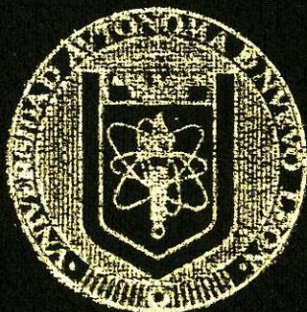


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



FENOLOGIA Y ADAPTACION DE 20 GENOTIPOS
DE MIJO PERLA (*Pennisetum americanum* L. Leek)
MARIN, N. L., PRIMAVERA 1985.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA:
LORENA GEORGINA GOMEZ SOTO

MARIN, N. L.

JULIO DE 1986

040.633
FA 6



1080061344

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



FENOLOGIA Y ADAPTACION DE 20 GENOTIPOS
DE MIJO PERLA (Pennisetum americanum L. Leek)
MARIN, N. L., PRIMAVERA 1985.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA:
LORENA GEORGINA GOMEZ SOTO

MARIN, N. L.

JULIO DE 1986

006771

T
SB191
.MS

4

9



Biblioteca Central
Magna Solidaridad

F. TESIS



UANL

FONDO

TESIS LICENCIATURA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

TESIS

FENOLOGIA Y ADAPTACION DE 20 GENOTIPOS DE MIJO
PERLA (Pennisetum americanum L. Leek) MARIN,
N.L. PRIMAVERA, 1985.

Elaborado por:

LORENA GEORGINA GOMEZ SOTO

Aceptada y aprobada como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

COMITE SUPERVISOR DE LA TESIS

R. Maiti

DR. RATIKANTA MAITI
Asesor principal


ING. M.C. JOSE LUIS CANTU G.
Asesor técnico


ING. M.C. NAHUM ESPINOZA
Asesor estadístico

MARIN, N.L.

JULIO DE 1986.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Martín Gómez Pantoja

Jovita Soto de Gómez

Con amor por el cariño, apoyo y confianza
que siempre me dieron, que sea esto un pe
queño reconocimiento de todo lo que se me
recen.

A MIS HERMANOS:

Con cariño

Iza Nelly

Aracely y Raul

Sergio Martín

Luis Martín

AGRADECIMIENTOS

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

Por la información brindada.

Al Dr. R.K. Maiti

Por su asesoría para la realización de este trabajo.

Al Ing. M.C. José Luis Cantú Galvan.

Por la revisión y sugerencias del escrito.

Al Ing. M.C. Nahum Espinoza.

Por su disponibilidad en la asesoría e interpreta-
ción de los resultados.

Al Ing. Humberto González Rodríguez.

Por su interés y la ayuda prestada para la realiza-
ción de este trabajo.

Especialmente a mis compañeros y amigos por la amistad que me
han brindado a lo largo de la carrera.

A todos GRACIAS,

INDICE

Pág.

| | |
|---|----|
| RESUMEN..... | i |
| 1. INTRODUCCION..... | 1 |
| 2. REVISION DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1. Botánica del cultivo..... | 3 |
| 2.1.1. Clasificación taxonómica..... | 3 |
| 2.1.2. Raíz..... | 4 |
| 2.1.3. Tallo..... | 4 |
| 2.1.4. Hojas..... | 4 |
| 2.1.5. Inflorescencia..... | 5 |
| 2.1.6. Biología floral..... | 6 |
| 2.1.7. Semilla..... | 7 |
| 2.2. Requerimientos ecológicos..... | 8 |
| 2.2.1. Temperatura..... | 8 |
| 2.2.1.1. Unidades-Calor..... | 8 |
| 2.2.2. Luminosidad..... | 9 |
| 2.2.3. Humedad..... | 11 |
| 2.2.4. Suelo..... | 12 |
| 2.2.5. Fertilización..... | 12 |
| 2.3. Factores bióticos..... | 12 |
| 2.3.1. Plagas..... | 12 |
| 2.3.2. Enfermedades..... | 13 |
| 2.4. Crecimiento y desarrollo..... | 14 |
| 2.4.1. Germinación del grano..... | 14 |
| 2.4.2. Morfología del desarrollo del grano..... | 14 |
| 2.4.3. Vigor de plántula..... | 15 |
| 2.4.4. Estados de crecimiento..... | 16 |

INDICE

Pág.

| | |
|--|----|
| 2.4.5. Fases de desarrollo..... | 20 |
| 2.4.6. Antesis, floración y reproducción..... | 22 |
| 2.4.7. Mejoramiento para respuestas al fotoperío do..... | 24 |
| 2.4.8. Efecto de la temperatura sobre el desarro llo del grano y rendimiento..... | 25 |
| 2.4.9. Componentes de rendimiento..... | 27 |
| 3. MATERIALES Y METODOS..... | 29 |
| 3.1. Localización del trabajo..... | 29 |
| 3.2. Características climáticas y edáficas de la re- gión..... | 29 |
| 3.3. Descripción del experimento..... | 29 |
| 3.3.1. Material genético..... | 29 |
| 3.3.2. Material no genético..... | 31 |
| 3.3.3. Diseño experimental..... | 31 |
| 3.3.4. Dimensiones..... | 32 |
| 3.4. Desarrollo del experimento..... | 33 |
| 3.5. Descripción de las variables..... | 35 |
| 4. RESULTADOS..... | 39 |
| 4.1. Análisis de varianza..... | 39 |
| 4.1.1. Etapas de crecimiento..... | 39 |
| 4.1.2. Unidades calor..... | 40 |
| 4.1.3. Luminosidad..... | 40 |
| 4.1.4. Componentes de rendimiento..... | 40 |
| 4.2. Correlaciones..... | 41 |

INDICE

Pág.

| | |
|---|----|
| 4.2.1. Entre etapas de crecimiento..... | 41 |
| 4.2.2. Entre fases de desarrollo..... | 41 |
| 4.2.3. Unidades calor entre etapas..... | 41 |
| 4.2.4. Unidades calor con fases de desarrollo... | 42 |
| 4.2.5. Luminosidad entre etapas..... | 42 |
| 4.2.6. Luminosidad entre fases de desarrollo..... | 43 |
| 4.2.7. Entre componentes de rendimiento y etapas de crecimiento..... | 43 |
| 4.3. Factores climáticos en relación a los fenológi- cos..... | 44 |
| 5. DISCUSION..... | 46 |
| 5.1. Comparación de ambientes..... | 46 |
| 5.2. Relación de los factores ambientales con los fe- nológicos..... | 47 |
| 5.3. Correlación entre variables..... | 51 |
| 6. CONCLUSIONES..... | 53 |
| 7. BIBLIOGRAFIA..... | 54 |
| 8. APENDICE..... | 60 |

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

| CUADROS. | CONTENIDO | Pág. |
|------------------------------|---|------|
| <u>Cuadros del apéndice:</u> | | |
| 1 | Análisis de varianza para cada uno de las etapas de crecimiento del mijo perla (<u>Pennisetum americanum</u>) Marín, N.L. Primavera, 1985..... | 61 |
| 2 | Promedio de algunas etapas de crecimiento del mijo perla (<u>Pennisetum americanum</u>) así como la prueba de rango múltiple de Tukey. Marín, N.L. Primavera, 1985..... | 62 |
| 3 | Análisis de varianza para las unidades calor y la luminosidad requerida para cada fase de desarrollo del mijo perla (<u>Pennisetum americanum</u>) Marín, N.L. Primavera, 1985..... | 63 |
| 4 | Promedio de los días transcurridos después de la emergencia, las unidades calor y la luminosidad requerida para la fase 2 del desarrollo del mijo perla (<u>Pennisetum americanum</u>) así como la prueba de rango múltiple de Tukey. Marín N.L. Primavera, 1985..... | 64 |
| 5 | Análisis de varianza para algunos componentes de rendimiento del mijo perla (<u>Pennisetum americanum</u>) Marín, N.L. Primavera, 1985..... | 65 |

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

| CUADROS. | CONTENIDO | Pág. |
|------------------------------|--|------|
| <u>Cuadros del apéndice:</u> | | |
| 6 | Promedio de los componentes del rendimiento del mijo perla (<u>Pennisetum americanum</u>) así como la prueba de rango múltiple de Tukey. Marín, N.L. Primavera, 1985..... | 66 |
| 7 | Correlación entre las variables etapas de crecimiento del mijo perla (<u>Pennisetum americanum</u>) Marín, N.L. Primavera, 1985..... | 68 |
| 8 | Correlación entre las variables fases de desarrollo del mijo perla (<u>Pennisetum americanum</u>) Marín, N.L. Primavera, 1985..... | 69 |
| 9 | Correlación entre las variables etapas de crecimiento y unidades calor requeridas para cada etapa de mijo perla (<u>Pennisetum americanum</u>) Marín, N.L. Primavera, 1985..... | 70 |
| 10 | Correlación entre las variables fases de desarrollo y unidades calor requeridas para cada fase de desarrollo de mijo perla (<u>Pennisetum americanum</u>) Marín, N.L. Primavera, 1985..... | 71 |
| 11 | Correlación entre las variables etapas de cre- | |

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

| CUADROS. | CONTENIDO | Pág. |
|------------------------------|---|------|
| <u>Cuadros del apéndice:</u> | | |
| | cimiento y luminosidad acumulada en cada etapa de crecimiento del mijo perla (<u>Pennisetum americanum</u>) Marín, N.L. Primavera, 1985..... | 72 |
| 12 | Correlación entre las variables fases de desarrollo y luminosidad acumulada para cada fase de desarrollo del mijo perla (<u>Pennisetum americanum</u>) Marín, N.L. Primavera, 1985..... | 73 |
| 13 | Correlación entre las variables componentes de rendimiento, fases de desarrollo, unidades calor y luminosidad para cada fase de desarrollo del mijo perla (<u>Pennisetum americanum</u>) Marín, N.L. Primavera, 1985..... | 74 |
| 14 | Promedio de los días transcurridos después de la emergencia en cada etapa de desarrollo y rendimiento en 20 genotipos de mijo perla (<u>Pennisetum americanum</u>) Marín, N.L. Primavera 1985..... | 75 |
| 15 | Promedio de las unidades calor y luminosidad requerida en cada fase de desarrollo del mijo perla (<u>Pennisetum americanum</u>) Marín, N.L. 1985..... | 76 |

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

| CUADROS. | CONTENIDO | Pág. |
|------------------------------|--|------|
| <u>Cuadros del apéndice:</u> | | |
| 16 | Etapas de crecimiento y desarrollo de mijo perla (Maiti y Bidinger, 1981)..... | 77 |
| | | |
| FIGURAS. | | |
| <u>Figuras del texto:</u> | | |
| 1 | Un diagrama de flujo para un modelo simulado de mijo perla..... | 10 |
| | | |
| <u>Figuras del apéndice:</u> | | |
| 2 | Precipitación, temperatura máxima y mínima e insolación diaria durante la estación de crecimiento de mijo perla en la región de Marín, N.L. Primavera 1985 (Estación Agroclimática de la Facultad de Agronomía, UANL)..... | 78 |
| 3 | Diagrama descriptivo de los estados de desarrollo en mijo perla que son influenciados por la luz y temperatura (Ong y Manteith, 1984)..... | 79 |
| 4 | Croquis del experimento y distribución de los tratamientos en la prueba de fenología en 20 genotipos de mijo perla (<u>Pennisetum americanum</u>) Marín, N.L. Primavera, 1985..... | 80 |

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Campo Experimental de Marín, N.L. de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, durante el ciclo primavera-verano de 1985, con el fin de estudiar los estados de crecimiento y desarrollo del mijo perla.

Los objetivos de este estudio son: a) estudiar las diferentes etapas fenológicas en diferentes genotipos; b) estudiar la relación de las etapas fenológicas con algunas características morfológicas y de rendimiento y c) seleccionar líneas con mejor adaptación en siembras de primavera.

El diseño experimental utilizado fué un bloques al azar con 3 repeticiones y 20 tratamientos. La parcela estuvo constituida por 4 surcos de 5 m de largo espaciados a 80 cm.

El material genético utilizado incluye variedades, sintéticos 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 crecimiento, las unidades calor requeridas y las horas luz acumuladas en cada etapa, el rendimiento y algunos componentes de éste.

Del análisis de los resultados encontramos que existe relación en cuanto a los requerimientos de unidades calor y luminosidad en la fase de desarrollo de la panoja con la fase de llenado de grano. Los resultados indican que no existe rela-

ción con los componentes de rendimiento y las etapas fenológicas. Los genotipos que se adaptaron mejor fueron los siguientes: ICMH-423, IVS-5454, WS-P78 y ICMH-415.

1. INTRODUCCION

El mijo perla (Pennisetum americanum (L.) Leeke) es uno de los cereales de mayor importancia alimenticia y forrajera para la agricultura de temporal que prospera en los trópicos semi-áridos de muchos países de Africa, India, Pakistán, Bangladesh, Bruma, Sri Lanka y otros. Esta planta crece y se desarrolla en ambientes similares a los que prevalencen en la región semiárida del noreste de México, esta región presenta una gran variabilidad de suelos, vegetación, tipos de agricultura y extenso mosaico climático caracterizado en su mayoría por lluvias erráticas e impredecibles y con altas oscilaciones de temperatura. Bajo tales condiciones predominantemente se desarrolla una agricultura de temporal de limitados recursos socioeconómicos y técnicos, donde los principales cereales para propósito de consumo humano y potencial forrajero son el maíz, sorgo y avena entre otros.

Lo errático de las lluvias y su mala distribución, frecuencia y duración, genera severas sequías, por lo que estos cultivos fallan y el mijo sería una alternativa para utilizarlo como cultivo de emergencia, ya que pueden cortarse mes y medio después de sembrarlos (Robles, 1984). Por esta razón sería conveniente introducir este cultivo para posteriormente hacer una selección de las variedades que respondan mejor o que tengan mayor adaptación a esta zona para después seleccionar los mejores genotipos para diferentes propósitos como forraje o grano.

Para poder introducir y hacer selección de variedades, es

necesario conocer su comportamiento y la mejor manera de hacerlo es estudiando su crecimiento y desarrollo, y de esta manera saber mejor cuales son sus necesidades de luz, temperatura o conocer la relación que existe entre los factores fenológicos y los componentes de rendimiento.

Los objetivos del presente experimento son los siguientes:

- Estudiar las diferentes etapas fenológicas con respecto a su duración en diferentes genotipos y su relación con factores ambientales.
- Estudiar la relación de las etapas fenológicas con algunos caracteres morfológicos y de rendimiento.
- Seleccionar líneas con mejor adaptación en siembras de primavera.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Botánica del cultivo

2.1.1. Clasificación taxonómica.- Linneo citado por Brunken, et al., (1977) en 1753 dividió el mijo perla en dos subespecies Panicum glaucum y Panicum americanum. En los 200 años siguientes más de 100 especies han sido descritas para incluir toda la variación del mijo perla. Stapf y Hubbard (1939) reconocieron solamente 13 especies.

Existe una gran confusión acerca del nombre apropiado de la especie. Dos de los nombres más comunmente utilizados son Pennisetum typhoides (Burn) Stapf y Hubbard y Pennisetum glaucum (L.) R. Br., están invalidados. El primero es un sinónimo para el cultivo y el último esta basado en un espécimen de cola de zorra (Setaria) Pennisetum americanum está basado en una previa descripción de un mijo perla por Clusius (1602), citado por Brunken et al., (1977).

Pennisetum americanum (L.)

| | |
|------------|-------------------|
| Familia | Graminae |
| Subfamilia | Panicoidae |
| Tribu | Paniceae |
| Género | <u>Pennisetum</u> |
| Especie | <u>americanum</u> |

Sinonimia P. typhoides (Burm f.) Stapft
 P. typhoideum Rich.
 P. glaucum (L.) R. Br.
 P. spicatum (L.) Koern

2.1.2. Raíz.- La raíz penetra aproximadamente 60 cm en el suelo. Las raíces que nacen de los hijuelos muestran una diseminación horizontal mayor que la profundidad de penetración.

Las raíces laterales son delgadas y fibrosas, mientras que la raíz principal llega a ser más leñosa (Sundararaj, 1980).

El mijo tiene un sistema radicular más profundo y vigoroso con respecto al maíz y al sorgo (Frere, 1984).

2.1.3. Tallo.- El tallo es sólido, redondeado a oval en sección transversal. Los nudos son ligeramente hinchado, vellosos y suaves, mientras que los entre nudos son cilíndricos y glabros. La longitud de los entrenudos se incrementa de la base del tallo hacia arriba, en forma gradual. Una estria ligera se encuentra arriba de cada nudo, la yema axilar se presenta en este canal. El nudo esta ligeramente hinchado y produce el anillo de primordios de raíces adventicias en la parte basal, usualmente vellosa y algunas veces definitivamente peludos. Los vellos son ásperos y rígidos (Sundararaj, 1976).

2.1.4. Hojas.- Las hojas son lineares, usualmente glabras o con vellos espaciados o muy vellosas, tienen una longitud de 20 -100 cm y 0.5 a 5 cm de ancho. La lígula casi redondea el

tallo. La vaina de la hoja circula completamente el tallo y es más gruesa que la lámina, la superficie externa de la vaina puede ser glabra o cubierta con pelos ásperos en algunas variedades vellosas (Sundararaj, 1976).

2.1.5. Inflorescencia.- La inflorescencia es una espiga densa (panícula en forma de espiga) de 10 a 15 cm de largo y de 0.5 a 4 cm de diámetro, cilíndrica o cónica en el ápice o en ambos lados. La panícula gradualmente empuja hacia arriba y hacia afuera de la vaina hasta que esta se encuentra completamente libre.

El pedúnculo es delgado, cilíndrico cubierto con vello suave debajo de las espiguillas. El raquis es recto, cilíndrico, sólido, cubierto con vellos suaves y cortos. La raquilla produce grupos de florulas que están arregladas en forma de espiral en el raquis. Las raquillas son pequeñas y cubiertas con pelos y son más cortos en el ápice de la panícula y densos aproximadamente en la porción media.

Cada raquilla produce un involucro de cerdas y grupos de una a dos espiguillas. Las cerdas son aproximadamente en número de 30 o 40 que varía en diferentes genotipos. La espiral o verticilio externo es más corto que el interno y tan largo como la longitud de la espiguilla. Las cerdas internas son plumosas, al menos hacia la base. Todas las cerdas son roñosas, una o dos cerdas pueden ser marcadamente más grandes que el resto del verticilio.

Una o dos espiguillas nacen dentro del involucre de cerdas y sobre el raquis. Las espiguillas son pequeñas, lanceoladas, agudas y afiladas. Cada espiguilla consiste de dos glumas estériles y dos florulas, la florula más baja siendo generalmente masculina y la alta hermafrodita. La gluma I es pequeña o orbicular, la gluma II es pequeña a variable. La lema I es oblonga ovada, cuspidata, paleatada. La palea es membranosa y estaminada. Las lodículas están ausentes. Hay tres estambres con antenas peniciladas típicas. La lema II es tan grande como la espiguilla, oblonga y ovada, paleatada, la palea II es un poco más grande que la palea I y es hermafrodita. El ovario con un estilo simple bifido en la punta en dos estigmas no plumosos. El gineceo es protogineo y el grano es un cariósipide, gris, blanco aperlado o raramente amarillo (Purse-glove, 1972).

Sin embargo una especie de polinización cruzada Pennisetum americanum es muy variable y algunos taxónomos consideran ciertos tipos de esta como especies distintas, mientras que otros (Bor, 1960) agrupa a las especies menores en una sola.

2.1.6. Biología floral.- Para la explotación comercial del vigor híbrido de maduración temprana y altos rendimientos, el conocimiento de la biología floral es necesario. Los siguientes parámetros han sido evaluados por Tewari et al., (1970). El tiempo tomado por la emergencia completa de la panícula de la fase de la hoja bandera varió de 83:04 a 120:00 hs, en las líneas autofecundadas, de 55:20 a 180:00 en los híbridos de lí-

neas consanguíneas con líneas medio estériles y de 67:20 a 86:40 horas en los híbridos emparentados.

En diferentes líneas consanguíneas la emergencia completa de los estilos tenía de 31:20 a 43:20 hs. En los híbridos de líneas consanguíneas con líneas estériles macho varió de 31:20 a 48:00 hs, mientras que en los híbridos emparentados este rango fué de 33:60 a 52:80 hs. El rango de tiempo tomado en la emergencia completa de las anteras en las espigas de diferentes híbridos, sus cruzas F_1 con líneas estériles macho y otro híbrido fué de 33:60 a 60:72 hs, 34:04 a 86:40 hs y 38:84 a 57:60 hs, respectivamente.

El período de traslape entre la emergencia del estilo y la antera en las líneas consanguíneas varió de 20:64 a 44:64 hs, pero este período en las cruzas de líneas consanguíneas con líneas estériles macho (14:40 a 36:72 hs) y cruzas emparentadas (20:60 - 36:72 hs) fué considerablemente corto.

El número de espiguillas por panícula en los híbridos varía de 1881 a 2528. Este rango en las cruzas con líneas estériles macho varió de 1775 a 3370. En las cruzas entre parientes fué observado el vigor híbrido para un mayor número de espiguillas. En todas las líneas emparentadas y sus cruzas fueron observadas dos flores en cada espiguilla, una hermafrodita y la otra antiferica o masculina (Tewari, 1970).

2.1.7. Semilla.- El grano es un cariósipide casi oval, en apariencia con uno de sus lados terminados en punta. Está unido,

al estilo de el lado terminado en punta. El color del grano varía de amarillo blancusco al azul ligero. La superficie externa es lisa y brillante. El embrión es pequeño y se encuentra hacia el lado del grano terminado en punta (Maiti y Bidinger, 1981).

2.2. Requerimientos ecológicos

2.2.1. Temperatura.- Pennisetum americanum requiere altas temperaturas para lograr un rápido crecimiento, especialmente en las etapas finales del desarrollo de las plantas (Ogden, 1977). Las necesidades térmicas que este cultivo requiere fluctúan entre 10 y 45°C, no obstante las temperaturas mínimas para su desarrollo fluctúan entre 33 y 34°C. En cuanto a adaptación de altas temperaturas es semejante al sorgo (Frere, 1984).

2.2.1.1. Unidades calor.- La teoría de las unidades calor establece que es necesaria una cantidad fija de calor para que una planta alcance un estado de desarrollo particular y fué propuesta por Reaumur desde 1735 (Aitken, 1974); su cálculo se basa en la relación que existe entre la temperatura y la tasa de desarrollo de la planta (Arnold, 1971).

Para la medida de los requerimientos de calor, se acumulan las unidades calor desde la siembra, hasta que la planta alcanza un estado fenológico particular. Las unidades calor diarias se calculan restando la temperatura media diaria una temperatura base, abajo de la cual se considera que el crecimiento prácticamente cesa.

2.2.2. Luminosidad.- Pennisetum americanum Es una especie facultativa de día corto; bajo un fotoperíodo de 12 hs. la temperatura y el genotipo no afecta 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 la floración es retrasada bajo fotoperíodos de 14 a 16 hs (Bogdan, 1977).

El mijo perla es un cultivo importante como alimento y como forraje en varias partes del mundo, por lo que el mejoramiento del cultivo continua 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 de la floración, mientras que otros han sido clasificados como plantas neutras (Burton, 1965 citado por Ong y Everard, 1979). Los estudios de Burton (1965) en el que se vio el tiempo requerido para la floración y desarrollo de las inflorescencias manipulando la temperatura y fotoperíodo, han mostrado que las temperaturas altas de día y noche de 32 y 29°C, combinado con días largos (16 hs) de alta intensidad lumínica, favorece el crecimiento de la floración temprana, puede ser indicada con días de 8 hs luz. La floración temprana y el desarrollo completo de la inflorescencia fué obtenido teniendo temperaturas de 32/29°C. Utilizando la secuencia que se indica indujo la antesis entre 45 a 48 días de la fecha de plantación (Ong y Everard, 1979).

Huda et al., (1984) propuso un modelo de crecimiento de desarrollo de mijo perla. Es un modelo tentativo, mencionan la dificultad en modelar el hábito de producción de hijuelos en mijo perla, pusieron énfasis en el efecto de la temperatura en días largos sobre la duración de etapas de crecimiento y hábito de producción de hijuelos. En base a la materia seca total, computado desde la cantidad de luz interceptado por docel de hojas y partición de materia seca a diferentes partes de la planta siguieron un modelo tentativo con los siguientes patrones:

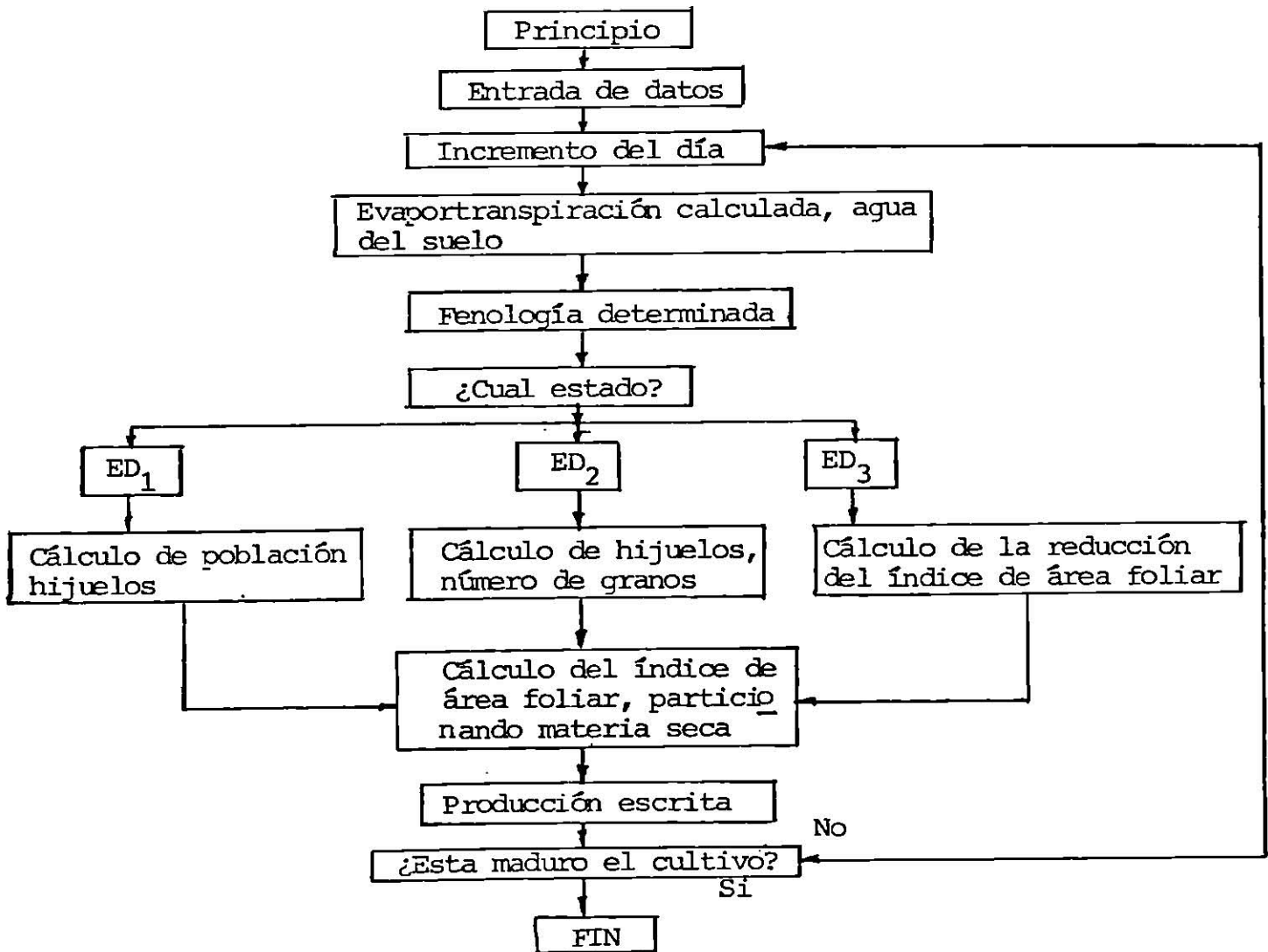


Figura 1. Un diagrama de flujo para un modelo simulado de Mijo Perla.

2.2.3. Humedad. → El mijo perla tolera condiciones de baja precipitación y en la zona de Sahel en el África 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 de el 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. Pennisetum americanum es, sin embargo, susceptible a la sequía cuando están en el período de crecimiento y las plantas no sobreviven logrando estado de latencia como el sorgo puede hacerlo (Ogden, 1977 citado por Seetharama 1984). Los cultivares más vigorosos y tardíos pueden crecer solamente con precipitaciones más altas, pero bajo estas circunstancias favorables, y aun cuando el mijo perla rindió 5.9 ton/ha (Hill, 1969 citado por Seetharama 1984), los rendimientos fueron mucho más bajos que aquellos que se lograron con otros zacates forrajeros.

El efecto de estrés de humedad sobre la fenología de sorgo y mijo depende de la severidad del estrés y de la etapa del desarrollo del cultivo durante el tiempo del estrés. Cuando el estrés no es muy severo la respuesta del estado fenológico no es aberrante, pero tiene efectos sobre el crecimiento y rendimiento, en ambientes de estrés de humedad variables el efecto sobre la fenología puede ser evidente, particularmente cuando el estrés ocurre antes de la floración. También se ha demostrado que la respuesta estaba relacionada con el tiempo de en que

proceso fué afectado (Seetharama et al., 1984).

2.2.4. Suelo.- El mijo perla puede crecer en una gran variedad de suelos, excepto en aquellos inundados e inundibles 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 mas superficial. Las plantas son relativamente tolerantes a suelos de baja fertilidad y pueden producir al menos alguna cosecha donde otros cultivos fallarían (Ogden, 1977). Sin embargo, en un suelo rico y bajo condiciones ambientales favorables produce excelentes rendimiento de forraje.

En India y el Africa el mijo se cultiva en suelos alfisoles con un pH que varía de 6.2 a 7.7.

2.2.5. Fertilización.- Este cultivo responde bien a la fertilización nitrogenada del cual se hace uso en cantidades moderadas; la fertilización con fósforo incrementa el efecto de los niveles altos del nitrógeno, pero su efectividad ha sido errática cuando se aplica solo.

2.3. Factores bióticos

2.3.1. 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 la India. El uso de cultivares

"barbados", en los que numerosas aristas largas y picudas salen entre los granos, pueden reducir la pérdida y aún prevenir el daño.

El número de especies que se alimentan de mijo perla son abundantes (83 en India) de las cuales solamente 6 pueden ser plagas serias; estas son: el gusano soldado (Mythimna separata) plaga que prevalence mas en terrenos hierbosos. La oruga de la panoja (Heliothis armigera) (Purseglove, 1972).

2.3.2. 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 solamente 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.

Otra enfermedad, la roya (Puccinia penniseti) y la mancha de la hoja causada por Curvularia penniseti, 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 Tolyposporium pennicillaria, rocío dulce causada por Sphacelia sorghi y el ergot causada por Claviceps microcephala, todas estas pueden causar daño a la semilla.

2.4. Crecimiento y desarrollo

2.4.1. Germinación del grano.- El porcentaje de germinación es independiente de la temperatura entre 15/10 y 33/28°C (día/noche) pero la tasa de germinación es más rápida a temperaturas altas (Pearson, 1975). El porcentaje de emergencia y la sobrevivencia y crecimiento de las plántulas generalmente se incrementan con la temperatura hasta 33°C (Hart y Wells, 1965; Launder, 1971; Pearson, 1975). El efecto de la temperatura sobre el desarrollo del grano del mijo perla ha sido estudiado por Fussell (1980) en este estudio la temperatura afectó la morfología, el desarrollo y el rendimiento de mijo perla durante tres fases de crecimiento de la planta: vegetativa, elongación del tallo y desarrollo del grano. La tasa de llenado de grano no se vio afectado en el rango de 21/16 a 33/28 grados centígrados, Aún cuando la morfología de la planta y el rendimiento del grano fué afectado marcadamente por la temperatura antes de la floración, el desarrollo del grano no lo fué. A todas las temperaturas los carbohidratos en etanol almacenados en el tallo fueron agotados durante el inicio del desarrollo del grano.

2.4.2. Morfología del desarrollo del grano.- La aparición de una zona negra sobre la superficie abgerminal externa del grano del mijo perla es un indicador útil del máximo peso seco (Fussell y Pearson, 1978). Este conocimiento sugiere que la región negra puede estar asociada con la vía de translocación

del grano, en forma similar a la encontrada en maíz (Kiesselbach y Walker, 1952) y sorgo (Eastin et al., 1973; Giles et al., 1975). Los estudios sobre morfología del desarrollo del grano de mijo (Matsuda, 1941; Narayanaswami, 1953) han proporcionado alguna información sobre esta hipótesis; sobre este respecto Fussell (1980) ha encontrado que el crecimiento del embrión en las células transferidoras del endospermio basal y la acumulación subsecuente del material pigmentado, son los mecanismos por los cuales el crecimiento del grano se detiene, la aparición de la región negra de la superficie abgerminal basal del grano, al tiempo de logrado el máximo peso seco, es causado por una acumulación de pigmentos en las células de la capa de chalaza. Es posible que la deposición sea una medida protectora del grano contra plagas y enfermedades, también es un útil indicador cuando se ha logrado el máximo peso en el grano.

2.4.3. Vigor de plántula.- El término vigor de plántula (o vigor de la semilla) ha sido objeto de varias definiciones (Hydecker, 1969; Perry, 1972; Woodstock, 1973). Esto incluye atributos de la semilla anteriores a la siembra, durante la germinación y la plántula resultante, aunque el énfasis se da frecuentemente en las primeras dos.

Varios aspectos del vigor de la semilla almacenada (viabilidad, germinabilidad, salud, pureza, etc.) son los mas fáciles de medir y son materia de criterios específicos y procedimientos de prueba.

006771

La habilidad de una semilla para germinar y para emerger en camas de siembra muy diversas es más difícil de evaluar, ya que el ambiente del terreno juega un papel muy importante en el éxito o fracaso. Las pruebas para este atributo incluyen índices de vigor bioquímicos o metabólicos y pruebas de germinación en condiciones simuladas de campo (Woodstock, 1973; Heydecker, 1969). El aspecto final del vigor es el vigor de la plántula (habilidad de la plántula para establecerse y crecer rápidamente sobre un rango de condiciones variables). La evaluación de este aspecto es empírico (Woodstock, 1969). Bidinger et al., (1985) explicó métodos de evaluación y mejoramiento genético del vigor de la plántula y rendimiento.

2.4.4. Estados de crecimiento

A continuación se presentan los estados de crecimiento y desarrollo descritos por Maití y Bidinger (1980).

Etapa 1: Etapa de tres hojas.- Aproximadamente 5 días después de la emergencia del coleoptilo el limbo de la tercera hoja se puede ver envuelto por la segunda hoja sin separar la primera y la segunda hoja. La primera hoja está completamente extendida y la segunda hoja esta ligeramente enrollada en la base. Las hojas con pequeñas en tamaño y de color verde claro.

Etapa 2: Etapa de cinco hojas.- Cerca de 13 o 15 días después, el limbo de la quinta hoja es visible. La primera y segunda hoja están completamente extendidas. La tercera hoja aún están

completamente extendidas. La tercera hoja aún ligeramente en rrollada. El punto de crecimiento se mantiene bajo el nivel del suelo rodeado por los primordios foliares en desarrollo. En esta etapa las hojas de los hijuelos se pueden ver emergiendo de las vainas de las hojas basales. La planta ahora luce de un color verde oscuro y más robusta.

Etapa 3: Iniciación de la panícula (diferenciación floral).- En esta etapa el punto de crecimiento cambia de la etapa vegetativa a la reproductiva, esto es de desarrollo de primordios florales. Este cambio puede reconocerse por el hecho de que el ápice toma forma de domo y se desarrolla un estrangulamiento en la base.

En esta etapa todas las hojas se han iniciado; 6 o 7 hojas están completamente expandidas en las variedades precoces y el resto está en varias etapas de desarrollo. Después de la iniciación, el punto de crecimiento está sobre la superficie del suelo, ya que los primeros dos o tres entrenudos empiezan a alargarse. Un número de hijuelos han emergido y siguen el mismo patrón de desarrollo que el tallo principal; sin embargo, el tallo principal está más avanzado que los hijuelos.

Etapa 4: Etapa de hoja bandera.- El limbo de la última hoja se encuentra visible dentro de la hoja anterior. La última hoja es fácilmente distinguible de la anterior ya que existe otra hoja dentro de ella a medida que emerge del cogollo.

Entre la iniciación de la panícula y la aparición de la hoja bandera existen muchos cambios que ocurren en la planta; las hojas no expandidas que estaban presentes como primordios

al mismo tiempo de la iniciación de la panícula, se desarrollan y emergen del cogollo y se extienden al tamaño máximo, después los entrenudos crecen en forma secuencial empezando desde la base, siendo cada entrenudo más largo que su próximo anterior. Después de esto, se inician los primordios de las espiguillas y las flóruas, el proceso empieza en la base del meristemo de la panícula continuando hacia la punta. En la etapa de hoja bandera, las flóruas sufren un desarrollo rápido. La panícula está envuelta en la vaina de la hoja bandera y las anteriores, y es elevada bastante arriba de la superficie del suelo por el crecimiento de los entrenudos inferiores.

Etapa 5: Etapa de embuchado.- En esta etapa la panícula está encerrada en la vaina de la hoja bandera, pero aun no ha emergido. El desarrollo de la panícula está casi completo. La panícula crece rápidamente a lo largo y ancho, después de la etapa de embuche la panícula emerge de la vaina de la hoja bandera cuando el pedúnculo (el entrenudo más alto) empieza a crecer.

Etapa 6: 50% de floración.- El mijo perla es protoginio (los estigmas aparecen primero). Los estigmas empiezan a emerger 3 o 5 días después de la emergencia de la panícula, aunque esto varía según el genotipo. La emergencia de los estigmas empiezan generalmente en las flóruas cercanas a la punta de la panícula y después prosigue hacia arriba o hacia abajo simultáneamente. El 50% de la floración se logra cuando los estigmas emergen en la región media de la panícula, se requieren de 2 a 3 días para completar la emergencia de los estigmas. Los es-

tigmas no polinizados se pueden mantener frescos por varios días; sin embargo, después de la polinización de estos se marchitan en pocas horas. Al completarse la emergencia de los estigmas (en algunos casos un poco antes) empieza la emergencia de las primeras anteras cerca de la punta de la panícula, este proceso toma 2 o 3 días. Las anteras emergen en dos brotes, el primero se presenta en las flores perfectas y el segundo en las flores masculinas; de este modo la emergencia de las anteras se puede prolongar por cinco o seis días. Dependiendo de la tasa de desarrollo de los hijuelos, varias espigas en una misma planta pueden florear al mismo tiempo o secuencialmente.

Etapa 7: Estado lechoso.- Entre 6 o 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 (endosperma) 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.

Etapa 8: Estado masoso.- Esta etapa 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.

Etapa 9: Madurez fisiológica.- 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 esta 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, se ha secado parcialmente, y el endospermo empieza a endurecerse.

2.4.5. Fases de desarrollo.-

EC₁: Fase vegetativa.- Esta fase empieza con la emergencia de la planta y continúa hasta el punto de iniciación de la panícula. Durante esta fase, las plantas establecen su sistema radicular primario (raíces seminales) y producen raíces adventicias. Todas las hojas se inician durante la EC₁ y en las variedades precoces, 6 o 7 hojas (incluyendo las hojas embrionales), están completamente extendidas al final de esta fase. Se forman las yemas de los hijuelos, sus primordios foliares son iniciados y varios hijuelos emergen al final de esta fase. Hay poco crecimiento internodal, el meristemo apical se mantiene a nivel, o poco abajo del suelo. La acumulación de materia seca está casi enteramente reservada a las hojas y raíces.

La iniciación floral o de la panícula está determinada por el crecimiento del domo apical y la formación de un estrangulamiento en la base del ápice. El tamaño del ápice al momen

to de la iniciación floral varía, desde 0.5 mm en variedades precoces, hasta de 1.0 mm en las variedades tardías en las cuales la iniciación floral ocurre hasta después de 50 a 80 días de la siembra.

EC₂: Fase de desarrollo de la panícula.- Durante esta fase, las hojas restantes se extienden completamente y la primera hoja de la base del tallo empieza a entrar en senescencia. El tallo se alarga debido a un 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. Los primeros hijuelos formados siguen de cerca al tallo principal en su desarrollo, mientras que el desarrollo de los hijuelos tardíos frecuentemente se detiene 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 tallo.

Durante el alargamiento del tallo, la panícula sufre una serie de cambios morfológicos y de desarrollo. Estos incluyen el desarrollo de espiguillas, flóru^las, glumas, estigmas, anteras y finalmente la emergencia de los estigmas (floración) y polinización, la cual marca el final de la EC₂.

EC₃: Fase de llenado de grano.- Esta fase empieza con la fertilización de la flóru^la en la panícula del tallo principal y continúa hasta la maduración de la planta (tallo principal e hijuelos). Los incrementos en peso seco total de la planta durante este período ocurren principalmente en el grano, pero

debido a que en muchas variedades los hijuelos crecen y florecen después del tallo principal, puede ocurrir también algún aumento en los componentes vegetativos, principalmente en los tallos de los hijuelos.

Continúa la senescencia de las hojas inferiores y al final de la fase de llenado de grano normalmente sólo las 2 o 4 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 del grano. Esto ocurre en una panícula individual de cerca 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.

2.4.6. Antesis, floración y reproducción.- El género Pennisetum es típicamente protoginio. En la emergencia, los estilos blanco azulados sobresalen. El estilo emerge cuando las espiguillas están maduras. En algunos casos las panículas que están completamente envueltas en la hoja bandera tienen estigmas com

pletamente exertados. El tiempo que toma para la emergencia del estigma varia de 12 a 24 hs, dependiendo de la estación. Los dos estigmas se separan y divergen solamente después de la excersión completa del estilo. Estos permanecen frescos y receptivos por 12 a 24 hs, dependiendo del clima prevaleciente. La condición protoginia es útil en la emergencia de las anteras ya que no hay lodiciclos para ayudar en la apertura de las flórulas.

La floración se inicia del ápice de la panícula y continúa hacia la base pero esto varía en diferentes variedades.

La antera también sigue el mismo patrón. Cuando se viene la primera onda de emergencia de las anteras de las flores hermafroditas han alcanzado las espiguillas basales, empieza la segunda oleada de flores estaminadas, aproximadamente 2 o 3 días después de que el primer estilo ha emergido. Para este tiempo la emergencia de la antera empieza, finalmente la panícula completa muestra emergidos todos los estigmas y estilos viendose como un cepillo muy fino. El estilo y el estigma son viscosos, brillantes de un tinte azul palido y son altamente receptivos.

Ha sido evaluado que el mayor número de anteras emerge entre 8 p.m. y 2 a.m. La emergencia de las anteras continúa durante día y noche. Un incremento en la humedad y una disminución de la temperatura induce la antesis.

Alrededor de dos días después, cuando los estigmas empiezan a secarse, las anteras de las florecillas bisexuales apare

cen en el mismo orden y aproximadamente dos días más tarde las anteras de las flores masculinas emergen y repiten el mismo patrón (Krishnawamy, 1962). Esta secuencia de floración prácticamente excluye la polinización cruzada dentro de la misma inflorescencia, pero ésta de hecho puede ocurrir entre diferentes espigas de la misma planta si estas florecieran en tiempos ligeramente diferentes. Con todo esto P. americanum es esencialmente una planta de polinización cruzada, la xenogamia resulta en una variabilidad considerable de todos los caracteres de la planta y nuevas combinaciones de caracteres pueden aparecer en cada generación. Hay muchos tipos de cultivares locales en Africa e India, algunos de ellos mejorados por selección natural o por los agricultores locales, quienes usualmente seleccionan las mejores espigas para las semillas de siembra del próximo año (Tewari et al., 1970; Sundararaj y Thulasidas, 1980).

2.4.7. Mejoramiento para respuestas al fotoperíodo.- El tiempo de floración en este cultivo es una característica esencial al controlar la adaptación a varios ambientes en el cual crece. El tiempo a la floración en el mijo perla influencia a varias de las características de las cuales el número de hijuelos productivos es la más importante.

Se ha confirmado que muchas características de los "cultivares africanos típicos del oeste" son una función de su período de prefloración largo y estas características pueden ser reproducidas en los tipos precoces, con abundancia de hijuelos

comunes en la India, extendiendo su período de floración (extendiendo artificialmente el largo del día con luz artificial). Los estudios han confirmado que también puede suceder lo contrario, las características de precocidad alto ahijamiento de los tipos indios podrían producirse en los "cultivares africanos de oeste" que son de estación larga, acortando su período de floración (utilizando coberturas para acortar el largo del día).

Se requiere tener un mejor conocimiento de como se controla la floración en el mijo perla con el objeto de aplicar este conocimiento en los aspectos agronómicos y de mejoramiento del cultivo (Hellmers y Burton, 1972).

2.4.8. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo del grano y rendimiento.- El efecto de la temperatura sobre la germinación, establecimiento y las primeras etapas de desarrollo del mijo estan bien documentadas (Pearson, 1975; Hart and Wells, 1965; Launder, 1971) citados por Fussell, 1980.

La floración y el desarrollo de las plantas también son acelerados en la mayoría de los genotipos con el incremento de la temperatura (Hellmer y Burton, 1972; Begg y Burton, 1971) citados por Fussell, 1980. 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 (McPherson y Slatyer, 1973 y Pearson y Derrick, 1977) citados por Fussell, 1980, 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) citado por Fussell, 1980, y una comitante reducción en la actividad meristemática (tasa de maduración de hojas e hijuelos) a menos de 24/19°C (Pearson, 1975) citado por Fussell 1980. Los efectos de la temperatura en las varias fases de desarrollo del grano y rendimiento han sido estudiados por Fussell et al., (1980). Estos autores señalan que el efecto fué muy marcado durante las tres fases de crecimiento estudiados; 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 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 período de llenado de grano y el rendimiento. La tasa de llenado de grano no varía entre el rango de 21/16 a 33/28°C. Aún cuando la morfología de las plantas y el rendimiento estuvieran afectados marcadamente por el ambiente térmico pre-antesis, el desarrollo del grano no lo fué. A todas las temperaturas los carbohidratos almacenados en el tallo fueron agotados durante el desarrollo inicial del grano. Ya que los diferentes procesos de la planta tienen óptimos diferentes de tempera

tura, el mijo manifiesta un óptimo de temperatura más amplio para el rendimiento del grano que lo que se podría esperar para un zacate tropical (Fussel et al., 1980).

2.4.9. Componentes de rendimiento.- Resientemente 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 partes altas teniendo hojas largas y caídas o dobladas a plantas chaparras con hojas cortas. Como en este caso y el de otros cultivos, tales conceptos pueden ser también útiles en el mijo perla donde podrían lograrse rendimientos máximos con genotipos que tengan 7 o 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 del 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 y hoja bandera angosta y hojas numerosas y largas que producen el efecto de autosombra, disminuyendo las áreas fotoreceptivas de las hojas, resultando por lo tanto en una reducción de la actividad fotosintética, por lo tanto las plantas con hojas más erectas y menor número y tallos más gruesos se espera que produzcan más rendimientos, aún cuando el rendimiento de grano en el mijo perla depende generalmente del peso de la panoja y el número de hijuelos (Gupta, 1968), el énfasis según este autor de

be ponerse también sobre las características del tallo y de las hojas para una solución eficiente de genotipo altamente rendidor.

La contribución de los hijuelos al rendimiento varió de un 14 a 35%, siendo esta contribución incrementada con la disminución de la densidad de siembra. Otros investigadores de Africa (Kassam et al., 1976) han reportado que los hijuelos de algunos cultivares pueden contribuir del 3 al 72% del rendimiento total de grano, estos investigadores señalan que aparentemente esta regulado por varios genes, con pocos hijuelos dominante a muchos.

Aún cuando hubo correlación positiva entre altura de planta y rendimiento de grano, las plantas más altas no fueron necesariamente las mas eficientes en la producción de grano. De los caracteres estudiados el número de hijuelos efectivos fué el que más se correlacionó con el rendimiento ($r= 0.80^{**}$), aún cuando otros caracteres como área foliar y altura mostraron una asociación positiva, los autores señalan que se debe de tener cuidado al introducirlo con criterios de selección, debido a algunos otros efectos indeseables (Kassam et al., 1976).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del trabajo

El presente experimento se efectuó durante el ciclo de primavera de 1985 en la Estación Experimental Agropecuaria de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, cuya localización geográfica corresponde a los 25°53' latitud norte y 100°03' longitud oeste del meridiano de Greenwich; con una altitud sobre el nivel del mar de 367 m.

3.2. Características climáticas y edáficas de la región

El clima de la región según la clasificación de Koppen, modificado por García (1973) se aproxima más al tipo BS₁ (h') hx (e') correspondiendo a los climas secos, con una precipitación promedio anual de 533 mm y una temperatura media anual sobre 22°C, con temperatura del mes más frío (diciembre y enero) bajo 18°C con lluvias todos los meses, poco frecuentes pero intensas. La oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es muy extrema, siendo mayores de 14°C.

Los datos de precipitación y temperatura e insolación prevalentes durante el desarrollo del experimento se presentan en las Figuras 1 y 2 del apéndice.

3.3. Descripción del experimento

3.3.1. Material genético.- Los genotipos que se evaluaron en el presente experimento y su símbolo de identificación son des

critos a continuación:

| Genotipo | Símbolo | Genotipo | Símbolo |
|-----------|-----------------|------------|-----------------|
| WC-C-75 | G ₁ | NELC-H79 | G ₁₁ |
| ICMS-7703 | G ₂ | ICMS-8021 | G ₁₂ |
| IVS-5454 | G ₃ | ICMV-81237 | G ₁₃ |
| IVS-A-82 | G ₄ | ICMV-81111 | G ₁₄ |
| ICMS-7704 | G ₅ | ICMV-81253 | G ₁₅ |
| ICMS-7835 | G ₆ | ICH-433 | G ₁₆ |
| NELC-P-79 | G ₇ | ICH-451 | G ₁₇ |
| ICMS-7857 | G ₈ | ICH-440 | G ₁₈ |
| WS-P-78 | G ₉ | ICMH-415 | G ₁₉ |
| ICMS-8008 | G ₁₀ | ICMH-423 | G ₂₀ |

Los genotipos anteriormente descritos incluyen variedades, sintéticos e híbridos comerciales, los cuales han sido originados por el programa de mejoramiento de mijo perla en el Instituto Internacional de Investigación para los Cultivos de los Trópicos Semi-Aridos (ICRISAT), localizado en la India. Las coordenadas geográficas de dicho instituto corresponde a los 18° norte y 78° este del meridiano de Greenwich. Características específicas de cada uno de los genotipos no fué posible presentarlas, dado que fueron obtenidas como parte del programa de pruebas internacionales, cuyo propósito es identificar los mejores genotipos para los caracteres de interés agronómico, alimentario y experimental.

3.3.2. Material no genético.- Para llevar a cabo el desarrollo del experimento se contó con la maquinaria agrícola necesaria para efectuar las labores correspondientes en la preparación del terreno antes de la siembra, aparte de esto se utilizó también un nivel montado, un estadal graduado en centímetros, una cinta métrica de 50 m, 240 sobres para distribuir la semilla, 21 kg de urea, 10.5 kg de superfosfato de calcio triple, una aspersora manual para la aplicación de insecticidas y herbicidas, una balanza analítica y granataria, un mecahilo de 50 m, 3 cintas de sastre, una regla de 30 cm, un vernier graduado en milímetros, 100 bolsas Kraft #8 para cosecha y un libro de campo.

3.3.3. Diseño experimental.- Los genotipos fueron sometidos a evaluación bajo un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones. El modelo estadístico correspondiente 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 σ^2 asociados a las observaciones Y_{ij} .

3.3.4. Dimensiones.- La unidad experimental formada por cuatro surcos espaciados a 80 cm con una longitud de 5 m; obteniéndose un área total de 16 m². La parcela útil o área para ser cosechada, estuvo constituida por 2 surcos centrales de la unidad experimental. En cada uno de los surcos centrales se eliminó 1 m de cabecera debido al efecto de orilla; cosechándose los 3 m centrales. El área de parcela útil fué de 4.8 m².

Debido al número de genotipos a evaluar (20) y a condiciones topográficas del terreno experimental, se tomo el criterio de doblar las repeticiones con el fin de tener más homogeneidad de condiciones para los tratamientos y para tener el lote experimental más compacto y por ende mejor control al momento de efectuar algunas labores como la irrigación. Se dejó un sendero de 1 m dentro y entre repeticiones con el propósito de tomar las observaciones pertinentes en cada unidad experimental.

Detalles sobre las dimensiones del experimento son descritas a continuación:

| | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Superficie total del experimento | 35 m x 32 m = 1120 m ² |
| Repetición | 11 m x 32 m = 352 m ² |
| Unidad experimental | 3.2 m x 5 m = 16 m ² |
| Parcela útil | 1.6 m x 3 m = 4.8 m ² |
| Surco | 0.8 m x 5 m = 4 m ² |

El croquis de la distribución de los genotipos y repeticiones se presenta en la Figura 4 del apéndice.

3.4. Desarrollo del experimento

En la preparación del terreno se realizó un barbecho, luego se dió un paso de rastra, posteriormente se hizo un trazo de riego a una pendiente de 1 m por cada 10 m de longitud. Después se efectuó el surcado a una distancia de 80 cm.

La semilla fué tratada con el insecticida Aldrin a una proporción de 3 g por cada kilogramo de semilla, además de los fungicidas metoxyl y Thiram a una proporción de 4 y 2 g respectivamente por cada kilogramo de semilla.

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

Una vez delimitado el lote experimental e identificado cada unidad experimental y surco se procedió a la distribución de los sobres con la semilla. La siembra se efectuó el 23 de febrero de 1985 en suelo seco distribuyéndose la semilla en el lomo del surco a chorrillo.

La dosis de fertilización para aplicar fué 100-50-00 usando como fuente nitrogenada Urea con 46% de nitrógeno y como fuente de fósforo superfosfato de calcio triple con 46% de fósforo. La dosis fué dividida en dos aplicaciones, la primera estuvo constituida en forma mezclada por el 50% de la dosis de nitrógeno y el 100% de la de fósforo. Tal aplicación fué realizada el día de la siembra distribuyéndose el fertilizante a un costado del surco. La cantidad de cada fuente para la mencionada aplicación fué a una proporción de 175 gramos por unidad experimental y de 43.75 g por surco.

El 27 de febrero se procedió al primer riego utilizando sifones, este riego se dió para estimular la germinación.

Un día después de la fecha de emergencia (4 de marzo) se procedió a la aplicación del herbicida Azinotox 500 a una proporción de 2.5 kg/ha diluído en 350 litros de agua. La aplicación fué efectuada a través de una aspersora manual. Es necesario señalar que se consideró tal dosis ya que es recomendada para el cultivo del sorgo, pues ambos cultivos tienen similitud en cuanto a sus características morfológicas.

Con el propósito de mantener una densidad de población de 125,000 plantas por hectárea, se procedió el 14 de marzo a un aclareo dentro de cada surco, dejando una distancia entre plantas de 10 cm con una tolerancia de mas o menos 3 cm.

El 25 de marzo se efectuó un deshierbe manual y el día 27 del mismo mes se procedió al primer riego de auxilio.

La segunda aplicación de la dosis de fertilización (50% restante del nitrógeno) fué efectuado el día 31 de marzo a la misma proporción y posición a la primera.

Las plagas que se presentaron en el ciclo de desarrollo del cultivo fueron: trips (Frankliniella occidentalis) y pulgón (Myzus persicae). Para combatir dichas plagas se efectuó una aplicación de Lannate a una dosis de 300 g/ha diluídas en 350 litros de agua. La aplicación del insecticida fué realizada el día 15 de abril a través de una aspersora manual de 15 litros de agua de capacidad.

En cuanto a las labores que se le dieron al cultivo fue-

ron las siguientes: el 25 de abril se realizó una escarda usando el tractor y el 27 de abril se efectuó el aporque a través de un tiro animal.

El 16 de mayo por la noche, debido a la alta intensidad de lluvia registrada y a la alta velocidad del viento se presentó un acame del 100% en el lote experimental. Tal fenómeno ocurrió en el estado lechoso del grano, no obstante, las plantas se recuperaron a medida que iba avanzando el crecimiento del grano.

La cosecha del experimento fue efectuada el día 9 de junio.

3.5. Descripción de las variables

Etapa 1. Esta variable se tomó observando que más del 50% de las plantas en cada parcela tuvieron la tercera hoja visible.

Etapa 2. Para esta variable se debía tener en la parcela más del 50% de las plantas con la quinta hoja visible.

Etapa 3. Se tomaron muestras cada tres días de tres plantas por parcela y se observaron al estereoscopio para saber si tenían el domo con el que se identifica la diferenciación floral.

Etapa 4. Se observó que la mayoría de las plantas presentara la iniciación de la hoja bandera.

Etapa 5. Más del 50% de las plantas por parcela debe de tener la panícula extendida en la vaina de la hoja bandera.

Etapa 6. Se tiene la emergencia del 50% de los estigmas.

Etapa 7. Se tomó una muestra de la panoja con el fin de detectar si el grano se encontraba en estado lechoso.

Etapa 8. Se muestreo la panoja de cada parcela para ver si se encontraba en estado masoso.

Etapa 9. Se muestrearon algunas panojas para detectar la presencia de la capa negra, la cual indica la madurez fisiológica del grano.

Altura de planta.- Distancia en centímetros del nivel del suelo a la punta de la panoja.

Longitud de excersión.- Distancia en centímetros de la lígula de la hoja bandera a la base de la panoja.

Longitud de panícula.- Distancia (cm) de la base a la punta de la panoja.

Número total de hijuelos.- Se tomó una muestra de 10 plantas por parcela contando el número de hijuelos en cada una, independientemente si son productivas o no.

Número de hijuelos productivos.- En una muestra de 10 plantas por parcela se cuentan los hijuelos que presentan panoja de ca

da una de estas plantas.

Número de hijuelos no productivos.- Se cuentan los hijuelos que no presentan panícula de una muestra de 10 plantas.

Rendimiento.- Se calcula el rendimiento en kilogramos por hectárea de la parcela útil.

Luminosidad.- Los cálculos de luminosidad se hicieron utilizando los datos de la estación meteorológica de la FAUANL. Se acumularon las horas luz de cada día desde la emergencia de la plántula hasta la cosecha.

Unidades calor.- Se determinó y se propone un método para el cálculo de los requerimientos de calor de genotipos de mijo en las temperaturas incidentes durante la estación de crecimiento:

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

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

donde:

U.C. = Unidades calor acumuladas

$T^{\circ}\text{max}$ = Temperatura máxima diaria

$T^{\circ}\text{min}$ = 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 las unidades calor se hicieron utilizando los datos de temperaturas de la estación meteorológica de la FAUANL.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis de varianza para cada variable

4.1.1. Etapa de crecimiento.- Se hizo un estudio comparativo de nueve etapas de crecimiento en 20 genotipos de mijo perla, el cula indicó que existe una amplia variación entre las diferentes etapas y entre genotipos.

No se encontró diferencia significativa en las etapas 3, 7 y 9 sin embargo, se tiene un rango de variación de 28-32, 69-81 y 91-94 días respectivamente. Estas etapas corresponden a iniciación de la panícula (etapa 3), estado lechoso (etapa 7) y madurez fisiológica (etapa 9). En cuanto a la etapa 1 (emergencia de la tercera hoja) no hubo diferencia significativa y no hubo variación entre los genotipos. Se encontró diferencia significativa en las etapas 2 y 8 las cuales corresponden a emergencia de la quinta hoja y el estado masoso, teniendo como rango de variación de 16-21 y 79 a 88 días respectivamente. Se tuvo una diferencia altamente significativa en las etapas 4, 5 y 6 las cuales corresponden a la etapa de hoja bandera, embuche y 50% de floración, en estas etapas el rango de variación fué 46-60, 53-65 y 58-70 días. (Cuadro 1).

Como se puede observar en la fase 2 de desarrollo se encontró una diferencia altamente significativa y con la comparación de medias tenemos que los genotipos más precoces fueron el IVS-5454, ICMH-423, WS-P78 y ICMH-415 (Cuadro 2).

4.1.2. Unidades calor.- Se observó también las unidades calor requeridas en tres fases de desarrollo teniendo como resultados que entre la fase 1 y 3 no hubo diferencia significativa con un coeficiente de variación de 4 y 2% el cual es aceptable. En cuanto a la etapa 2 se encontró una diferencia altamente significativa (Cuadro 3).

Los genotipos que requirieron de menor cantidad de unidades calor para su desarrollo según la comparación de medias fueron los siguientes: IVS-5454, ICMH-423, WS-P78 y ICMH-415 (Cuadro 4).

4.1.3. Luminosidad.- En los resultados de luminosidad también se encontró que no había diferencia significativa en la fase 1 y 3 cuyo coeficiente de variación corresponde a 5 y 1% respectivamente (Cuadro 3).

La comparación de medias indicó que los genotipos más precoces que fueron los que requirieron menor cantidad de unidades calor también requirieron de menor cantidad de horas luz (Cuadro 4).

4.1.4. Componentes de rendimiento.- En cuanto a los componentes de rendimiento no se encontró diferencia significativa en el carácter de rendimiento, en todas las demás variables se encontró una diferencia altamente significativa (Cuadro 5).

La comparación de medias para los componentes de rendimiento se encuentran en el Cuadro 6.

4.2. Correlaciones

4.2.1. Entre etapas de crecimiento.- Existe una relación altamente significativa entre algunas etapas de crecimiento. La fase de crecimiento vegetativo no tiene ninguna relación con etapas avanzadas (como la 8 y 9) aunque existe correlación con las etapas 4, 5, 6 y 7.

En la fase de desarrollo de la panícula (etapa 4, 5 y 6) se encontró una relación altamente significativa con las etapas 2, 4 y 5 (por ejemplo: la correlación entre la etapa 2 y la 6 es 0.52). En la fase de llenado de grano se tiene que existe gran correlación con la fase de desarrollo de la panícula, por ejem, la etapa 7 con la 6 ($r=0.49$) (Cuadro 7).

4.2.2. Entre fases de desarrollo.- Se encontró una correlación altamente significativa de la fase de desarrollo de la panícula (EC_2) con la fase de llenado de grano (EC_3) ($r=0.37$) (Cuadro 8).

4.2.3. Unidades calor entre etapas.- Se encontró que existe una alta correlación entre algunas etapas y las unidades calor requeridas para otras. En la fase vegetativa se encontró que hay una correlación significativa con las unidades calor requeridas para algunas etapas, de esta forma la etapa 2 esta altamente correlacionada con las unidades calor (U.C.) requeridas para la fase vegetativa y en la fase de desarrollo de la panoja y para el llenado de grano no hubo correlación significati-

va solo con la etapa 7 ($r=0.27$). En la fase de desarrollo de la panoja se encontró que existía alta correlación con todas las etapas con excepción de la U.C. requeridas para la etapa 3, por ejem. la etapa 5 con las U.C. requeridas para la etapa 4 ($r=0.67$). En cuanto a la etapa de llenado de grano se observó que existía más correlación con la fase de desarrollo de la panícula (EC_2), por ejem. la etapa 7 con las U.C. requeridas para la etapa 5 ($r=0.52$) (Cuadro 9).

4.2.4. Unidades calor con fases de desarrollo.- Existe alta significancia entre los requerimientos de U.C. de la fase de desarrollo de la panícula (EC_2) y la fase de llenado de grano ($r=0.36$), no encontrándose significancia entre las fases restantes (Cuadro 10).

4.2.5. Luminosidad entre etapas.- Con respecto a la fase vegetativa (EC_1) se tiene que la correlación va disminuyendo conforme van avanzando las etapas con respecto a la luminosidad acumulada, existiendo por ejem. mayor correlación de esta fase con la fase de desarrollo de la panícula (EC_2), como la etapa 2 con la luminosidad requerida para la etapa 6 ($r=0.53$). En cuanto a la fase de desarrollo de la panícula se encontró que existe correlación significativa con la mayoría de la luminosidad acumulada en cada etapa con excepción de la etapa 3 donde no se encontró significancia, ejem. la correlación altamente significativa de la etapa 6 con la luminosidad requerida para la etapa 5 ($r=0.87$).

En la fase de llenado de grano existe alta correlación con la luminosidad acumulada en la fase de desarrollo de la panícula y no existe correlación significativa con la fase vegetativa, por ejem. la etapa 7 con la luminosidad requerida para la etapa 5 ($r=0.50$) (Cuadro 11).

4.2.6. Luminosidad entre fases de desarrollo.- Solo se encontró una correlación altamente significativa entre la luminosidad acumulada en la fase de desarrollo de la panícula y la fase de llenado de grano ($r=0.42$) no teniendo significancia entre las demás etapas (Cuadro 12).

4.2.7. Entre componentes de rendimiento y etapas de crecimiento.- Existe una correlación negativa altamente significativa entre la fase vegetativa y el número de hojas ($r= -0.33$) y significativa entre la fase de desarrollo de la panoja y el número de hojas ($r=0.22$) y entre los demás componentes de rendimiento con las fases de desarrollo no correlación significativa.

La U.C. requeridas para la fase de desarrollo 1 (EC_1) tiene una correlación negativa altamente significativa con el número de hojas ($r= -0.31$), con respecto a las demás componentes de rendimiento no se encontró significancia para esta fase. En cuanto a las U.C. requeridas para la fase de desarrollo de la panícula se encontró que existía una alta significancia con el número de hojas ($r=0.39$), longitud de excursión ($r= -0.35$) la cual es negativa y con los hijuelos no productivos ($r=0.39$) y

un poco menos significativa con la longitud de panícula ($r=0.24$). Con respecto a la etapa de llenado de grano en los requerimientos de U.C. no se encontró correlación significativa con los componentes de rendimiento.

La luminosidad acumulada en la etapa vegetativa presentó una alta correlación negativa con el número de hojas ($r=-0.32$) y con los hijuelos no productivos ($r=-0.27$). En la fase de desarrollo de la panícula la luz acumulada se correlaciona con varios componentes de rendimiento, una de ellas es una correlación negativa con la longitud de excursión ($r=-0.45$). En la etapa de llenado de grano no hay correlación con los componentes de rendimiento.

Existe diferencia significativa entre algunas componentes de rendimiento como por ejem. longitud de panícula con altura de planta ($r=0.62$), hijuelos productivos con el número total de hijuelos ($r=0.55$). El rendimiento está altamente correlacionado con la altura de planta ($r=0.42$), con la longitud de panícula ($r=0.33$) y con el número de hojas ($r=0.24$) y con el peso de 1000 semillas ($r=0.33$). Algunos de estos resultados coinciden con Kassam et al., (1976) y Phul (1971) (Cuadro 13).

4.3. Aspectos climáticos en relación a los fenológicos

Durante el período de este experimento prevaleció el siguiente rango en cuanto a temperatura: Podemos mencionar que la temperatura máxima estuvo entre 12 y 39°C, teniendo como temperatura mínima el rango de 5.5 a 29°C, la insolación en es

te período fue de 0 a 11.5 hs, y la precipitación osciló entre 0 y 65 mm.

El análisis del clima prevaleciente en cada etapa fué el siguiente:

Para la fase 1 (estado vegetativo) tuvimos como rango de temperatura máxima de 12 a 36°C y como temperatura mínima 5.5 a 24.5°C, se puede observar que en esta etapa se tuvieron las temperaturas mínimas más bajas con respecto a las etapas posteriores, en cuanto a insolación se tiene que fue de 0 a 10.7 hs luz y la precipitación fué de 0 a 10.6 milímetros. Cabe mencionar que durante esta etapa existe mayor fluctuación de temperatura (Figura 2).

En la fase 2 (desarrollo de panoja) tenemos como temperatura máxima de 14.1 a 38°C siendo las temperaturas mínimas de 11 a 25°C y como insolación prevaleció el rango de 2.3 a 11.5 hs, y la precipitación con un rango de 0 a 65 milímetros. En esta etapa se presentó la máxima precipitación.

Por último en la fase 3 (llenado de grano) tenemos un rango de temperatura máxima de 26 a 39°C y temperatura mínima de 15.5 a 28.5°C y las horas luz estuvieron entre 2 y 11.5, la precipitación estuvo entre 0 y 19 mm (Figura 2).

5. DISCUSION

Es necesario conocer ampliamente las etapas de crecimiento y desarrollo del mijo perla, así como sus requerimientos en cuanto a temperaturas óptimas, máximas, mínimas y la precipitación requerida durante su ciclo de vida; ya que este cultivo es nuevo en esta zona y no hay suficiente literatura en México que se pueda consultar acerca de su comportamiento, es importante conocer como se comporta dicho cultivo para saber si se puede adaptar o no.

Después de conocer y evaluar el comportamiento de cada etapa de crecimiento en cada genotipo podremos seleccionar los que respondan mejor a este tipo de clima.

5.1. Comparación de ambientes

En Africa y en el sur de Asia que corresponden principalmente a los trópicos semi-áridos donde las áreas de adaptación de este cultivo estan claramente definidas por un promedio anual entre 200 y 600 mm. Estas zonas generalmente estan caracterizadas por un período corto de lluvia (2-4 meses), alta temperatura media, altas tasas de evapotranspiración potencial y con características edáficas de suelos poco profundos y arenosos (Cocheme y Franquin, 1967; Kowel y Kossam, 1978). La concentración de mijo perla en zonas de precipitación menor que 600 mm anuales es prueba de la adaptación del cultivo a un promedio bajo de precipitación, Bidinger et al., (1981), Rachie y Majmudar (1980), han sugerido que esta adaptación puede ser

debida a una interacción de corta duración y tolerancia al calor.

Considerando lo anterior tenemos que el clima que prevalece en esta zona es más o menos lo mismo, por lo tanto este cultivo se debe de adaptar bien. En Africa y sur de Asia se tiene que la precipitación promedio anual es de 200-600 mm y aquí es de 500 mm aproximadamente, se dice también que se adapta muy bien a las altas temperaturas y las temperaturas que prevalecieron durante el período de este trabajo fueron altas también (12-39°C).

Es importante señalar que la temperatura juega un papel determinante en el ciclo del cultivo, así como también la disponibilidad de luz dentro de la estación de crecimiento influirá en una acumulación de materia seca que el cultivo pueda expresar bajo ciertas condiciones de humedad. Las necesidades térmicas que este cultivo requiere fluctúan entre los 10 a 45° C, no obstante la máxima expresión de los procesos metabólicos y etapas de crecimiento fluctúan entre los 33 a 34°C (Ong y Monteith, 1984).

5.2. Relación de los factores ambientales con los fenológicos.

En la primera fase de desarrollo, la cual corresponde a la fase vegetativa, se establece el sistema radicular primario, se producen las raíces adventicias, se forman las yemas de los hijuelos y sus primordios florales son iniciados, existe poco crecimiento internodal, esta fase termina con la transformación

de ápices vegetativos a reproductivos (Maiti y Bidinger, 1981).

Esta etapa depende directamente de la temperatura, es por eso que se tuvo que la emergencia tardó 9 días, debido a que durante este período las temperaturas mínimas llegaron hasta 5.5°C por lo que se retrasó el crecimiento y se obtuvieron estos resultados como lo menciona Ong y Monteith (1984) las temperaturas mínimas del mijo son de 10 a 12°C más bajo de las cuales se retrasa el crecimiento. Después de esto hubo un aumento progresivo de la temperatura por lo que el crecimiento se normalizó (Figura 3).

En la fase de desarrollo de la panícula (fase 2) empieza el desarrollo de los órganos florales, hay alargamiento de los entrenudos, formación de primordios, espiguillas, microsporogenesis, etc. (Maiti y Bisen, 1978). Factores adversos como sequía o deficiencias de nutrientes pueden afectar esta fase de desarrollo de panoja que podría reducir la producción (Maiti y Bidinger, 1981). Durante el período de estudio prevaleció un buen ambiente, se tuvo una buena insolación, altas temperaturas, que es lo óptimo para el buen desarrollo de este cultivo. Existe una variabilidad altamente significativa entre genotipos en esta fase, en la cual tenemos un rango de duración que va de 31 a 40 días, por ejemplo en el caso del genotipo ICMH-415 es más temprano ya que requiere de 31 días desde la iniciación de la panoja hasta la polinización por otro lado el genotipo ICH-451 requiere de 39 días para completar esta etapa. El genotipo temprano tiene un rendimiento de 1178 kg/ha y el

tardío 1486 kg/ha (aunque los resultados de los análisis de varianza indican que no hay diferencia significativa entre genotipos en cuanto a rendimiento).

La fase de llenado de grano (fase 3) es muy importante por que es donde empieza la traslocación de los fotosintatos desde tallos 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. Fussel (1980) dice que las bajas temperaturas durante el desarrollo del grano incrementan el período de llenado de grano. La tasa de lleando de grano no varía entre el rango de 21/16 a 33/18°C. Aún cuando la morfología de las plantas y el rendimiento estuvieron afectados marcadamente por el ambiente térmico pre-antesis el desarrollo del grano no lo fué. Maiti y Bisen (1978) mencionó que hay variación en el período de llenado de grano en 2 estaciones en la India en algunas variedades de mijo por ejem. durante el período de precipitación el período de la variedad HB3 duró 27 días pero en verano duro 31 días.

Maiti y Bidinger (1981) indicaron que hay 3 fases en el crecimiento del llenado de grano donde el llenado de grano es lento en la fase 1, en la 2 es rápida y en la 3 es estable (formando una curva sigmoide) por lo tanto el ambiente influye en diferentes fases de crecimiento que afectan directamente a la producción.

El estudio realizado durante primavera de 1985, indicó

que hay variación entre genotipos durante el período de llenado de grano, en este tiempo la temperatura prevaleciente coincide con el reporte de Fussel (1980). (las temperaturas del experimento fueron 26/5.5 - 39/28.5°C). Por ejemplo el genotipo ICMH-423 requiere de más días para su llenado de grano (32) en comparación con el genotipo ICMS-7857 que requiere de solo 26 días. El genotipo tardío tiene un rendimiento de 797 kg/ha y el genotipo más temprano 1152 kg/ha. Lo que indica que el genotipo tardío tiene un poco menos producción que el temprano pero no se encontró correlación entre el período de llenado de grano con el rendimiento, pero en el caso del sorgo Maiti y Bisen (1978) indicó que hay una relación significativa entre el período de llenado de grano con el rendimiento.

Ong y Monteith (1984) explican como la temperatura influye en las diferentes etapas considerandose estas desde la germinación hasta el rendimiento. De este modo tenemos que la germinación contribuye directamente en el establecimiento de plántula y esta influye en el número final de plantas, estando estas directamente influenciadas para el rendimiento. Por otro lado, el fotoperíodo y la temperatura influyen en la iniciación de la floración la cual se divide en dos direcciones, una de la cual es para los componentes de los órganos reproductivos (espiguilla, granos, peso seco de grano, etc) y la otra dirección contribuye a la expansión de hojas, producción de hijuelos, sobre esto esta la interacción de luz que contribuye a la asimilación de fotosintatos que finalmente contribuye para aumentar el rendimiento (Figura 3).

5.3. Correlación entre variables

Existe una correlación altamente significativa ($r=0.37$) entre la fase de desarrollo de la panoja y la fase de llenado de grano, esto quiere decir que si se inverite más tiempo para los componentes de panoja en el llenado de grano también se llevara tiempo.

La EC_1 (fase vegetativa) influye en la EC_2 (fase de desarrollo de panoja) esto se debe quizas a que es importante el área foliar para la captación de luz para poder llevar a cabo la fotosíntesis y de esta manera que se lleve a cabo el desarrollo de la panoja. Mc Pherson y Slatyer (1973) indicó que la tasa de fotosíntesis aumenta linealmente con la irradiación.

En cuanto a los requerimientos de unidades calor y luz tenemos que la EC_1 tiene mayor relación con la EC_2 y un poco menos con la EC_3 (llenado de grano). Fussell et al., (1980) y Ong (1983) dicen que las altas temperaturas afectan la supervivencia de las espiguillas y el número de granos producidos como una función de la temperatura media del aire.

Durante la EC_2 la transferencia a diferentes temperaturas después de la antesis tiene menos efectos sobre el número de granos producidos y la temperatura después de esta parece determinar la duración del crecimiento del grano bajo condiciones de riego, pero tiene menos influencia relativa sobre la tasa de llenado de grano.

Analizando la relación existente de los componentes de rendimiento encontramos que la EC_1 tiene una correlación negativa altamente significativa con el número de hojas esto quiere decir que mientras menos hojas existan más tiempo se tardará la EC_1 en llevarse a cabo. Esta fase no tuvo correlación con otros componentes de rendimiento.

En la EC_2 hay una relación con el número de hojas, esto se debe quizás a que se necesita suficiente área foliar para que haya un buen desarrollo de panoja. Los componentes de rendimiento no tienen ninguna relación con la EC_3 .

Las unidades calor y la luminosidad requerida para la EC_1 se encontró que tenía una relación negativa altamente significativa con el número de hojas ($r=-0.31$) y con los demás componentes no se tuvo relación.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En los días requeridos para llegar a cada etapa, solo se encontró que existía diferencia significativa en la fase de desarrollo de la panoja, entre genotipos.
2. Existe relación en cuanto a los requerimientos de unidades calor y luminosidad en la fase de desarrollo de la panoja con la fase de llenado de grano.
3. No existe diferencia entre los 20 genotipos en cuanto a rendimiento.
4. Solo existe relación entre la fase de desarrollo de panoja y la fase de llenado de grano en cuanto al tiempo necesario para llevarse a cabo.
5. Se encontró que los genotipos más precoces en cuanto a los días requeridos para llegar a la fase de desarrollo de la panoja fueron los siguientes: ICMH-423, IVS-5454, WS-P78 y ICMH-415.
6. No existe relación entre algunos componentes de rendimiento y las etapas fenológicas.
7. Se recomienda probar diferentes fechas de siembra ya que no hay información sobre su comportamiento, en esta región, en otoño e invierno. Es necesario comparar el comportamiento entre las dos estaciones para seleccionar la que sea más conveniente.

7. BIBLIOGRAFIA

- Atiken, 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.
- 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.
- Bidinger, F.R. , Maiti, R.K. y Raju, P.S. 1985. Research on seedling vigour pearl millet. ICRISAT, Patancheru P.O. India pp 30.
- Bogdan, A.V. 1977. Tropical pasture and plant fodder plants. Logman, London p. 475.
- Bor, N.L. 1960. The grasses of Bruma, Ceylan, India and Pakistan, Oxford.
- Brunken, J., De Wet, J.M.J. y Harlan, J.R. 1977. The morphology and domestication of pearl millet. Econ. Botany 31(2):163-174.

Burton, G.W. y Powell, J.B. Adv. Agron., 1968. 20:49.

Cocheme, J. y Franquin, P. 1967. Report technique sur une étude agroclimatique del Afrique sèche au sed du Sahara. Rome: FOA, p 326.

Eastin, J.K., Hultquist, J.H. y Sullivan, C.V. 1973. Crop Sci. 13:175-178.

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. 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. 1980. Structural changes of the grain associated with black region formation in Pennisetum americanum. Journal of Experimental Botany 31(21):000-000.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen, Universidad Nacional Autónoma de México. pp 246.

Giles, K.L., Bassett, H.C.M., y Eastin, J.D. 1975. Aust. J.

Bot. 23:295-802.

Gupta, V.P., Indian J. Genet. 1968. 28A:287.

Hart, R.H. y Wells, H.D. 1965. Agron. J. 57:636-637.

Hellmers, H. y Burton, G.W. 1972. Photoperiod and temperature induces early anthesis in pearl millet. Crop Sci. 12:198-200.

Heydecker, W. 1969. The vigour of seeds review. Prod. Int. Seed Test. Assoc. 34:201-219.

Huda, A.K.S., Sivakumar, M.V.K., Alagarswamy, G., Virmani, S.M., y Vanderlip, R.L. 1984. Problems on prospects in modeling pearl millet, growth and development: a suggested framework for a millet model. ICRISAT Agrometeorology of sorghum and millet in the semi-arid tropics. India, Patancheru, A.P. 503 324, India p 300-305.

Kassam, A.H. 1976. Sorghum and millet project report-prepared for ICRISAT In-house review, pp 42.

Kiesselbach, T.A., y Walker, E.R. 1952. Am. J. Bot. 29:559-561.

Kowal, J.M. y Kossam, A.H. 1978. Agricultural ecology of sevans Oxford University Press, Oxford p 403.

- Launders, T.E. 1971. Aust. J. Exp. Agric. An. Husb. 11:39-44.
- Maiti, R.K. y Bisen, S.A. 1978. Studies en growth and development of panicles and grains in two contrasting genotypes of pearl millet (Pennisetum thphoides S & H). In: "Physiology of sexual reproduction in flowering plants". (Ed. Malik et al.,); Kalyani Publisers, New Delhi pp 115-125.
- Maiti, R.K. y Bridinger, F.R. 1981. Growth and debelopment of the pearl millet plant. ICRISAT, Research Bulletin N^o 6, Pantacheru, A.P. 502 324, India.
- Matsuda, K. 1941. Investigation in the development of caryopsis in cereals. I. Development of caryopsis in millet. Proc. Crop Sci. Soc. Japan. 18:150-155.
- Mcpherson, H.G. y Slatyer, R.P. 1973. Mecanismos regulating photosynthesis in Pennisetum typhoides. Aust. J. Biol. Sci., 26:329-339.
- Narayanaswamy, S. 1953. The structure and development of the caryopsis in some Indian millets. I. Pennisetum typhoides Rich. Phytomorphology. 3:98-112.
- 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. 1983. Responses to temperature in a stand of pearl millet (Pennisetum typhoides S & H). Vegetative development J. Exp. Bot., 34:322-336.
- 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: Proceedings 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.
- Perry, D.A. 1972. Seed vigour and field establishment. Hort. Absts. 42:334-342.
- 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. Millets Eleusine coracana, Pennisetum americanum.

- Rachie, K.O. y Majmudar, J.V. 1980. Pearl millet. Pennsylvania State University Press., University Park, Pa. p 307.
- Reyes, P. 1978. Diseño de experimentos agrícolas. Ed. Trillas Mex. pp 344.
- 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. Patancheru, India pp 150-173.
- Sundararaj, D.D. y Thulasidas, G. 1980. Botany of field crops Mac Millan Co. of India. New Delhi, India pp 85-93.
- Tewari, S.N., Singh, D. y Lal, S. 1970. Floral biology of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S & H) J. Indian Bot. Soc. 50:45-52.
- Woodstock, L.W. 1973. Physiological and biochemical tests for seed vigour, Seed Sci. and Technol. 1:127-157.
- Woodstock, L.W. 1969. Seedling growth as a measure of seedling vigour Proc. Int. Seed Test. Assn 34:273-280.

8. APENDICE

Cuadro 1. Análisis de varianza para cada una de las etapas de crecimiento del mijo perla (Pennisetum americanum) Marín, N.L. Primavera 1985.

| Variable | Cuadrado medio Genotipo | medio Error | Media | Rango | Significancia | C.V. % |
|----------|-------------------------|-------------|-------|--------|---------------|--------|
| Etapa 1 | 0.00 | 0.00 | 9 | 9 - 9 | | 0 |
| Etapa 2 | 2.18 | 1.011 | 18.43 | 16 -21 | 0.022* | 5.45 |
| Etapa 3 | 1.21 | 1.165 | 29.20 | 28 -32 | 0.45 | 3.69 |
| Etapa 4 | 31.38 | 8.37 | 51.35 | 46 -60 | 0.000** | 5.63 |
| Etapa 5 | 16.94 | 2.96 | 59.75 | 53 -65 | 0.000** | 2.88 |
| Etapa 6 | 15.90 | 3.87 | 64.43 | 58 -70 | 0.000** | 3.05 |
| Etapa 7 | 8.47 | 5.10 | 75.68 | 69 -81 | 0.089 | 2.98 |
| Etapa 8 | 14.09 | 6.26 | 81.5 | 79 -88 | 0.016* | 3.07 |
| Etapa 9 | 2.42 | 1.90 | 92.67 | 91 -94 | 0.25 | 1.49 |

* Significativo

** Altamente significativo

Cuadro 2. Promedio de algunas etapas de crecimiento del mijo perla (*Pennisetum americanum*) así como la prueba de rango múltiple de Tukey. Marín, N.L. Primavera 1985.

| Variables | E ₂ (Etapa de 5 hojas) | E ₄ (Etapa de hoja bandera) | E ₅ (Embuche) | E ₆ (Florescencia, 50% de los estigmas emergidos) | E ₈ (Estado maso- so del grano) |
|------------|---|--|-----------------------------|---|--|
| WC-C75 | 19 ab | 50 ab | 61 abc | 64 abcd | 80 bc |
| ICMS-7703 | 21 a | 54 ab | 60 abcd | 66 abc | 81 bc |
| IVS-5454 | 17 b | 48 ab | 58. bcd | 62 bcd | 80 bc |
| IVC-A-82 | 19 ab | 54 ab | 60 abcd | 65 abcd | 80 bc |
| ICMS-7704 | 20 ab | 57 a | 64 a | 69 a | 87 a |
| ICMS-7835 | 18 ab | 50 ab | 58 bcd | 63 abcd | 84 abc |
| NELC-P-79 | 18 ab | 51 ab | 60 abcd | 64. abcd | 82 abc |
| ICMS-7857 | 18 ab | 56 a | 64 a | 68 ab | 84 ab |
| WS-P-78 | 18 ab | 47 b | 58 abcd | 62 cd | 80 bc |
| ICMS-8008 | 18 ab | 51 ab | 59 abcd | 63 abcd | 84 abc |
| NELC-H 79 | 18 ab | 50 ab | 59 abcd | 64 abcd | 80 bc |
| ICMS-8021 | 18 ab | 51 ab | 59 abcd | 64 abcd | 80 bc |
| ICMV-81237 | 19 ab | 50 ab | 61 abc | 66 abcd | 84 abc |
| ICMV-81111 | 18 ab | 53 ab | 60 abcd | 65 abcd | 79 c |
| ICMV-81253 | 19 ab | 48 ab | 59 abcd | 64 abcd | 80 bc |
| ICH-433 | 18 ab | 54 ab | 63 ab | 67 abc | 82 abc |
| ICH-451 | 18 ab | 57 a | 63 ab | 68 abc | 84 ab |
| ICH-440 | 18 ab | 52 ab | 58 cd | 64 abcd | 80 bc |
| ICMH-415 | 18 ab | 46 b | 55 d | 60 d | 80 bc |
| ICMH-423 | 18 ab | 48 ab | 57 cd | 62 bcd | 80 bc |

Cuadro 3. Análisis de varianza para las unidades calor y la luminosidad requerida para cada fase de desarrollo del mijo perla (Pennisetum americanum) Marín, N.L. Primavera 1985.

| Variable | Cuadrado medio Genotipo | Error | Media | Rango | Significancia | C.V. % |
|----------------------|----------------------------|---------|---------|-------------|---------------|--------|
| U.C. EC ₁ | 154.59 | 153.61 | 332.76 | 320 - 370.5 | 0.48 | 3.72 |
| U.C. EC ₂ | 2987.51 | 1001.84 | 841.03 | 746 - 993.3 | 0.000** | 3.76 |
| U.C. EC ₃ | 762.78 | 597.79 | 1296.33 | 1266.7-1320 | 0.255 | 1.88 |
| Lumi EC ₁ | 73.98 | 72.37 | 186.15 | 177 - 210 | 0.460 | 4.56 |
| Lumi EC ₂ | 1366.48 | 342.71 | 423.53 | 370.7-476.7 | 0.000** | 4.37 |
| Lumi EC ₃ | 40.03 | 32.31 | 644.93 | 638 - 650.2 | 0.279 | 0.8 |

U.C. Unidades Calor
Lumi Luminosidad

Cuadro 4. Promedio de los días transcurridos después de la emergencia, las unidades calor y la luminosidad requerida para la fase 2 de desarrollo del mijo perla (*Pennisetum americanum*) así como la prueba de rango múltiple de Tukey. Marín, N.L. Primavera 1985.

| Variables Tratamientos | Luminosidad Etapa 2 | | |
|---------------------------|------------------------|-----------------|------------|
| | EC ₂ | UC ₂ | |
| WC-C 75 | 64 abcd | 833.3 abc | 419.4 abcd |
| ICMS-7703 | 66 abc | 871.6 abc | 441.4 abcd |
| IVS-5454 | 62 bcd | 803.2 bc | 400.2 bcd |
| IVC-A-82 | 65 abcd | 843.6 abc | 425.5 abcd |
| ICMS-7704 | 69 a | 915.5 a | 466.8 a |
| ICMS-7835 | 63 abcd | 817.5 abc | 410.1 abcd |
| NECL-P 79 | 64 abcd | 838.5 abc | 421.9 abcd |
| ICMS-7857 | 68 ab | 897.7 ab | 456.8 ab |
| WS-P 78 | 62 cd | 798.5 bc | 398.1 cd |
| ICMS-8008 | 63 abcd | 817.5 abc | 410.1 abcd |
| NELC-H 79 | 64 abcd | 828.0 abc | 416.1 abcd |
| ICMS-8021 | 64 abcd | 828.0 abc | 416.1 abcd |
| ICMV-81237 | 66 abcd | 866.6 abc | 438.2 abcd |
| ICMV-81111 | 65 abcd | 843.6 abc | 425.5 abcd |
| ICMV-81253 | 64 abcd | 833.0 abc | 419.2 abcd |
| ICH-433 | 64 abcd | 882.1 ab | 447.3 abc |
| ICH-451 | 67 abc | 892.7 ab | 453.6 abc |
| ICH-440 | 68 abc | 828.0 abc | 416.1 abcd |
| ICMH-415 | 60 d | 774.7 c | 384.9 d |
| ICMH-423 | 62 bcd | 807.2 bc | 402.9 bcd |

Cuadro 5. Análisis de varianza para algunos componentes de rendimiento del mijo perla (Pennisetum americanum) Marín, N.L. Primavera 1985.

| Variables | Cuadrado medio | | Media | Rango | Significancia | C.V.% |
|-------------------------|----------------|----------|---------|-----------------|---------------|-------|
| | Genotipo | Error | | | | |
| Número de hojas | 0.590 | 0.179 | 7.833 | 6.4 - 9.4 | 0.001** | 5.4 |
| Altura de planta | 189.441 | 70.289 | 146.35 | 125.3 - 169.7 | 0.005** | 5.7 |
| Long. de excersión | 3.936 | 1.749 | 2.686 | 0 - 7.63 | 0.016* | 49.23 |
| Long. de panfúcula | 11.965 | 0.853 | 23.043 | 17.49 - 27.2 | 0.000** | 4.0 |
| Nº total de hijuelos | 1.195 | 0.324 | 4.785 | 3.6 - 7.0 | 0.000** | 11.89 |
| Hijuelos productivos | 0.650 | 0.127 | 1.155 | 0 - 2.6 | 0.000** | 30.8 |
| Hijuelos no productivos | 0.351 | 0.351 | 3.587 | 1.8 - 5.5 | 0.024* | 16.51 |
| Rendimiento | 94258.35 | 54724.24 | 1234.18 | 572.77 - 1935.2 | 0.076 | 18.95 |
| EC ₁ | 1.207 | 1.165 | 29.20 | 28 - 32 | 0.447 | 3.69 |
| EC ₂ | 15.898 | 3.867 | 64.433 | 58 - 70 | 0.000** | 3.05 |
| EC ₃ | 2.421 | 1.897 | 92.667 | 91 - 94 | 0.255 | 1.48 |
| Peso de 1000 semillas | 1.195 | 0.182 | 5.27 | 3.24 - 6.8 | 0.000** | 8.10 |

EC = Fase de desarrollo

* = Significativo

** = Altamente significativo

Cuadro 6. Promedio de los componentes de rendimiento del mijo perla (*Pennisetum americanum*) así como la prueba de rango múltiple de Tukey. Marín, N.L. Primavera 1985.

| Variable | Nº total de hijuelos | Hijuelos Productivos | Peso de 1000 semillas | Hijuelos no productivos |
|--------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Tratamientos | | | | |
| WC-C 75 | 4.2 c | 1.1 abc | 5.6 abcd | 3.1 cd |
| ICMS-7703 | 5.2 abc | 1.4 abc | 5.5 abcd | 3.1 cd |
| IVS-5454 | 4.7 abc | 1.9 a | 5.8 abc | 2.8 d |
| IVC-A-82 | 4.1 c | 0.9 abc | 5.1 bcd | 3.2 bcd |
| ICMS-7704 | 4.5 bc | 0.5 c | 5.1 bcd | 4.4 ab |
| ICMS-7835 | 4.2 c | 1.0 abc | 6.2 ab | 3.2 bcd |
| NELC-P 79 | 4.3 c | 1.0 abc | 4.8 cde | 3.3 bcd |
| ICMS-7857 | 5.1 abc | 1.4 abc | 5.0 bcd | 3.7 abcd |
| WC-P 78 | 4.5 bc | 1.0 abc | 5.5 abcd | 3.4 abcd |
| ICMS-8008 | 4.1 c | 1.0 abc | 4.5 de | 3.1 cd |
| NELC-H 79 | 4.2 c | 0.5 c | 5.3 abcd | 3.7 abcd |
| ICMS-8021 | 4.9 abc | 0.6 bc | 5.1 bcd | 4.3 abc |
| ICMV-81237 | 4.3 c | 0.5 c | 5.3 abcd | 3.8 abcd |
| ICMV-81111 | 4.7 abc | 0.8 abc | 6.5 a | 3.8 abcd |
| ICMV-812353 | 4.4 bc | 1.0 abc | 5.9 abc | 3.5 abcd |
| ICH-433 | 5.1 abc | 1.7 ab | 5.2 abcd | 3.4 bcd |
| ICH-451 | 6.4 a | 1.8 a | 5.1 bcd | 4.6 a |
| ICM-440 | 6.1 ab | 1.8 a | 5.5 abcd | 4.3 ab |
| ICMH-440 | 5.1 abc | 1.2 abc | 5.6 cde | 3.9 abcd |
| ICMH-423 | 5.1 abc | 1.8 a | 3.7 e | 3.3 bcd |

Cuadro 6. Continuación

| Variable Tratamiento | Nº de hojas | Altura de planta | Long. excursión | Longitud de panícula |
|-------------------------|----------------|---------------------|--------------------|-------------------------|
| WC-C 75 | 7.6 b | 142.7 ab | 3.66 ab | 21.9 cde |
| ICMS-7703 | 7.8 ab | 137.1 ab | 1.2 b | 21.9 cde |
| IVS-5454 | 7.5 b | 147.5 ab | 4.2 ab | 24.3 abcd |
| IVC-A-82 | 8.0 ab | 160.2 a | 2.7 ab | 25.6 a |
| ICMS-7704 | 8.3 ab | 154.2 ab | 1.9 ab | 25.8 a |
| ICMS-7835 | 7.6 b | 149.2 ab | 2.4 ab | 22.6 bcde |
| NELC-P 79 | 8.2 ab | 153.6 ab | 2.5 ab | 23.5 abcd |
| ICMS-7857 | 7.9 ab | 145.8 ab | 2.6 ab | 22.6 bcde |
| WC-P 78 | 8.0 ab | 159.0 a | 1.9 ab | 24.4 abc |
| ICMS-8008 | 7.3 b | 139.9 ab | 2.2 ab | 21.8 cde |
| NELC-H 79 | 7.6 b | 145.1 ab | 2.4 ab | 24.5 abc |
| ICMS-8021 | 8.3 ab | 143.2 ab | 1.1 b | 23.1 abcde |
| ICMV-81237 | 7.5 b | 154.9 ab | 2.6 ab | 25.0 ab |
| ICMV-81111 | 8.3 ab | 150.9 ab | 2.3 ab | 24.4 abc |
| ICMV-81253 | 7.9 ab | 146.9 ab | 2.9 ab | 21.6 cde |
| ICH-433 | 7.6 b | 140.4 ab | 1.2 ab | 23.6 abc |
| ICH-451 | 9.0 a | 151.1 ab | 2.0 ab | 23.9 abcd |
| ICH-440 | 7.5 b | 140.1 ab | 3.4 ab | 25.2 e |
| ICMH-415 | 7.1 b | 131.1 b | 4.9 ab | 21.4 de |
| ICMH-423 | 7.5 b | 134.3 ab | 5.4 a | 17.6 f |

Cuadro 7. Correlación entre las variables etapas de crecimiento del mijo perla (Pennisetum americanum) Marín, N.L. Primavera 1985.

| | E ₂ | E ₃ | E ₄ | E ₅ | E ₆ | E ₇ | E ₈ | E ₉ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| E ₂ | 1.00 | | | | | | | |
| E ₃ | .29* | 1.00 | | | | | | |
| E ₄ | .41** | -.09 | 1.00 | | | | | |
| E ₅ | .35** | .04 | .67** | 1.00 | | | | |
| E ₆ | .52** | .10 | .74** | .86** | 1.00 | | | |
| E ₇ | .26* | .21* | .37** | .52** | .49** | 1.00 | | |
| E ₈ | .05 | .03 | .24* | .36** | .42** | .25* | 1.00 | |
| E ₉ | .10 | .06 | .24* | .41** | .37** | .19 | .09 | 1.00 |

* Significativo

** Altamente significativo

Cuadro 8. Correlación entre las variables fases de desarrollo del mijo perla (Pennisetum americanum) Marín, N.L. Primavera 1985.

| | EC ₁ | EC ₂ | EC ₃ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| EC ₁ | 1.00 | | |
| EC ₂ | 0.10 | 1.00 | |
| EC ₃ | 0.06 | 0.37** | 1.00 |

* Significativo

** Altamente significativo

EC Fases de desarrollo

Cuadro 9. Correlación entre las variables etapas de crecimiento y unidades calor requeridas para cada etapa de mijo perla (Pennisetum americanum) Marín, N.L. Primavera 1985.

| | UC E ₂ | UC E ₃ | UC E ₄ | UC E ₅ | UC E ₆ | UC E ₇ | UC E ₈ | UC E ₉ |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| EC ₂ | .99** | .31** | .41** | .35 | .52 | .27 | .06 | .10 |
| EC ₃ | .30** | .99** | -.09 | .05 | .09 | .21 | .03 | .06 |
| EC ₄ | .42** | -.06 | .99** | .66** | .74** | .37** | .24** | .24** |
| EC ₅ | .36** | .05 | .67** | .99** | .85** | .52** | .37** | .41** |
| E ₆ | .52** | .10 | .74** | .86** | .99** | .49** | .42** | .37** |
| E ₇ | .26** | .21 | .37** | .52** | .48** | .99** | .25* | .19 |
| E ₈ | .06 | .03 | .25* | .36** | .42** | .25* | .99** | -.09 |
| E ₉ | .10 | .04 | .24* | .41** | .36** | .19 | -.09 | 1.00** |

UC E = Unidades Calor en la Etapa

* = Significativo

** = Altamente significativo

Cuadro 10. Correlación entre las variables fases de desarrollo y unidades calor requeridas para cada fase de desarrollo de mijo perla (Pennisetum americanum) Marín, N.L. Primavera, 1985.

| | UC EC ₁ | UC EC ₂ | UC EC ₃ |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| EC ₁ | 0.99 | 0.09 | 0.06 |
| EC ₂ | 0.10 | 0.99** | 0.37** |
| EC ₃ | 0.04 | 0.36** | 1.00 |

EC = Fase de desarrollo

UC EC= Unidades Calor requeridas en la fase de desarrollo

* = Significativo

** = Altamente significativo

Cuadro 11. Correlación entre las variables etapas de crecimiento y la luminosidad acumulada en cada etapa de crecimiento del mijo perla (Pennisetum americanum) Marfn, N.L. Primavera, 1985.

| | LE ₂ | LE ₃ | LE ₄ | LE ₅ | LE ₆ | LE ₇ | LE ₈ | LE ₉ |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| E ₂ | .99** | .30** | .40** | .34** | .53** | .26** | .07 | .15 |
| E ₃ | .29* | .99** | -.09 | .04 | .09 | .18 | .03 | .06 |
| E ₄ | .41** | -.07 | .99** | .70** | .74** | .38** | .24* | .28* |
| E ₅ | .35** | .04 | .67** | .99** | .85** | .51** | .38** | .43** |
| E ₆ | .51** | .10 | .73** | .87** | .99** | .48** | .43** | .42** |
| E ₇ | .27* | .21 | .37** | .50** | .48** | .99** | .25* | .21 |
| E ₈ | .05 | .03 | .25* | .39* | .42** | .26** | .99** | -.07 |
| E ₉ | .10 | .04 | .24* | .38** | .37** | .17 | -.09 | .99** |

LE = Luminosidad acumulada en la etapa

* = Significativo

** = Altamente significativo

Cuadro 12. Correlación entre las variables fases de desarrollo y luminosidad acumulada para cada fase de desarrollo del mijo perla (Pennisetum americanum) Marín, N.L. Primavera, 1985.

| | L EC ₁ | L EC ₂ | L EC ₃ |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| EC ₁ | 0.99** | 0.09 | 0.06 |
| EC ₂ | 0.10 | 0.99** | 0.42** |
| EC ₃ | 0.05 | 0.37** | 0.99** |

EC = Fases de desarrollo

LEC= Luminosidad para la fase de desarrollo

* = Significativo

** = Altamente significativo

Cuadro 13. Correlación entre las variables componentes de rendimiento, fases de desarrollo, unidades-calor y luminosidad para cada fase de desarrollo del mijo perla (Pennisetum americanum) Marín, N.L. Primavera, 1985.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---------------------------|--------|-------|--------|--------|-------|------|-------|-------|-------|--------|--------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| 1. Número de hojas | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Altura de planta | .45** | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Long. de excursión | -.50** | -.02 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Long. de panícula | .32** | .62** | -.31** | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Nº total de hijuelos | .20 | -.22* | -.07 | -.23* | 1.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 6. Hijuelos productivos | -.17 | -.14 | .43** | -.32** | .59** | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| 7. Hijuelos no-prod. | .36** | -.10 | -.37** | .09 | .57** | -.28 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| 8. Rendimiento | .26* | .42** | .07 | .33** | .03 | .06 | -.07 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| 9. Etapa 1 | -.33** | -.15 | .19 | -.11 | -.10 | .10 | -.27 | -.12 | 1.00 | | | | | | | | | |
| 10. Etapa 2 | .22* | -.05 | -.19 | .08 | .03 | -.08 | .14 | -.16 | .12 | 1.00 | | | | | | | | |
| 11. Etapa 3 | .15 | .003 | .03 | .02 | .06 | .07 | .07 | -.18 | .06 | .29* | 1.00 | | | | | | | |
| 12. Peso de 1000 semillas | .10 | .14 | -.19 | .32** | -.08 | -.17 | .05 | .33** | -.07 | -.08 | .03 | 1.00 | | | | | | |
| 13. UC Etapa 1 | -.31** | -.15 | .17 | -.11 | -.07 | .11 | -.27 | -.10 | .99 | .11 | .04 | -.05 | 1.00 | | | | | |
| 14. UC Etapa 2 | .39** | -.04 | -.39** | .24 | .14 | -.20 | .39** | -.23 | .09 | .59** | .36** | .11 | .09 | 1.00 | | | | |
| 15. UC Etapa 3 | .15 | .003 | .03 | .02 | .06 | .08 | .07 | -.18 | .06 | .30** | 1.00** | .03 | .04 | .36** | 1.00 | | | |
| 16. Luz Etapa 1 | -.32** | -.15 | .18 | -.11 | -.08 | .10 | -.27* | -.11 | .99** | .12 | .05 | -.06 | .99** | .09 | .05 | 1.00 | | |
| 17. Luz Etapa 2 | .35** | -.006 | -.45** | .35** | .05 | -.31 | .37** | -.16 | .04 | .54** | .26* | .20 | .05 | .91** | .26* | .04 | 1.00 | |
| 18. Luz Etapa 3 | .17 | -.007 | -.005 | .04 | .07 | .06 | .10 | -.20 | .06 | -.32** | .99** | .03 | .04 | .41** | .99** | .05 | .31** | 1.00 |

UC = Unidades Calor

* = Significativo

** = Altamente significativo

Cuadro 14. Promedio de los días transcurridos después de la emergencia en cada etapa de desarrollo y rendimiento en genotipos de mijo perla (Pennisetum americanum) Marfín, N.L. Primavera, 1985.

| Genotipo | E T A P A S | | | | | | | | | Rendimiento kg/ha |
|------------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| WC-C 75 | 9 | 19 | 29 | 50 | 61 | 64 | 77 | 80 | 93 | 1161.7 |
| ICMS-7703 | 9 | 21 | 31 | 54 | 60 | 66 | 77 | 81 | 93 | 1248.7 |
| IVS-5454 | 9 | 17 | 29 | 48 | 58 | 62 | 73 | 80 | 93 | 1484.4 |
| IVS-A 82 | 9 | 19 | 29 | 54 | 60 | 65 | 75 | 80 | 93 | 1277.1 |
| ICMS-7704 | 9 | 20 | 29 | 57 | 64 | 69 | 77 | 87 | 93 | 1035.7 |
| ICMS-7835 | 9 | 18 | 28 | 50 | 58 | 63 | 77 | 84 | 91 | 1247.5 |
| NELC-P 79 | 9 | 18 | 29 | 51 | 60 | 64 | 73 | 82 | 92 | 1337.8 |
| ICMS-7857 | 9 | 18 | 29 | 56 | 64 | 68 | 77 | 84 | 94 | 1152.3 |
| WS-P 78 | 9 | 18 | 29 | 47 | 58 | 62 | 73 | 80 | 92 | 1540.0 |
| ICMS-8008 | 9 | 18 | 29 | 51 | 59 | 63 | 77 | 84 | 92 | 1151.6 |
| NELC-H 79 | 9 | 18 | 29 | 50 | 59 | 64 | 74 | 80 | 93 | 1209.4 |
| ICMS-8021 | 9 | 18 | 29 | 51 | 59 | 64 | 75 | 80 | 92 | 1270.5 |
| ICMV-81237 | 9 | 19 | 29 | 50 | 61 | 66 | 77 | 84 | 93 | 1079.2 |
| ICMV-81111 | 9 | 18 | 29 | 53 | 60 | 65 | 75 | 79 | 94 | 1312.6 |
| ICMV-81253 | 9 | 19 | 29 | 48 | 59 | 64 | 75 | 80 | 93 | 1459.2 |
| ICH-433 | 9 | 18 | 29 | 54 | 63 | 64 | 77 | 82 | 94 | 1068.7 |
| ICH-451 | 9 | 18 | 28 | 57 | 63 | 67 | 78 | 84 | 93 | 1485.7 |
| ICH-440 | 9 | 18 | 30 | 52 | 58 | 68 | 75 | 80 | 92 | 1186.5 |
| ICMH-415 | 9 | 18 | 29 | 46 | 55 | 60 | 75 | 80 | 91 | 1177.6 |
| ICMH-423 | 9 | 18 | 30 | 48 | 57 | 67 | 77 | 80 | 94 | 797.3 |

Cuadro 15. Promedio de las unidades calor y la luminosidad requerida en cada fase de desarrollo, del mijo perla (Pennisetum americanum) Marín, N.L. Primavera, 1985.

| Tratamientos | UC | | | Hs/luz | | |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | ED ₁ | ED ₂ | ED ₃ | ED ₁ | ED ₂ | ED ₃ |
| WC-C 75 | 333.7 | 833.3 | 1302.2 | 187.0 | 419.4 | 646.1 |
| ICMS-7703 | 350.4 | 871.6 | 1296.3 | 198.0 | 441.4 | 645.4 |
| IVS-5454 | 333.7 | 803.2 | 1302.2 | 187.0 | 400.2 | 646.1 |
| IVC-A-82 | 333.7 | 843.6 | 1296.3 | 187.0 | 425.5 | 645.4 |
| ICMS-7704 | 333.7 | 915.5 | 1296.3 | 187.0 | 466.8 | 645.4 |
| ICMS-7835 | 320.0 | 817.5 | 1266.7 | 177.0 | 410.1 | 638.1 |
| NELC-P 79 | 333.7 | 838.5 | 1284.5 | 187.0 | 421.9 | 642.1 |
| ICMS-7857 | 336.7 | 897.7 | 1320.0 | 188.0 | 456.8 | 650.1 |
| WS-P 78 | 333.7 | 798.5 | 1284.5 | 187.0 | 398.1 | 642.1 |
| ICMS-8008 | 333.7 | 817.5 | 1284.5 | 187.0 | 410.1 | 642.1 |
| NELC-H 79 | 326.8 | 828.0 | 1302.2 | 182.0 | 416.1 | 646.1 |
| ICMS-8021 | 333.7 | 828.0 | 1284.5 | 187.0 | 416.1 | 642.1 |
| ICMV-81237 | 333.7 | 866.6 | 1296.3 | 187.0 | 438.2 | 645.4 |
| ICMV-81111 | 326.8 | 843.6 | 1320.0 | 182.0 | 425.5 | 650.2 |
| ICMV-81253 | 326.8 | 833.0 | 1302.2 | 182.0 | 419.2 | 646.1 |
| ICH-433 | 333.7 | 882.1 | 1320.0 | 187.0 | 447.3 | 650.2 |
| ICH-451 | 320.0 | 892.7 | 1296.3 | 177.0 | 453.6 | 645.4 |
| ICH-440 | 343.6 | 828.0 | 1284.5 | 193.0 | 416.1 | 642.1 |
| ICMH-415 | 326.8 | 774.7 | 1266.7 | 182.0 | 384.9 | 638.0 |
| ICMH-423 | 340.5 | 807.2 | 1320.0 | 192.0 | 402.9 | 650.2 |

Cuadro 16. Etapas de crecimiento y desarrollo en mijo perla .
(Maiti y Bidinger, 1981).

| Etapa | Descripción | Fases del desarrollo principales (EC) |
|-------|---|---------------------------------------|
| 0 | Emergencia, coleoptilo visible | |
| 1 | Emergencia de la 3a. hoja | |
| 2 | Emergencia de la 5a. hoja | |
| 3 | Diferenciación floral, iniciación de la panícula | EC-1 |
| 4 | Emergencia de la hoja bandera | |
| 5 | Embuche | |
| 6 | Floración, 50% de los estigmas emergidos | EC-2 |
| 7 | Estado lechoso del grano | |
| 8 | Estado masoso del grano | |
| 9 | Madurez fisiológica, formación de la capa negra en la región hilar de la semilla. | EC-3 |

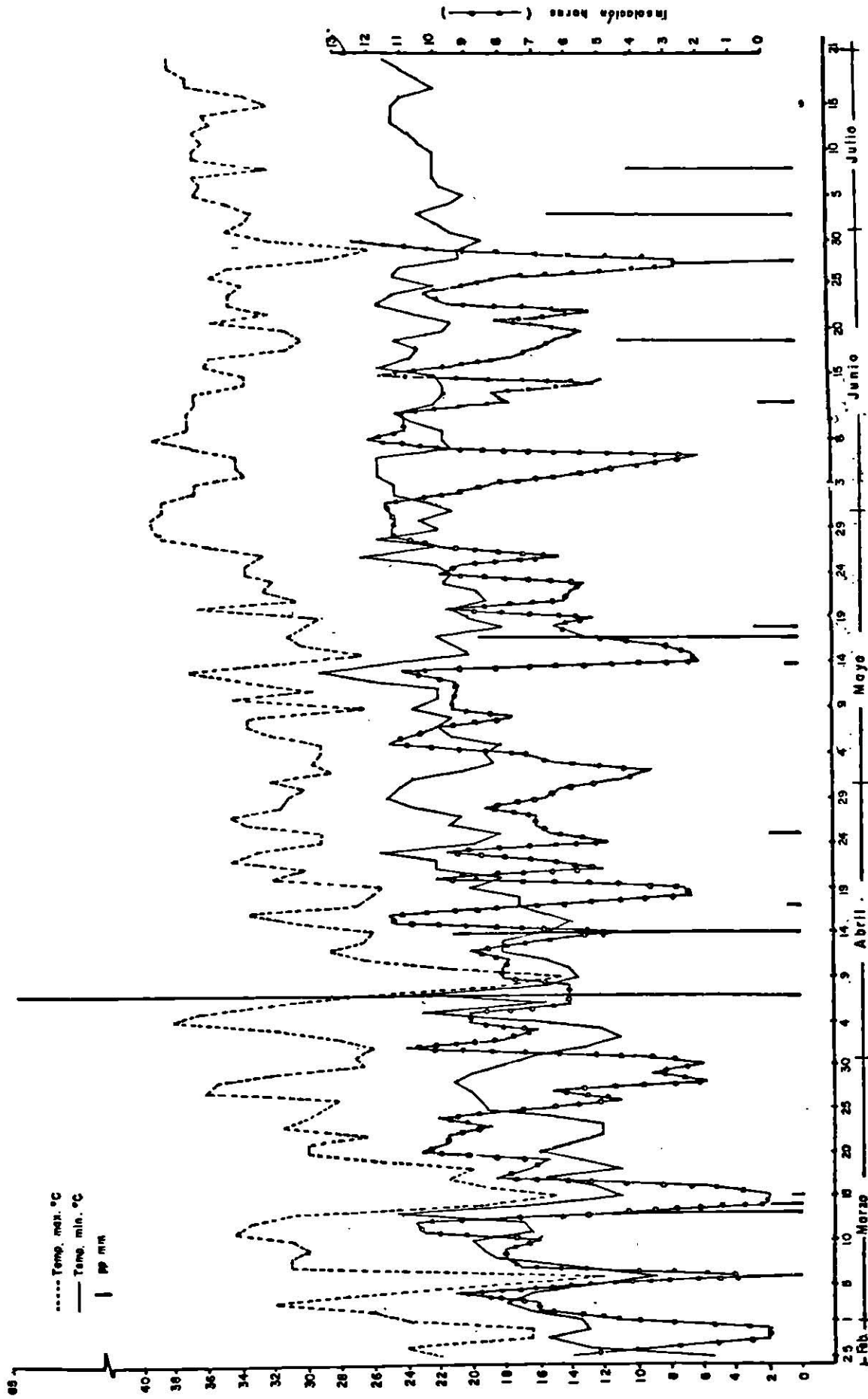


Figura 3 Precipitación, Temperatura máxima y mínima e Insección diaria durante la estación de crecimiento de mijo perla en la región de Marín, N.L. Primavera 1985. (Estación Agrometeorológica de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.)

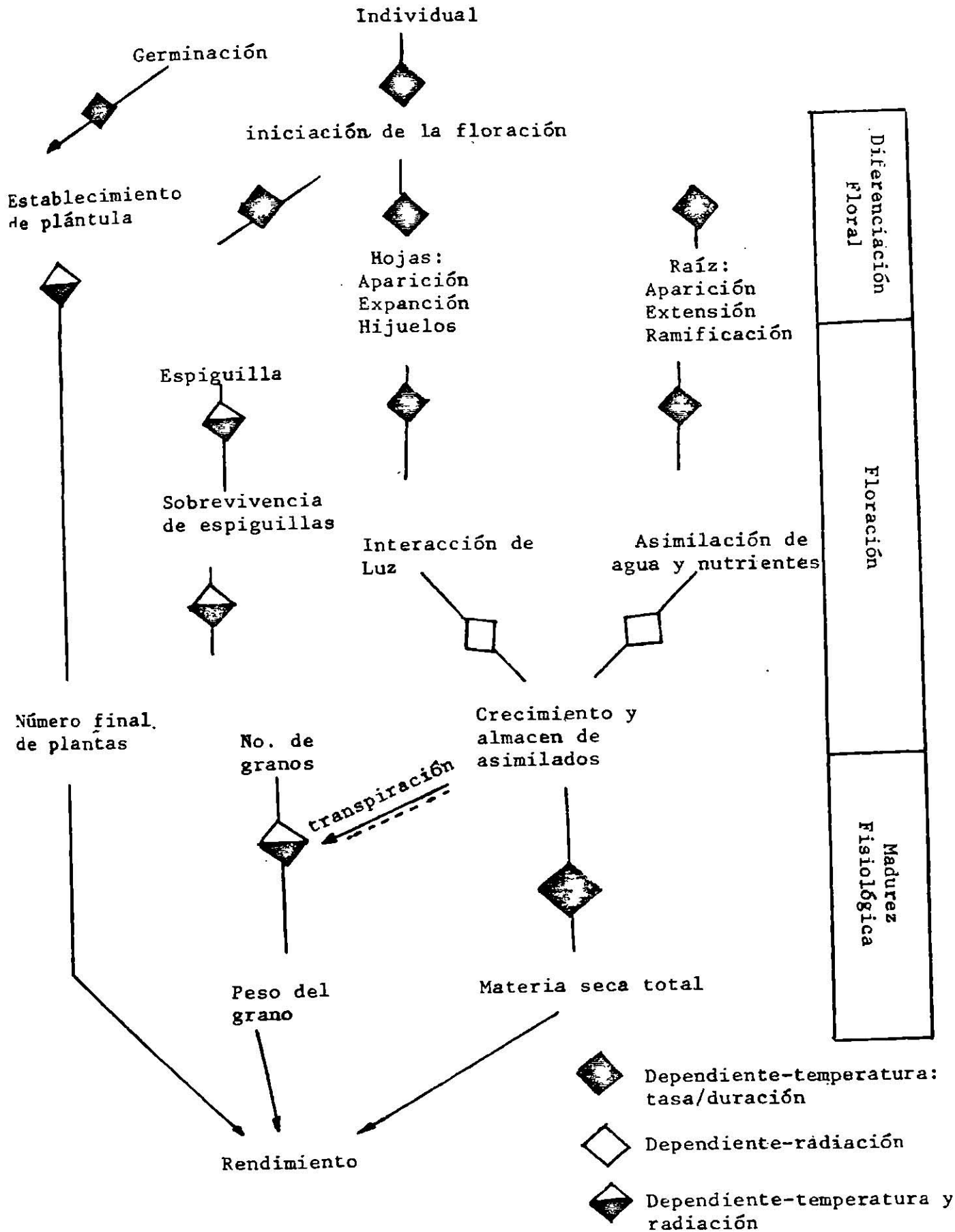


Figura 3. Diagrama descriptivo de los estados del desarrollo en mijo perla que son influenciados por la luz y temperatura (Ong y Monteith, 1984).

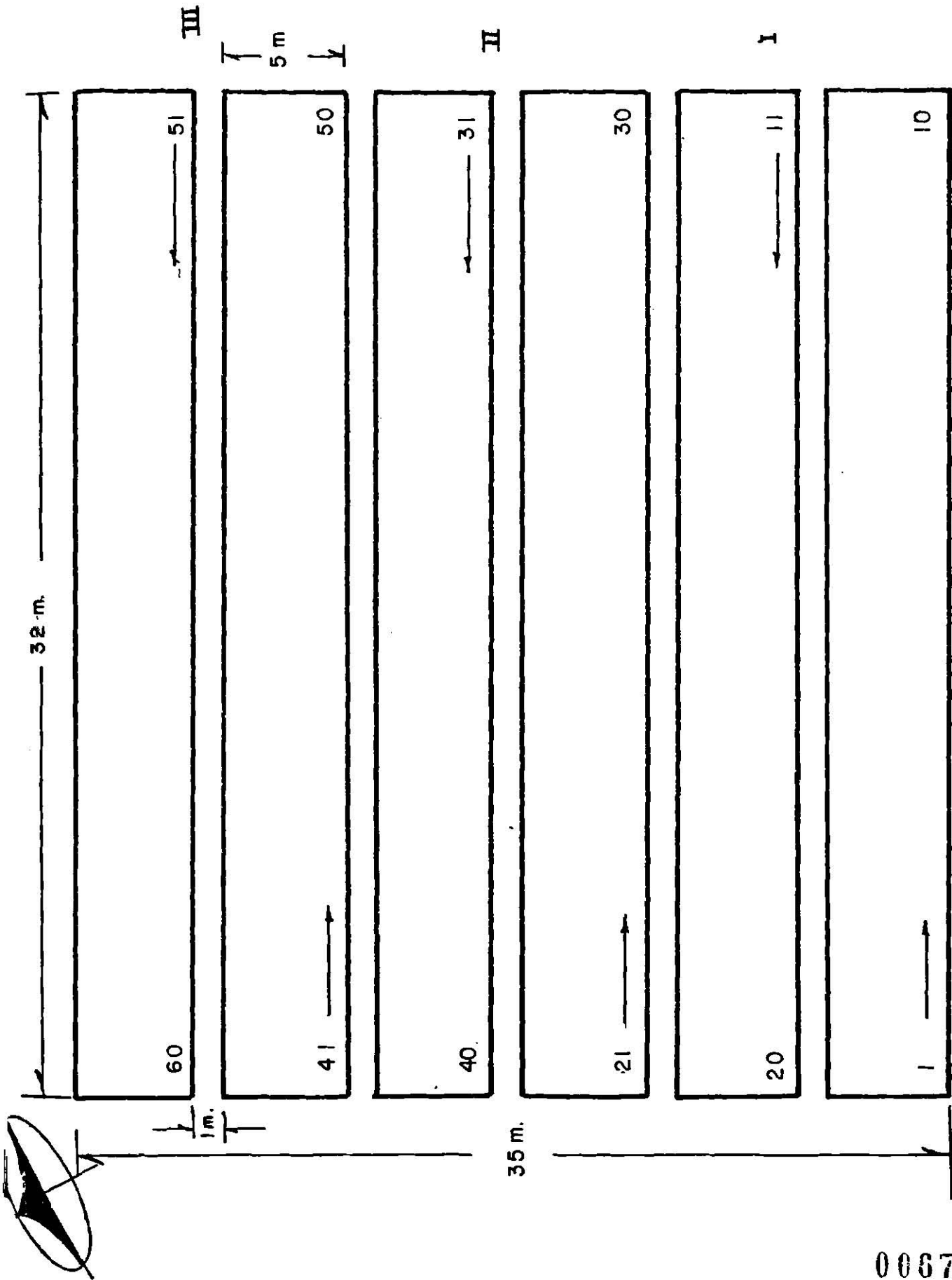


Figura 4. Croquis del experimento y distribución de los tratamientos en la prueba de fenología en 20 genotipos de mijo perla (Pennisetum americanum) Marín, N.I. Primavera, 1985.

006771

