II	III	$\bar{X}$	I	II	III	$\bar{X}$
5 Hojas	35	18	15	23	18	17	18	21
12 Hojas	292	708	454	485	294	389	439	374
Floración femenina	897	967	988	951	840	594	867	767
Edo. Lechoso	1753	1915	1726	1798	1084	1212	1467	1254
Edo. Masoso	1797	2251	1914	1987	1263	1408	1519	1397
Madurez Fisiol.	2062	3282	2111	2485	1946	2225	1929	2033

CUADRO 3A. (Continuación) .....

ETAPAS FENOLOGICAS	JALISCO-5				B-840			
	I	II	III	$\bar{X}$	I	II	III	$\bar{X}$
5 Hojas	16	27	31	25	27	16	30	24
12 Hojas	359	440	556	452	409	251	571	410
Floración femenina	711	591	815	706	1049	1005	1180	1078
Edo. Lechoso	1182	945	1295	1141	1867	1711	1822	1800
Edo. Masoso	1251	1349	1346	1315	1925	1784	2228	1979
Madurez Fisiol.	2076	1915	2357	2116	2879	2569	3053	2834

CUADRO 4A. Area foliar en m<sup>2</sup> por 5 plantas en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>

Nº de Muestreo	JALISCO-5				B-840 <sup>1/</sup>			
	I	II	III	$\bar{X}$	I	II	III	$\bar{X}$
1	0.1097	0.1665	0.2204	0.1655	0.1915	0.1765	0.2939	0.2206
2	0.5130	0.5084	0.7170	0.5795	0.7469	0.4652	0.7909	0.6677
3	0.9888	1.1966	1.2699	1.1518	1.3661	0.9720	1.4720	1.2700
4	1.4803	1.6305	1.7029	1.6046	1.8698	1.7256	2.1843	1.9266
5	1.6442	2.0167	2.0547	1.9052	2.2479	2.2879	2.2679	2.2679
6	2.5000	2.0557	2.5156	2.3571	2.8070	2.0898	2.9348	2.6105
7	2.4654	2.8381	2.8976	2.7337	4.1982	2.7817	4.5316	3.8372
8	2.2630	2.8787	2.8739	2.6719	4.5157	3.9162	4.8174	4.4164
9	2.1593	2.4475	2.4356	2.3475	4.9608	4.5149	4.4851	4.6536
10	2.1298	2.4142	2.4202	2.3214	5.3309	4.1286	4.8075	4.7557
11	2.1843	2.2691	2.4466	2.3000	4.2161	4.0116	4.3725	4.2001
12	1.8293	2.3538	2.1947	2.1259	4.0494	4.0039	4.0484	4.0339
13	1.8381	2.3109	2.0904	2.0798	3.8261	3.5332	4.0962	3.8185
14	0.9957	1.0565	1.7614	1.2712	4.1394	3.4665	3.4833	3.6964
15	0.6303	---	0.7250	0.6777	3.3091	3.5701	3.8369	3.5720
16	0.1455	---	0.5170	0.3313	3.2158	3.2767	3.3603	3.2843
17	---	---	---	---	2.1865	2.1066	2.4970	2.2634
18	---	---	---	---	1.6805	2.1804	1.8519	1.9043
19	---	---	---	---	0.2437	0.8999	0.4581	0.5339
20	---	---	---	---	0.0511	0.2122	0.1142	0.1258

1/ Fue la única variedad en la que se realizaron 20 muestreos debido a lo largo de su ciclo biológico, en JALISCO-5 fueron 16, en H-311, 19 y en HV-313, 16.



CUADRO 4A. (Continuación) .....

Nº de Muestreo	H-311				HV-313			
	I	II	III	$\bar{X}$	I	II	III	$\bar{X}$
1	0.1525	0.1521	0.2028	0.1691	0.1270	0.1526	0.1864	0.1553
2	0.7390	0.3750	0.6056	0.5732	0.5156	0.4384	0.5259	0.4944
3	1.3113	1.2151	1.2420	1.2561	1.0301	1.0576	1.2179	1.1019
4	1.7313	1.8805	1.7142	1.7753	1.3974	1.7684	1.7280	1.6313
5	1.9029	1.6023	1.8393	1.7815	1.4599	1.8299	1.8368	1.7089
6	2.6002	2.6347	2.3962	2.5437	2.1885	2.4281	2.1591	2.2586
7	3.7533	3.1685	2.1880	3.0366	3.2567	3.2067	3.4252	3.2962
8	4.1089	3.9723	4.4586	4.1799	3.1333	3.4228	3.8941	3.4834
9	3.9718	3.9675	3.8082	3.9158	3.0256	3.1245	3.3681	3.1727
10	3.8137	3.8740	4.0078	3.8985	2.8848	3.2251	3.3369	3.1489
11	3.6026	3.8800	3.8006	3.7611	2.8314	2.6180	3.3764	2.9419
12	3.6389	3.6463	3.4750	3.5867	2.7531	3.0469	2.5037	2.7679
13	3.4795	3.9783	3.0956	3.5178	2.8128	3.1852	1.6307	2.5429
14	3.4777	3.7018	3.1063	3.4286	2.1377	2.2251	2.3382	2.2337
15	3.0408	3.4988	3.6037	3.3811	1.2611	1.2727	1.7228	1.4189
16	2.6191	3.2195	2.9462	2.9283	0.4683	0.6003	0.9176	0.6621
17	1.6364	1.8078	1.5291	1.6578	---	---	---	---
18	0.3228	1.0700	0.7562	0.7163	---	---	---	---
19	0.0519	0.2411	0.1206	0.1379	---	---	---	---
20	---	---	---	---	---	---	---	---

CUADRO 5A. Valores promedio de materia seca (MS), en g por planta, y de área foliar (AF), en  $\text{dm}^2$  por planta, para diferentes etapas fenológicas en la densidad de 60,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

ETAPAS FENOLOGICAS	H-311			HV-313			JALISCO-5			B-840		
	1/ días a	MS	AF	días a	MS	AF	días a	MS	AF	días a	MS	AF
5 Hojas	32	2.88	3.38	35	2.62	3.11	32	3.12	3.31	32	3.00	4.41
12 Hojas	63	60.62	35.57	64	46.75	34.04	58	56.50	32.09	63	51.25	43.43
Floración fem.	84	118.88	77.86	81	95.88	67.14	73	88.25	48.36	81	134.75	85.43
Edo. Lechoso	105	224.75	75.64	102	156.75	61.43	93	142.62	46.79	106	225.00	85.36
Edo. Masoso	119	248.42	70.57	114	174.62	55.36	100	164.38	46.43	121	247.38	76.37
Madurez Fisiol.	161	310.62	5.86	155	254.12	*	145	264.50	*	167	354.25	6.21

1/ Son promedios de 3 repeticiones.

\* Para estas etapas ya no había área foliar activa medible.

CUADRO 6A. Cálculo del rendimiento experimental de grano y paja al 14 y 6% de humedad, respectivamente, en la densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

REPETICION	VARIEDAD	a	b	c	d	e	f	g	F.C. Humedad rastrojo <sup>1/</sup>				Nº de plantas <sup>2/</sup>				Rendimien - to de grano Kg ha <sup>-1</sup>	Rendimien - to de paja Kg ha <sup>-1</sup>	Rendimien - to de bioma sa total kg ha <sup>-1</sup>	I.C. <sup>3/</sup>
									Muestra M.S.		j	k	l	m	n	ñ				
									h	i										
I	H-311	44.50	16.89	29.99	2.38	14.51	23.2	0.893	1.662	0.884	46.81	0.566	3	0	1	0	8,996	11,789	20,785	0.41
	HV-515	51.40	12.29	21.15	2.03	10.25	19.6	0.935	2.458	0.773	68.55	0.535	2	1	0	0	8,656	4,920	11,576	0.55
	JAL-5	42.73	14.51	30.71	2.49	12.02	21.7	0.910	2.470	0.775	68.62	0.534	4	2	1	0	7,594	7,119	14,713	0.49
	B-840	56.90	20.14	40.07	3.32	16.85	21.6	0.912	2.427	1.345	44.58	0.590	3	2	0	0	10,657	16,419	27,076	0.37
II	H-311	51.13	22.07	32.05	2.98	19.10	25.4	0.891	2.541	1.309	48.48	0.548	0	0	1	0	11,817	12,188	24,005	0.47
	HV-515	53.23	14.78	20.67	2.23	12.55	22.4	0.902	1.678	0.844	49.70	0.535	2	0	0	0	7,862	7,681	15,543	0.48
	JAL-5	40.25	12.56	29.84	2.15	10.41	22.2	0.905	2.081	0.718	65.49	0.567	9	1	0	1	6,541	7,608	14,149	0.44
	B-840	44.73	16.06	31.23	2.56	13.50	20.7	0.922	2.597	1.365	47.44	0.559	2	2	0	0	8,642	12,122	20,764	0.40
III	H-311	40.50	16.89	25.75	2.34	14.55	22.5	0.901	1.694	0.869	48.70	0.546	0	1	1	0	9,106	9,762	18,868	0.46
	HV-515	56.40	16.94	22.05	2.59	14.55	21.5	0.913	1.165	0.669	42.58	0.611	1	0	0	0	9,097	9,357	18,454	0.47
	JAL-5	43.73	14.69	31.48	2.44	12.25	21.7	0.910	2.076	0.801	61.42	0.410	3	0	0	0	7,739	8,962	16,702	0.44
	B-840	54.85	20.94	37.44	3.56	17.38	21.0	0.919	2.176	1.292	40.65	0.632	2	2	0	0	11,094	16,432	27,527	0.38
											Promedios	H-311	9,973	11,246	21,219	0.45				
											de las	HV-515	7,871	7,319	15,191	0.50				
											tres repe	JALISCO-5	7,291	7,896	15,188	0.46				
											taciones.	B-840	10,131	14,991	25,122	0.38				

- a = Peso de rastrojo con mazorca  
 b = Peso de mazorca  
 c = Peso de rastrojo más olote  
 d = Peso de olote  
 e = Peso de grano  
 f = % de humedad a la cosecha  
 g = F.C. humedad del grano 14%  
 h = Peso húmedo  
 i = Peso seco
- j = "X%" de humedad  
 k = F.C. 6% humedad  
 l = Plantas vanas  
 m = Plantas podridas  
 n = Plantas con carbón  
 ñ = Plantas dañadas por ratas

1/ El F.C. por tamaño de parcela fue igual a 694.44 en todos los casos.

2/ El Nº de plantas cosechadas en todos los casos fue igual a 90.

3/ Para el cálculo del IC los rendimientos de grano y paja se tomaron a un mismo porcentaje de humedad (14%).