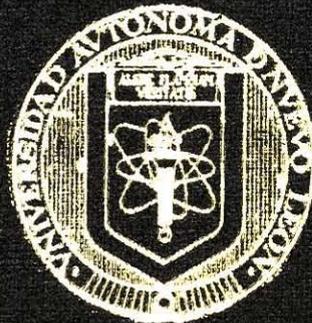


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA**



**EFFECTO DE FECHA DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO  
Y DESARROLLO DEL GRANO DE MIJO PERLA  
(Pennisetum americanum L. Leek) MARIN, N. L.  
OTOÑO-INVIERNO DE 1985**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA**

**LUIS ALBERTO FACUNDO GAMBOA**

**MARIN, N. L.**

**OCTUBRE DE 1989**

T  
SB191  
— .M5  
F3  
C.1

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO DE FECHA DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO  
Y DESARROLLO DEL GRANO DE MIJO PERLA  
(*Pennisetum americanum* L. Loeb) MARIN, N. L.  
OTOÑO-INVIERNO DE 1985

TESIS

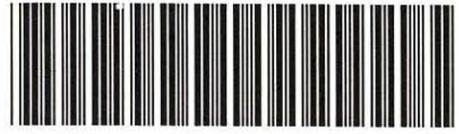
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA

LUIS ALBERTO FACUNDO GAMBOA

MARIN, N. L.

OCTUBRE DE 1985

10085m



1080062258

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

TESIS

EFFECTO DE FECHA DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL  
GRANO DE MIJO PERLA (Pennisetum americanum L. Leek) MARIN, N.L.  
OTOÑO - INVIERNO DE 1985.

Elaborada por:

LUIS ALBERTO FACUNDO GAMBOA

Aceptada y aprobada como requisito parcial

para obtener el titulo de:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

COMITE SUPERVISOR DE LA TESIS

*R. Maiti*

-----  
Ph.D., D.Sc. Ratikanta Maiti  
Asesor Externo (Principal)

*Ulrico Lopez U.*

-----  
Ing. M.C. Ulrico López U.  
Asesor Principal (Interno)

-----  
Ing. M.C. Mauro Rodriguez Cabrera  
Asesor Técnico

*Nahum Espinoza M.*

-----  
Ing. M.C. Nahum Espinoza M.  
Asesor estadístico

MARIN, N.L.

OCTUBRE DE 1989.

## DEDICATORIA

A D I O S :

A el "TODO PODEROSO" infinitas gracias por la vida y todo lo que en ella me ha obsequiado, ofresco este trabajo, reconociendo la pequeñez de mi condición humana y que los títulos que otorgan los hombres son nada ante su ojos; a El, la Gloria y la alabanza.

A MIS PADRES:

Raúl Facundo Medrano (+)

María del Carmen Gamboa V. de Facundo.

Con todo el agradecimiento del que soy capaz por todo su amor, sacrificio y apoyo que por mi y cada uno de mis hermanos han sabido dar generosamente, acepten pues, este logro, como algo pequeño de todo lo grande que se merecen.

A LOS MISIONEROS COMBONIANOS:

Con respeto y cariño a toda la comunidad del Seminario para Hermanos Misioneros de Monterrey de la cual formo parte, mi agradecimiento para cada uno de mis hermanos por su apoyo y entusiasmo al animarme para culminar mi carrera y de manera especial a mis formadores: P. J. Claudio Becarelli F. y Hno. Rodolfo Sánchez; sin excluir a los otros religiosos que forman parte de esta comunidad: P. Enrique Ibarra H., Hno. Pedro García y Hno. Peter Schwingshackl.

## AGRADECIMIENTOS

AL ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics)

Por la información brindada.

Al Dr. R.K. Maiti

Por su dirección en la realización del presente trabajo

Al Ing. M.C. Ulrico López U.

Por la revisión y sugerencias del escrito.

Al Ing. M.C. Mauro Rodríguez Cabrera

Por la revisión y sugerencias del escrito.

Al Ing. M.C. Nahum Espinoza M.

Por su disponibilidad en la asesoría e interpretación de los resultados.

Al Ing. Antonio Durón

Por su valiosa ayuda en el procesamiento de datos y manejo de la computadora.

De manera especial a mis amigos y compañeros por las muestras de amistad que supieron brindarme a lo largo de la carrera y a todas aquellas personas que contribuyeron al desarrollo y terminación de este trabajo.

A TODOS GRACIAS

RESUMEN.....	i
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. Importancia del cultivo.....	3
2.2. Aspectos anatómicos y morfológicos del mijo.....	4
2.2.1. Etapas de crecimiento y desarrollo.....	4
2.2.2. Desarrollo de meristemos de panícula.....	6
2.2.3. Desarrollo de primordios de la espiguilla....	7
2.2.4. Desarrollo de carpelo y estambres.....	8
2.2.5. Microesporogénesis.....	8
2.2.6. Estructura del óvulo.....	9
2.2.7. Anatomía de la semilla.....	9
2.2.7.1. Testa de la semilla.....	9
2.2.7.2. Endospermo.....	10
2.2.7.3. Embrión.....	10
2.2.8. Madurez fisiológica.....	10
2.2.9. Patrón de crecimiento de grano.....	12
2.2.10. Desarrollo de cariposides.....	12
2.3. Factores que influyen en el crecimiento, desarrollo y productividad del mijo perla.....	13
2.3.1. Factores físicos.....	13
2.3.1.1. Temperatura.....	13
2.3.1.2. Luminosidad.....	14
2.3.1.3. Humedad.....	15
2.3.1.4. Suelo.....	16

2.3.2. Factores bióticos.....	17
2.3.2.1. Plagas.....	17
2.3.2.2. Enfermedades.....	18
2.4. Componentes de rendimiento.....	18
3. MATERIALES Y METODOS.....	21
3.1. Localización del tabajo.....	21
3.2. Características climáticas de la región.....	21
3.3. Descripción del experimento.....	21
3.3.1. Material genético.....	21
3.3.2. Material no genético.....	22
3.3.3. Diseño experimental.....	23
3.3.4. Dimensiones.....	24
3.4. Desarrollo del experimento.....	25
3.5. Descripción de las variables.....	26
4. RESULTADOS.....	31
4.1. Epocas de siembra.....	31
4.1.1. Etapas de desarrollo del cultivo.....	31
4.1.1.1. Fecha 1 (15 de agosto).....	31
4.1.1.2. Fecha 2 (27 de agosto).....	31
4.1.1.3. Fecha 3 (9 de septiembre).....	31
4.1.2. Unidades calor.....	32
4.1.2.1. Fecha 1.....	32
4.1.2.2. Fecha 2.....	33
4.1.2.3. Fecha 3.....	33
4.1.3. Horas luz acumuladas.....	33
4.1.3.1. Fecha 1.....	33
4.1.3.2. Fecha 2.....	34

4.1.3.3. Fecha 3.....	34
4.1.4. Tasa de crecimiento del grano.....	34
4.1.4.1. Fecha 1.....	34
4.1.4.2. Fecha 2.....	35
4.1.4.3. Fecha 3.....	35
4.1.5. Rendimiento.....	35
4.1.5.1. Fecha 1.....	35
4.1.5.2. Fecha 2.....	35
4.1.5.3. Fecha 3.....	35
4.1.6. Peso seco de 1000 semillas.....	36
4.1.6.1. Fecha 1.....	36
4.1.6.2. Fecha 2.....	36
4.1.6.3. Fecha 3.....	36
4.1.7. Porcentaje de germinación.....	36
4.1.7.1. Fecha 1.....	36
4.1.7.2. Fecha 2.....	36
4.1.7.3. Fecha 3.....	36
4.2. Correlaciones.....	37
4.2.1. Fecha 1.....	37
4.2.2. Fecha 2.....	37
4.2.3. Fecha 3.....	37
4.3. Regresión.....	38
4.3.1. Por genotipo.....	38
4.3.2. Por fecha.....	38
4.4. Aspectos climáticos.....	38
4.4.1. Fecha 1.....	39
4.4.2. Fecha 2.....	39

4.4.3. Fecha 3.....	39
5. DISCUSION.....	41
5.1. Ambientes y etapas de desarrollo.....	41
5.2. Patrón de crecimiento de grano.....	49
5.3. Rendimiento y peso seco de mil semillas.....	50
5.4. Porcentaje de germinación.....	53
6. CONCLUSIONES.....	54
7. BIBLIOGRAFIA.....	56
8. APENDICE.....	63

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS

CONTENIDO

Pág.

Cuadros del apéndice:

1	Análisis de varianza para las variables consideradas en el cultivo de mijo perla <u>Pennisetum americanum</u> en fecha 1 (15 de agosto) Marín, N.L. Otoño-invierno 1985.....	64
2	Análisis de varianza para las variables consideradas en el cultivo de mijo perla <u>Pennisetum americanum</u> en fecha 2 (27 de agosto) Marín, N.L. Otoño-invierno 1985.....	65
3	Análisis de varianza para las variables consideradas en el cultivo de mijo perla <u>Pennisetum americanum</u> en fecha 3 (9 de septiembre) Marín, N.L. Otoño-invierno 1985..	66
4	Promedio del periodo de duración, unidades calor y horas luz acumuladas durante etapa 2 (desarrollo de panoja) para las tres fechas de siembra, Marín, N.L. 1985.....	67
5	Promedio del periodo de duración, unidades calor y horas luz acumuladas durante la etapa 3 (llenado de grano) para las tres fechas de siembra, Marín, N.L. 1985.....	68

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS.	CONTENIDO	Pág.
<u>Cuadros del apéndice:</u>		
6	Promedio de los días transcurridos a etapa 1, floración, madurez fisiológica y de la tasa de crecimiento del grano para los 15 genotipos en las tres fechas de siembra, Marín, N.L. Otoño-invierno 1985.....	69
7	Promedio de rendimiento, peso de 1000 semillas y porcentaje de germinación de los 15 genotipos para las tres fechas de siembra, Marín, N.L. 1985.....	70
8	Comparación de genotipos (Tukey) de los días a etapa 1, unidades calor y horas luz requeridos para alcanzar tal etapa de la fecha 1 (15 de agosto), Marín, N.L.....	71
9	Comparación del peso seco de 1000 semillas para los diferentes genotipos, utilizando la prueba de Tukey; fecha 2 (27 de agosto), Marín, N.L. 1985.....	72
10	Comparación (Tukey) de la tasa de crecimiento de grano entre genotipos para la fecha 3 (9 de septiembre), Marín, N.L.....	73

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS	CONTENIDO	Pág.
<u>Cuadros del apéndice:</u>		
11	Correlación entre las variables tasa de crecimiento de grano con cada una de las etapas de desarrollo, unidades calor, horas luz acumuladas, peso de 1000 semillas y rendimiento, fecha 1 (15 de agosto), Marín, N.L. 1985.....	74
12	Correlación entre las variables tasa de crecimiento de grano con cada una de las etapas de desarrollo, unidades calor, horas luz acumuladas, peso de 1000 semillas y rendimiento, fecha 2 (27 de agosto), Marín, N.L. 1985.....	75
13	Correlación entre las variables tasa de crecimiento de grano con cada una de las etapas de desarrollo, unidades calor, horas luz acumuladas, peso de 1000 semillas y rendimiento, fecha 3 (9 de septiembre), Marín, N.L. 1985.....	76
14	Ecuaciones de regresión probadas para el análisis de crecimiento del grano.....	77
15	Resultados de las ecuaciones de regresión lineal y cuadráticas por genotipo y por fecha	

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS	CONTENIDO	Pág.
<u>Cuadros del apéndice:</u>		
	(valores de $R^2$ ).....	78
16	Comparación de los rendimientos más altos (en kg/ha) entre las tres fechas de siembra (otoño-invierno) con los obtenidos por Gómez (en primavera) usando los mismos materiales, Marín, N.L. 1985.....	80
 FIGURAS.		
<u>Figuras del apéndice</u>		
1	Precipitación, temperatura máxima y mínima e insolación diaria durante la estación de crecimiento de mijo perla en la región de Marín, N.L. otoño-invierno de 1985, (Estación Agrometeorológica de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.).....	81
2	Croquis del experimento y distribución de los genotipos de mijo perla ( <u>Pennisetum americanum</u> ) para cada fecha de siembra, Marín, N.L. otoño-invierno de 1985.....	82
3	Promedio de los rangos de duración para cada etapa de desarrollo del cultivo de mijo perla	

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	Pag.
<u>Figuras del apéndice:</u>		
	( <u>Pennisetum americanum</u> ) en las tres fechas de siembra, Marín, N.L. otoño-invierno de 1985..	83
4	Comparación entre la curva de crecimiento de grano ajustada y la curva real de cinco genotipos de mijo perla ( <u>Pennisetum americanum</u> ); genotipos de alto rendimiento: G15 ICMV-81253, G14 ICMV-81111, de rendimiento intermedio: G5 ICMS-7704, de rendimiento bajo: G12 ICMS-8021, G11 NELC-H-79, Marín, N.L. ....	84
5	Comparación entre la curva de crecimiento de grano ajustada y la curva real de cinco genotipos de mijo perla ( <u>Pennisetum americanum</u> ); genotipos de alto rendimiento: G15 ICMV-81253, G4 IVS-A-82, de rendimiento intermedio: G11 NELC-H-79, de rendimiento bajo: G10 ICMS-8008, G1 WS-C-75, Marín, N.L..	85
6	Comparación entre la curva real de crecimiento de grano ajustada y la curva real de cinco genotipos de mijo perla ( <u>Pennisetum americanum</u> ); genotipos de alto rendimiento: G4 IVS-A-82, G5 ICMS-7704, de rendimiento intermedio: G2 ICMS-7703, de rendimiento	

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

FIGURAS	CONTENIDO	Pag.
<u>Figuras del apéndice:</u>		
	bajo: G15 ICMV-81253, G14 ICMV-81111, Marín, N.L. ....	86
7	Comparación entre las curvas de crecimiento de grano ajustadas obtenidas para cada fecha estudiada, Marín, N.L. otoño-invierno de 1985.....	87
8	Porcentaje de germinación de la semilla cosechada de mijo perla ( <u>Pennisetum americanum</u> ) obtenido en promedio para cada fecha estudiada, Marín, N.L. otoño-invierno de 1985.....	88

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Campo Agrícola Experimental de Marín, N.L. de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, durante el ciclo otoño-invierno de 1985, con el fin de estudiar el comportamiento del crecimiento, desarrollo y productividad del grano del mijo perla en las tres fechas de siembra.

El diseño experimental utilizado en cada fecha de siembra fue un bloques al azar con tres repeticiones y 15 tratamientos.

También se probaron cuatro ecuaciones de regresión (lineal, cuadrática, cúbica y cuártica) para ajustar el patrón de crecimiento del grano.

El material genético utilizado incluye variedades sintéticas e híbridos comerciales, los cuales fueron originados por el programa de mejoramiento de mijo perla en el ICRISAT.

Las variables cuantificadas fueron los días requeridos para llegar a cada etapa de desarrollo, las unidades calor requeridas y las horas luz acumuladas en cada etapa, el muestreo de granos (tasa de crecimiento de grano, TCG), peso de 1000 semillas, rendimiento y porcentaje de germinación.

Del análisis de los resultados encontramos que para las etapas en observación, las unidades calor y horas luz requeridas para cada etapa de las tres fechas, sólo se encontró significancia en la etapa 1, unidades calor y horas luz requeridas para esta etapa en la fecha 1, para la variable tasa de crecimiento de grano, sólo se encontró significancia en la fecha 3, para la variable rendimiento no se encontró

significancia en ninguna de las tres fechas, para la variable peso seco de mil semillas se encontró una alta significancia en la fecha 2 y para la variable porcentaje de germinación no se encontró significancia para ninguna de las tres fechas; se encontró correlación significativa entre TCG y rendimiento en la fecha 1; una correlación negativa altamente significativa entre TCG y etapa 1, correlación negativa significativa con unidades calor y negativa altamente significativa con horas luz, y significativa con peso de mil semillas para la fecha 2; y correlación altamente significativa entre TCG y etapa 2 y etapa 3, significativa con unidades calor y negativa altamente significativa en la etapa 2 y altamente significativa para unidades calor y significativa para horas luz en la etapa 3 en la fecha 3.

En cuanto al análisis de crecimiento de grano de los cuatro modelos probados el más ajustado y práctico resultó ser la ecuación cuadrática por genotipos y por fecha (seleccionada en base a la mayor  $R^2$  y menor número de términos en la ecuación).

De este estudio resultó que al reducirse el fotoperíodo y temperatura se redujo el rendimiento del grano.

## 1. INTRODUCCION.

El mijo perla (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) es uno de los cereales que se cultivan desde la antigüedad y en diferentes épocas ha servido de alimento al hombre. Aún hoy tiene esta aplicación en algunas poblaciones de Africa, Paquistán y Ceilán, explotándose también su alto potencial forrajero en Estados Unidos y Europa (Espasa-Calpesa, Enciclopedia, 1978).

El mijo es una planta de crecimiento vegetativo rápido que exige para su desarrollo una temperatura elevada, recorriendo sus fases vegetativas aproximadamente en tres meses. Se cultiva en toda región en donde se cosecha maíz y en todos los sitios donde los veranos son calurosos y prolongados; este también es un cultivo que se puede ver perjudicado por temperaturas muy altas o muy bajas. De todos los cereales es uno de los que mejor soportan la sequía, además se puede cultivar en terrenos pobres, en donde otros cultivos prosperan poco. Las características de este cultivo lo hacen prosperar en zonas semiáridas, siendo esto una ventaja de gran importancia para la introducción del mijo perla a la zona del Noreste del país donde prevalecen bajas precipitaciones, alta oscilación térmica, alto grado de insolación, suelos pobres, etc., que hacen del mijo perla una alternativa en la producción. En estas zonas predomina la agricultura de temporal, cultivándose principalmente maíz y sorgo para alimentación humana y del ganado, teniendo problemas en su producción más que nada por la escasa precipitación. Una ventaja más de los mijos es la gran precocidad que presenta ya que mes y medio después de sembrarse puede cortarse, por lo que son

insustituibles como cultivo de emergencia (Robles, 1984).

Bellavista (1985), en una evaluación de 23 genotipos de mijo perla en Marín, N.L. encontró que éste tiene un mayor potencial de adaptación para la producción de grano (2605 Kg/ha) aquí, en comparación con los obtenidos en la India y Africa; sin lugar a duda es un cultivo que representa una alternativa en el problema de la baja producción de granos de cereales en estas zonas.

La variación de la temperatura, fotoperíodo y otros factores ambientales, hacen que cambie el comportamiento de la planta en sus fases de desarrollo, por lo que en este trabajo se pretendió observar la influencia de estos factores en el comportamiento del crecimiento y desarrollo del grano, tratando de variar las condiciones ambientales por medio de las diferentes fechas de siembra y observando los resultados en el rendimiento.

Los objetivos del presente trabajo fueron los siguientes:

- Estudiar la tasa de crecimiento de grano y productividad en los diferentes genotipos de mijo perla.
- Estudiar los efectos de temperatura, luz y de la época de siembra sobre la productividad, crecimiento y llenado de grano.

La hipótesis que se planteó fue:

- Existe influencia de los factores ambientales sobre el crecimiento, desarrollo y productividad de grano en los diferentes cultivares de mijo perla.

## 2. REVISION DE LITERATURA.

### 2.1. Importancia del cultivo.

Las condiciones ambientales que prevalecen en el Noreste del país, con climas áridos y semiáridos, han dado pauta a la búsqueda de alternativas de producción más eficientes en el uso del agua. En la producción de forrajes, una de las metas que se persiguen es incorporar cultivos anuales que demanden poca agua, buscando forrajes cuya calidad y rendimiento puedan solventar en parte este problema.

El mijo perla es un zacate anual que por sus características se puede utilizar en la producción de forraje durante el ciclo primavera-verano y otoño. Los rendimientos varían de 18 a 20 toneladas de forraje seco por hectárea, con contenidos de proteína cruda entre 17 y 20 porciento. Su capacidad de rebrote le permite ser usado bajo un sistema de cortes múltiples (3 a 6 por ciclo). Además, a diferencia del zacate sudán, el mijo no presenta problemas de intoxicación para los animales por acumulación de ácido prúsico o cianhídrico (Fariás y Contreras, 1984).

Por otra parte el mijo perla presenta ciertas desventajas al ser castigado por falta de agua, una de ellas es que en casos extremos se disminuye el gusto de estos zacates por los animales, sin embargo esta condición no representa riesgos de intoxicación para el hato. Cabe señalar, que los riesgos de intoxicación por concentración de nitratos se pueden presentar en el cultivo al igual que en la mayoría de los zacates forrajeros, sobre todo cuando son fertilizados con dosis muy altas de nitrógeno (Fariás y Contreras, 1984).

siembra.

Fase de desarrollo de la panícula (EC2). Durante esta fase, que comprende desde la iniciación de la panícula hasta la floración del tallo principal, se extienden completamente las hojas restantes, entra en senescencia la primera hoja de la base del tallo, se agranda el tallo por el alargamiento secuencial de los entrenudos, comenzando en la base del tallo. Los hijuelos emergen, pasan por iniciación floral, expansión foliar, etc., en patrones similares a los del tallo principal. Van parejos los primeros hijuelos con el tallo principal en su desarrollo, mientras que los hijuelos tardíos frecuentemente se detienen debido a la competencia y/o inhibición por los primeros hijuelos y el tallo principal. Ocurre acumulación de materia seca en las raíces, hojas y en los tallos.

Durante el alargamiento del tallo, la panícula sufre cambios morfológicos importantes, tales como desarrollo de espiguillas, flóculas, glumas, estigmas, anteras y finalmente, la emergencia de los estigmas (floración) y polinización, que marca el final de la fase.

Fase de llenado de grano (EC3). Esta fase comprende desde la fertilización hasta el final del periodo de llenado de grano (madurez fisiológica) del cultivo, los incrementos de peso seco total de la planta durante este periodo ocurren principalmente en el grano y en menor proporción en los componentes vegetativos de los hijuelos que florecen después que el tallo principal.

Continúa la senescencia de las hojas inferiores y al final de la fase de llenado de grano normalmente solo las dos o cuatro

hojas superiores se mantienen verdes. Algunas variedades desarrollan pequeños hijuelos en los entrenudos superiores del tallo, particularmente al final de la fase de llenado de grano. Estos hijuelos tienen un ciclo de desarrollo más corto que los hijuelos basales, produciendo pocas hojas y una pequeña panícula.

El final de la fase de llenado de grano (madurez fisiológica) está determinado por el desarrollo de una pequeña capa obscura en la región del hilio. Esto ocurre, en una panícula individual, de 20 a 25 días después de la floración. El período de llenado de grano para la planta entera (por ejemplo: desde la floración del tallo principal hasta el final del llenado de grano de los hijuelos) es mayor cuando los hijuelos florecen después que el tallo principal.

2.2.2. Desarrollo de meristemas de panícula.- Al término de la etapa vegetativa (aproximadamente de 16 a 28 días después de la emergencia), el ápice vegetativo se transforma en ápice reproductivo, formándose así el meristemo de panícula (etapa de iniciación de la panícula). El meristemo de la panícula asume una forma bulbosa con una constricción en su base.

El meristemo de la panícula muestra una organización celular definitiva. Existen capas prominentes de túnica y corpus en el eje de la panícula, con 2 ó 3 capas de células de tunicas arregladas en serie sobre el corpus. La organización en la capa del corpus no es regular. El protoplasma en las células de tunicas arregladas en serie sobre el corpus. La organización en la capa del corpus no es regular. El protoplasma en las células de túnica y el núcleo con bastante material cromático son

distintos (Maiti y Bisen, 1978).

2.2.3. Desarrollo de primordios de la espiguilla.- Los primordios de la espiguilla se desarrollan primero en la base y progresan gradualmente hacia la punta del meristemo de la panícula. La iniciación del primordio de la espiguilla es marcada por la condensación del protoplasma y por un incremento en el volumen del meristemo de los lados, es decir, el progenitor del primordio de la espiguilla. En esta región, dos o tres células de la túnica con un gran núcleo saliente, producen divisiones anticlinales de las células de abajo, lo cual ensancha el contorno del primordio de la espiguilla. Subsecuentemente, las células de esta región sufren tanto divisiones anticlinales como periclinales, de esta manera incrementan el volumen del primordio de la espiguilla, el cual asume una apariencia bulbosa con una constricción sobre los lados indicando el límite entre el otro primordio de la espiguilla adyacente. Esta secuencia del desarrollo del primordio de la espiguilla progresa gradualmente hacia la punta de la panícula. Las trazas vasculares que se están diferenciando en el eje de la panícula gradualmente establecen conexión vascular con las espiguillas en desarrollo.

Alrededor del tercer día después de la iniciación, la panícula está mucho más grande y la formación de los primordios de la espiguilla ha avanzado hacia la punta (ápice). Cada primordio se divide para dar dos espiguillas (en pares), los cuales subsecuentemente desarrollan partes florales. Cada espiguilla está encerrada por un par de glumas (una inferior y otra superior). Empezando esta etapa cada uno de los primordios

de la espiguilla se dividen y se extienden lateralmente para dar lugar a dos primordios de los flósculos, después desarrollan partes florales. Aunque el desarrollo de la espiguilla se lleva a cabo acropetalmente, el desarrollo subsecuente sigue un gradiente basipétalo (Nanda y Chinoy, 1958).

2.2.4. Desarrollo de carpelo y estambres.- Existen dos tipos de flósculos en cada espiguilla de mijo perla, el superior es perfecto y el inferior es masculino. Cada flósculo está encerrado por dos glumas. En el caso del flósculo perfecto (bisexual), el primordio del flósculo se desarrolla en la axila de dos primordios laterales, los cuales forman dos glumas (superior e inferior) en la base. El primordio del flósculo da lugar al primordio que forma la lema y la palea y el primordio central, el cual funciona como el primordio del carpelo. Subsecuentemente tres primordios de estambres se desarrollan también del primordio central.

El patrón de desarrollo de una flor masculina es similar al de la flor bisexual excepto por la ausencia del carpelo. Tiene una lema y no posee palea. El primordio central da lugar a tres estambres en la flor masculina (Maiti y Bisen, 1978).

2.2.5. Microesporogénesis.- El proceso de microesporogénesis en mijo perla es como en otras angiospermas. La antera joven (ocho días después de la iniciación de la panícula) aparece como una masa de tejido en el cuál están incluidos los microesporangios. Los microesporangios están como cuatro masas en los cuatro lóbulos de la antera. Estas células se dividen a lo largo de

paredes periclinales, dejando una masa interna de tejido esporógeno primario y otras células parietales primarias.

Las últimas células de tejido esporógeno son células madre del polen, las cuales por medio de meiosis, traen como consecuencia la formación de cuatro granos de polen. En anteras maduras, ya se aproxima la dehiscencia, son observados algunos crecimientos en forma de flecos a lo largo de la pared externa de la misma (Maiti y Bisen, 1978).

2.2.6. Estructura del óvulo.- Un solo óvulo está presente en la cavidad del ovario unido lateralmente a la pared de éste por un corto fonículo. La pared del ovario está compuesta por una sola capa de células epidérmicas cúbicas seguidas por varias capas de células de la pared (Maiti y Bisen, 1978).

2.2.7. Anatomía de la semilla.

2.2.7.1. Testa de la semilla.- En un corte transversal del cariósido maduro, la estructura de la testa de la semilla y del endospermo se distingue visiblemente. Una gruesa cutícula cubre la epidermis. El pericarpio consiste de epicarpio, hipocarpio y mesocarpio. El epicarpio está formado de células epidérmicas alargadas. Las células del hipocarpio están obliteradas. Por la misma compresión, las células del mesocarpio, que son de dos a tres capas, han perdido su contorno en algunos lugares. Las células alargadas en cruz son raramente visibles y las células tubulares, que son distintas en las primeras etapas, la mayoría están obliteradas. Debajo del mesocarpio existe una sola capa de células grandes, cúbicas y rectangulares, orientadas

regularmente, llamada la capa de aleurona (Maiti y Bisen, 1978).

2.2.7.2. Endospermo.- Debajo de la capa de aleurona esta el endospermo córneo y periférico, con una sola capa de células bien delimitadas con gránulos de almidón y proteína compactamente arregladas. Las células de esta capa son cúbicas, alargadas, pequeñas y firmemente aplastadas contra la capa de aleurona. Debajo de esta capa periférica, las células del endospermo están flojas, de tamaño grande, alargadas cúbicas a angulares en forma. Estos constituyen el endospermo harinoso. Los gránulos de almidón y proteína se hacen menos compactos hacia el centro del endospermo (Maiti y Bisen, 1978).

2.2.7.3. Embrión.- La anchura del pericarpio en la región del hilio es muy reducida. Las células de la aleurona en esta región son pequeñas, compactas y rectangulares en forma. Las células del endospermo entre la capa de aleurona y el esculeto son compactas, especialmente en la región hiliar.

Las células fuera de la capa negra en la región hiliar, están muy compactas. La capa negra muestra un anillo semilunar de células vacuoladas, las cuales parecen cortar la conexión vascular del pedicelo del grano. La formación de esta capa negra coincide con la terminación del desarrollo del grano (Fussell y Pearson, 1978).

2.2.8. Madurez fisiológica.- Hallauer y Russell (1961), definen madurez fisiológica como el momento en que el peso seco del grano alcanza su máximo. También mencionan que varios investigadores determinan la fecha de madurez fisiológica en la forma clásica de

medir la acumulación de peso seco en el grano hasta que alcanza su máximo y que sin embargo, se pueden cometer impresiones puesto que la acumulación del último 5 por ciento de materia seca en el grano es bastante lenta, por lo que Hillson y Penny, 1965, proponen considerar el 95 por ciento en lugar de la acumulación máxima para estimar madurez fisiológica, y con ello, la duración del periodo de llenado de grano (Castillo, 1980).

Eastin (1972), menciona que algunos autores como Johanen, Kiesselbach y Walker, propusieron la observación de la formación de una capa obscura en la región placentar del grano de maíz que se forma cuando se corta drásticamente la movilización de sustancias hacia el grano, lo cual fue confirmado y repuesto por Daynard y Duncan (1969) y Carter y Peneleit (1973).

En el sorgo, dice Eastin (1972), se propuso el uso de la capa negra, sin embargo, se encontró que la capa "hiliar" se hizo visible a los 14 días después de la formación, de ahí obscureció día a día pero no se pudo determinar cuando ocurrió el cese de la movilización.

El uso del método para estimar la madurez fisiológica observando la aparición de la "capa negra" puede presentar algún problema puesto que Daynard (1972) menciona que aunque el obscurecimiento de la "capa hiliar" es una buena técnica, la capa negra se puede formar prematuramente. Carter y Poneleit (1973) notaron que cuando la acumulación de calor es rápida, pero si las temperaturas son bajas, se alarga el tiempo requerido para el obscurecimiento de la capa (Castillo, 1980).

En mijo perla, la madurez fisiológica se logra por la

formación de una pequeña capa negra en la región del hilio de la semilla. La formación de esta capa coincide con la terminación de movimiento de materiales hacia el grano y por lo tanto con la terminación del crecimiento del grano. La formación de la capa negra empieza en los granos de la parte superior de la panícula (igual que en la emergencia de los estigmas) y continúa hacia abajo. En esta etapa el grano ha alcanzado su máximo peso seco, ha perdido mucha humedad y el endospermo empieza a endurecerse (Maiti y Bidinger, 1981).

2.2.9. Patrón de crecimiento de grano.- El aumento en peso seco en los granos de cada panícula sigue un patrón sigmoide normal. Existe un período de terdanza inicial de 5 a 6 días durante el cual existe una división celular activa en el endospermo, pero hay poco aumento de peso seco del grano. Enseguida hay un período más largo de rápida acumulación de peso seco hasta que se desarrolla la capa negra, después de la cual no hay aumento posterior en el peso del grano. La tasa mayor de crecimiento de peso seco en el grano ocurre de este modo durante los estados lechoso y masoso (Maiti y Bidinger, 1981).

2.2.10. Desarrollo de cariósides.- Entre los 6 ó 7 días después de la fertilización los granos han crecido lo suficiente y son visibles dentro de la flórula. Esta etapa consiste en el llenado de la semilla por un líquido que es inicialmente acuoso y después lechoso. Esto marca el principio de un período de rápido depósito de almidón en las células endospermicas y el período de un aumento rápido en el peso seco de los granos.

El estado masoso se identifica por el cambio en el endospermo de la etapa lechosa a un estado semisólido y después sólido. Esto es un cambio gradual y no un estado distinto, que ocurre a medida que el contenido de almidón en el endospermo aumenta y el porcentaje de humedad se reduce. Dentro de la etapa de masoso hay un cambio gradual, de una consistencia suave a más dura a medida que el llenado de grano se completa.

La madurez fisiológica se logra con la formación de la capa negra en la región del hilio de la semilla (Maiti y Bidinger, 1981).

### 2.3. Factores que influyen en el crecimiento, desarrollo y productividad del mijo perla.

#### 2.3.1. Factores físicos.

2.3.1.1. Temperatura.- El efecto de la temperatura sobre la germinación, establecimiento y las primeras etapas de desarrollo del mijo están bien documentadas (Hart y Wells, 1965; Launder, 1971 y Pearson, 1975).

Pennisetum americanum requiere altas temperaturas para lograr un rápido crecimiento, especialmente en las etapas finales del desarrollo de las plantas. Las necesidades térmicas que este cultivo requiere fluctúan entre 33 y 34°C. En cuanto a adaptación de altas temperaturas es semejante al sorgo (Frere, 1984).

La floración y el desarrollo de las plantas se ve acelerado en la mayoría de los genotipos con el incremento de la temperatura (Begg y Burton, 1971 ; Hellmer y Burton, 1972). Los procesos involucrados en la respuesta a la temperatura en la fase

vegetativa incluye la reducción en la tasa fotosintética de la hoja, especialmente a menos de 24°C (Mc.Pherson y Slatyer, 1973 ; Pearson y Derrick, 1977) la retención de un mayor porcentaje de fotosintatos en las hojas cuando la temperatura es de 33/28 a 18/13 °C (Pearson et al. 1977) y una concomitante reducción en la actividad meristemática (tasa de maduración de hojas e hijuelos) a menos de 24/19°C (Pearson, 1975). Los efectos de la temperatura en las varias fases de desarrollo del grano y el rendimiento han sido estudiados por Fussell et al, (1980). Estos autores señalan que el efecto fue muy marcado durante las tres fases de crecimiento estudiadas: vegetativa, elongación del tallo y desarrollo del grano. Las altas temperaturas (33/28°C) durante las tres fases redujeron el rendimiento del grano, debido a la reducción de los hijuelos basales, número de granos por inflorescencia y peso del grano individual. Las bajas temperaturas (21/16°C) durante la fase vegetativa incrementan el número de hijuelos, y como resultado, un incremento en el rendimiento total por planta. Sin embargo, las bajas temperaturas durante la elongación del tallo reduce la fertilidad de las espiguillas y el largo de la inflorescencia, y por lo tanto, redujo el rendimiento potencial del tallo principal. Las bajas temperaturas durante el desarrollo del grano incrementó el periodo de llenado de grano y el rendimiento (Fussell, et al. 1980).

2.3.1.2. Luminosidad.- Ong y Everard, 1979 describen al cultivo de mijo perla como altamente fotosensible. Bogdan (1977) lo menciona como una especie facultativa de día corto; bajo el

fotoperíodo de 12 horas, la temperatura y el genotipo no afectan la floración y las plantas florecen temprano, mientras que bajo fotoperíodos largos, el genotipo y la temperatura pueden afectar la floración y en algunos, no en todos los casos, la floración es retrasada bajo fotoperíodos de 14 a 16 horas. Este autor también nos menciona que con fotoperíodos largos (14 a 16 horas) se tiene alta acumulación de materia seca en comparación con la producida bajo fotoperíodos de 12 horas luz.

El mijo perla es un cultivo importante como alimento forrajero en varias partes del mundo, por lo que el mejoramiento del cultivo continúa para incrementar los rendimientos de forraje y grano. Sin embargo, el grado en que los híbridos y las retrocruzas pueden hacerse es limitado por el tiempo requerido para alcanzar la antesis. Muchos de los mijos han mostrado influencia del fotoperíodo para la inducción floral, mientras que otros han sido clasificados como plantas neutras (Ong y Everard, 1979).

Se ha demostrado que con la variación del fotoperíodo y la temperatura se puede manipular el ciclo de cultivo, por ello se tiene que a temperatura alta de día y de noche (39 - 29°C) combinada con días largos (16 horas) de alta intensidad lumínica favorece la floración temprana, que puede ser inducida con días de 8 h luz. La floración temprana y el desarrollo completo de la inflorescencia se obtuvo con temperaturas de 32/29°C (Ong y Everard, 1979).

2.3.1.3. Humedad.- El mijo perla es un cultivo que tolera condiciones de baja precipitación y en la zona del Sahel en el

Africa occidental, los cultivares precoces pueden cultivarse para grano con una precipitación anual de 250 a 300 mm, mientras que en la misma área el sorgo requiere al menos 350 mm de lluvia. Para este cultivo, la tolerancia a la baja precipitación anual depende principalmente del rápido crecimiento y la maduración precoz, de tal manera que las plantas escapan a la sequía y completan su desarrollo antes que la estación de lluvia termine. Sin embargo, el mijo perla es susceptible a la sequía cuando está en el periodo de crecimiento y las plantas no sobreviven logrando estado de latencia como lo hace el sorgo (Ogden, 1977 citado por Seetharama et al. 1984).

El efecto del estrés de humedad sobre la fenología de sorgo y mijo dependen de la severidad de éste y de la etapa del desarrollo del cultivo durante el cual ocurre. Cuando la falta de agua no es muy severa la respuesta del estado fenológico no es muy aberrante, pero tiene efectos sobre el crecimiento y el rendimiento. En ambientes de estrés hídrico variable el efecto sobre la fenología puede ser evidente, particularmente cuando el déficit ocurre antes de la floración. También se ha demostrado que la respuesta está relacionada con el tiempo en que el proceso fue afectado (Seetharama et al. 1984).

Landa (1986), menciona que es evidente que las etapas del crecimiento y desarrollo y componentes de rendimiento son factores importantes en la habilidad del cultivo para producir grano y forraje en una situación donde varía la humedad.

2.3.1.4. Suelo.- El mijo perla puede crecer en una variedad de suelos, excepto en aquellos inundados e inundables

estacionalmente, cuando coincide con el crecimiento de las plantas. Se comporta mejor en suelos francos ligeros y en suelos arenosos que en los pesados, donde desarrollan un sistema radicular más superficial. Las plantas son relativamente tolerantes a suelos de baja fertilidad y pueden producir al menos alguna cosecha donde otros cultivos fallarían (Ogden, 1977 citado por Seetharama et al. 1984). Sin embargo, en un suelo rico y bajo condiciones ambientales favorables, producen excelentes rendimientos de forraje y grano.

El cultivo del mijo perla por lo general prospera en suelos con bajos insumos y condiciones muy limitantes en los países de Africa e India, siendo cultivado principalmente en suelos alfisoles con un pH que varía de 6.2 a 7.75 (ICRISAT, 1984), por lo anterior, este cultivo puede adaptarse eficientemente bajo condiciones áridas y semiáridas que prevalecen en el Noreste de México para producir grano y forraje (Landa, 1986).

### 2.3.2. Factores bióticos.

2.3.2.1. Plagas.- De las plagas que frecuentan a este cultivo, la oruga y los chapulines son los más comunes y dañan al follaje, pero quizás la plaga principal son las aves granívoras, principalmente Quelea quelea, que puede causar grandes pérdidas de semillas en Africa y en la India. El uso de cultivares "barbados", en los que numerosas aristas largas y picudas salen entre los granos, puede reducir la pérdida y aún prevenir el daño.

El número de especies (aves e insectos) que se alimentan de mijo perla es abundante (83 en la India), de las cuales solamente

6 pueden ser plagas serias; mencionaremos dos: el gusano soldado (Mythimna separata), plaga que prevalece más en terrenos hierbosos y la oruga de la panoja (Heliothis armigera) (Purseglove, 1972).

2.3.2.2. Enfermedades.- Una de las principales enfermedades del mijo perla mencionados por Purseglove (1972) es la enfermedad de la panoja verde, un tipo de mildiu vellosa causado por Sclerospora graminicola, la que daña no sólo a las panojas sino a la planta entera; esta es posiblemente la única enfermedad fungosa que afecta el rendimiento del forraje, es común en India y Africa, quizás cultivares resistentes podrían controlarla.

Otras enfermedades comunes son: la roya (Puccinia penniseti) y la mancha de la hoja, esta última causada por Curvularia panniseti, Helminthosporium turcicum y Pyricularia grisea que es de menor importancia, comparada con la señalada primero.

Las enfermedades de las partes reproductivas de la planta son el tizón, causado por Sphacelia sorghi y el ergot causada por Claviceps microcephala, estas pueden causar daño a la semilla.

#### 2.4. Componentes de rendimiento.

Recientemente ha habido un interés considerable acerca de las contribuciones de las características morfológicas con el desarrollo y la formación de granos en los cultivos. Este aspecto asumió significancia especial en el arroz, donde el concepto de tipo de planta cambió drásticamente de tipos de porte alto teniendo hojas largas y caídas o dobladas a plantas bajas con hojas cortas. Como en este caso y en el de otros cultivos, tales

conceptos pueden ser también útiles en el mijo perla, donde podrían lograrse rendimientos máximos con genotipos que tengan de 7 a 8 hojas rígidas y tallos erectos (Burton y Powel, 1968).

Phul (1971) ha estudiado la asociación de algunas características de las hojas y el tallo con el rendimiento de grano en mijo perla. Los resultados indican que las variedades con tallos gruesos y hoja bandera pequeña pero ancha pueden ser más productivos que aquellos tallos delgados, hoja bandera angosta y hojas numerosas y largas que producen el efecto de autosombra disminuyendo las áreas fotorreceptivas de las hojas, lo anterior resulta, por lo tanto, en una reducción de actividad fotosintética. Por lo tanto, las plantas con menor número de hojas, que sean más erectas y con tallos más gruesos, se espera que produzcan más rendimiento. Aún cuando el rendimiento de grano en el mijo perla depende generalmente del peso de la panoja y del número de hijuelos (Gupta, 1968), el énfasis debe ponerse también sobre las características del tallo y de las hojas para una selección eficiente de genotipos altamente rendidores.

Por otro lado, la contribución de los hijuelos al rendimiento de grano es importante pues su contribución puede variar de un 13 a un 35 por ciento, siendo esta incrementada con la disminución de la densidad de siembra. Otros investigadores de Africa (Kassam 1976) han reportado que los hijuelos de algunos cultivares pueden contribuir del 13 al 72 por ciento del rendimiento total de grano. Estos autores señalan que aparentemente este carácter está regulado por varios genes, con pocos hijuelos dominantes a muchos.

Aún cuando se ha encontrado correlación positiva entre altura de planta y rendimiento de grano, las plantas más altas no son necesariamente las más eficientes en la producción de grano. De los caracteres estudiados, el número de hijuelos efectivos fue el que más se ha correlacionado con el rendimiento. Aún cuando otros caracteres como área foliar y altura muestran una asociación positiva, algunos autores señalan que se debe tener cuidado al introducirlos como criterios de selección, debido a algunos otros efectos indeseables (Kassam 1976). Egharevba et al. 1983, llega a la misma conclusión al hacer estudios similares en este mismo cultivo y añade que el número de semillas por planta mostró una correlación positiva con el rendimiento.

### 3. MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1. Localización del trabajo.

El presente trabajo se realizó durante el ciclo otoño-invierno de 1985 en la Estación Experimental Agropecuaria de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, que se localiza geográficamente a los 25°53' latitud norte y 100°03' longitud oeste del meridiano de Greenwich; con una altitud de 367 msnm.

#### 3.2. Características climáticas de la región.

El clima de la región, según la clasificación de Köppen, modificado por García (1973) se aproxima más al tipo Bsl(h') hx (e') correspondiendo a los climas secos, con una precipitación promedio anual de 533 mm y una temperatura media anual sobre 22°C, la oscilación anual de la temperatura media mensual es muy extrema siendo superior a los 14°C, es decir, con temperaturas en los meses más fríos (diciembre - enero) abajo de 18°C y los meses más calurosos (julio - agosto) superior a los 30°C, La precipitación se puede presentar durante todos los meses del año, pero es poco frecuente.

La información referente a las condiciones climáticas registradas en el transcurso del experimento se muestran en la figura 1.

#### 3.3. Descripción del experimento.

3.3.1. Material genético.- Los genotipos utilizados en este experimento fueron obtenidos del Instituto de Investigación en Cultivos de los Trópicos Semiáridos (ICRISAT).

Los genotipos y su símbolo de identificación son descritos a continuación:

Símbolo	Genotipos	Naturaleza del material
G 1	WS-C-75	compuesto
G 2	ICMS-7703	sintético
G 3	IVS- 5454	sintético
G 4	IVS-A-82	sintético
G 5	ICMS-7704	sintético
G 6	ICMS- 7835	sintético
G 7	NELC-P-79	variedad
G 8	ICMS-7857	sintético
G 9	WS-P-78	variedad
G 10	ICMS-8008	sintético
G 11	NELC-H-79	variedad
G 12	ICMS-8021	sintético
G 13	ICMV-81237	variedad
G 14	ICMV-81111	variedad
G 15	ICMV-81253	variedad

3.3.2. Material no genético.- para el desarrollo del presente trabajo se contó con recursos que fueron aportados por la Facultad de Agronomía; tales recursos incluyen, nivel montado, estadal graduado en centímetros, cintas métricas de 50 m , maquinaria agrícola necesaria para efectuar las labores de preparación del suelo antes de la siembra, sobres para la distribución de la semilla, insecticida, aspersora, balanza granataria, balanza analítica, estufa de secado (marca Feliza), bolsas de glisine para muestreo de grano, etiquetas, marcadores,

cajas de petri, papel filtro, agua, cámara bioclimática (marca CHAMBER) y libro de campo.

3.3.3. Diseño experimental.- Los genotipos se sometieron a evaluación bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones llevándose esta evaluación a cabo fecha por fecha. El modelo estadístico que corresponde a tal diseño es el siguiente (Reyes, 1978):

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

donde:

$Y_{ij}$  = Representa la observación del tratamiento  $i$  en la repetición  $j$ .

$M$  = Representa la media general.

$T_i$  = Representa el efecto del tratamiento  $i$ .

$B_j$  = Representa el efecto de la repetición  $j$ .

$E_{ij}$  = Representa los errores experimentales aleatorios independientes, normalmente distribuidos, con media 0, y varianza  $\sigma^2$  asociados a la observación  $Y_{ij}$ .

Con el propósito de estudiar la existencia de asociación entre las variables consideradas, se realizó un estudio de correlación simple.

El coeficiente de correlación mide el grado de asociación entre variables y está dado por:

$$r = \text{COV}(x,y) / S_x S_y$$

donde:

$r$  = Coeficiente de correlación

$\text{COV}(x,y)$  = Covarianza  $x,y$

$S_x S_y$  = Desviación estandar de  $x$  por desviación estandar de  $y$

Para el análisis de crecimiento de grano se usaron ecuaciones de regresión, considerándose en su modelo lineal, cuadrático, cúbico y cuádruple; cuya representación matemática es la siguiente (Steel y Torrie, 1986):

Lineal:  $PS = B_0 + B_1t + E$

Cuadrática:  $PS = B_0 + B_1t + B_2t^2 + E$

Cúbica:  $PS = B_0 + B_1t + B_2t^2 + B_3t^3 + E$

Cuádruple:  $PS = B_0 + B_1t + B_2t^2 + B_3t^3 + B_4t^4 + E$

donde:

PS = Variable dependiente peso seco de grano en gramos.

t = Variable independiente tiempo de muestreo en días.

3.3.4. Dimensiones.- En cada fecha la unidad experimental estaba constituida por un área de 16 m<sup>2</sup>, que la constituían cuatro surcos espaciados a 0.8 m y una longitud de 5 m. La parcela útil o área de muestreo y cosecha, estaba constituida por los dos surcos centrales de la unidad experimental, en cada uno de los surcos centrales se eliminó un metro de cabecera debido al efecto de orilla, el área de la parcela útil fue de 4.8 m<sup>2</sup>. Cada fecha consistía de 45 parcelas en un área de 896 m<sup>2</sup> incluyendo las calles, obteniendo un área total entre las tres fechas de siembra del experimento de 2,688 m<sup>2</sup>, el área por repetición en cada fecha fue de 281.6 m<sup>2</sup>, dejando un sendero de un metro dentro y entre repeticiones con el propósito de tomar las observaciones pertinentes en cada unidad experimental.

A continuación se menciona las dimensiones específicas del experimento.

Superficie total por fecha 25.6 m X 35 m = 896 m<sup>2</sup>

Superficie total del experimento	896 m X 3 m = 2688 m <sup>2</sup>
Repetición	11 m X 25.6 m = 281.6 m <sup>2</sup>
Unidad experimental	3.2 m X 5 m = 16 m <sup>2</sup>
Parcela útil	1.6 m X 3 m = 4.8 m <sup>2</sup>
Surco	0.8 m X 5 m = 4.0 m <sup>2</sup>

El croquis del experimento, que incluye la distribución de los genotipos se representa en la figura 2 del apéndice.

#### 3.4. Desarrollo del experimento.

En la preparación del terreno se realizó una rotura, luego se dió un paso de rastra, posteriormente se hizo un trazo de riego a una pendiente de 1 por 100 m de longitud. Después se efectuó el surcado a una distancia de 0.8 m.

La semilla fue tratada con insecticida Aldrin (M.R. CHELL CHEMICAL COMPANY) a una proporción de 3 g por cada kg de semilla, además de los fungicidas Metalaxil (M.R. CIBA GEIGY CORP.) y Thiram (M.R. DUPONT D NEMOURS AND COMPANY) a una proporción de 4 y 2 g respectivamente por cada kg de semilla.

La densidad de siembra fue de 5 kg/ha correspondiendo a una cantidad de 8 g por parcela y 2 g por surco.

Una vez delimitado el lote experimental e identificada cada unidad experimental y surco se procedió a la distribución de los sobres con la semilla. El procedimiento descrito hasta aquí es el mismo que se siguió en cada fecha.

Fecha No. 1; la siembra se realizó el día 15 de agosto de 1985, se había realizado un riego de presiembra el día 9 de agosto, en la siembra, la semilla se distribuyó en el fondo del surco; para mantener una densidad de población de 125000 plantas

por hectárea se realizó un aclareo el día 11 de septiembre dejando una distancia entre plantas de 10 cm con una tolerancia de más o menos 3 cm.

En la fecha No. 2, la siembra se realizó el día 27 de agosto de 1985, el riego de presiembra se realizó el día 23 de agosto, el procedimiento en esta fecha se llevó a cabo de manera similar que la anterior, el aclareo en este caso se efectuó el día 20 de septiembre.

Fecha No. 3; la siembra se realizó el día 9 de septiembre de 1985, el riego de presiembra se dió el día 6 de septiembre, haciéndose el procedimiento de igual manera que en los casos anteriores, el aclareo se realizó el día 3 de octubre para mantener el mismo número de plantas por hectárea por fecha, la tolerancia fue la misma.

Solo se realizó un riego de auxilio, llevándose a cabo en cada fecha aproximadamente un mes después de la emergencia del cultivo.

Durante el desarrollo del cultivo se detectó la presencia de gusano cogollero, combatiéndolo con Sevin (M.R. UNION CARBIDE CHEMICAL CORP.) que se aplicó con una aspersora manual con capacidad de 15 litros. La aplicación se realizó en las tres fechas cuando se detectó la plaga.

La cosecha se llevó a cabo el día 17 y 27 de noviembre para la fecha 1 y 2 respectivamente, y el 20 de diciembre para la fecha No. 3

### 3.5. Descripción de las variables.

Días a diferenciación floral.- Se tomaron muestras cada tres días de tres plantas por parcela y se observaron al estereoscopio para

detectar la presencia del domo con el que se identifica la diferenciación floral y se tomó el número de días transcurridos hasta la emergencia. Periodo de desarrollo de panoja.- Su duración se obtuvo restando al número de días que tardó en alcanzar la floración los días que tardó en llegar a diferenciación floral.

Días a floración.- Se consideró el número de días que transcurrieron desde la emergencia de las plantas hasta que el 50 por ciento de la población de la parcela tenía una emergencia en los estigmas del 50 por ciento en la panoja.

Periodo de llenado de grano.- Se obtuvo restándole a los días que tardó en llegar a madurez fisiológica, los días que transcurrieron para alcanzar floración.

Días a madurez fisiológica.- Se seleccionaron 10 plantas por parcela y se etiquetaron sus panojas, se consideró el número de días que transcurrieron desde la emergencia hasta que el 50 por ciento de las 10 panojas muestreadas por parcela se les detectara la presencia de la capa negra en el grano, que se considera como indicador de la madurez fisiológica.

Muestreo de granos.- Este se tomó en base al peso seco de 60 granos, tomando el primer muestreo 14 días después de detectada la floración y después periódicamente cada cuatro días hasta que el grano alcanzó madurez fisiológica. Los muestreos se realizaron de la siguiente manera: se seleccionaron 3 panojas por cada parcela ( $\pm$  en el mismo estado de desarrollo), de cada una se

tomaban 20 granos de la parte superior, media y baja, teniendo 60 granos en cada muestreo de la panoja, depositándolos en una bolsa de glisine y posteriormente (ya identificados los muestreos) se depositaban en una estufa para su secado durante 3 días a 70°C.

Se consideraron tres repeticiones de cada muestreo para los 15 genotipos.

Una vez secado el grano se procedió a limpiarlo de impurezas (glumas, palea, raquis de espiguillas, etc.) con un cernidor de cocina a base de fricción. Una vez limpio se puso de nuevo a la estufa por 2 días y se procedió a evaluar su peso con una balanza analítica, sacando el promedio de los 60 granos (considerando las tres panojas seleccionadas en cada parcela, para cada muestreo).

Tasa de crecimiento de grano.- Se obtuvo restando al peso seco del último muestreo (en madurez fisiológica) el peso seco del primer muestreo. Esto se hizo utilizando el procedimiento sugerido por Blackman (1919) citado por Castillo (1980), en la siguiente fórmula:

$$TRC = dw / dt$$

donde:

dw = son valores de peso seco , y

dt = los tiempos.

Peso de 1000 semillas.- Se contaron 1000 granos en estado de madurez fisiológica y se registró el peso para cada parcela.

Rendimiento.- Se calculó el rendimiento en kg/ha de la parcela útil. Lo anterior se realizó de la siguiente manera: se cosecharon las panojas de los dos surcos centrales de la unidad

experimental, se dejaron secar al sol, una vez bien secas se procedió a desgranar manualmente y se pesó; en base a este peso se realizó por medio de una regla de tres simple el cálculo en kg/ha.

Porcentaje de germinación.- Se consideraron 100 semillas de las cosechadas por parcela; y se les realizó la prueba de germinación. En una caja de petri previamente identificada se puso en el interior papel filtro, se colocaron las 100 semillas, se cubrieron con otro trozo de papel filtro, enseguida se les proporcionaba 10 mm de agua, se cerraba la caja petri y se colocaban por cuatro días en la cámara bioclimática a una temperatura de 30°C con 11 h luz diarias, posteriormente se sacaban y se realizaba el conteo de semillas germinadas. Se consideraron los 15 genotipos con tres repeticiones (cada caja petri era una repetición) para cada fecha de siembra.

Horas luz acumuladas (HLA).- Los cálculos de luminosidad se hicieron utilizando los datos de la estación meteorológica de la F.A.U.A.N.L.. Se acumularon las horas luz de cada día desde la emergencia de la plántula hasta la cosecha.

Unidades calor.- Se determinó utilizando la fórmula que propone Arnold (1971), su cálculo se basa en la relación que existe entre la temperatura y la tasa de desarrollo de la planta. La teoría de las unidades calor propuesta por Reamur (Aitken, 1974), establece que una planta requiere una cantidad fija de calor para alcanzar una etapa de desarrollo en particular. De acuerdo a lo anterior, este autor utiliza la siguiente fórmula:

$$U.C. = \sum_{i=1}^n (T^{\circ}\text{max} + T^{\circ}\text{min})/2 - 10^{\circ}\text{C}$$

Si  $T^{\circ}\text{min} \leq 10^{\circ}\text{C}$ ,  $T^{\circ}\text{min} = 10^{\circ}\text{C}$

donde:

- U.C. = Unidades calor acumuladas  
T°max = Temperatura máxima diaria  
T°min = Temperatura mínima diaria  
n = Número de días hasta donde se alcanza la etapa fenológica para la cual se calcula la acumulación de unidades calor.

Los cálculos de unidades calor se hicieron utilizando los datos de temperatura de la estación meteorológica de la F.A.U.A.N.L..

## 4. RESULTADOS.

### 4.1. Epocas de siembra.

#### 4.1.1. Etapas de desarrollo del cultivo.

4.1.1.1. Fecha 1 (15 de agosto de 1985).- Para etapa 1 (E-1, fase vegetativa) se encontró una diferencia altamente significativa entre genotipos, el rango de variación fue de 28 a 35 días. Para etapa 2 (E-2) y para etapa 3 (E-3), no se encontró diferencia estadística significativa y el rango de variación fue de 25 a 30 y de 28 a 33 días, respectivamente. Para floración y madurez fisiológica el rango fue de 57 a 61 y 88 a 91 días respectivamente. Los coeficientes de variación fueron de 3.67, 10.71 y 8.80 % para las etapas 1, 2 y 3, y para floración y madurez fisiológica 4.91 y 1.51 % respectivamente (Cuadro 1).

Por medio de la prueba de Tukey se determinó que los genotipos más precoces para E-1 fueron el ICMS-7835 (28 días), ICMS-8021 (29 días) y el NELC-H-79 (30 días) (Cuadro 8).

4.1.1.2. Fecha 2 (27 de agosto de 1985).- No se encontró diferencia estadística significativa en ninguna de las tres etapas de desarrollo, tampoco para floración y madurez fisiológica entre genotipos (Cuadro 2), el rango de variación fue el siguiente: de 29 a 35, 23 a 29 y 25 a 31 respectivamente para las etapas 1, 2 y 3; y de 55 a 60 y 85 a 89 días para floración y madurez fisiológica; con coeficientes de variación de 6.46, 12.67 y 9.78 % respectivamente, para las etapas 1, 2 y 3; y de 4.23 y 2.16 % para floración y madurez fisiológica.

4.1.1.3. Fecha 3 (9 de septiembre).- No se encontró diferencia estadística significativa entre los genotipos en cuanto al tiempo

que tardan en alcanzar las etapas de desarrollo, floración y madurez fisiológica (Cuadro 3), teniendo un rango de variación de 28 a 29, 26 a 30 y 33 a 38 para las 3 etapas respectivas y para floración y madurez fisiológica de 54 a 59 y 90 a 93 días y con coeficientes de variación de 6.46, 6.82 y 6 % respectivamente, para etapas 1, 2 y 3 de desarrollo y para floración y madurez fisiológica de 3.41 y 2.18 % (ver Figura 3, promedios de duración de las etapas estudiadas).

#### 4.1.2. Unidades calor.

4.1.2.1. Fecha 1.- Se encontró diferencia estadística altamente significativa entre los genotipos en cuanto a la cantidad de unidades calor requeridas para alcanzar la E-1, teniendo un rango de variación de 548.33 a 664.33 unidades calor acumuladas, y un coeficiente de variación de 3.47 %. En cuanto a las unidades calor requeridas para llegar a las etapas 2 y 3, entre genotipos no se encontró diferencia estadística significativa, teniendo estas un rango de variación de 402.17 a 492.83 y 340.25 a 409.75 respectivamente, y para floración y madurez fisiológica rangos de 1023.75 a 1088.42 y 1414.58 a 1444.50 unidades calor requeridas, y con coeficientes de variación de 7.64 y 7.81; 3.05 y 1.21 % respectivamente, para etapas 2 y 3 y para floración y madurez fisiológica (Cuadro 1).

Los genotipos que requirieron menos acumulación de unidades calor para llegar a E-1, según la técnica de Tukey de comparación de medias son los siguientes: ICMS-7835 con 548.33, ICMS-8021 con 559.75 y NELC-H-79 con 572.08 unidades calor (Cuadro 8).

4.1.2.2. Fecha 2.- No se encontró diferencia estadística significativa entre los genotipos para las unidades calor requeridas para llegar a cada etapa de desarrollo, así como para alcanzar floración y madurez fisiológica. Los rangos de variación para estas etapas fueron: 545.58 a 619.33, 344.50 a 446.93 y 275.00 a 351.95 y de 935.83 a 1007.17 y 1275.50 a 1322.83 unidades calor respectivamente. Los coeficientes de variación en el mismo orden fueron: 5.26, 12.74, 12.47, 3.82 y 1.78 % respectivamente (Cuadro 2).

4.1.2.3. Fecha 3.- No se encontró diferencia estadística significativa entre genotipos para unidades calor requeridas para llegar a cada etapa, así como para alcanzar floración y madurez fisiológica. Los rangos de variación fueron, en el orden señalado: 446.00 a 464.25, 355.83 a 400.08 y 289.12 a 339.58; 812.25 a 864.33 y 1147.00 a 1153.50 unidades calor requeridas, respectivamente. Los coeficientes de variación fueron: 3.07, 6.36 y 7.27; 2.78 y 0.25 %, respectivamente, para las etapas 1, 2, 3, floración y madurez fisiológica (Cuadro 3).

4.1.3. Horas luz acumuladas (HLA).

4.1.3.1. Fecha 1.- Hubo diferencia estadística significativa entre genotipos para HLA en la etapa 1, mientras que para las etapas 2, 3, floración y madurez fisiológica no la hubo. Los rangos de variación fueron los siguientes: 336.01 a 449.52, 304.97 a 366.88 y 324.05 a 376.68; 721.77 a 773.10 y 1083.11 a 1115.11 horas luz acumuladas, con coeficiente de variación de 3.53, 8.02 y 6.86; 3.51 y 1.46 %, respectivamente, para cada etapa, floración y madurez fisiológica (Cuadro 1).

Por medio de la técnica de Tukey de comparaciones de medias, se encontró que los genotipos que requieren menos horas luz acumuladas para llegar a E-1 de desarrollo fueron las siguientes: ICMS-7835 con 366.01, ICMS-8021 con 378.54 y NELC-H-79 con 386.88 horas luz acumuladas (Cuadro 8).

4.1.3.2. Fecha 2.- No se encontró diferencia estadística significativa entre genotipos para horas luz acumuladas requeridas para llegar a cada etapa de desarrollo, así como para floración y madurez fisiológica. Los rangos de variación fueron: 372.04 a 437.15, 275.23 a 342.43, 289.32 a 350.93, 683.96 a 738.19 y 1021.69 a 1064.03, horas de luz acumuladas. Los coeficientes de variación fueron de 6.24, 12.61, 9.78, 3.99 y 1.93 %, para las etapas 1, 2 y 3, floración y madurez fisiológica, respectivamente (Cuadro 2).

4.1.3.3. Fecha 3.- No se encontró diferencia estadística significativa entre genotipos para horas luz acumuladas para el caso de las tres etapas de desarrollo, así como para floración y madurez fisiológica, contando con rangos de variación de 346.00 a 358.11, 305.55 a 350.49, 335.54 a 405.27, 655.76 a 705.70 y 1032.73 a 1076.03 horas luz acumuladas. Los coeficientes de variación fueron 2.62, 8.60, 8.69, 4.23 y 1.50 %, para las etapas 1, 2, 3 de desarrollo, floración y madurez fisiológica, respectivamente (Cuadro 3).

4.1.4. Tasa de crecimiento del grano (TCG)

4.1.4.1. Fecha 1.- No se encontró diferencia estadística significativa entre genotipos para TCG, presentando éstas un

rango de variación de 0.0176 a 0.0316 g y un coeficiente de variación de 26.76% (Cuadro 1).

4.1.4.2. Fecha 2.- No se encontró diferencia estadística significativa presentando un rango de variación de 0.0177 a 0.0284 g y un coeficiente de variación de 22.42 % (Cuadro 2).

4.1.4.3. Fecha 3.- Se encontró diferencia significativa entre genotipos para este factor, teniendo un rango de variación de 0.0124 a 0.0244 g y un coeficiente de variación de 19.84 % (Cuadro 3).

La prueba de comparación de medias mostró que los genotipos de más alta TCG son: WS-P-78 con 0.0244 g, IVS-A-82 con 0.0228 g y ICMV-81111 con 0.0228 g, ICMV-81253 con 0.0221 g (Cuadro 10).

4.1.5. Rendimiento.

4.1.5.1. Fecha 1.- No se encontró diferencia estadística entre genotipos. El rango de variación en este parámetro varió de 1019.52 a 2034.38 Kg/ha y un coeficiente de variación de 27.77 % (Cuadro 1).

4.1.5.2. Fecha 2.- No se encontró diferencia estadística significativa entre genotipos. El rango de variación que se presentó fue de 874.79 a 1916.60 kg/ha y un coeficiente de variación de 28.45 % (Cuadro 2)

4.1.5.3. Fecha 3.- No se encontró diferencia estadística significativa. El rango de variación en este parámetro fue de 423.82 a 1179.89 kg/ha. El coeficiente de variación fue de 43.61 % (Cuadro 3).

#### 4.1.6. Peso seco de 1000 semillas.

4.1.6.1. Fecha 1.- No se encontró diferencia estadística significativa entre los genotipos en estudio. El rango de variación para este factor fue de 7.30 a 9.27 g. El coeficiente de variación fue de 10.07 % (Cuadro 1).

4.1.6.2. Fecha 2.- Se encontró diferencia estadística altamente significativa entre los genotipos. La variación fue de 7.02 a 9.96 g; el coeficiente de variación fue de 0.08 % (Cuadro 2). Por medio de la técnica de Tukey de comparaciones de medias se determinó que los genotipos que mostraron mayor peso fueron: IVS-5454 (9.96 g), ICMV-81111 (9.24 g) e ICMV-81253 (9.17 g) (Cuadro 9).

4.1.6.3. Fecha 3.- No hubo diferencia estadística significativa en esta fecha y el rango de variación fue de 7.48 a 9.23 g, con un coeficiente de variación de 9.77 % (Cuadro 3).

#### 4.1.7. Porcentaje de germinación.

4.1.7.1. Fecha 1.- No se encontró diferencia estadística significativa entre genotipos para porcentaje de germinación. La variación fue de 88 a 96 % y un coeficiente de variación de 4.50 % (Cuadro 1).

4.1.7.2. Fecha 2.- No hubo diferencia estadística significativa entre los genotipos para esta fecha. El rango de variación fue de 78 a 91 %. El coeficiente de variación fue de 8.23 % (Cuadro 2).

4.1.7.3. Fecha 3.- No se encontró diferencia estadística significativa entre genotipos. El rango de variación fue de 40 a

73 %. El coeficiente de variación fue de 32.31 % (Cuadro 3).

#### 4.2. Correlaciones.

Se computó el grado de asociación entre la variable tasa de crecimiento de grano (TCG) con el resto de las variables anteriormente mencionadas en el análisis de varianza.

4.2.1. Fecha 1.- Unicamente se encontró significancia con la variable rendimiento de grano, siendo significativa con  $r = 0.34$  (Cuadro 11).

4.2.2. Fecha 2.- Se encontró una correlación negativa altamente significativa con E-1. En cuanto a unidades calor, en esta etapa se encontró una correlación negativa significativa, y para horas luz acumuladas requeridas para esta etapa se encontró una correlación negativa altamente significativa. También se encontró significativa la correlación que existe con el peso de 1000 semillas. Así tenemos que: para E-1,  $r = -0.4234$ ; UC E-1,  $r = -0.2804$ ; HLA E-1,  $r = -0.4233$  y para peso seco de 1000 semillas,  $r = 0.3058$  (Cuadro 12).

4.2.3. Fecha 3.- Aquí se encontró una correlación altamente significativa con la E-2 y E-3, correlación significativa para UC E-2 y HLA E-3; altamente significativa para UC E-3 y HLA E-2, así tenemos que para E-2  $r = 0.3798$ ; E-3  $r = 0.4186$ ; UC E-2  $r = 0.3190$ ; HLA E-3  $r = -0.2816$ ; UC E-3  $r = -0.3801$  y HLA E-2  $r = 0.3739$  (Cuadro 13).

### 4.3. Regresión.

#### Análisis de crecimiento de grano.

##### 4.3.1. Por genotipo.

En cada fecha, para cada uno de los genotipos, se aplicaron los cuatro modelos de regresión que se incluían en este análisis (Cuadro 14).

Los términos cúbicos y cuárticos no fueron considerados debido a que al incluirlos en las ecuaciones correspondientes el valor de  $R^2$  aumentaba muy levemente al aumentar el nivel de la ecuación (Cuadro 14), según el procedimiento de regresión Stepwise sugerido por Draper y Smith (1966). Debe notarse que la característica general de todos los genotipos en las tres fechas de siembra fue una tendencia lineal, aunque mostró un ligero incremento en  $R^2$  al incluir el término cuadrático (Cuadro 15).

##### 4.3.2. Por Fecha.

Considerando todos los genotipos en cada fecha y aplicando los cuatro modelos de regresión, se observa el mismo resultado que en el caso anterior. El máximo incremento de  $R^2$  va del lineal al cuadrático y se observa un ligero incremento del cuadrático al cúbico y al cuártico (Cuadro 14).

Así tenemos que el modelo más ajustado y práctico seleccionado en este estudio es el cuadrático para ambos casos, por genotipo y por fecha.

### 4.4. Aspectos climáticos.

Durante el periodo de este experimento (considerando las tres fechas de siembra probadas), se registró el siguiente rango

de temperaturas: las temperaturas máximas estuvieron entre 26 y 39.5°C, y como mínimas de -3.5 a 20°C. La insolación en este período fue de 10 a 14 hs; la precipitación osciló entre 0 y 73.2 mm.

El análisis del clima prevaleciente en cada etapa se reporta a continuación.

4.4.1. Fecha 1.- Para la etapa 1, el rango de temperaturas máximas fue de 31 a 39°C y de mínimas fue de 18.5 a 25.5°C; en cuanto a insolación fue de 12.60 a 13.80 h luz. La precipitación fue de 0 a 75 mm.

Etapa 2. Las temperaturas máximas fueron de 21 a 38°C y de mínimas de 12 a 28.5°C. La insolación fue de 11.80 a 12.60 h luz, y precipitación de 0 a 17.2 mm.

Etapa 3. Las temperaturas máximas de 20 a 33.5°C y mínimas de 5 a 23.5°C; insolación de 11.20 a 11.80 h luz y para precipitación de 0 a 73.2 mm.

4.4.2. Fecha 2.- Etapa 1, las temperaturas máximas variaron de 24 a 39°C y las mínimas de 18.5 a 25.5°C. La insolación de 13.80 a 12.40 h luz y la precipitación de 0 a 75.5 mm.

Etapa 2. La temperatura máxima varió de 21 a 38°C y la mínima de 12 a 29.5°C. La insolación varió de 12.10 a 12.80 h luz y una precipitación de 0 a 73.2 mm.

Etapa 3, los rangos de temperatura para máximas fue de 13 a 33.5°C y para mínimas de 5 a 23.5°C; insolación de 11.00 a 11.70 h luz. Durante esta etapa no se registró precipitación.

4.4.3. Fecha 3.- Etapa 1, las temperaturas máximas variaron de 21 a 38 y las mínimas de 12 a 28°C. La insolación varió de 12.10 a 12.80 h luz y la precipitación de 0 a 75 mm.

Etapa 2. La temperatura máxima varió de 20 a 34°C y la mínima de 6.5 a 25°C. La insolación varió de 11.30 a 12.00 h luz y la precipitación varió de 0 a 73.2 mm.

Etapa 3. Las temperaturas máximas variaron de 13 a 31.5°C, las mínimas de de 1.5 a 22°C. La insolación de 10.00 a 11.60 h luz y la precipitación de 0 a 1.0 mm. (ver Figura 1).

## 5. DISCUSION.

Se han estado realizando estudios en el Noreste de México acerca del cultivo de mijo perla para conocer más ampliamente su crecimiento y desarrollo, así como sus requerimientos ambientales (temperatura, precipitación y horas luz) necesarios durante su ciclo de vida. Los trabajos que ya se han realizado han demostrado que este cultivo tiene una buena adaptación para la producción de forraje y grano en las zonas semiáridas de Nuevo León (Gómez, 1986; Landa, 1986; Maiti y López, 1986; Uscanga, 1988). Se ha encontrado una gran variación en rendimiento de grano entre genotipos, haciéndose necesarios todavía más estudios para el conocimiento de la adaptabilidad del mijo perla, especialmente en diferentes fechas de siembra.

Por medio del presente estudio se pretendió conocer y evaluar el comportamiento en el crecimiento y desarrollo del grano durante el ciclo de siembra otoño-invierno, y seleccionar los genotipos que mejor respondan a las fechas de siembra bajo estudio (15 y 27 de agosto y 9 de septiembre). Este estudio tuvo también como objetivo conocer el grado de adaptación del mijo durante los cambios climatológicos que ocurren en cuanto a temperatura y fotoperíodo durante este ciclo de siembra.

### 5.1. Ambiente y etapas de desarrollo.

Existe abundante literatura que explica como influye el ambiente sobre el comportamiento del cultivo de mijo perla (Bidinger et al. 1981; Cocheme y Franqin, 1967; Fussell y Pearson, 1978; Kowal y Kassam, 1978; Ong y Monteith, 1984; Pearson y Derrick, 1977; Rachie y Majmudar, 1980 y otros).

Durante el presente estudio el ambiente que prevaleció se caracterizó por una disminución gradual de temperatura y fotoperíodo, que influyeron directamente sobre las etapas de crecimiento y rendimiento de grano. El rango de temperatura para etapa 1 fue de 12 a 39°C, registrándose la más baja temperatura durante el periodo de la tercer fecha de siembra. El rango de insolación fue de 12.1 a 13.8 h luz, registrándose la más baja también durante el periodo de la tercer fecha. La emergencia de las plantas ocurrió de 3 a 4 días después de la siembra para las tres fechas, debido a que la temperatura que prevaleció durante éste tiempo fue en promedio de 26°C, en contraste con lo que obtuvo Gómez (1986), en donde la emergencia tardó 9 días con una temperatura de 5.5°C en primavera del 85. Durante ésta etapa, para las tres fechas, las condiciones ambientales prevalecientes permitieron un buen desarrollo ya que en general el cultivo se desarrolló dentro de las condiciones permisibles mencionadas por la literatura. Existe una gran variabilidad entre genotipos en cuanto al tiempo, unidades calor y horas luz que requiere para alcanzar cada etapa de desarrollo. Sólo se pudo observar esto en la fecha 1, donde el rango de variación fue de 28 a 35 días, las unidades calor acumuladas de 548 a 664 y el de horas luz acumuladas de 336 a 449. Los genotipos más precoces fueron los siguientes: ICMS-7835 (28), ICMS-8021 (29) Y NELC-H-79 (30) y los que por tanto requieren menos unidades calor y horas luz para alcanzar etapa 1.

La literatura indica que la primera fase de desarrollo depende directamente de la temperatura. Las temperaturas bajas

retrasan el crecimiento (Ong y Monteith, 1984). Las temperaturas mínimas que permiten el desarrollo del mijo perla son de 10 a 12°C, más abajo de estas se retrasa el crecimiento. Se sabe que la temperatura y la disponibilidad de luz son determinantes durante la estación de crecimiento del cultivo, y que influyen en la acumulación de materia seca que el cultivo puede expresar, bajo ciertas condiciones de humedad. Las necesidades térmicas que este cultivo requiere fluctúan entre los 33 a 34°C (Ong y Monteith, 1984).

No hubo diferencias estadísticas significativas para etapa 1 en las fechas 2 y 3, aún cuando el rango de temperaturas fue de 18 a 39 y de 12 a 38°C respectivamente; sin embargo, se observó que al bajar la temperatura el período de duración de las etapas disminuye, aunque tal disminución no es significativa (29 a 34°C para la fecha 2 y de 28 a 29°C para la fecha 3). Estos resultados no concuerdan con los que mencionan en la literatura, aunque hay que considerar que durante esta etapa no hubo mucha diferencia entre los rangos de temperaturas máximas y mínimas, la media de temperatura diaria para cada fecha en cada etapa fueron: 27, 27 y 25°C respectivamente.

Para la etapa 2 se observó que el período de duración no muestra diferencia significativa entre genotipos por fecha ni entre fechas (27, 26 y 28 días respectivamente, Cuadro 4). La temperatura media para cada fecha en esta etapa fue de 27, 26 y 24°C. Probablemente este comportamiento en su duración es una influencia de la interacción de fotoperíodo y temperatura sobre la respuesta en los genotipos que no se ha reportado antes. Los

resultados obtenidos no coinciden del todo con lo que afirman Ong y Monteith (1984), que temperaturas bajas retrasan el crecimiento, ya que para fecha 3 si se confirman los hechos con la literatura, no siendo así para fecha 2, que registra el período de duración menor aunque no con la temperatura más alta con respecto a las fechas 1 y 3. Estos resultados no refutan la afirmación de los autores anteriores, ya que las diferencias en las temperaturas son insignificantes, a pesar de que las unidades calor acumuladas presentan una disminución gradual con horas luz acumuladas de 332.60, 312.40 y 326.83 para fecha 1, 2 y 3 respectivamente (Cuadro 4).

Gómez (1986), utilizando los mismos genotipos en primavera de 1985, encontró que existe una diferencia altamente significativa entre estos para esta etapa, con un rango de variación de 31 a 40 días, reportando óptimas condiciones ambientales para su desarrollo. Las unidades calor acumuladas durante este período en promedio fueron de 524.65 y las horas luz acumuladas de 230.2, que en comparación con el presente estudio, se observa que en primavera fue más alta la cantidad de unidades calor acumuladas que para otoño -invierno (376.17 a 441.40) del mismo año (1985), mientras que, para horas luz acumuladas es mucho más alta la cantidad registrada en otoño-invierno (312.40 a 332.60) que para primavera, recalcando que el período de duración de esta etapa fue más alto para primavera que para otoño-invierno. Lo anterior no coincide con lo que afirman Hellmer y Burton (1972); Begg y Burton (1971), de que la floración y el desarrollo de la planta también son acelerados en la mayoría de

los genotipos de mijo con el incremento de la temperatura. Esta diferencia en los resultados se debe probablemente a las diferencias en las condiciones ambientales que prevalecieron durante primavera y otoño-invierno, notándose para el ciclo en estudio una disminución gradual en el fotoperíodo (de 14 a 10 hr de agosto a diciembre) asociado con una disminución en la temperatura.

Etapa 3, periodo de llenado de grano (PLLG). Durante esta fase empieza la traslocación de fotosintatos desde el tallo y hojas hasta el grano. Diferentes autores mencionan que los factores ambientales como sequía, temperaturas altas o bajas, etc., influyen directamente en el llenado de grano. No se encontraron diferencias significativas entre genotipos para las tres fechas, notándose diferencia en los promedios entre fechas, aunque tampoco fue significativa. La duración promedio en días del PLLG fue de 31, 29 y 35 días, con una temperatura media diaria de 20, 21 y 20°C para las fechas de siembra 1, 2 y 3 respectivamente (Cuadro 5). Para fecha 1 el PLLG está en el intermedio, aunque la temperatura es la más baja, podría relacionarse esta respuesta de los genotipos con la interacción que debe existir entre fotoperíodo y temperatura día noche. No teniendo una respuesta bien definida, comparando con fecha 2, que tiene la temperatura un poco más alta y con un rango igual al de fecha 1, con temperaturas máximas de 13 a 33.5°C, para esta fecha se aceleró el PLLG. En la fecha 3 el PLLG fue más lento y esto se debe a las temperaturas que prevalecieron, haciendo notar que el rango de temperaturas máximas para este caso fue de 13 a 31.5°C y

que fue el rango más bajo de las tres fechas. Esta información coincide con lo que reporta Fussell (1980), que cuando se reportan bajas temperaturas durante el desarrollo del grano, se incrementa su período de llenado, que es lo que se encontró para la fecha 3.

Gómez (1986), reporta la duración del PLLG que fue de 29 días, período que es más corto en comparación con el que se encontró en el presente estudio (excepto para la fecha 2), y que se puede relacionar con las altas temperaturas que prevalecieron durante primavera del 85. Entre las tres fechas se observa una diferencia notable en cuanto a unidades calor acumuladas durante el PLLG, así tenemos 380.38, 317.40 y 321.61 y para horas luz 355.99, 325.75 y 374.28 para fecha 1, 2 y 3 respectivamente. Al compararlas entre sí, se observó que el PLLG es más lento en la fecha 3 lo que indudablemente se relaciona con unidades calor acumuladas en este período. La literatura no reporta que las unidades calor acumuladas tengan una respuesta definida sobre el PLLG.

Maiti y Bisen (1978), mencionan que hubo variación en el PLLG en dos estaciones de siembra en la India, en algunas de las variedades de mijo; señalan que durante el período de precipitación el período de la variedad HB3 duró 27 días pero en el verano duró 31 días.

Para el período floración no se encontró diferencia significativa entre genotipos por fecha, y entre fecha se nota pequeña diferencia en la media de los días que tarda en alcanzar el cultivo la floración; así tenemos 59, 58 y 56 días (Cuadro 6), con un promedio de unidades calor acumuladas de 1048.91,

972.41 y 831.46 y de horas luz de 742.31, 711.06 y 679.05 para fecha 1, 2 y 3 respectivamente. En general se observa que hay una disminución gradual en cuanto a las unidades calor y horas luz acumuladas conforme es más tardía la fecha de siembra, notando también que la floración, en promedio, se ve acelerada contradictoriamente a lo afirmado por Aitken (1974) que altas temperaturas en forma general, aceleran el desarrollo y el crecimiento y lo que afirman Ong y Monteith (1984), que temperaturas bajas retrasan el crecimiento y que el fotoperíodo y temperatura influyen en la iniciación de la floración.

Bogdan (1977), dice que el mijo perla es una especie facultativa de día corto (fotoperíodo de 12 hr.) que la temperatura y el genotipo no afecta la floración y que las plantas florecen temprano. Esto puede explicar los resultados obtenidos en este estudio, ya que en promedio, el fotoperíodo durante el período de desarrollo de la panoja fue de 12.1 hr., que coincide con el que menciona la literatura.

Gómez (1986), reporta un promedio para días a la floración de 64 con un promedio en las unidades calor y horas luz acumuladas de 869.65 y 423.7 respectivamente, que en comparación con lo observado en el presente trabajo este período es más grande en primavera que en otoño-invierno del 85. El hecho anterior puede deberse a la interacción del fotoperíodo y la temperatura para los genotipos en los diferentes ciclos de cultivo observados.

Con respecto a madurez fisiológica no hubo diferencia significativa entre genotipos para las tres fechas de siembra

(los rangos fueron de 88 a 91, 85 a 89 y 88 a 93 días después de la emergencia). Gómez (1986) encontró un rango de 91 a 94 días después de la emergencia, con unidades calor y horas luz acumuladas de 1295.92 y 688.2 respectivamente.

Aunque la diferencia entre los rangos de las tres fechas no es significativa, se observa que para fecha 3 se incrementa el número de días, notando que la temperatura media diaria durante el PLLG fue de 19.7, 21.1 y 20.2°C y un promedio en las unidades calor y horas luz acumuladas para alcanzar madurez fisiológica de 1428.02, 1299.92 y 1153.07; 1097.83, 1044.02, 1053.33 para fecha 1, 2 y 3 respectivamente.

No hubo significancia estadística en la variabilidad entre genotipos por fecha y entre fecha debido a que aparentemente las condiciones ambientales prevalecientes fueron similares en esta última etapa de madurez fisiológica. En comparación con el ciclo de primavera se observó una diferencia poco notable en la cantidad promedio de días que se requiere para alcanzar madurez fisiológica, aunque se nota que en primavera el periodo fue levemente mayor, esto debido probablemente al efecto climático en cada ciclo.

Tasa de crecimiento de grano (TCG). Sólo se encontró diferencia estadística significativa entre genotipos en la fecha 3. Se observó así que la V4 IVS-5454 es uno de los genotipos que más TCG tiene con un rendimiento (el más alto en esta fecha) de 1179 kg/ha. Este genotipo fue el más estable en cuanto a su adaptación a bajas temperaturas; en cambio, el genotipo que obtuvo mayor TCG fue el WS-P-78 con 0.0000244 kg/día, su

rendimiento fue de 690 kg/ha, el cual si presentó variabilidad entre fechas (Cuadro 6). No obstante que la fecha 3 fue en donde se registró menor rendimiento y TCG, entre fechas se observó una disminución gradual conforme fue más tardía la siembra (0.0242, 0.0231 y 0.0191 gr/día respectivamente). Lo anterior coincide con la disminución en la temperatura y fotoperíodo durante este ciclo de cultivo. El hecho anterior concuerda con lo encontrado con Fussell et al. 1980, que afirman que las bajas temperaturas durante el desarrollo del grano incrementan el período de llenado de grano y el rendimiento, y que la tasa de llenado de grano no varía entre el rango de 21/16 a 33/28°C. De acuerdo a lo anterior, la disminución en el rendimiento pudo deberse a la baja en la temperatura que prevaleció durante el PLLG en la fecha 3, que fue de 24/14°C y que está bajo el rango anteriormente citado.

#### 5.2. Patrón de crecimiento de grano.

Maiti y Bidinger (1981), indicaron que hay 3 fases en el rendimiento del llenado de grano. La fase 1 es donde el llenado de grano es lento, en la 2 es rápido y en la 3 es estable (formando una curva sigmoide), por lo tanto, el ambiente influye en las diferentes fases de crecimiento que afectan directamente a la producción. En el presente trabajo se trató de ajustar el patrón de crecimiento del grano en cada fecha por medio de ecuaciones de regresión, se esperaba como lo menciona la literatura, una curva sigmoide que correspondía al modelo cúbico, sin embargo, debido probablemente a condiciones del clima los resultados fueron diferentes. Se seleccionó el modelo cuadrático, aunque se apreció una tendencia lineal. Así tenemos para fecha 1

que la ecuación que determina la curva ajustada tiene una  $R^2 = 0.7871$  (Cuadro 14) y fue donde se alcanzó, en promedio de todos los genotipos, la mayor altura (Figura 4). Lo anterior se relaciona con TCG y rendimiento, que obtuvo los valores más altos con respecto a las otras dos fechas. Para la fecha 2, la ecuación tuvo un  $R^2 = 0.8364$  y para fecha 3 un  $R^2 = 0.07605$  (Cuadro 14). En promedio sus curvas ajustadas alcanzan más o menos la misma altura (Fig.7), se nota que la curva de la fecha 2 está ligeramente más abajo que la fecha 3, observándose para cada fecha la desviación entre la curva ajustada y la real de los genotipos en su patrón de llenado de grano (Fgs. 4, 5 y 6). La diferencia en promedio de la TCG entre fechas es muy pequeña (Cuadro 6); conformando estos resultados con lo que dice Fussell, que aún cuando la morfología de las plantas y el rendimiento estuvieron afectadas marcadamente por el ambiente térmico pre-antesis, el desarrollo del grano no lo es. Se sabe que a todas las temperaturas, los carbohidratos almacenados en el tallo son agotados durante el desarrollo inicial del grano, ya que los diferentes procesos de la planta tienen óptimos diferentes de temperatura. El mijo manifiesta un óptimo de temperatura más amplio para el rendimiento del grano que lo que se podría esperar para un zacate tropical (Fussell et al. 1980).

### 5.3. Rendimiento y peso seco de 1000 semillas.

En cuanto a rendimiento de grano, se observó que no existe diferencia significativa entre genotipos para cada fecha, sin embargo se observa diferencia en los promedios entre fechas (Cuadro 7). La diferencia entre fecha 1 y 2 es muy pequeña,

teniendo que las temperaturas promedio día/noche durante el PLLG fueron 27/16, 26/15 y 24/14°C, respectivamente para fecha 1, 2 y 3. Gómez (1986) trabajó con un rango de temperatura día/noche de 26/5.5 a 39/28°C (media de 33.3/17°C) y reporta que el genotipo más tardío (32 días) presentó un rendimiento de 797 kg/ha y el más temprano (26 días) de 1152 kg/ha sin encontrar correlación entre el PLLG y el rendimiento. El promedio del rendimiento (de los mismos materiales usados en los dos ciclos) de los genotipos en primavera fue de 1296 kg/ha., mientras que en otoño-invierno fue más alto para la fecha 1 y 2 (1434 y 1359 kg/ha) que en la fecha 3 (726 kg/ha). Esto se puede explicar debido al efecto de la temperatura día/noche y al fotoperíodo que prevaleció en cada ciclo, notando que los materiales responden mejor en las fechas 1 y 2 de otoño-invierno, mientras que en la fecha 3 se disminuyó el rendimiento. Castillo (1980), menciona lo afirmado por Downes, que las temperaturas nocturnas moderadas, generalmente favorecen altos rendimientos, ya que la tasa de formación de estructuras de sostén y conducción se reduce más que la de almacenamiento. Esto coincide con lo ocurrido en la fecha 1 y 2, que presentan temperaturas moderadas durante la noche y alcanzan buenos rendimientos incluso más altos que en primavera.

Los procesos involucrados en la respuesta a la temperatura en la fase vegetativa incluyen la reducción de la tasa fotosintética de las hojas, especialmente a menos de 24°C (Mcpherson y Slatyer, 1973; Pearson y Derrick, 1977). La retención de un mayor porcentaje de fotosintatos en las hojas cuando la temperatura es de 33/28 a 18/13°C (Fussell y Pearson, 1978; Pearson y Derrick, 1977; Pearson et al.1977), y una

concomitante reducción en la actividad meristemática (tasa de producción de hojas e hijuelos) a menos de 24/19°C (Pearson, 1975), puede explicar el bajo rendimiento obtenido en la fecha 3, que tiene un promedio de temperatura día/noche de 24/14°C, y que pudo retener los fotosintatos en las hojas sin poderlos translocar al grano.

Se encontró una correlación significativa entre TCG y rendimiento en la fecha 1 ( $r=0.34^*$ ), no ocurriendo igual para las otras fechas. Lo anterior implica la influencia del ambiente sobre la traslocación de los fotosintatos, en especial la fecha 3 donde se nota más esta influencia (la más baja temperatura).

Los genotipos que alcanzaron mayor rendimiento (en kg/ha) en las diferentes fechas, incluyendo el ciclo de primavera del 85 se observan en el cuadro 16.

El genotipo que más estabilidad presenta en las 3 fechas de siembra bajo estudio fue el genotipo 4 (IVS-A-84); el genotipo 13 (ICMV-81237) aparece en las 3 fechas como uno de los 5 de mayor rendimiento, sin embargo, en la fecha 3 su rendimiento fue bajo con respecto a los obtenidos en la fecha 1 y 2 (Cuadro 7).

Para peso seco de 1000 semillas se encontró que los pesos más altos se registraron para los materiales de la fecha 2, encontrándose una diferencia altamente significativa entre genotipos con un rango de 7.02 a 9.96 g. Aún cuando las condiciones ambientales que prevalecieron fueron muy similares a las de la fecha 1 en esta no se encontraron diferencias. Se observó que el peso promedio para fecha 1 y 3 fue el mismo (8.28 g), aún cuando en el PLLG de la fecha 3 se registraron las

temperaturas más bajas de este ciclo. Así tenemos que el G-3 (9.23 g), el G-14 (9.24 g) y G-15 (9.17 g) son los más sobresalientes en la fecha 2, mientras que en la fecha 1 y 3 los pesos son buenos sin mucha variación entre los materiales. También para la fecha 2 se encontró una correlación significativa entre el peso de 1000 semillas con TCG ( $r=0.3058$ ), sin encontrarse para fecha 1 y 3, es posible que también esté influenciada esta correlación con el ambiente prevaleciente durante este ciclo de cultivo bajo estudio.

Fussell y Pearson (1980) afirman que las diferencias en el peso de grano en los cultivos debidas a las variaciones del medio ambiente durante el desarrollo del grano, no han sido evaluadas por sus efectos en las semillas formadas.

#### 5.4. Porcentaje de germinación.

Para porcentaje de germinación no se encontró diferencia entre genotipos por fecha. Sin embargo, se pudo observar (Fig. 8) una notable disminución en el porcentaje de germinación conforme la fecha fue más tardía y la temperatura e insolación fueron menores en el PLLG, teniéndose en promedio por fecha los siguientes porcentajes: 91.56, 83.84 y 56.78 % para fecha 1, 2 y 3, respectivamente.

Lo anterior coincide con lo que afirman Mohamed, Clark y Ong en 1985, que las condiciones ambientales durante el crecimiento de la semilla afectaron su tamaño, la velocidad de germinación y su viabilidad.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En los días requeridos para alcanzar cada etapa de desarrollo solo se encontró que existía alta significancia para etapa 1 entre genotipos para fecha 1.
2. Existe relación en cuanto a los requerimientos de unidades calor y horas luz en la etapa 1 de la fecha 1.
3. Los genotipos más precoces para alcanzar etapa 1 en la fecha 1 fueron: ICMS-7835, ICMS-8021 y NELC-H-79.
4. Solo se encontró significancia para tasa de crecimiento de grano en la fecha 3, notándose entre fechas una reducción para esta variable conforme es más tardía la siembra.
5. No se encontró diferencia entre los 15 genotipos en cuanto a rendimiento en ninguna de las tres fechas, pero se notó que el menor rendimiento de grano se obtuvo para fecha 3 donde se registró la menor temperatura y horas luz.
6. Este mismo efecto se presentó para la variable peso de mil semillas aunque solo se encontró significancia entre genotipos para fecha 2.
7. Se encontró que el genotipo que se mostró más estable en su comportamiento (mejor adaptación) en las tres fechas de siembra fue el genotipo IVS-5454 con buena TCG en las tres fechas y el mayor rendimiento de grano en fecha 3 y buen rendimiento en fecha 1 y 2.
8. Para la variable porcentaje de germinación no se encontró diferencia entre genotipos en ninguna de las tres fechas, aunque entre fechas se observó una considerable disminución

en el porcentaje de germinación, debido al efecto de la temperatura y fotoperíodo durante el llenado de grano en cada fecha.

9. Se encontró que entre genotipos para cada variable considerada no hubo mucha diferencia estadísticamente significativa, pero observando entre fechas se puede notar el cambio que existe en el comportamiento de los genotipos debido al ambiente.
10. El comportamiento del crecimiento del grano real fue ajustado por la ecuación cuadrática de las cuatro ecuaciones probadas en las tres fechas de siembra, aunque existe un ligero incremento en  $R^2$  en las ecuaciones cúbica y cuártica.
11. Se recomienda hacer el análisis estadístico en forma conjunta de las tres fechas probadas bajo un modelo apropiado que nos proporcione la evidencia en la diferencia entre fechas para cada variable en consideración.
12. Se recomienda seguir haciendo estudios en esta misma línea probando fechas (las mismas y otras) durante los dos ciclos de siembra para seguir observando el comportamiento del cultivo y seguir seleccionando los mejores genotipos (con mayor respuesta en el rendimiento) y seleccionar las mejores fechas de siembra.

## 7. BIBLIOGRAFIA.

- Aitken, Y. 1974. Flowering time, climate and genotype. Melbourne Univ. Press. p. 139.
- Arnold, C.Y. 1971. Heat units used in field corn production Illinois Res. 13: 6-7.
- Begg, J.E. y Burton, G.W. 1971. Comparative study of five genotypes of pearl millet under a range of photoperiods and temperatures. Crop Sci. 11: 803 - 805.
- Bellavista, G. 1985. Crecimiento y desarrollo de mijo perla, Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L. México. (No presentado)
- Bidinger, F.R., Mahalaskshmi, V., Talukdar, B.S. y Alagarswamy, G. 1981. Improvement of drought resistance in pearl millet. ICRISAT, Patancheru, A.P. 502 - 324, India.
- Bogdan, A.V. 1977. Tropical pasture and plant fodder plants. Logman, London p. 475.
- Burton, G.W. y Powel, J.B. Adv. Agron., 1968. 20:49. (No consultado en original)
- Carter, M.W. y Poneleit, C.G. 1973. Black layer maturity and filling period variation among inbred lines of corn (Zea mays L.). Crop Sci. 13: 436 - 439.
- Castillo, G.F. 1980. El rendimiento de grano en sorgo, su relación con los periodos de desarrollo y otras características. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados

Chapingo , México.

- Cocheme, J. y Franquin, P. 1967. A study of the agroclimatology of the semi-arid areas, South of the Sahara in West Africa. FAO/UNESCO/WMO Interagency Project on Climatology. FAO, Rome. p.326.
- Daynard, T. B. 1972. Relationships among black layer formation, grain moisture porcentage and Heat Unit Acumulation in corn. Agron. J. 64: 416 - 419.
- Daynard, T. B. y Duncan, W. G. 1969. The black layer and grain maturity in corn. Crop Sci. 9: 473 - 476.
- Draper, N.R. y Smith, H. 1966. Applied Regression Analysis. New York: John Wiley & Son.
- Eastin, J. D. 1972. Photosynthesis and translocation in relation to plant development. In Sorghum in 70th. Ed. N.G.P. Rao and L.R. House. Oxford and IBH Pub. CO., N. Dehli pp. 214 - 246.
- Egharevba, P. N., Ibrahim, A.A. and Okolo, A.A. 1983. Some morphological and physiological determinants of grain yield in pearl millet. Maydica 28: 15 - 24.
- ESPASA-CALPESA, 1978. Enciclopedia Universal Ilustrada, Europeo Americana. Madrid, España V: 35 pp 153 - 155.
- Farias, F.J.M. y Contreras, F.R. 1984. El Mijo Perla: Un nuevo forraje para la comarca lagunera. Folleto para productores No. 8, Agosto de 1984, SARH, INIA, CIAN, Campo Agricola Experimental de la Laguna, Matamoros, Coahuila, Mexico. 9 p.

- Frere, M. 1984. Ecological zones and production of sorghum and millet in: ICRISAT. Agrometeorology of sorghum and millet in the semi-arid tropics. Proceedings of the International Symposium p 33 - 39, 15 - 20 Nov. 1982. ICRISAT. Center, India Patancheru, A.P. 502 - 324, India.
- Fussell, L.K. 1980. Structural changes of the grain associated with black region formation in Pennisetum americanum. Journal of Experimental Botany 31 (21): 000 - 000.
- Fussell, L.K. y Pearson, C.J. 1978. Course of grain development and its relationship to black region appearance in Pennisetum americanum. Field Crops Research 1: 21 - 31.
- Fussell, L.K. y Pearson, C.J. 1980. Effects of grain development and thermal history on grain maturation and seed vigour of Pennisetum americanum. Journal of Experimental Botany. Vol. 31, No. 21: 635 - 643.
- Fussell, L.K.; Pearson, C.J. y Norman, M.J.T. 1980. Effect of temperature during various growth stages on grain development and yield of Pennisetum americanum. Journal of Experimental Botany 31: 621 - 633.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Universidad Nacional Autónoma de México. pp 246.
- Gómez, S. L. 1986. Fenología y adaptación de 20 genotipos de mijo perla (Penisetum americanum). Tesis Ingeniero Agrónomo.

- Fitotecnista, Facultad de Agronomía. U.A.N.L. Marín, N.L., México, 80 p.
- Gupta, V.P., Indian, J. Genet. 1968. 28A: 287.
- Hallauer, A.R. y Rusell, W.A. 1961. Effects of selected weather factors on grain moisture reduction from silking to physiologic maturity in cron. Agron. J. 53: 225 - 229.
- Hart, R.H. y Wells, H.D. 1965. Agron. J. 57: 636 -637.
- Hellmers, H. y Burton, G.W. 1972. Photoperiod and temperature indices early anthesis in pearl millet. Crop Sci 12: 198 - 200.
- Hillson, M.T. y Penny, L.H. 1965. Dry matter accumulation and moisture loss during maturation of grain. Agron. J. 57:150 - 153.
- ICRISAT-GRU (International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics, Genetic Resources Unit). 1984. Genetic Resources Report, 66 p. Patancheru, India.
- Kassam, A.H. 1976. Sorghum and millet project report-prepared for ICRISAT In house review, pp 42.
- Kowal, J.M. y Kassam, A.H. 1978. Agricultural ecology of savanas, Oxford University Press, Oxford p.403.
- Landa, T.H. 1986. Caracterización en germoplasma de mijo perla (Pennisetum americanum (L) Leeke) Marín, N.L. Primavera de 1985. Tesis Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Facultad de

- Agronomía, U.A.N.L. Marín N.L., México, 80 p.
- Launder, T.E. 1971. Aust. J. Exp. Agric. An. Husb. 11: 39 - 44.
- Maiti, R.K. y Bidinger, F.R. 1981. Growth and development of the pearl millet plant. ICRISAT, Research Bulletin No. 6 Patancheru, A.P. 502 - 324, India.
- Maiti, R.K. y Bisen, S.A. 1978. Studies in growth and development of panicles and grains in two contrasting genotypes of pearl millet (Pennisetum typhoides S & H). In " Physiology of sexual reproduction in flowering plants" (Ed. Mailk et al.); Kalyani Publishers, New Delhi pp 115 - 125.
- Maiti, R.K., González, H., Alanís, C.O., López, U., Alvarado, C.R. 1985. El Mijo Perla, como cultivo potencial en los trópicos semiáridos de México. Presentado en la Reunión Nacional de Consulta sobre Zonas Áridas. Saltillo, Coahuila, México.
- Moperson, H.G. y Slatyer, R.P. 1973. Mechanisms regulating photosynthesis in Pennisetum typhoides. Aust. J. Biol. Sci 26: 329 - 339.
- Mohamed, H.A., Clark, J.A. y Ong, C.K. 1985. The influence of temperature during seed development on the germination characteristic of millet seed. Plant, Cell and Environment 8 (5): 361 - 362.
- Nanda, K.K. y Chinoy, J.J. 1958. Lateral bud development in pearl millet Pennisetum typhoides Stapf & Hubbard in relation to its flowering. Current Sci. 27: 141 -143.

- Ong, C.K. y Everard, A. 1979. Short - day induction of flowering in pearl millet (Pennisetum typhoides) and its effect on plant morphology. *Experimental Agriculture* 15: 401 - 410.
- Ong, C.K. y Monteith, J.L. 1984. Response of pearl millet to light and temperature. In: *Agrometeorology of sorghum and millet in the semi-arid tropics: Proceeding of the international symposium*. p. 129 - 142, 15 - 20 Nov. 1982. ICRISAT. Center, India Patancheru, A.P. 502 - 324, India.
- Pearson, C.J. 1975. Thermal adaptation of Pennisetum : Seedling development, *Aust. J. Plant Physiol.* (2): 413 - 424.
- Pearson, C.J., Bioshop, D.G. y Vesk Maret. 1977. Thermal adaptation of Pennisetum: Leaf Structure and Composition. *Aust. J. Plant Physiol.*, 4:541 - 554.
- Pearson, C.J. y Derrick, G.A. 1977. *Ibid.* 4:763 - 769.
- Phul, P.S. 1971. Association of some leaf and stem characteristics with grain yield in pearl millet. *Current Science*. 41: 89 -90.
- Purseglove, J.W. 1972. Research Station Kent England. Eleusine coracana , Pennisetum americanum. pp. 29 - 31.
- Rachie, K.O. y Majmudar, J.V. 1980. Pearl millet, Pennsylvania State University Press., University Park, Pa. p. 307.
- Reyes, P. 1978. *Diseños de experimentos agrícolas*, Ed. Trillas Mex. pp 334.

- Robles, P.R. 1984. Agrometeorology of sorghum and millet in the semi-arid tropics, Symposium International, ICRISAT, India. 235 - 240.
- Seetharama, N., Mahalakshmi, V., Bidinger, F.R. y Singh, S. 1984. Responce of Sorghum and pearl millet to drought stress in semiarid India In:Agrometeorology of Sorghum and millet in the Semi-arid Tropics. ICRISAT. Patencheru, India pp 150 - 173.
- Steel G.D.R. y Torrie, J.H. 1986. Bioestadística, principios y procedimientos. 2da Edición (en español) Mc. Graw-Hill. p 443.
- Uscanga, M.F. 1988. Respuesta a las altas y bajas temperaturas en la etapa de plántula de mijo perla (Pennisetum americanum (L) Leeke) Marín, N.L. invierno de 1985. Tesis Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Facultad de Agronomía, U.A.N.L., Marín, N.L., México, 77 p.

8. APENDICE

Cuadro 1. Análisis de varianza para las variables consideradas en el cultivo de mijo perla *Pennisetum americanum* en fecha 1 (15 de agosto) Marín, N.L. Otoño-invierno 1985.

Variable	Cuadrado medio Genotipo	medio Error	Media	Rango	Significancia	C.V.%
Etapa 1	8.803	1.337	31	28 - 35	**	3.67
Etapa 2	6.803	8.379	27	25 - 30		10.71
Etapa 3	3.442	7.448	31	28 - 33		8.80
UC E-1	2893.704	444.463	607	548.33 - 664.33	**	3.47
UC E-2	2676.029	1138.279	441	402.17 - 492.83		7.64
UC E-3	1076.016	883.361	380	340.25 - 409.75		7.81
HLA E-1	1382.016	209.738	410	366.01 - 449.52	**	3.53
HLA E-2	1352.168	710.972	333	304.97 - 366.88		8.02
HLA E-3	725.620	596.635	356	324.05 - 376.68		6.86
FLORACION	3.467	8.267	59	57.00 - 61.33		4.91
M.F.	1.651	1.827	89	88.33 - 91.00		1.51
UC F.	1091.399	1024.662	1049	1023.75 - 1088.42		3.05
UC M.F.	201.383	299.807	1428	1414.58 - 1444.50		1.21
HLA F.	702.005	678.000	742	721.77 - 773.10		3.51
HLA M.F.	203.921	255.923	1098	1083.11 - 1115.11		1.46
T.C.G.	34.710	43.127	0.0245	0.0176 - 0.0316		26.76
Rdto. P.S.	210069.4	158815.2	1435	1019.52 - 2034.38		27.77
1000 S.	0.969	0.696	8.3	7.30 - 9.27		10.07
% de Ger.	14.460	17.003	91.56	88.33 - 96.00		4.50
* Significancia ( $\alpha = 0.05$ )						
** Alta significancia ( $\alpha = 0.01$ )						

Cuadro 2. Análisis de varianza para las variables consideradas en el cultivo de mijo perla *Pennisetum americanum* en fecha 2 (27 de agosto) Marín, N.L. Otoño-invierno 1985.

Variable	Cuadrado medio Genotipo	medio Error	Media	Rango	Significancia	C.V.%
Etapa 1	4.994	4.141	32	29 - 35		8.48
Etapa 2	7.089	10.989	26	23 - 29		12.67
Etapa 3	6.956	7.973	29	25 - 31		9.78
UC E-1	1162.924	917.879	576	545.58 - 619.33		5.26
UC E-2	2125.337	2549.029	396	344.50 - 446.93		12.74
UC E-3	1333.156	1567.191	317	275.00 - 351.95		12.47
HLA E-1	746.875	619.856	399	372.04 - 437.15		6.24
HLA E-2	999.040	1551.117	312	275.23 - 342.43		12.61
HLA E-3	862.482	1051.197	326	289.32 - 350.93		9.78
FLORACION	6.524	5.962	58	55 - 60		4.23
M.F.	4.086	3.557	87	85 - 89		2.16
UC F.	1582.746	1382.647	972	935.83 - 1007.17		3.82
UC M.F.	606.006	531.617	1300	1275.50 - 1322.83		1.78
HLA F.	879.128	804.14	711	683.96 - 738.19		3.99
HLA M.F.	446.149	407.576	1044	1021.69 - 1064.03		1.93
T.C.G.	23.602	26.434	0.0229	0.0177 - 0.0284		22.42
Rdto. - P.S.	219109.2	149496.0	1359	874.79 - 1916.60		28.45
1000 S.	1.486	0.464	8.4	7.02 - 9.96	**	0.08
% de Ger.	54.565	47.665	83.84	78.00 - 91.33		8.23

\* Significancia ( $\alpha = 0.05$ )  
 \*\* Alta significancia ( $\alpha = 0.01$ )

Cuadro 3. Análisis de varianza para las variables consideradas en el cultivo de mijo perla Pennisetum americanum en fecha 3 (9 de septiembre) Marín, N.L. Otoño-invierno 1985.

Variable	Cuadrado medio Genotipo	medio Error	Media	Rango	Significancia	C.V.%
Etapa 1	0.327	0.589	29	28 - 29		6.46
Etapa 2	3.641	3.551	28	26 - 30		6.82
Etapa 3	5.946	4.494	35	33 - 38		6.00
UC E-1	108.210	195.953	455	446.00 - 464.25		3.07
UC E-2	501.875	573.132	376	355.83 - 400.06		6.36
UC E-3	712.992	547.026	322	289.12 - 339.58		7.27
HLA E-1	47.470	85.471	352	346.00 - 358.11		2.62
HLA E-2	593.597	789.810	327	305.55 - 350.49		8.60
HLA E-3	1786.910	1058.886	374	335.54 - 405.27		8.69
FLORACION	4.803	3.679	56	54 - 59		3.41
M.F.	2.657	4.000	92	90 - 93		2.18
UC F.	758.055	533.617	831	812.25 - 864.33		2.78
UC M.F.	8.450	8.450	1153	1147.00 - 1153.50		0.25
HLA F.	779.167	825.097	679	655.76 - 705.70		4.23
HLA M.F.	500.207	249.450	1053	1032.73 - 1076.03		1.50
T.C.G.	36.327	14.379	0.0191	0.0124 - 0.0244	*	19.84
Rdto. P.S.	99316.3	100340.7	726	423.82 - 1179.89		43.61
1000 S.	0.851	0.654	8.3	7.48 - 9.23		9.77
% de Ger.	247.175	336.631	56.78	40.33 - 72.67		32.31

\* Significancia ( $\alpha = 0.05$ )  
 \*\* Alta significancia. ( $\alpha = 0.01$ )

Cuadro 4. Promedio del periodo de duración, unidades calor y horas luz acumuladas durante la etapa 2 (desarrollo de panoja) para las tres fechas de siembra, Marín, N.L. 1985.

Vd.	duración			UC acumuladas			HL acumuladas		
	F-1	F-2	F-3	F-1	F-2	F-3	F-1	F-2	F-3
1	26	24	30	407.17	370.83	400.08	311.73	385.46	347.59
2	26	25	28	427.92	378.08	381.00	321.68	302.65	329.02
3	27	26	27	442.58	388.75	364.17	333.48	307.70	313.24
4	27	28	29	468.58	419.17	396.42	369.52	333.49	344.19
5	26	28	29	419.67	446.92	395.25	317.27	333.54	339.84
6	30	26	27	484.50	390.50	367.25	363.68	310.67	350.44
7	25	27	26	407.73	413.08	355.83	308.92	326.07	305.55
8	28	27	28	453.08	406.25	382.83	344.45	322.75	332.49
9	25	23	28	402.17	344.50	379.42	304.97	275.23	328.83
10	26	25	27	425.42	374.50	368.92	318.20	294.20	317.27
11	28	26	27	460.75	390.67	371.83	342.82	311.91	320.93
12	30	26	27	492.83	387.67	366.83	366.88	310.27	313.60
13	27	29	26	445.25	442.17	366.25	344.00	342.43	309.70
14	27	26	27	443.67	397.67	371.42	344.06	314.81	320.96
15	26	26	28	419.67	392.92	375.08	317.27	314.75	328.72
X	27	26	28	441.40	396.24	376.17	332.60	312.40	326.83

Temperaturas para este periodo:

media	rango de máximas	rango de mínimas
fecha 1 27°C	38 a 21°C	28.5 a 12°C
fecha 2 26°C	35 a 21°C	25 a 12°C
fecha 3 24°C	34 a 20°C	25 a 5°C

Cuadro 5. Promedios del periodo de duración, unidades calor y horas luz acumuladas durante la etapa 3 (llenado de grano) para las tres fechas de siembra, Marín, N.L. 1985.

Vd.	Duración			UC acumuladas			HL acumuladas		
	F-1	F-2	F-3	F-1	F-2	F-3	F-1	F-2	F-3
1	29	30	34	345.25	332.67	289.17	336.95	341.42	341.30
2	32	27	37	393.25	393.25	326.50	369.99	306.88	386.23
3	29	30	35	362.00	345.63	331.25	340.05	345.07	365.39
4	32	25	35	340.25	275.00	304.92	324.05	289.32	345.60
5	30	26	33	373.50	277.92	294.00	347.41	293.56	342.13
6	31	29	37	393.92	314.75	328.17	363.20	326.16	355.54
7	30	28	37	368.90	298.83	339.58	352.96	312.50	387.35
8	28	29	34	347.25	317.33	312.58	329.29	324.02	360.54
9	31	30	34	388.38	342.50	321.92	360.00	344.26	378.89
10	33	30	37	409.75	328.75	332.67	382.23	336.97	404.98
11	32	31	34	399.33	351.75	323.58	370.62	350.93	375.63
12	32	28	37	406.38	313.50	340.67	376.68	320.14	404.27
13	32	29	36	398.83	319.33	344.75	373.83	330.13	402.30
14	30	30	35	376.58	335.42	324.00	351.58	339.01	389.88
15	31	29	36	386.33	315.63	320.33	355.32	326.11	393.21
X	31	29	35	380.38	317.40	321.61	355.99	325.75	374.28

Temperatura para este periodo:

media	rango de máximas
fecha 1 20°C	33.5 a 13°C
fecha 2 21°C	33.5 a 13°C
fecha 3 20°C	31.5 a 13°C

Cuadro 6. Promedio de los días transcurridos a etapa 1, floración, madurez fisiológica y de la tasa de crecimiento del grano para los 15 genotipos en las tres fechas de siembra, Marín, N.L. Otoño-invierno 1985.

Vd.	Etapa 1			floración			M.F.			TCG		
	f-1	f-2	f-3	f-1	f-2	f-3	f-1	f-2	f-3	f-1	f-2	f-3
1	35	34	29	60	59	59	90	89	93	0.0282	0.0190	0.0199
2	31	31	28	58	57	56	91	87	93	0.0176	0.0244	0.0195
3	31	30	29	59	56	55	88	87	90	0.0259	0.0227	0.0183
4	31	32	28	61	60	58	89	85	93	0.0289	0.0217	0.0228
5	32	32	29	58	60	58	89	86	91	0.0316	0.0201	0.0216
6	28	31	29	58	57	56	89	88	93	0.0249	0.0275	0.0174
7	33	31	29	58	59	55	90	86	92	0.0246	0.0224	0.0124
8	33	30	29	61	48	57	90	86	91	0.0288	0.0284	0.0192
9	33	32	28	58	55	56	89	87	91	0.0220	0.0245	0.0244
10	31	33	28	57	58	55	90	88	88	0.0209	0.0230	0.0158
11	30	29	29	57	55	56	90	87	90	0.0264	0.0219	0.0172
12	29	32	28	60	58	55	90	86	91	0.0184	0.0177	0.0132
13	31	30	28	58	59	54	91	89	91	0.0285	0.0224	0.0193
14	31	31	29	58	57	56	89	87	91	0.0225	0.0239	0.0228
15	32	31	29	58	57	57	89	89	93	0.0266	0.0276	0.0221
X	31	31	29	59	58	56	89	87	92	0.0243	0.0231	0.0191
S	1.3	1.1	0.7	1.1	1.3	1.2	0.9	1.1	1.2	0.06	0.05	0.06
T°C	18.5 a 39			6.5 a 34			1.5 a 31.5					

12 a 38

5 a 33.5

Cuadro 7.. Promedio de rendimiento, peso de 1000 semillas y porcentaje de germinación, de los 15 genotipos para las tres fechas de siembra, Marín, N.L. 1985.

Vd	Rendimiento (Kg/ha)			PS.1000 semillas (g)			% de germinacion		
	f-1	f-2	f-3	f-1	f-2	f-3	f-1	f-2	f-3
1	1427.28	985.69	688.47	8.55	8.81	8.11	89	83	53
2	1312.15	1252.01	710.69	8.48	8.29	8.56	93	89	51
3	1347.29	1273.26	789.39	9.27	9.96	9.23	90	81	67
4	1587.08	1916.60	1179.89	8.40	8.54	8.60	90	84	57
5	1451.60	1287.54	854.72	7.30	7.93	8.06	91	80	56
6	1032.84	1055.21	426.39	8.22	8.73	8.27	93	79	49
7	1655.62	1371.19	861.32	8.48	8.04	8.47	89	84	73
8	1269.65	1570.56	641.88	7.72	8.35	8.65	96	78	42
9	1282.01	1583.61	690.23	8.46	8.36	7.53	92	84	56
10	1583.33	874.79	776.05	7.79	7.70	7.66	88	90	66
11	1241.25	1355.57	771.32	7.95	8.01	8.27	92	84	59
12	1019.51	1451.27	674.25	7.32	7.02	7.48	94	89	65
13	1595.21	1244.58	786.11	8.60	8.31	7.70	94	83	63
14	1674.86	1572.82	606.66	8.91	9.24	8.17	91	92	57
15	2034.30	1598.82	423.82	8.82	9.17	9.12	90	79	40
X	1434.31	1359.10	726.35	8.28	8.43	8.28	92	84	57
S	16.27	16.43	13.48	0.75	0.84	0.73	1.4	2.0	4.0

Cuadro 8. Comparación de genotipos (Tukey con  $\alpha = 0.5$ ) de los días a etapa 1, unidades calor y horas luz requeridos para alcanzar tal etapa de la fecha 1 (15 de agosto), Marín, N.L. 1985.

Genotipos	E-1	UC E1	HLA E1
WS-C-75	34.67 a	664.33 ab	449.52 a
ICMS-7703	31.67 abc	610.00 bcd	411.94 abc
IVS-5454	31.67 abc	610.00 bcd	411.94 abc
IVS-A-82	31.00 bcd	598.33 cd	403.57 bcd
ICMS-7704	32.00 abc	623.75 abc	420.31 abc
ICMS-7835	28.00 d	548.33 d	366.01 d
NELC-P-79	33.00 ab	635.75 abc	428.65 ab
WS-P-78	33.00 ab	685.75 a	428.75 ab
ICMS-8008	31.00 bcd	598.33 cd	403.57 bcd
NELC-H-79	29.67 bcd	572.08 cd	386.88 bcd
ICMS-8021	29.00 cd	559.75 d	378.54 cd
ICMV-81237	31.00 bcd	598.17 cd	403.57 bcd
ICMV-81111	31.00 bcd	599.00 cd	403.53 bcd
ICMV-81253	32.33 abc	623.75 abc	420.31 abc

Cuadro 9. Comparación del peso seco de 1000 semillas para los diferentes genotipos, utilizando la prueba de Tukey (con  $\alpha = 0.05$ ); fecha 2 (27 de Agosto), Marín, N.L. 1985.

Genotipo	Peso de 1000 semillas	
WS-C-75	8.81	abc
ICMC-7703	8.29	abc
IVS-5454	9.96	a
IVS-A-82	8.54	abc
ICMS-7704	7.93	abc
ICMS-7835	8.73	abc
NELC-P-79	8.04	abc
ICMS-7857	8.35	abc
WS-P-78	8.36	abc
ICMS-8008	7.70	abc
NELC-H-79	8.01	abc
ICMS-8021	7.02	c
ICMV-81237	8.31	abc
ICMV-81111	9.24	ab
ICMV-81253	9.17	ab

Cuadro 10. Comparación (Tukey con  $\alpha = 0.05$ ) de la tasa de crecimiento de grano entre genotipos para la fecha 3 (9 de Septiembre), Marín, N.L. 1985.

Genotipos	Tasa de crecimiento de grano
WS-C-75	0.0199 ab
ICMC-7303	0.0195 ab
IVS-5454	0.0183 ab
IVS-A-82	0.0228 ab
ICMS-7704	0.0216 ab
ICMS-7835	0.0174 ab
NELC-P-79	0.0124 b
ICMC-7857	0.0192 ab
WS-P-78	0.0244 a
ICMS-8008	0.0158 ab
NELC-H-79	0.0172 ab
ICMS-8021	0.0132 ab
ICMV-81237	0.0193 ab
ICMV-81111	0.0228 ab
ICMV-81253	0.0221 ab

Cuadro 11. Correlación entre las variables tasa de crecimiento de grano con cada una de las etapas de desarrollo, unidades calor, horas luz acumuladas, peso de 1000 semillas y rendimiento, - fecha 1 (15 de agosto), Marin, N.L. 1985.

Variables	T.C.G.	Prob.
E-1	0.0093	0.479
E-2	0.1462	0.205
E-3	0.0462	0.398
UC E-1	0.0135	0.470
UC E-2	0.0632	0.361
UC E-3	- 0.0568	0.375
HLA E-1	0.0094	0.479
HLA E-2	- 0.0598	0.368
HLA E-3	- 0.0585	0.371
Rdto.	0.3394	0.025 *
P.S. 1000 semillas	0.0794	0.328

\* Significancia ( $\alpha = 0.05$ )

Cuadro 12. Correlación entre las variables tasa de crecimiento de grano con cada una de las etapas de desarrollo, unidades calor, horas luz acumuladas, peso de 1000 semillas y rendimiento, fecha 2 (27 de agosto), Marín, N.L. 1985.

Variables	T.C.G.	Prob.
E-1	- 0.4234	0.005 **
E-2	0.2534	0.068
E-3	0.2317	0.087
UC E-1	- 0.2804	0.049 *
UC E-2	0.1321	0.221
UC E-3	0.2095	0.110
HLA E-1	- 0.4233	0.005 **
HLA E-2	0.2636	0.060
HLA E-3	0.2264	0.093
Rdto.	0.0181	0.458
P.S. 1000 semillas	0.3058	0.035 *

\* Significancia ( $\alpha = 0.05$ )

\*\* Alta significancia ( $\alpha = 0.01$ )

Cuadro 13. Correlación entre las variables tasa de crecimiento de grano con cada una de las etapas de desarrollo, unidades calor, horas luz acumuladas, peso de 1000 semillas y rendimiento, fecha 3 (9 de septiembre), Marín, N.L. 1985.

Variables	T.C.G.	Prob.
E-1	0.1582	0.150
E-2	0.3798	0.005 **
E-3	0.4186	0.002 **
UC E-1	0.1585	0.149
UC E-2	0.3190	0.016 *
UC E-3	- 0.3801	0.005 **
HLA E-1	0.1582	0.150
HLA E-2	0.3739	0.006 **
HLA E-3	- 0.2816	0.030 *
Rdto.	0.1069	0.242
P.S. 1000 semillas	- 0.0114	0.470

\* Significancia ( $\alpha = 0.05$ )

\*\* Alta significancia ( $\alpha = 0.01$ )

Cuadro 14. Ecuaciones de regresión probadas para el análisis de crecimiento del grano.

---

Ecuación lineal:	P.S. = $B_0 + B_1t$		
Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3	
$R^2 = 0.75271$	0.81182	0.73704	
Ecuación cuadrática:	P.S. = $B_0 + B_1t + B_2t^2$		
$R^2 = 0.78712$	0.83645	0.76055	
Ecuación cúbica:	P.S. = $B_0 + B_1t + B_2t^2 + B_3t^3$		
$R^2 = *$	0.83664	0.76214	
Ecuación cuártica:	P.S. = $B_0 + B_1t + B_2t^2 + B_3t^3 + B_4t^4$		
$R^2 = 0.78909$	*	0.76336	

---

\* El término correspondiente a la ecuación no interviene y no es generado.

Cuadro 15. Resultados de las ecuaciones de regresión lineal y cuadráticas por genotipo y por fecha (valores de  $R^2$ ).

Genotipo	Respuesta	$R^2$		
		Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3
1	*	0.9295	0.7681	0.8410
	**	0.9806	0.8090	0.8700
2	*	0.5508	0.8190	0.9206
	**	0.6583	0.9862	0.9382
3	*	0.7978	0.9159	0.6491
	**	0.8687	0.9629	0.6835
4	*	0.9596	0.8697	0.9195
	**	0.9742	0.9051	0.9564
5	*	0.8629	0.8348	0.8773
	**	0.8710	0.8816	0.9150
6	*	0.8591	0.9428	0.7612
	**	0.9245	0.9447	0.8151
7	*	0.8607	0.8217	0.7312
	**	0.8978	0.8292	0.7385
8	*	0.5260	0.9514	0.9061
	**	0.5445	0.9638	0.9262
9	*	0.9072	0.8396	0.8847
	**	0.9322	0.9273	0.9195
10	*	0.9747	0.8796	0.8516
	**	0.9809	0.9452	0.8821
11	*	0.8445	0.9086	0.7885
	**	0.8665	0.9321	0.7924
12	*	0.7512	0.7073	0.7468
	**	0.8374	0.7375	0.7845

Cuadro 15 (continuación).

Genotipo		R <sup>2</sup>		
		Fecha 1	Fecha 2	Fecha 3
13	*	0.6994	0.9107	0.8468
	**	0.7910	0.9155	0.8625
14	*	0.7561	0.9010	0.9125
	**	0.8716	0.9163	0.9378
15	*	0.8404	0.9350	0.9197
	**	0.8687	0.9468	0.9595

\* Ecuación lineal

\*\* Ecuación cuadrática

Cuadro 16. Comparación de los rendimientos más altos (en Kg/ha) entre las tres fechas de siembra (en otoño-invierno) con los obtenidos por Gómez (en primavera) usando los mismos materiales Marín, N.L. 1985.

F-1		Otoño - invierno F-2		F-3		Primavera	
Kg/ha		Kg/ha		Kg/ha		Kg/ha	
G 15	2034	G 4	1917	G 4	1180	G 9	1540
(ICMV-81253)		(IVS-A-82)		(IVS-A-82)		(WS-P-78)	
G 14	1675	G 15	1599	G 7	861	G 2	1484
(ICMV-81111)		(ICMV-81253)		(NELC-P-79)		(IVS-A-82)	
G 7	1656	G 9	1584	G 5	855	G 15	1459
(NELC-P-79)		(WS-P-78)		(ICMS-7704)		(ICMV-81253)	
G 13	1595	G 13	1573	G 3	789	G 7	1338
(ICMV-81237)		(ICMV-81237)		(IVS-5454)		(NELC-P-79)	
G 4	1587	G 8	1570	G 13	786	G 14	1313
(IVS-A-82)		(ICMS-7857)		(ICMV-81237)		(ICMV-81111)	

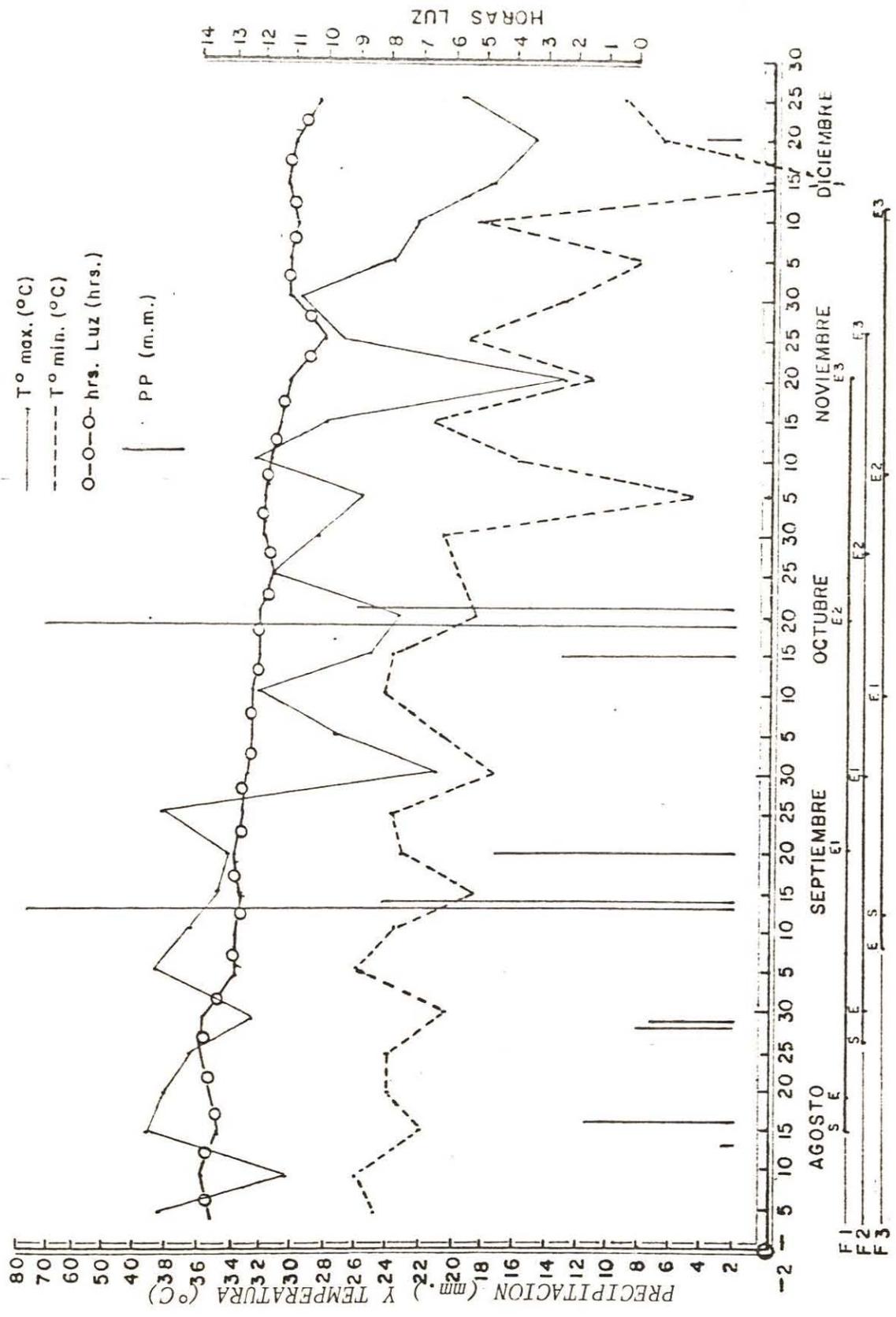


Figura 1. Precipitación, Temperatura máxima y mínima e insolación diaria durante la estación de crecimiento de mijo perla en la región de Marín, N.L. otoño - invierno de 1985, (Estación Agronómica de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.).

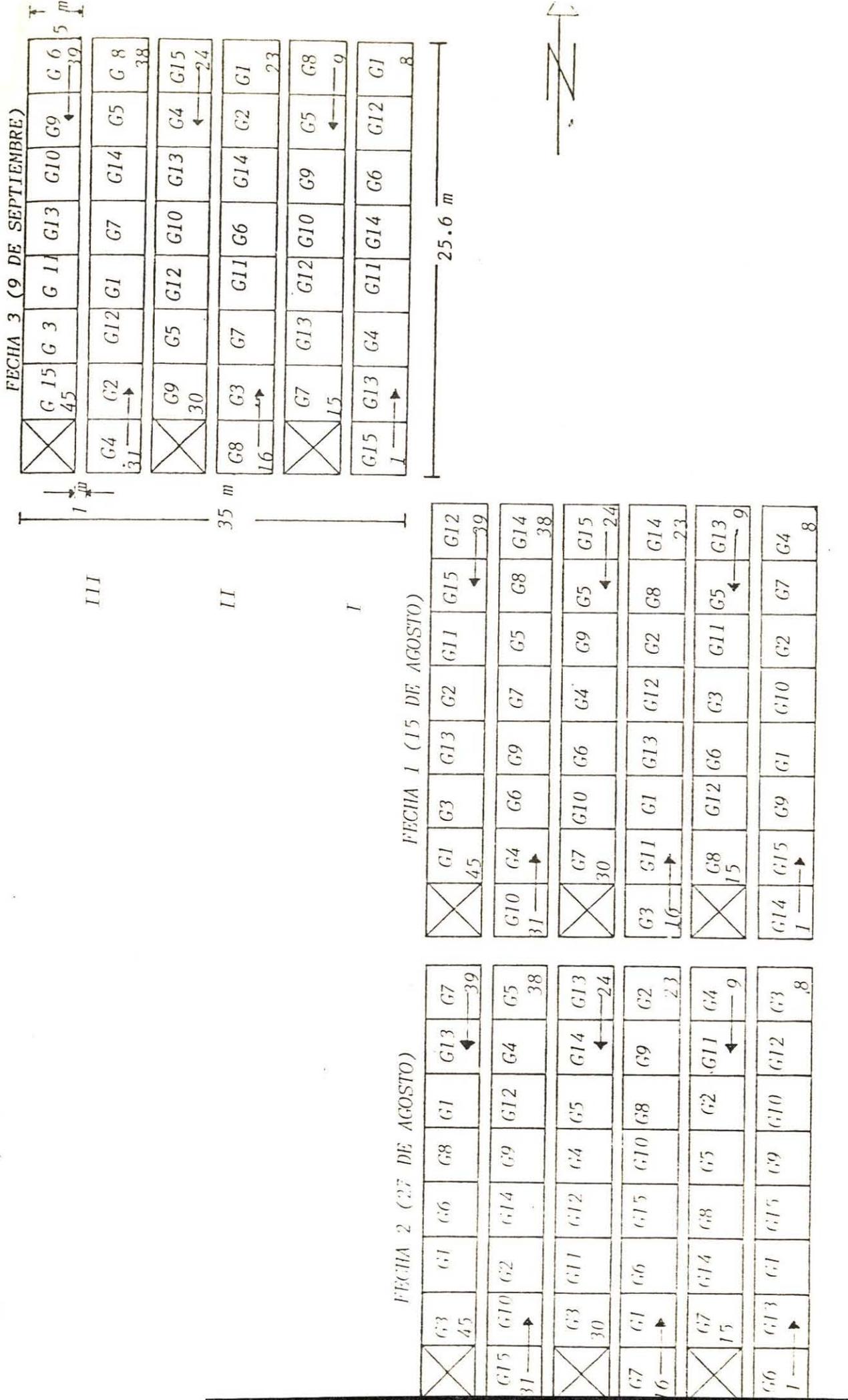


Figura 2. Croquis del experimento y distribución de los genotipos de mijo perla (*Pennisetum americanum*) para cada fecha de siembra Marín, N.L. otoño - invierno de 1985.

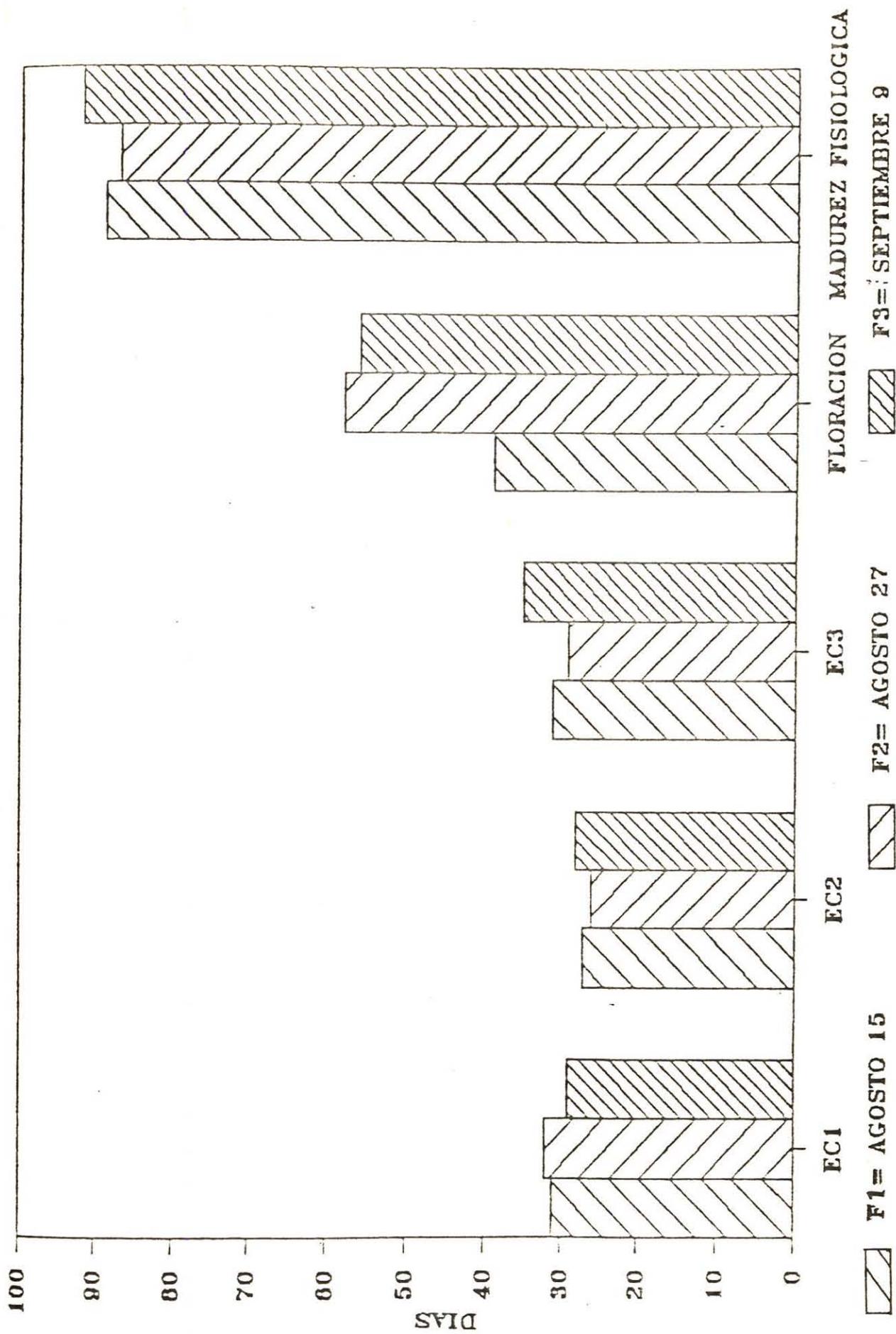


Figura 3. Promedio de los rangos de duración para cada etapa de desarrollo del cultivo de mijo perla (*Pennisetum americanum*) en las tres fechas de siembra, Marín, N.L. otoño - invierno de 1985.

# PATRON DE CRECIMIENTO DEL GRANO

15 DE AGOSTO DE 1985

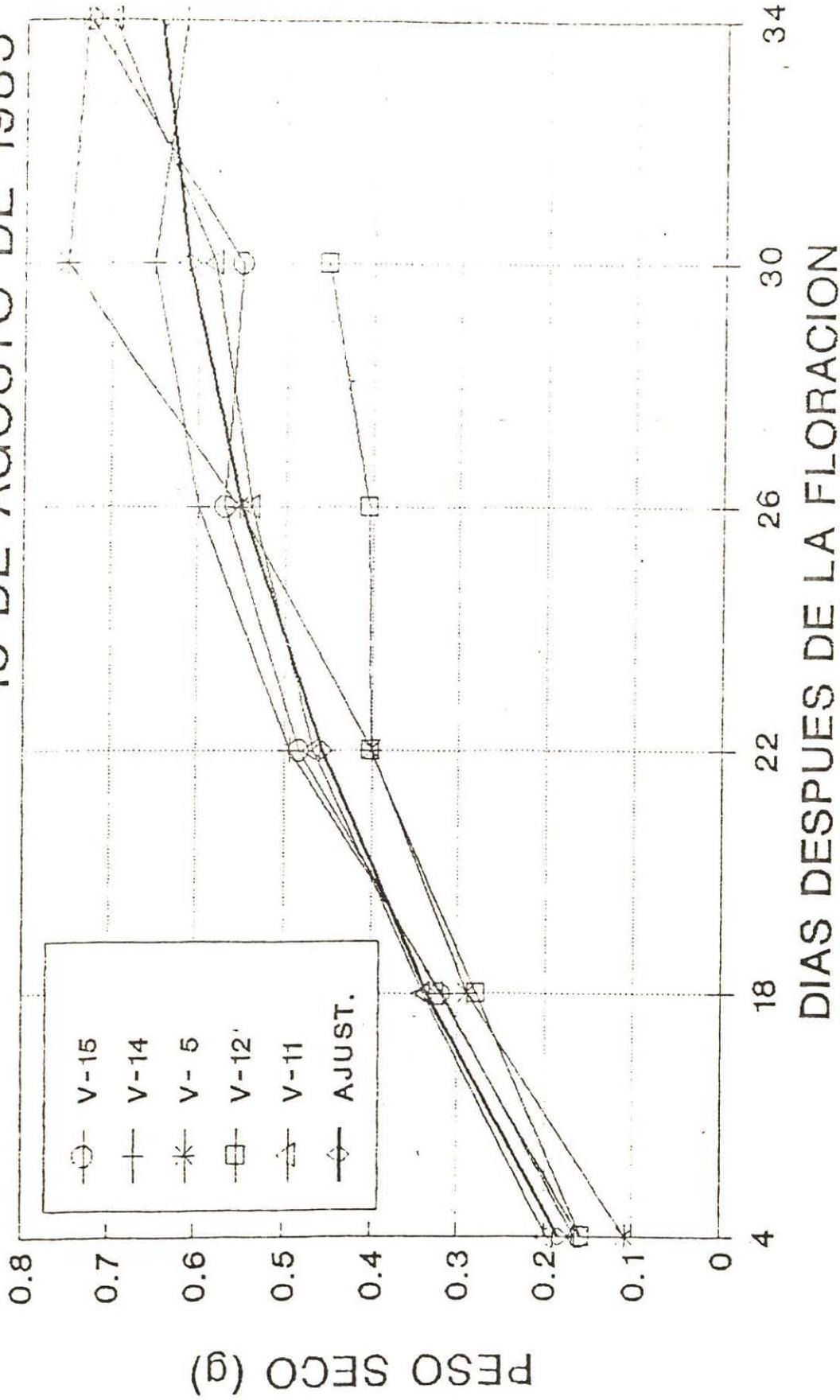


Figura 4. Comparación entre la curva de crecimiento de grano ajustada y la curva real de cinco genotipos de mijo perla (*Pennisetum americanum*); genotipos de alto rendimiento: G15 ICMV-81253, G14 ICMV-81111, de rendimiento intermedio: G5 ICMS-7704, de rendimiento bajo: G12 ICMS-8021, G11 NELC-H-79, Marín, N.L.

# PATRON DE CRECIMIENTO DEL GRANO

27 DE AGOSTO DE 1985

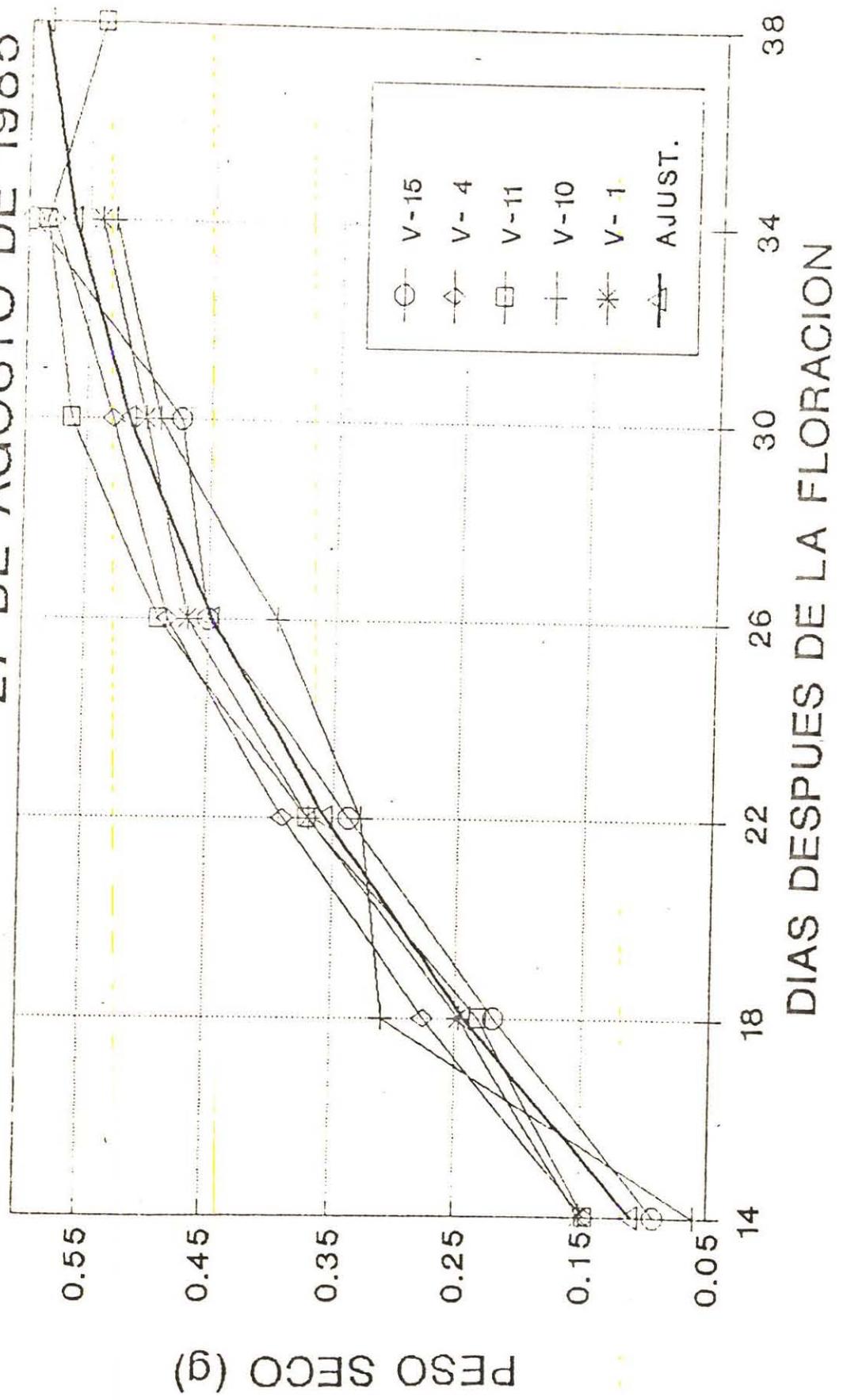


Figura 5. Comparación entre la curva de crecimiento de grano ajustada y la curva real de cinco genotipos de mijo perla (*Pennisetum americanum*); genotipos de alto rendimiento: G15 ICMV-81253, G4 IVS-A-82, de rendimiento intermedio: G11 NELC-II-79, de rendimiento bajo: G10 ICMS-8008, G1 WS-C-75, Marín, N.L.

# PATRON DE CRECIMIENTO DEL GRANO

## 9 DE SEPTIEMBRE DE 1985

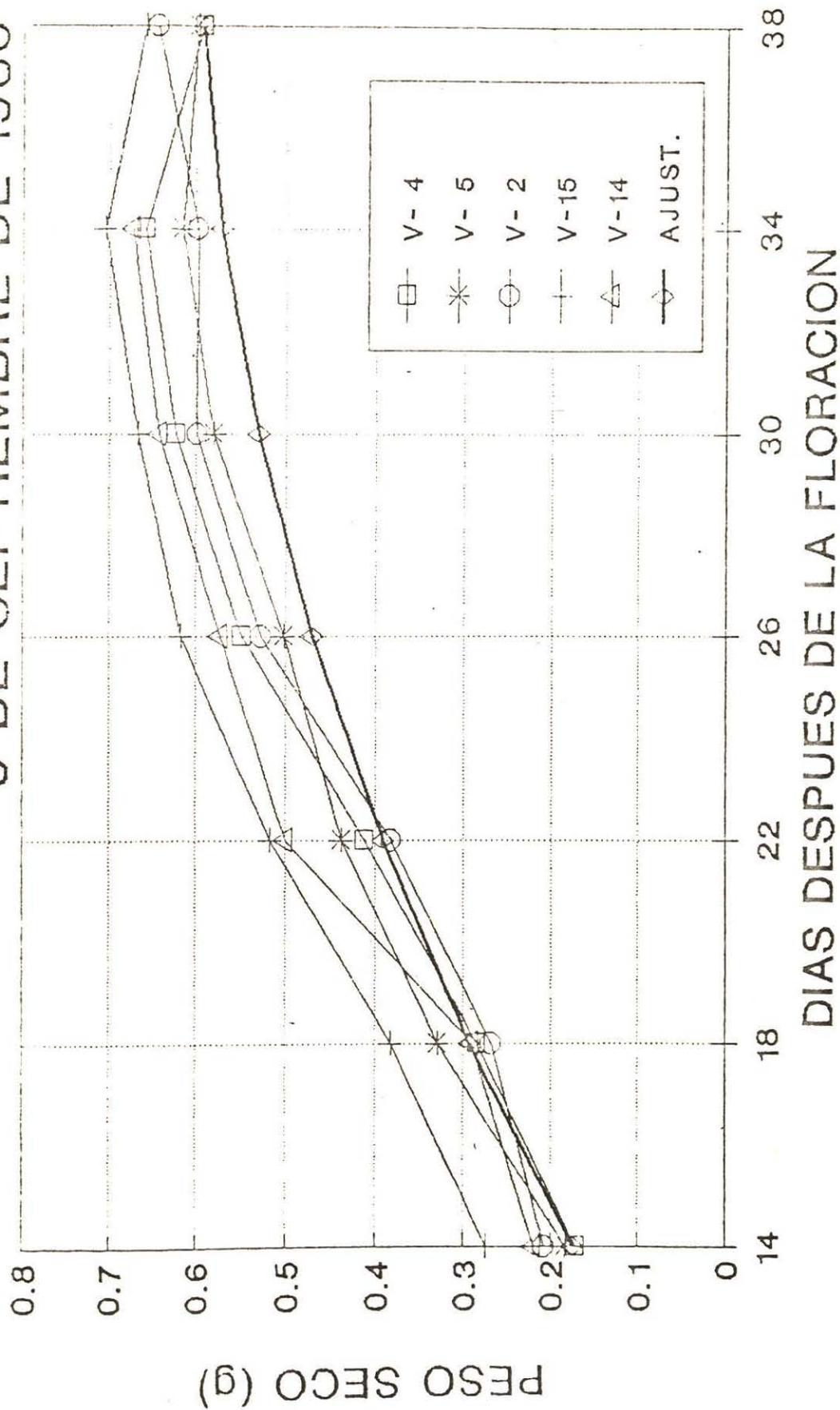


Figura 6. Comparación entre la curva de crecimiento de grano ajustada y la curva real de cinco genotipos de mijo perla (*Pennisetum americanum*); genotipos de alto rendimiento: G4 IVS-A-82, G5 ICMS-7704, de rendimiento intermedio: G2 ICMS-7703, de rendimiento bajo: G15 ICMV-81253, G14 ICMV-81111, Marín, N.L.



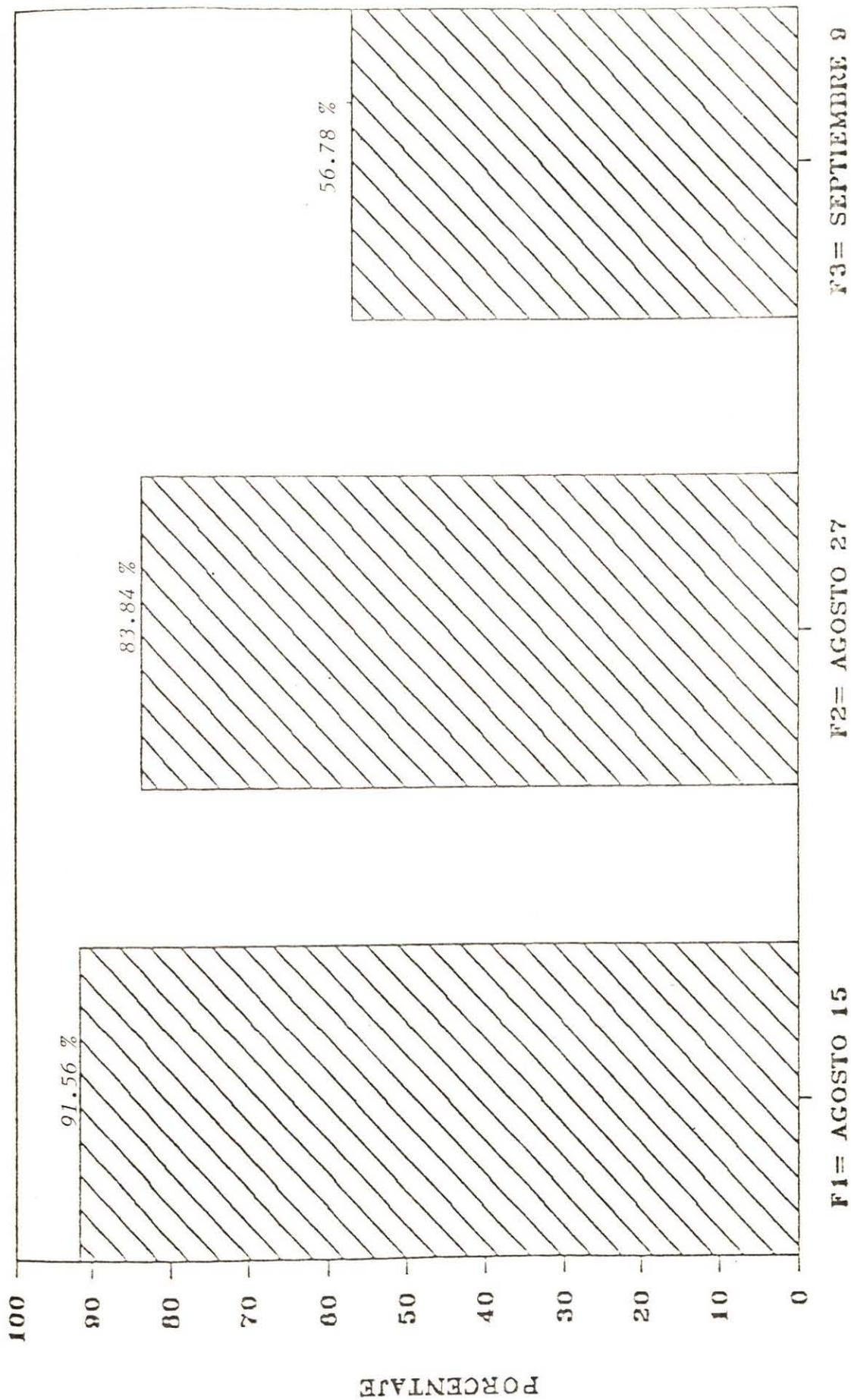


Figura 8. Porcentaje de germinación de la semilla cosechada de mijo perla (*Pennisetum americanum*) obtenido en promedio para cada fecha estudiada, Marín, N.L. otoño - invierno de 1985.

