



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“CUAUTITLAN”

**EFFECTO DE TRES TERMOPERIODOS SOBRE EL CRECIMIENTO,
LA FLORACION Y LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO
DE UNA var. DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.)
DE HABITO DETERMINADO.**

T E S I S

Que para obtener el titulo de:

INGENIERO AGRICOLA

P r e s e n t a:

JOSE OSCAR MASCORRO GALLARDO

DIRECTOR

DR. JOSUE KOHASHI - SHIBATA

1985

Cuautitlán Izcalli, Estado de México.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

| | Pág. |
|---|------|
| LISTA DE CUADROS Y FIGURAS ----- | ix |
| LISTA DE CUADROS Y FIGURAS EN EL APENDICE ----- | xiii |
| RESUMEN ----- | xvi |
| I. INTRODUCCION ----- | 1 |
| II. OBJETIVOS E HIPOTESIS ----- | 4 |
| III. REVISION DE LITERATURA ----- | 5 |
| 1. Introducción ----- | 5 |
| 2. Efectos de la temperatura en general ----- | 6 |
| 2.1. Reacciones bioquímicas ----- | 6 |
| 2.2. Procesos metabólicos ----- | 9 |
| 2.2.1. Fotosíntesis ----- | 9 |
| 2.2.2. Respiración ----- | 10 |
| 2.2.3. Fotosíntesis neta o aparente ----- | 12 |
| 2.3. Otros procesos fisiológicos ----- | 14 |
| 2.3.1. Absorción radical ----- | 14 |
| 2.3.2. Transpiración ----- | 15 |
| 2.3.3. Translocación ----- | 16 |
| 3. Efectos del termoperíodo ----- | 17 |
| 3.1. Crecimiento ----- | 18 |
| 3.1.1. Crecimiento en peso seco ----- | 18 |
| 3.1.2. Crecimiento del área foliar ----- | 19 |
| 3.2. Desarrollo ----- | 21 |
| 3.3. Floración ----- | 23 |
| 3.4. El rendimiento y sus componentes ----- | 26 |
| 3.4.1. Conceptos de rendimiento y componentes del rendimiento ----- | 26 |
| 3.4.2. Efecto del termoperíodo sobre el rendimiento y sus componentes ----- | 28 |

| | Pág. |
|---|------|
| IV. MATERIALES Y METODOS ----- | 33 |
| 1. Variedad de frijol utilizada ----- | 33 |
| 2. Cámaras de ambiente controlado ----- | 33 |
| 2.1. Características generales ----- | 33 |
| 2.2. Fotoperfodo e intensidad luminosa ----- | 34 |
| 2.3. Termoperfodos (tratamientos) ----- | 35 |
| 3. Descripción del sistema hidropónico ----- | 36 |
| 3.1. Descripción general ----- | 36 |
| 3.2. Solución nutritiva ----- | 40 |
| 3.3. Control del pH de la solución ----- | 40 |
| 3.4. Cambios de la solución ----- | 41 |
| 4. Instalación del experimento ----- | 41 |
| 4.1. Siembra y germinación ----- | 41 |
| 4.2. Transferencia de las plantas al sistema hidropónico - | 42 |
| 4.3. Rotación de las plantas ----- | 42 |
| 5. Registro de datos ----- | 43 |
| 5.1. Fenología ----- | 43 |
| 5.2. Crecimiento y análisis del crecimiento ----- | 43 |
| 5.2.1. Peso seco total acumulado por planta y su asig nación en los diferentes órganos del frijol -- | 43 |
| 5.2.2. Crecimiento del área foliar ----- | 44 |
| 5.2.3. Tasa de aparición de las hojas en el tallo prin cipal ----- | 44 |
| 5.2.4. Desarrollo del tallo y de las ramas ----- | 45 |
| 5.3. Análisis de la floración ----- | 45 |
| 5.4. Análisis del rendimiento ----- | 46 |
| 6. Análisis estadístico ----- | 47 |
| 6.1. Diseño experimental utilizado ----- | 47 |
| 6.2. Otras medidas de variación ----- | 48 |
| 6.3. Coeficientes de correlación ----- | 48 |
| 6.4. Modelos de regresión lineal simple ----- | 49 |
| 7. Definición de algunos términos ----- | 49 |
| V. RESULTADOS Y DISCUSION ----- | 53 |
| 1. Datos fenológicos ----- | 53 |
| 1.1. Días al inicio de la floración ----- | 53 |

| | Pág. |
|---|------|
| 1.2. Días al final de la floración ----- | 53 |
| 1.3. Período de floración ----- | 55 |
| 1.4. Días a la madurez fisiológica ----- | 55 |
| 1.5. Período de postfloración-1 ----- | 55 |
| 1.6. Período de postfloración-2 ----- | 56 |
| 2. Crecimiento y análisis del crecimiento ----- | 57 |
| 2.1. Peso seco total acumulado por planta y su asignación en los diferentes órganos del frijol ----- | 57 |
| 2.2. Crecimiento del área foliar y su distribución por ti- pos de ramas ----- | 73 |
| 2.3. Tasa de aparición de las hojas en el tallo principal- ----- | 81 |
| 2.4. Desarrollo del tallo y de las ramas ----- | 86 |
| 3. Análisis de la floración ----- | 89 |
| 3.1. Número total de flores por planta ----- | 89 |
| 3.2. Ubicación de las flores por tipos de ramas ----- | 90 |
| 3.3. Flores que se transforman en vainas normales, vanas y que sufren abscisión ----- | 93 |
| 3.4. El orden de antesis en relación con la ubicación de las flores por tipos de ramas ----- | 97 |
| 3.5. El orden de antesis en relación con las flores que se transforman en vainas normales, vanas y que sufren abscisión ----- | 99 |
| 4. Análisis del rendimiento ----- | 110 |
| 4.1. Componentes del rendimiento ----- | 110 |
| 4.1.1. Rendimiento en semilla por planta ----- | 112 |
| 4.1.2. No. de semillas normales por planta ----- | 112 |
| 4.1.3. No. de vainas normales por planta ----- | 112 |
| 4.1.4. No. de semillas normales por vaina ----- | 112 |
| 4.1.5. Tamaño de la semilla ----- | 113 |
| 4.2. Otras variables que evalúan el rendimiento ----- | 119 |
| 4.2.1. Peso seco del pericarpio por planta ----- | 120 |
| 4.2.2. Peso seco total por planta (sin raíz) ----- | 120 |
| 4.2.3. Peso seco total por planta (con raíz) ----- | 120 |
| 4.2.4. Índice de Cosecha (sin incluir raíz) ----- | 121 |
| 4.2.5. Índice de Cosecha (incluyendo raíz) ----- | 121 |
| 4.2.6. Índice de llenado de vaina ----- | 121 |
| 4.3. Distribución del rendimiento por tipos de ramas ----- | 125 |

| | Pág. |
|---|------|
| 4.3.1. Rendimiento ubicado en ramas de yemas de nomó filos ----- | 125 |
| 4.3.2. Rendimiento ubicado en ramas de yemas de profi- los ----- | 125 |
| 4.3.3. Rendimiento ubicado en la inflorescencia termi- nal del tallo principal ----- | 127 |
| 4.4. Correlaciones entre el rendimiento y sus componentes - | 128 |
| VI. DISCUSION GENERAL ----- | 135 |
| VII. CONCLUSIONES ----- | 146 |
| VIII. BIBLIOGRAFIA ----- | 148 |
| IX. APENDICE ----- | 155 |

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

| CUADRO | | Pág. |
|------------|---|------|
| 1a | PESO SECO TRANSLOCADO POR DIA A LOS ORGANOS REPRODUCTIVOS DESDE EL INICIO DE LA FLORACION A LOS 50 DIAS DE EDAD DE LAS PLANTAS DE FRIJOL SOMETIDAS A TRES TRATAMIENTOS TERMOPERIODICOS ----- | 71 |
| 1b | PESO SECO TRANSLOCADO POR DIA A LOS ORGANOS REPRODUCTIVOS DESDE LOS 50 DIAS DE EDAD A LA MADUREZ FISIOLOGICA DE LAS PLANTAS DE FRIJOL SOMETIDAS A TRES TRATAMIENTOS TERMOPERIODICOS ----- | 71 |
| 2 | NUMERO DE NUDOS EN EL TALLO PRINCIPAL Y EN LAS RAMAS EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS -- | 86 |
| 3 | NUMERO TOTAL DE FLORES POR PLANTA Y SU UBICACION Y PORCENTAJE POR TIPOS DE RAMAS EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS ----- | 91 |
| 4 | NUMERO TOTAL DE FLORES POR PLANTA Y PORCENTAJE DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN ABCISION EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS ----- | 93 |
| 5 | NUMERO Y PORCENTAJE DE VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN ABCISION, QUE SE PRODUCEN EN LA PRIMERA Y SEGUNDA MITAD DEL PERIODO DE FLORACION EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS ----- | 100 |
| 6 | EFECTO DE TRES TERMOPERIODOS SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 ----- | 111 |
| 7 | CORRELACIONES DEL RENDIMIENTO EN SEMILLA POR PLANTA Y LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO Y OTRAS VARIABLES EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS ----- | 129 |
| FIGURA | | |
| 1 | CAMARA DE AMBIENTE CONTROLADO SHERER CEL-37-14 UTILIZADA EN EL EXPERIMENTO DE TERMOPERIODO. CHAPINGO, MEXICO. 1981- | 38 |
| 2 | PLANTAS DE FRIJOL var. CACAHUATE-72 CRECIENDO EN CAMARA DE AMBIENTE CONTROLADO. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 38 |
| 3 | ESQUEMA DEL SISTEMA HIDROPONICO INSTALADO DENTRO DE LAS CAMARAS DE AMBIENTE CONTROLADO ----- | 39 |

| FIGURA | Pág. |
|--|------|
| 4 ESQUEMA DE UNA CUBETA HIDROPONICA ----- | 39 |
| 5 LOCALIZACION DE LAS TRIADAS AXILARES EN FRIJOL ----- | 51 |
| 6 TIPOS DE DESARROLLO DE LAS TRIADAS QUE SE ENCUENTRAN EN LOS NUDOS DEL TALLO PRINCIPAL DEL FRIJOL var. CACAHUATE- 72 ----- | 51 |
| 7 EFECTO DE TRES TERMOPERIODOS SOBRE LA FENOLOGIA DEL FRI- JOL var. CACAHUATE-72. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 54 |
| 8 PESO SECO TOTAL ACUMULADO POR PLANTA (gramos/planta) Y SU ASIGNACION EN LOS DIFERENTES ORGANOS DE FRIJOL var. CACA- HUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25°C DIA - 15°C NOCHE. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 62 |
| 9 PESO SECO TOTAL ACUMULADO POR PLANTA (gramos/planta) Y SU ASIGNACION EN LOS DIFERENTES ORGANOS DE FRIJOL var. CACA- HUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25°C - DIA 20°C NOCHE. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 63 |
| 10 PESO SECO TOTAL ACUMULADO POR PLANTA (gramos/planta) Y SU ASIGNACION EN LOS DIFERENTES ORGANOS DE FRIJOL var. CACA- HUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25°C DIA - 25°C NOCHE. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 64 |
| 11 DESARROLLO DE LAMINA FOLIAR Y SU DISTRIBUCION POR TIPOS DE RAMAS EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TER- MOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 74 |
| 12 CRECIMIENTO DEL PESO SECO (g/pl.) Y EL AREA FOLIAR (dm ² / pl.) EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPE- RIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 75 |
| 13 CURVAS DE CRECIMIENTO EN LONGITUD DEL FOLIOLO CENTRAL DE LAS HOJAS DEL TALLO PRINCIPAL DEL FRIJOL var. CACAHUATE- 72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981- | 83 |
| 14 CURVAS DE CRECIMIENTO DEL ANCHO DEL FOLIOLO CENTRAL DE LAS HOJAS DEL TALLO PRINCIPAL DEL FRIJOL var. CACAHUATE- 72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981- | 84 |
| 15 LONGITUD FINAL DE ENTRENUDOS DEL TALLO PRINCIPAL DEL FRI- JOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHA- PINGO, MEXICO. 1981 ----- | 87 |
| 16 NUMERO TOTAL DE FLORES PRODUCIDAS POR PLANTA DIARIAMENTE A TRAVES DEL PERIODO DE FLORACION Y SU UBICACION POR TIPOS DE RAMAS EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMO- PERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 98 |

| FIGURA | Pág. | |
|--------|--|-----|
| 17 | NUMERO TOTAL DE FLORES PRODUCIDAS POR PLANTA DIARIAMENTE A TRAVES DEL PERIODO DE FLORACION Y NUMERO DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN <u>ABSCISION</u> EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMO PERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 101 |
| 18 | NUMERO TOTAL DE FLORES PRODUCIDAS POR PLANTA DIARIAMENTE A TRAVES DEL PERIODO DE FLORACION Y NUMERO DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN <u>ABS</u> CISION EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMO PERIO- DOS 25/15°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 102 |
| 19 | NUMERO TOTAL DE FLORES PRODUCIDAS POR PLANTA DIARIAMENTE A TRAVES DEL PERIODO DE FLORACION Y NUMERO DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN <u>ABS</u> CISION EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMO PERIO- DO 25/20°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 103 |
| 20 | NUMERO TOTAL DE FLORES PRODUCIDAS POR PLANTA DIARIAMENTE A TRAVES DEL PERIODO DE FLORACION Y NUMERO DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN <u>ABS</u> CISION EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMO PERIO- DO 25/25°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 104 |
| 21 | EL ORDEN DE ANTESIS, LA UBICACION DE LAS FLORES Y SU DES- TINO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMO PERIODO 25/15°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 107 |
| 22 | EL ORDEN DE ANTESIS, LA UBICACION DE LAS FLORES Y SU DES- TINO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMO PERIODO 25/20°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 108 |
| 23 | EL ORDEN DE ANTESIS, LA UBICACION DE LAS FLORES Y SU DES- TINO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMO PERIODO 25/25°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 109 |
| 24 | COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 EN TRES TRATAMIENTOS TERMO PERIODICOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 113 |
| 25 | COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 EN TRES TRATAMIENTOS TERMO PERIODICOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 114 |
| 26 | VARIABLES QUE EVALUAN EL RENDIMIENTO EN FRIJOL var. CACA- HUATE-72 EN TRES TRATAMIENTOS TERMO PERIODICOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 122 |
| 27 | VARIABLES QUE EVALUAN EL RENDIMIENTO EN FRIJOL var. CACA- HUATE-72 EN TRES TRATAMIENTOS TERMO PERIODICOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 123 |

| FIGURA | | Pág. |
|--------|--|------|
| 28 | DISTRIBUCION DEL RENDIMIENTO EN SEMILLA POR TIPOS DE RAMAS EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPE <u>RI</u> ODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 126 |
| 29 | RELACION ENTRE EL RENDIMIENTO EN SEMILLA Y ALGUNOS DE SUS COMPONENTES EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMO <u>PERI</u> ODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 132 |
| 30 | RELACION ENTRE EL RENDIMIENTO EN SEMILLA Y ALGUNOS DE SUS COMPONENTES EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMO <u>PERI</u> ODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 133 |
| 31 | RELACION ENTRE EL RENDIMIENTO EN SEMILLA Y ALGUNAS VARI <u>ABLES</u> EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMO <u>PERI</u> ODOS. CHAPINGO, MEXICO 1981 ----- | 134 |
| 32 | DIAGRAMA DE FLUJO QUE MUESTRA LAS VARIACIONES DE ALGUNOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMO <u>PERI</u> ODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 -- | 137 |

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS EN EL APENDICE

| CUADRO | | Pág. |
|--------|---|------|
| 1A | FORMULA DE LA SOLUCION PATRON Y NUTRITIVA RAHIMI AHMAD (1972), BASADA EN OLIVEIRA (1978) ----- | 160 |
| 2A | EFFECTO DE TRES TERMOPERIODOS SOBRE LA FENOLOGIA DEL FRIJOL var. CACAHUATE-72. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 161 |
| 3A | ANALISIS DE VARIANZA PARA EL EFFECTO DE TRES TERMOPERIODOS SOBRE LA FENOLOGIA DEL FRIJOL var. CACAHUATE-72 ---- | 162 |
| 4A | ANALISIS DE VARIANZA PARA EL EFFECTO DE TRES TERMOPERIODOS SOBRE LA FENOLOGIA DEL FRIJOL var. CACAHUATE-72 ---- | 163 |
| 5A | PESO SECO TOTAL ACUMULADO POR PLANTA (gramos/planta) Y SU ASIGNACION EN LOS DIFERENTES ORGANOS DEL FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25/15°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 164 |
| 6A | PESO SECO TOTAL ACUMULADO POR PLANTA (gramos/planta) Y SU ASIGNACION EN LOS DIFERENTES ORGANOS DEL FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25/20°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 165 |
| 7A | PESO SECO TOTAL ACUMULADO POR PLANTA (gramos/planta) Y SU ASIGNACION EN LOS DIFERENTES ORGANOS DEL FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25/25°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 166 |
| 8A | DESARROLLO DE LA LAMINA FOLIAR Y SU DISTRIBUCION POR TIPOS DE RAMAS EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 167 |
| 9A | CRECIMIENTO DEL PESO SECO Y EL AREA FOLIAR EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 168 |
| 10A | LONGITUD FINAL DE LOS ENTRENUDOS DEL TALLO PRINCIPAL DEL FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 169 |
| 11A | NUMERO TOTAL DE FLORES POR PLANTA, SU UBICACION POR TIPOS DE RAMAS Y NUMERO DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN ABCISION EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 170 |

| CUADRO | Pág. | |
|--------|--|-----|
| 12A | ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO TOTAL DE FLORES POR PLANTA Y SU UBICACION POR TIPOS DE RAMAS EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS ----- | 171 |
| 13A | ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO DE FLORES QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN ABSCISION EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPE- RIODOS ----- | 172 |
| 14A | NUMERO TOTAL DE FLORES PRODUCIDAS POR PLANTA DIARIAMENTE DURANTE EL PERIODO DE FLORACION, SU UBICACION POR TIPOS DE RAMAS Y NUMERO DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN ABSCISION EN FRIJOL var. CA- CAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25/15°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 173 |
| 15A | NUMERO TOTAL DE FLORES PRODUCIDAS POR PLANTA DIARIAMENTE DURANTE EL PERIODO DE FLORACION, SU UBICACION POR TIPOS DE RAMAS Y NUMERO DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN ABSCISION EN FRIJOL var. CA- CAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25/20°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 174 |
| 16A | NUMERO TOTAL DE FLORES PRODUCIDAS POR PLANTA DIARIAMENTE DURANTE EL PERIODO DE FLORACION, SU UBICACION POR TIPOS DE RAMAS Y NUMERO DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN ABSCISION EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25/25°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 175 |
| 17A | EFFECTO DE TRES TERMOPERIODOS SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN FRIJOL var. CACAHUATE-72. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 176 |
| 18A | ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPE- RIODOS ----- | 177 |
| 19A | EFFECTO DE TRES TERMOPERIODOS SOBRE ALGUNAS VARIABLES RELACIONADAS CON EL RENDIMIENTO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 178 |
| 20A | ANALISIS DE VARIANZA PARA ALGUNAS VARIABLES RELACIONADAS CON EL RENDIMIENTO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS ----- | 179 |
| 21A | ANALISIS DE VARIANZA PARA ALGUNAS VARIABLES RELACIONADAS CON EL RENDIMIENTO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS ----- | 180 |

| CUADRO | Pág. |
|--|------|
| 22A DISTRIBUCION DEL RENDIMIENTO POR TIPOS DE RAMAS EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 181 |
| 23A ANALISIS DE VARIANZA PARA LA DISTRIBUCION DEL RENDIMIENTO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS ----- | 182 |
| 24A RELACION ENTRE EL RENDIMIENTO EN SEMILLA (gramos) Y ALGUNOS DE SUS COMPONENTES EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 183 |
| | |
| FIGURA | |
| 1A PLANTAS DE FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDAS A TRES TERMOPERIODOS, MUESTREADAS A LOS 50 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 156 |
| 2A PLANTAS DE FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDAS A TRES TERMOPERIODOS, DE 66 DIAS DE EDAD. CHAPINGO, MEXICO. 1981 - | 156 |
| 3A REGISTROS DEL TERMOGRAFO DE LAS CAMARAS DE AMBIENTE CONTROLADO UTILIZADAS EN EL EXPERIMENTO TERMOPERIODICO. CHAPINGO, MEXICO. 1981 ----- | 157 |
| 4A REGISTRO DEL TERMOGRAFO DE LOS PRIMEROS SEIS DIAS DE MAYO DE 1985, QUE MUESTRA LA MARCHA DIARIA DE LA TEMPERATURA EN CHAPINGO, MEXICO. (Oficina de Información Climatológica de la Universidad Autónoma Chapingo) ----- | 158 |
| 5A MARCHA DE LAS TEMPERATURAS MAXIMAS, MINIMAS Y MEDIAS DIARIAS DURANTE LA PRIMAVERA DEL AÑO 1981 EN CHAPINGO, MEXICO. (Oficina de Información Climatológica de la Universidad Autónoma Chapingo) ----- | 159 |

RESUMEN

Plantas de frijol de la variedad Cacahuatate-72 de hábito de crecimiento determinado, se sometieron a los termoperíodos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C (día/noche), desde los ocho días de edad hasta la cosecha, en cámaras de ambiente controlado, con un fotoperíodo de 12 horas de luz y 12 de oscuridad y nutrición proporcionada en solución hidropónica. Se analizó el efecto de los tratamientos termoperiódicos sobre la fenología, el crecimiento y desarrollo, la floración y el rendimiento y sus componentes.

Se observó que el período de crecimiento de las plantas se reduce a medida que se incrementan las temperaturas nocturnas, debido a que se adelanta el inicio de la floración y a que se reduce el período de post-floración, es decir, desde el inicio o el final de la floración a la madurez fisiológica.

Las altas temperaturas nocturnas también provocan un crecimiento y desarrollo más rápidos, sin embargo el peso seco total a la cosecha fue menor para el tratamiento 25/25°C, en comparación con los otros dos termoperíodos.

La translocación de fotosintatos hacia los órganos reproductivos se incrementa al aumentar la temperatura nocturna en el período comprendido desde el inicio de la floración hasta los 50 días de edad de las plantas, pero fue menor para 25/25°C que para los otros dos termoperíodos, desde

los 50 días hasta la madurez fisiológica, es decir, en el período de llenado de la semilla.

A medida que aumentan las temperaturas nocturnas, ocurre una mayor producción de flores por planta, sin embargo, también se incrementa drásticamente la abscisión de vainas, de tal forma que al momento de la cosecha, el número de vainas normales por planta fue similar en los tres tratamientos.

Se encontró que, independientemente de los tratamientos termoperiódicos, las flores que aparecen primero durante el período de floración, muestran mayores probabilidades de transformarse en vainas normales, y las que presentan antesis más tardíamente, muestran mayor tendencia a transformarse en vainas que sufren abscisión. También se encontró que las vainas vanas se forman a partir de las primeras flores que aparecen.

Atendiendo al orden de antesis en relación a la ubicación de las flores en la planta, se encontró que primero florecen las que se encuentran en la inflorescencia terminal del tallo principal, luego las de las ramas provenientes de yemas de nomófilos y finalmente las que se encuentran en las ramas provenientes de yemas de profilos, por lo cual, la mayor cantidad de vainas normales, se ubican en las dos primeras estructuras en los tres tratamientos.

El rendimiento en semilla por planta se redujo aproximadamente un 30 por ciento para el termoperíodo 25/25°C, en comparación con 25/15°C y 25/20°C. El componente del rendimiento que se vio más afectado fue el tamaño de la semilla, que se redujo en la misma proporción que el rendimiento total para 25/25°C.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la reducción en el tamaño de la semilla para este tratamiento, se debe a que al someterse a las plantas a una temperatura nocturna alta, hay una reducción en el período de llenado de la semilla, y en esa misma etapa, ocurre una reducción en la translocación de fotosintatos hacia los órganos reproductivos, en comparación con los tratamientos 25/15°C y 25/20°C.

Esta reducción en la intensidad de la translocación de fotosintatos para 25/25°C, se debe probablemente a que bajo este régimen ocurre una maduración y senescencia más rápidas del área foliar, lo cual origina que se convierta en deficiente exportadora de fotosintatos en la etapa de llenado de la semilla.

De acuerdo a los resultados obtenidos, ocurre un crecimiento y desarrollo más favorables en las plantas bajo termoperíodo 25/20°C, que mostraron el Índice de Cosecha más alto, además de que rindieron la misma cantidad de semilla que 25/15°C, pero en un período de crecimiento más corto.

I. INTRODUCCION

Según censos oficiales (SPP, 1980), en 1960 se cultivaron en nuestro país 1 325 760 ha de frijol, obteniéndose una producción total de 528 175 toneladas, con rendimientos promedio de 398 kg/ha.

Para 1982, el SAM (Sistema Alimentario Mexicano), reportó una superficie cultivada de 1 711 978 ha, una producción nacional de 1 093 079 toneladas, y rendimientos promedio de 638 kg/ha.

Se puede ver que de 1960 a 1982, la superficie de cultivo se incrementó en 30 por ciento, la producción total en 107 por ciento y los rendimientos por hectárea en 60 por ciento.

A pesar de los substanciales aumentos en el rendimiento por hectárea, las últimas cifras aún son bajas, y las causas pueden atribuirse al hecho de que la mayor parte del cultivo del frijol, se realiza bajo condiciones de temporal en agricultura de subsistencia^{1/}, a la que se asocian factores tales como poco uso de variedades mejoradas, escaso uso de insumos como fertilizantes y pesticidas, empleo de bajas densidades de población y sistemas de producción de asociación maz-frijol, entre las principales (INIA, 1980).

^{1/} Para 1978, de 1 580 227 ha cultivadas con frijol, 1 374 013 correspondían a tierras de temporal y 206 214 de riego, obteniéndose en las primeras rendimientos de 487 kg/ha y en las segundas de 1 355 kg/ha (SPP, 1980).

Con el objeto de contribuir a la solución de algunos de los problemas que aquejan a este cultivo, la investigación agrícola en México, se ha orientado hacia la obtención de variedades de alto rendimiento, resistentes a las enfermedades de importancia regional y con grano de aceptación comercial, optimización de las prácticas de producción, como fechas de siembra, fertilización, control de malezas y plagas, y captación y retención de la humedad del suelo (INIA, 1980).

Miranda (1979), indica que el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), se originó en la parte sur-occidental del área México-Guatemala, predominando a una altura de 1200 msnm. Señala que los factores que han intervenido en la evolución del frijol son: el sistema reproductivo, la migración, la mutación y la selección natural. Dado que las poblaciones silvestres se encuentran entre los 1500 y 1800 msnm, indica que la temperatura ha actuado como un factor de selección que ha limitado la dispersión de esta especie.

La respuesta que el frijol muestra a los factores ambientales, queda evidenciada en el siguiente ejemplo: al realizar ensayos uniformes de rendimiento de la var. Cacahuete-72 (utilizada en este trabajo), en diferentes lugares, se obtuvieron los siguientes resultados (INIA, 1980):

| <u>Región</u> | <u>T\bar{x} (°C)</u> | <u>P\bar{x} (mm)</u> | <u>Rendimiento (kg/ha)</u> |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| El Bajío | 20.6 | 597 | 1175 - 1384 |
| Tepatitlán, Jal. | 19.4 | 881 | 1062 |
| Mixteca Oaxaqueña | 17.6 | 449 | 340 - 736 |
| Valle de México | 15.0 | 645 | 382 - 1214 |

T \bar{x} : Temp. media anual, P \bar{x} : Precipitación anual

Lo anterior es en suma, la respuesta del genotipo a los factores ambientales (humedad, temperatura, insolación, etc.) y a las prácticas de cultivo (densidad de siembra, fertilización, combate de plagas y enfermedades, riegos, etc.).

El hecho de que en nuestro país se encuentran gran cantidad de poblaciones silvestres y variedades criolla, provee a los fitomejoradores de una rica fuente de germoplasma que puede ser utilizada para la obtención de variedades mejoradas. Además, dada la amplia gama de condiciones ambientales prevalecientes en México, se hace necesario obtener variedades para las diferentes regiones ecológicas, por lo cual será de gran importancia el conocer el efecto de los factores ambientales y la forma como las plantas se adaptan a éstos mediante una respuesta fisiológica.

Debido a lo anterior, el Programa Interdisciplinario de Investigación en Frijol (PIIF), del Centro de Botánica del Colegio de Postgraduados, ha generado algunas líneas de investigación sobre fisiología del frijol, con el objeto de estudiar detalladamente el efecto de los factores ambientales sobre esta especie.

De esta manera, se han realizado investigaciones sobre el efecto de la humedad, de los nutrientes, de la luz, etc., en condiciones de campo e invernadero, y en el presente trabajo en cámaras de ambiente controlado, con el propósito de tener un mayor control en los tratamientos estudiados.

II. OBJETIVOS E HIPOTESIS

Objetivos

Variar los regímenes termoperiódicos en los cuales se desarrollan las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Cacahuate-72, desde los 8 días después de la siembra hasta la cosecha, para analizar el efecto sobre:

- 1) La fenología de las plantas
- 2) El crecimiento y desarrollo
- 3) La floración
- 4) El rendimiento en semilla y sus componentes

Hipótesis

Los cambios en el régimen termoperiódico bajo el cual se desarrollan las plantas de frijol, afectan su fenología, crecimiento y desarrollo, floración y rendimiento.

III. REVISION DE LITERATURA

1. Introducción

Todos los órganos en crecimiento activo de las plantas exhiben una periodicidad diaria en su tasa de crecimiento. Estas variaciones cíclicas que se observan diariamente, pueden interpretarse en términos de los factores limitantes que en determinado momento afectan los procesos fisiológicos básicos, lo cual se manifiesta en el crecimiento y el desarrollo. Los factores ambientales que muestran periodicidad diaria y a los cuales las plantas responden, son la temperatura y la luz. En el primer caso la respuesta es termoperiódica y en el segundo fotoperiódica. (Meyer *et al.* 1973).

Went (1953), emplea el término "termoperiodismo", para referirse a las respuestas de las plantas a las variaciones cíclicas de la temperatura. Estas variaciones pueden considerarse para el lapso de un año o bien las que se presentan en un día (24 horas), refiriéndose así al termoperiodismo anual y al termoperiodismo diario respectivamente.

El termoperiodismo diario se relaciona con la adaptación de las plantas al ciclo de temperaturas diurnas altas y nocturnas bajas en un período de 24 horas.

Meyer *et al.* (1973), definen termoperiodismo como el efecto que las variaciones cíclicas de la temperatura entre el día y la noche ejercen sobre las plantas. Señalan que, tanto la tasa de crecimiento como

el desarrollo morfogénico de las plantas están marcadamente influenciados por el tipo de variación diaria de temperatura a que están sometidas.

Daubenmire (1982), retomando algunas de las ideas de Went, define termoperiodismo como la respuesta que las plantas presentan a las fluctuaciones diarias de temperatura, de tal forma que la mayoría de éstas muestran una adaptación tal que sus requerimientos de temperatura son altos durante el día y bajos durante la noche.

Diversos autores que será citados a lo largo del texto aportan datos que demuestran que la respuesta a las variaciones diarias de temperatura, se explica por el efecto ejercido sobre procesos metabólicos y fisiológicos básicos como son: fotosíntesis, respiración, absorción radical, transpiración, translocación. Además existe interacción con el otro tipo de respuesta cíclica de las plantas: el fotoperíodo.

Todo lo anterior, interactuado conjuntamente, se manifiesta en último término en el crecimiento, desarrollo y producción de semilla de las plantas.

2. Efectos de la temperatura en general

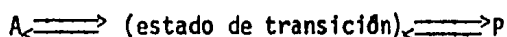
2.1. Reacciones bioquímicas

El metabolismo celular comprende el total de las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo en las distintas vías metabólicas de la célula y que son catalizadas por enzimas específicas, Lehninger (1977), explica que para que pueda realizarse una reacción tal como $A \rightarrow P$, es necesario que cierta fracción de la población A de moléculas posea energía

suficiente para alcanzar un estado activado en que pueden establecerse o romperse un enlace químico para formar el producto P.

Indica que el término energía de activación se refiere a la cantidad de energía, en calorías, necesaria para llevar todas las moléculas de 1 mol de una sustancia desde una temperatura dada hasta el estado activado.

En toda reacción química hay un estado de transición, definido como el estado rico en energía de las moléculas interactuantes en la cima de la barrera de activación:



La velocidad de reacción es proporcional a la concentración de las especies en el estado de transición.

Una elevación de la temperatura incrementa la velocidad de reacción al aumentar el número de moléculas capaces de entrar en el estado de transición.

Los catalizadores (como las enzimas), aceleran las reacciones químicas disminuyendo la energía libre de activación; se combinan con los reaccionantes para producir un estado de transición con menor energía libre que el estado de transición de la reacción no catalizada.

Devlin (1980), indica que en una reacción catalizada enzimáticamente, en el rango de 0 a 25°C, la velocidad de reacción se incrementa 2.5 veces por cada 10°C de aumento en la temperatura debido a que:

- a) Aumenta la energía cinética de las moléculas de sustrato y de enzima.

- b) Aumenta la probabilidad de choque entre moléculas de enzima y substrato a causa de su mayor agitación, debido a las temperaturas más elevadas.

En realidad, se ha encontrado una gran variabilidad en la respuesta que muestran los sistemas enzimáticos a los incrementos de temperatura, pero en general, se ha visto que hay una temperatura óptima para cada enzima específica a la cual la velocidad de reacción es máxima, después de la cual, un incremento en la temperatura comienza a provocar la desnaturalización de la enzima, con pérdida de su actividad catalítica (Langridge, 1963; Conn y Stumpf, 1976).

Sutcliffe (1979), indica que por lo general, la desnaturalización de las enzimas se produce después de los 40°C, mientras que Devlin (1980) señala que ésta empieza a producirse por lo general a los 35°C y es total a los 60°C.

Por otra parte, se ha indicado que al estudiar el efecto de la temperatura sobre las enzimas, debe considerarse el factor tiempo, pues generalmente las más altas velocidades de reacción pueden alcanzarse a los 40-45°C, temperaturas a las cuales las enzimas se desnaturalizan irreversiblemente al mantenerse por cierto tiempo estas condiciones, con lo cual también decrecerá la actividad catalítica (Goodman y Wedding, 1956).

Una forma frecuente para indicar el efecto de la temperatura en un proceso metabólico o fisiológico, es calcular el valor de Q_{10} , o coeficiente de temperatura, que es la razón entre la velocidad de un proceso a una temperatura y la del mismo a una temperatura 10°C inferior.

Este coeficiente puede obtenerse a partir de la medición de dos temperaturas cualesquiera utilizando la relación:

$$Q_{10} = \left(\frac{K_2}{K_1} \right)^{\frac{10}{T_2 - T_1}} \quad \text{donde} \quad \begin{array}{l} K_1 = \text{la velocidad del proceso} \\ \text{a la temperatura inferior} \\ T_1 \\ K_2 = \text{la velocidad del proceso} \\ \text{a la temperatura superior} \\ T_2 \end{array}$$

En el intervalo de temperatura en el cual la mayoría de los organismos viven (5-40°C), la velocidad de las reacciones bioquímicas queda aproximadamente doblada por cada aumento en 10°C, es decir $Q_{10} = 2$ (Sutcliffe, 1979).

2.2. Procesos metabólicos

2.2.1. Fotosíntesis

La fotosíntesis comprende dos fases: la fotofosforilación o fase luminosa, que se realiza en la membrana interna del cloroplasto, y la fase oscura, que ocurre en el estroma del cloroplasto, correspondiente a la porción soluble del mismo. La diferencia entre estas radica en que la primera requiere energía luminosa para efectuarse y es independiente de la temperatura, mientras que la segunda fase utiliza la energía química y el poder reductor (ATP y NADPH), formados en la fase luminosa, para realizar una serie de reacciones metabólicas tendientes a formar compuestos químicos más complejos que almacenan la energía en la planta. Esta fase, dada su naturaleza enzimática, es muy dependiente de la temperatura (Lehninger, 1977; Devlin, 1980).

Rabinowitch (1956) y Sutcliffe (1979), señalan que la fase luminosa de la fotosíntesis muestra una respuesta a la temperatura del orden de $Q_{10} = 1.2-1.3$, mientras que la fase oscura presenta un Q_{10} mayor de 2.

Por otra parte, se ha encontrado que en el caso de las plantas C_3 (como el frijol), el rendimiento cuántico de la fotosíntesis, es decir, el número de moles de CO_2 incorporados por moles de luz absorbidos, disminuye cuando se incrementa la temperatura, debido a que hay un aumento en la fotorrespiración, con la consiguiente pérdida de CO_2 por esta vía (Ehleringer y Björkman, 1977).

2.2.2. Respiración

La respiración comprende una serie de reacciones que las células realizan para la obtención de energía utilizable (ATP), a partir de la energía química almacenada en forma de compuestos complejos, principalmente glúcidos.

Comprende la glucólisis o respiración anaerobia, el ciclo de Krebs o respiración aerobia, y la fosforilación oxidativa, procesos que se llevan a cabo secuencialmente.

Además de que la respiración provee energía en forma de ATP, libera energía de reducción (NADH y NADPH), y compuestos intermediarios para el metabolismo de síntesis (Devlin, 1980).

Bidwell (1980), señala que la respiración procura dos tipos de procesos distintos en la planta: mantenimiento y crecimiento. Se tiene así la respiración de mantenimiento, que está en función del peso o biomasa

de la planta, su grado de diferenciación y función, y la respiración de crecimiento, que se relaciona con la cantidad y tipo de los nuevos materiales formados en el crecimiento.

Durante el crecimiento, la respiración de crecimiento ocupa la mayor fracción de la respiración total, sin embargo, a medida que la planta llega a la madurez, la respiración de mantenimiento ocupa una mayor proporción de la total.

Hesketh *et al.* (1971), analizando el papel de la respiración en el crecimiento de las plantas de algodón, propusieron el siguiente modelo:

$$RW = R_0W + Gr (dW/dt)$$

donde:

R = tasa respiratoria (g CH₂O/g CH₂O hr)

R₀ = tasa de respiración de mantenimiento (g CH₂O/g CH₂O hr)

Gr = respiración requerida para convertir CH₂O a materia seca en la planta (g CH₂O/g CH₂O)

W = peso seco (g)

t = tiempo (min.)

dW/dt = Pn = fotosíntesis aparente (mg CO₂ dm⁻²min⁻¹)

además, se encontró que 1 mol CH₂O = 1 mol de CO₂

Puede verse en la anterior relación, que la respiración de mantenimiento se relaciona directamente con el peso de la planta, mientras que la respiración de crecimiento se relaciona con la fotosíntesis aparente.

Los autores encontraron que la eficiencia de conversión, de los fotosintatos a materia seca de las hojas y frutos, fluctuó entre 50 y 69 por ciento.

Dada la naturaleza enzimática de la respiración, ésta es muy dependiente de la temperatura, como lo consignan Goodman y Wedding (1956), quienes encontraron aumentos en la tasa respiratoria para hojas de algodón hasta los 50°C, aunque estas se mantienen sólo unos minutos. A 30°C, observaron la tasa respiratoria más alta a la vez que más estable. Al parecer, después de este límite comienza a ocurrir desnaturalización enzimática, por lo cual la tasa respiratoria tenderá a disminuir a través del tiempo.

Baker *et al.* (1972), indican que en el algodón, al incrementarse la temperatura, aumenta la eficiencia respiratoria para la formación de materia seca, lo cual se traduce en un crecimiento más rápido, sin embargo, el peso final de los frutos fue menor a 32/29°C, debido a que después de cierto tiempo, ocurre un déficit de carbohidratos y se incrementa la respiración de mantenimiento. Encontraron además que a 32/23°C, la tasa respiratoria nocturna es 50% menor que la tasa respiratoria diurna, considerando sin embargo que en condiciones de luz se lleva a cabo la fotorrespiración.

2.2.3. Fotosíntesis neta o aparente

En condiciones de luz, las células vegetales efectúan los procesos de fotosíntesis y respiración simultáneamente, por lo cual, una cierta cantidad de O₂ desprendido por la fotosíntesis es empleado en la respiración, y un poco de CO₂ desprendido por la respiración es utilizado --

en la fotosíntesis.

La fotosíntesis neta o aparente, representa una medida de la cantidad de CO_2 fijado por la planta en forma de materia seca después de que ha utilizado cierta cantidad de fotosintatos para la respiración y la fotorrespiración.

De acuerdo a lo anterior, Baker *et al.* (1972), consideraron que la fotosíntesis verdadera puede calcularse a partir de la siguiente relación:

$$P = P_n + RW$$

donde:

P = fotosíntesis verdadera ($\text{mg CO}_2 \text{ dm}^{-2} \text{ min}^{-1}$)

P_n = fotosíntesis aparente ($\text{mg CO}_2 \text{ dm}^{-2} \text{ min}^{-1}$)

R = tasa respiratoria ($\text{mg CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ min}^{-1}$)

W = peso seco (g)

De tal manera que si se desea saber la cantidad de materia seca que la planta fija diariamente a partir de los fotosintatos producidos, se puede utilizar la relación siguiente:

$$dW/dt = (P - PR_L - R_0W)/(1 + Gr)$$

donde $dW/dt = P_n$ = fotosíntesis aparente, P = fotosíntesis verdadera; R_L , R_0 y Gr , representan las pérdidas respiratorias asociadas con la fotosíntesis (fotorrespiración), con la respiración de mantenimiento y de crecimiento, respectivamente.

Puede ocurrir una disminución en la tasa de crecimiento debido al descenso de la fotosíntesis neta, cuando la temperatura se incrementa después de cierto límite. Este descenso se debe al rápido aumento de la respiración y la fotorrespiración, a la vez que la fotosíntesis verdadera decae.

Staifelt, 1937 (citado por Mitchell, 1976), indica que de los 10 a los 25-30°C, la intensidad de la fotosíntesis es superior a la respiración, pero a partir de este límite, la fotosíntesis desciende, en tanto que la respiración se sigue incrementando. Esto puede tener el efecto que se utilicen más azúcares de los que se fijan, por lo cual la tasa de crecimiento puede descender.

2.3. Otros procesos fisiológicos

2.3.1. Absorción radical

Con respecto a la absorción radical, debe diferenciarse la absorción del agua y la de las sales minerales.

Referente a la absorción del agua, intervienen las fuerzas siguientes: imbibición, tensión transpiratoria, ósmosis y acción metabólica.

La temperatura influye en la absorción del agua, de tal modo que a bajas temperaturas ésta es lenta, puesto que pueden ocurrir los siguientes fenómenos: a) se incrementa la viscosidad del agua, b) decrece la permeabilidad de las células radicales, c) decrece la actividad metabólica de las células radicales y d) se retarda el crecimiento de las raíces.

Al elevarse la temperatura, hay una respuesta positiva a estos fenómenos, y en consecuencia la absorción del agua es mayor (Meyer *et al.*

1973; Devlin, 1980).

En relación a la absorción de sales minerales, es muy afectada por la temperatura debido a que ésta se lleva a cabo principalmente mediante transporte activo que implica acción metabólica, aunque también participa el transporte pasivo, que aumenta al incrementarse la temperatura, puesto que la intensidad de la difusión de moléculas depende de su energía cinética (Devlin, 1980).

Went (1953), señala que la temperatura óptima de la raíz para el crecimiento del jitomate es de 30°C, para maíz de 20°C y para chícharo de 10°C.

Wilsie (1966), indica que para la caña de azúcar, al bajar la temperatura del suelo de 23.3 a 18.9°C, la absorción radical del fósforo se redujo un tercio y la del nitrógeno la mitad.

2.3.2. Transpiración

Sutcliffe (1977), señala que en general, la transpiración estomática es baja durante la noche y alta durante el día, ya que en condiciones de obscuridad los estomas permanecen cerrados y se abren en condiciones de iluminación.

Además, la transpiración está relacionada con el gradiente de potencial hídrico existente entre el aire y la superficie de la hoja. Para una humedad relativa dada, la diferencia de presión de vapor y por tanto el gradiente de potencial hídrico aumenta al incrementarse la temperatura ambiental, pudiéndose establecer, a una temperatura dada, la correlación precisa entre la humedad relativa y la transpiración.

Por otra parte, la temperatura muestra un efecto directo sobre la abertura de los estomas, favoreciendo con esto la transpiración. Los estomas suelen cerrarse a 0°C y aumentan su abertura hasta que la temperatura se acerca a 30°C, a partir de la cual ésta disminuye.

2.3.3. Translocación

Nueve décimas partes o más de las substancias transportadas en el floema son azúcares, de los cuales la sacarosa es el que predomina (Zimmerman, 1960).

Went (1953), señala que las temperaturas bajas inducen una mayor formación de sacarosa y las altas la disminuyen, por lo cual concluye que la velocidad de crecimiento de las plantas es casi paralelo a los cambios inducidos por las temperaturas en el contenido de azúcares.

Went (1945), encontró que el efecto de la temperatura sobre la translocación puede variar dependiendo de la edad fenológica de la planta. Reporta que en jitomate, antes que la planta hubiera alcanzado su máximo crecimiento, la temperatura óptima de desarrollo fue de 30°C, después de la cual, temperaturas nocturnas arriba de 18°C limitan la translocación de azúcares, disminuyendo el crecimiento de raíces, tallos y frutos.

Hartt, citado por Devlin (1980), determinó la influencia de la temperatura sobre la translocación en caña de azúcar. Utilizando marcadores radiactivos observó que cuando la temperatura de la parte aérea era superior en 5.4°C a la de la raíz, aumentó la translocación hacia arriba, a la vez que disminuyó hacia la raíz. Al contrario, cuando la temperatura

de la raíz fue superior en 7.3°C a la de la parte aérea, la translocación hacia arriba disminuyó, aumentando hacia la raíz.

En realidad, resulta sumamente complicado elucidar el efecto de la temperatura sobre la translocación, dado que aquélla afecta procesos fisiológicos como la fotosíntesis, la respiración, la síntesis de auxinas, etc., los cuales de alguna u otra manera pueden afectar a su vez la velocidad y el patrón de transporte de la planta.

3. Efectos del termoperíodo

Normalmente, las plantas requieren para su crecimiento de altas temperaturas durante el día y bajas durante la noche. Aunque más bien debemos de hablar de temperaturas óptimas diurnas y nocturnas bajo las cuales los procesos fisiológicos básicos alcanzan su máximo y después de las cuales disminuyen.

Así por ejemplo, la fotosíntesis requiere de una temperatura óptima y lo mismo podemos decir de la respiración, con la diferencia de que este último proceso se sigue incrementando aún después de que la fotosíntesis comienza a decrecer al sobrepasar cierta temperatura. Durante la noche, la fotosíntesis no se lleva a cabo y la respiración sí, por lo cual las altas temperaturas nocturnas aceleran este proceso provocando derroche de fotosintatos que de otra forma serían utilizados para el crecimiento.

Por ejemplo, Daubenmire (1982), encontró en soya, que bajo termoperíodo de $28.8/11.8^{\circ}\text{C}$, la fijación de CO_2 durante la fotosíntesis es 15 veces mayor que la que se libera durante la respiración nocturna; sin

embargo, cuando las plantas crecen bajo una temperatura uniforme de 28.2°C durante el día y la noche, la relación disminuye a 9:1.

3.1. Crecimiento

3.1.1. Crecimiento en peso seco

Sutcliffe (1979), menciona que una de las causas del crecimiento es la tasa de división celular, la cual muestra incrementos a medida que aumenta la temperatura. La duración de la mitosis en raíces de chícharo fue de 25.5 horas a 15°C, de 18.8 h a 20°C, de 15.9 h a 25°C y de 14.4 h a 30°C. La tasa de división celular mostró un Q_{10} de 1.60 de 15 a 25°C y de 1.30 de 20 a 30°C.

Went (1945), encontró que para jitomate, el peso fresco a la cosecha fue mayor en plantas sometidas a regímenes termoperiódicos de 26.5/30°C, 26.5/26.5°C y 26.5/16°C y menor en regímenes de 18.8/8°C y 26.5/8°C.

Dale (1964), encontró en frijol, que la temperatura incrementa el crecimiento expresado como materia seca. Después de 15 días de tratamiento, el peso seco se incrementó en 150 por ciento al pasar de una temperatura de 10 a 20°C, mientras que de 20 a 30°C, sólo hubo un incremento del 10 por ciento. A 35°C hubo un brusco descenso en el peso seco. El mayor crecimiento fue observado en regímenes termoperiódicos de 25/15°C, 20/20°C, 20/30°C y 30/20°C. El mayor crecimiento de las raíces se obtuvo a 25/25°C y el de las hojas a 20/20°C y 25/25°C.

En chícharo, Stanfield *et al.* (1966), encontraron que la tasa máxima de acumulación de materia seca fue en regímenes de 26/16°C y 16/10°C,

por abajo y por arriba de los cuales disminuyó.

Thomas *et al.* (1981), sometieron a tratamiento termoperiódico durante 50 días a plantas de soya, encontrando que el peso seco de la parte aérea al final del tratamiento fue de casi 75 g por planta en regímenes de 26/18°C, 26/22°C y 26/26°C, mientras que sólo fue de 20 g por planta en regímenes de 14/10°C y 14/26°C. En termoperíodos de 30/10°C; 30/14°C y 30/26°C, el peso seco estuvo entre 40 y 60 g por planta.

Rajan y Blackman (1975), después de analizar los resultados de 15 años de investigaciones sobre las respuestas termoperiódicas de las plantas, concluyen que los parámetros del crecimiento pueden mostrar respuestas positivas significativas debido a la diferencia entre las temperaturas diurnas y nocturnas, solamente cuando se combinan temperaturas diurnas subóptimas con temperaturas nocturnas superiores a la óptima.

De acuerdo a lo anterior, será de más relevancia encontrar estas temperaturas diurnas y nocturnas óptimas para el crecimiento, que la menor diferencia existente entre temperaturas diurnas altas y nocturnas bajas.

3.1.2. Crecimiento del área foliar

El área foliar según Wallace *et al.* (1972), es el componente fisiológico más importante que afecta el crecimiento y el rendimiento agronómico. Es el resultado del número y el tamaño de las hojas.

Se ha encontrado que el área foliar es muy afectada por factores ambientales como la temperatura, luz, humedad y nutrición (Watson, 1952; Humphries y Wheeler, 1963 y Mitchell, 1976).

Aitken (1974), indica que la tasa de formación de hojas' depende de factores genéticos y ambientales. De éstos últimos, la temperatura es el más importante, mientras que la luz puede limitar su desarrollo. Señala que para maíz, trébol y chícharo, la tasa de formación de hojas presenta una respuesta curvilínea, pues el efecto es mayor en temperaturas inferiores a 20°C que entre 20 y 30°C.

En frijol, Viglierchio y Went (1957), encontraron que el número de hojas y el área foliar fue mayor en regímenes termoperiódicos de 26/20°C y menor a 20/17°C. Al incrementarse la temperatura nocturna, el número de hojas se incrementó. Observaron además que a bajas temperaturas, las hojas jóvenes mostraban un color más oscuro y una forma más irregular que a altas temperaturas.

Thomas y Raper (1977), encontraron en soya, que la mayor área foliar después de 50 días de tratamiento se obtuvo en plantas que se desarrollaron en condiciones de días largos y termoperíodos de 26/22°C y 22/18°C. La menor área foliar se obtuvo en plantas creciendo bajo días cortos y termoperíodos de 18/14°C.

Volkenburgh y Davies (1977), encontraron en soya que se desarrolló en cámaras de ambiente controlado, que el grosor de la hoja fue casi el doble en termoperíodos de 28/17°C que a 30/26°C.

Thomas y Raper (1978), encontraron en soya, que el peso específico de las hojas (g/dm^2), después de 50 días de tratamiento termoperiódico, fue de 0.60 bajo regímenes de 14/14°C y 22/14°C, de 0.30 en regímenes de 26/26°C y de 0.21 en 14/26°C.

3.2. Desarrollo

La morfogénesis de las plantas que conduce a la formación de órganos a partir de células diferenciadas generadas por el crecimiento celular, es influenciada por la calidad de la luz. Se ha encontrado que la recepción del estímulo luminoso y su transducción a señales químicas en la planta para inducir la morfogénesis es efectuada por el fitocromo. Este consiste de una cromoproteína que puede presentarse en dos conformaciones fisiológicas interconvertibles: la forma inactiva Pr que absorbe longitudes de onda de 660 nm (roja) para pasar a la forma activa Pfr. Esta última conformación a su vez puede convertirse en Pr por el estímulo de la luz de longitud de onda de 730 nm (rojo lejano), o en condiciones de obscuridad (Hillmann, 1967).

Este mecanismo fotomorfogenético se lleva a cabo en algunas variedades de frijol, como lo demostraron Kretchmer, *et al.* (1977) quienes encontraron que el hábito de crecimiento indeterminado arbustivo cambió a indeterminado trepador cuando el período de obscuridad de 12 ó 18 horas era interrumpido por 15 minutos de luz roja. Esta inestabilidad morfológica era nulificada cuando la interrupción con luz fue seguida por un estímulo de luz rojo lejano, por lo cual sugieren que en este caso la morfogénesis es controlada por el fitocromo.

La transformación de Pfr a Pr es muy sensible a la temperatura, pues se ha encontrado que a 0°C, Pfr disminuye a 1/6 de la cantidad encontrada a 26°C en tallos de chícharo. En coleóptilos de maíz, se ha encontrado que la transformación de Pfr a Pr muestra un Q_{10} de 3.5 en los intervalos de 14-24°C y 24-34°C. (Hillman, 1967).

Viglerchio y Went (1957), encontraron que la var. de frijol ejotero Kentucky Wonder modifica su hábito de crecimiento debido a variaciones en el fotoperfodo y termoperfodo.

Bajo fotoperfodos de 14 horas y termoperfodo de 26/20°C, la longitud del tallo fue de más de 200 cm; con el mismo fotoperfodo y 26/14°C, la longitud fue de 150 cm. Bajo fotoperfodo de 8 horas y termoperfodo de 26/20°C, la longitud del tallo fue de 175 cm y con termoperfodo de 26/14°C, fue de 115 cm. La menor longitud del tallo se obtuvo bajo fotoperfodo de 8 horas y termoperfodo de 20/14°C, alcanzando sólo 75 cm. Encontraron que en general, mayores temperaturas nocturnas incrementaron el número de hojas en las plantas.

En chícharo, Stanfield *et al.* (1966), encontraron para la var. Dark Skin Perfection, que el aumento de las temperaturas diurnas y nocturnas incrementan el número de nudos en el tallo principal.

Thomas y Raper (1977), señalan que en soya, la luz y la temperatura son los factores que más influyen en la morfología de la planta, así como en la determinación de sitios reproductivos. Indican que una rápida inducción de la floración mediante la aplicación de días cortos, reduce el número de sitios reproductivos.

Went (1953), señala que el jitomate muestra requerimientos de temperaturas diurnas y nocturnas menores a medida que avanza el ciclo de crecimiento, como si hubiera una sincronización del crecimiento de la planta con la marcha de las estaciones del año, requiriendo al final termoperfodos más bajos, coincidiendo con el otoño. Concluye que cada fase fenológica del desarrollo de la planta tiene diferentes requerimientos - - -

termoperiódicos.

3.3. Floración

La floración según Murfet (1977), es la resultante de una serie de procesos fisiológicos, secuencias bioquímicas y acción génica interactuando como un sistema que responde a los estímulos del ambiente en el transcurso del tiempo.

El principal factor que controla el mecanismo de la floración es el fitocromo, que al percibir el estímulo luminoso desencadena una serie de eventos metabólicos que conducen a la formación de primordios florales, aunque también se ha encontrado que la relación metabólica C/N, la acción de algunas oxidasas el balance endógeno de las fitohormonas y la intensidad fotosintética son otros factores que influyen en la floración (Zeevart, 1976).

Anteriormente hemos mencionado que el fitocromo existe en dos conformaciones: Pr, que absorbe luz roja y se convierte en la forma activa Pfr, la cual puede revertir a la forma inactiva por efecto de la luz rojo-lejano o en la oscuridad.

Según se sabe en la actualidad, el fitocromo Pfr inhibe la floración en plantas de días cortos y la estimula en plantas de días largos, mientras que Pr la estimula en plantas de días cortos y la inhibe en plantas de días largos.

Como se indicó en el inciso anterior, Pfr se convierte en Pr en condiciones de oscuridad, proceso que es sensible a la temperatura, por lo que es de esperarse que las altas temperaturas nocturnas incrementen la

cantidad de Pr y disminuyan a Pfr.

De numerosas investigaciones realizadas, se ha llegado a la conclusión que en realidad lo que regula la cantidad de Pfr presente es el período de obscuridad, ya que si éste es interrumpido con un corto período de luz roja, aumentará Pfr que inhibirá la floración en plantas de días cortos.

Devlin (1980), señala que mientras que la longitud del período de obscuridad determina la iniciación de la floración, la longitud del período de luz determina el número de primordios florales que serán producidos. De lo anterior se deduce que los substratos producidos por la fotosíntesis ejercen algún efecto sobre la capacidad de la planta para producir flores.

Lo anterior parece ser confirmado por el hecho observado de que los factores ambientales que afectan la fotosíntesis como la temperatura, la humedad y la nutrición mineral, también ejercen un fuerte efecto sobre la floración (Aitken, 1974).

Garner (1930), reporta que al realizar siembras de soya durante varios años en la misma fecha, encontró que la fecha de floración se correlacionó con la temperatura prevaleciente en cada ciclo. Indica que en Washington, la temperatura óptima para el inicio de la floración fue de 25°C, que se presenta en el verano, abajo de la cual hubo retrasos en ésta.

Viglierchio y Went (1957), estudiaron la floración del frijol ejotero var. Kentucky Wonder de hábito de crecimiento indeterminado. Probaron dos fotoperíodos: 8 y 14 horas de luz y tres temperaturas diurnas: 20, 23 y 26°C, así como tres nocturnas: 14, 17 y 20°C. El inicio de la floración no fue afectado por el fotoperíodo, pues al parecer la var. era de

respuesta neutra. Sin embargo, observaron que las bajas temperaturas nocturnas retrasaron la floración y disminuyeron el número de flores; las bajas temperaturas diurnas también retrasaron la floración, pero el número de flores fue mayor. Observaron además que el fotoperíodo corto disminuye el número de flores por planta.

Darshan y Munger (1969), analizaron la influencia del fotoperíodo, el termoperíodo y el genotipo sobre el inicio de la floración en dos variedades de frijol: la Red Kidney (determinada) y la Great Northern-1 (indeterminada). Encontraron que la segunda sufrió un retraso en la floración en fotoperíodo de 18 horas bajo termoperíodo de 21/15.5°C, mientras que a temperaturas mayores no hubo respuesta al fotoperíodo. Por otra parte, la var. de hábito determinado retrasó la floración en fotoperíodo de 18 horas y termoperíodo de 29.5/21°C, mostrándose relativamente insensible al fotoperíodo en termoperíodos de 21/15.5°C y 26.6/21°C.

Thomas y Raper (1977), experimentando con el cultivar Ransom de soya, encontraron que el inicio de la floración y el número de flores por planta eran afectados por el fotoperíodo y el termoperíodo. Según sus resultados, para inducir la floración en este cultivar fueron suficientes 10 días cortos. Cuando la inducción se hizo en el momento en que la planta tenía una hoja trifoliada, bajo termoperíodos de 18/14°C, el número de nudos en el tallo principal y el número de flores por planta fue menor. Cuando la inducción se realizó en el momento en que la planta tenía 6 hojas trifoliadas en el tallo principal bajo termoperíodos de 22/18°C, el número de nudos en el tallo principal y el número de flores por planta fueron altos.

3.4. El rendimiento y sus componentes

3.4.1. Conceptos de rendimiento y componentes del rendimiento

El rendimiento puede ser de dos tipos según Nichiporovich (citado por Wallace y Munger, 1966): el rendimiento biológico, que se refiere al total de materia seca que la planta acumula y el rendimiento económico, que se refiere a la fracción del peso seco total que tiene un valor agronómico, que en el caso del frijol sería la semilla.

Kohashi (1979), señala que el rendimiento biológico tiene su expresión morfológica en las estructuras de la planta: la raíz (que rara vez se toma en cuenta) y los diferentes órganos aéreos: tallo, hojas, flores, botones y frutos. Por otro lado, el rendimiento económico (el cual es más conveniente denominar como rendimiento agronómico), tiene su expresión morfológica en la semilla, la cual podemos considerar como la resultante de una secuencia de otros componentes morfológicos, tales como yemas, bootones, flores y vainas. En la secuencia de transformaciones de los diferentes órganos hasta la formación de la semilla, se presentan diferentes fenómenos fisiológicos, tales como polinización, abscisión de órganos, aborto de semillas, etc.

La relación entre el rendimiento biológico y el rendimiento agronómico, nos da el Índice de Cosecha (Nichiporovich, citado por Wallace y Munger, 1966):

$$IC = \frac{\text{Rendimiento agronómico}}{\text{Rendimiento biológico}}$$

que representa el porcentaje del rendimiento biológico que constituye el rendimiento agronómico y que da una idea de la eficiencia de la planta

en determinadas condiciones para producir lo que es de interés agronómico.

Yoshida (1972), establece que el rendimiento en semilla de un cultivo es el resultado de una adecuada combinación de variedad, medio ambiente y prácticas agronómicas. Para determinar la mejor combinación de los tres factores, es necesario estudiar los procesos fisiológicos involucrados en la producción de semilla, tales como el crecimiento vegetativo, la formación de órganos de reserva y el llenado de la semilla.

Por otra parte, Mitchell (1976), indica que el concepto de componentes del rendimiento ha surgido de la necesidad de evaluar con más precisión algunos factores que contribuyen directamente al rendimiento, principalmente al momento de la cosecha.

En frijol, el rendimiento a la cosecha es el resultado de los siguientes componentes (Wallace, 1966; Adams, 1967):

$$\text{Rendimiento} = F \frac{\text{No. vainas}}{\text{Planta}} \times \frac{\text{No. semillas}}{\text{Vaina}} \times \frac{\text{Peso}}{\text{Semilla}}$$

En el campo, se agregaría el factor densidad de población, o sea el No. de plantas por superficie cultivada (Mitchell, 1976).

Por otra parte, hay que mencionar que el término de componentes del rendimiento es más amplio, o ha sido utilizado en un sentido más amplio. Por ejemplo, Mitchell (*op. cit.*), señala que la ramificación influye en el número de vainas por planta, siendo un componente del rendimiento.

Wallace, *et al.* (1972), indica que el área foliar es un importante componente fisiológico del rendimiento del cual depende el crecimiento de toda la planta.

Se ha encontrado además, que los componentes del rendimiento muestran cierta plasticidad para compensarse entre sí con el objeto de mantener el rendimiento estable, en el caso de que algún factor afecte la planta.

Adams (1967), encontró que cuando hubo una reducción en el número de vainas por planta en frijol, el número de semillas por vaina se incrementó, así como el tamaño de la semilla, manteniéndose de esta forma el rendimiento estable.

3.4.2. Efecto del termoperíodo sobre el rendimiento y sus componentes

Después de que ocurre la polinización, comienza el crecimiento del fruto o vaina. Generalmente en este lapso ocurre la abscisión de los pétalos, de los estambres y del estigma; en frijol, el lapso entre la antesis y el inicio de la formación del fruto ocurre en un período de 3 días. Los cambios que marcan la transición de flor a fruto se le puede designar como fijación, retención o amarre del fruto.

Prieto (1981), señala que para la var. de frijol Cacahuatate-72, las primeras flores que sufren antesis, son las que mayores probabilidades tienen de transformarse en vainas normales, mientras que las últimas flores presentan una mayor tendencia a transformarse en vainas vanas o bien a sufrir abscisión.

Diversos factores influyen sobre la tendencia de las flores a retenerse en las plantas y transformarse en vainas normales, vanas o bien sufrir abscisión; entre éstos podemos mencionar el área foliar que determina el tamaño de la fuente de fotosintatos, el balance hormonal interno y

los factores ambientales.

Davis (1945), encontró que la var. de frijol *Michelite* retuvo el 57 por ciento de las vainas producidas cuando las temperaturas máximas promedio los dos primeros días después de iniciada la floración no excedieron los 75°F (24°C). Indica que por cada grado de aumento sobre los 75°F, el porcentaje de vainas retenidas disminuyó en 2 por ciento.

Evans (1957), encontró que la var. de haba *Suffolk Red Spring* era afectada por el termoperíodo. La temperatura nocturna más adecuada para la retención de vainas después de la floración fue de 4 a 10°C. Observó además que el descenso en la temperatura tendió a incrementar el número y el tamaño de la semilla por vaina.

Vigliarchio y Wente (1957), estudiaron el efecto del fotoperíodo y el termoperíodo sobre la producción de ejote fresco en la var. de frijol de hábito de crecimiento indeterminado *Kentucky Wonder*.

Evaluaron la producción obtenida en cosechas semanales y observaron que ésta fue cíclica. Bajo fotoperíodo de 14 horas de luz y termoperíodo de 20/20°C y 23/20°C, se observaron dos picos máximos de producción, mientras que en el mismo fotoperíodo y termoperíodo de 26/20°C, el rendimiento fue similar durante las diferentes cosechas. Bajo termoperíodo de 20/14°C, 23/14°C y 26/14°C, el rendimiento fue menor.

Por otra parte, bajo los mismos tratamientos termoperiódicos, pero un fotoperíodo de 8 horas de luz, el rendimiento disminuyó alrededor del 50 por ciento.

Evaluaron además el por ciento de vainas normales (con 7 a 9 semillas/vaina), no encontrando ninguna correlación entre esta variable y --

los tratamientos aplicados.

Smith y Pryor (1962), analizaron el efecto de las temperaturas altas el día de inicio de la floración sobre el porcentaje de vainas retenidas y el número de semillas por vaina en 3 variedades de frijol.

A 26.4°C, la var. California Red retuvo el 36 por ciento de las vainas, con 3.41 semillas por vaina, mientras que a 43°C retuvo sólo el 33 por ciento con 3.75 semillas por vaina; a 26.4°C la var. Small White retuvo el 30 por ciento de vainas con 3.22 semillas, mientras que a 43°C retuvo el 12 por ciento de vainas con 2.90 semillas; la var. Sutter Pink retuvo el 38 por ciento de vainas con 3.50 semillas a 26.4°C, y a 43°C, sólo retuvo el 27 por ciento con 2.97 semillas por vaina.

En chícharo, Stanfield, *et al.* (1966), encontraron que el máximo rendimiento a la cosecha se obtuvo cuando las plantas se desarrollaron en termoperíodos de 16/10°C, obteniéndose 28 g por planta de semilla y 17 vainas por planta. El menor rendimiento se obtuvo cuando las plantas se sometieron a termoperíodo de 32/16°C obteniéndose sólo 3.38 g por planta de semilla y 2 vainas por planta.

Yoshida (1972), señala que la temperatura ejerce un efecto complejo sobre la formación de espigas, la maduración y el rendimiento en semilla de cereales. En trigo y cebada, las temperaturas relativamente bajas aumentan el número de inflorescencias, número de flores por espiguilla y el rendimiento. En trigo hay una disminución del tamaño de la semilla cuando la temperatura del aire es alta. Al parecer, la principal causa es la reducción del período de crecimiento y más específicamente a que acelera la maduración de la semilla, aunque por otra parte, la tasa

de crecimiento también se incrementa.

Thomas y Raper (1977), probaron en soya el efecto del termoperíodo el fotoperíodo y diferentes edades de la planta a la cual se indujo el paso de la etapa vegetativa a la reproductiva. Encontraron que, cuando la inducción se realizó en el momento en que la planta tenía 6 hojas trifoliadas en el tallo principal, aplicando 10 días de fotoperíodo corto, se obtuvieron 0 vainas por planta en regímenes de 30/26°C, 58 vainas por planta en 26/22°C, 222 vainas por planta en 22/18°C y 0 vainas por planta en 18/14°C, a los 50 días después de la etapa de 6 hojas.

Por otra parte, cuando la inducción de la floración se realizó cuando la planta contaba con una hoja trifoliada en el tallo principal, se obtuvieron 0 vainas por planta a 30/26 °C, 9 a 26/22°C, 23 a 22/18°C y 0 a 18/14°C.

Evans (1978), menciona que para el caso del trigo, al variar la temperatura nocturna de 9 a 26°C, el rendimiento se redujo a la mitad, manifestándose sobre todo en la reducción del tamaño de la semilla debido al acortamiento del período de llenado de ésta.

Concluye que el factor ambiental que más se relaciona con la duración del período de llenado de la semilla es la temperatura, que puede afectar la duración de la vida media de las enzimas que intervienen en este proceso, así como de las proteínas de las hojas, lo cual acelera la senescencia, reduciendo la duración del área foliar de la planta.

Siddique y Goodwin (1980), sometieron a distintos tratamientos termoperiódicos al frijol cultivar Apollo, durante la etapa de desarrollo y maduración de la semilla. Encontraron que bajo termoperíodos de 18/13°C

y 21/16°C, el tamaño de la semilla y su calidad fue mayor que bajo ter-
mo períodos de 33/28°C, 30/25°C y 27/22°C, bajo los cuales, tanto el ta
maño de la semilla como su calidad disminuyeron drásticamente.

Encontraron también que los regímenes termoperiódicos altos reducen el período de desarrollo y maduración de la semilla, mientras que los re
gímenes bajos aumentaban este período.

En soya, Thomas, *et al.* (1981), encontraron que la producción en pe
so seco de vainas a los 50 días de tratamiento fue de casi 40 g por plan
ta bajo termoperíodos de 26/22°C y 26/26°C. Temperaturas nocturnas abajo de 18°C produjeron de 0 a 25 g por planta y temperaturas diurnas abajo de 22°C, también redujeron drásticamente el rendimiento.

IV. MATERIALES Y METODOS

1. Variedad de frijol utilizada

Para este experimento se utilizó la var. Cacahuate-72, de hábito de crecimiento determinado arbustivo (tipo I, CIAT), que en condiciones de campo en el Valle de México inicia la floración a los 48 días y alcanza la madurez fisiológica a los 92 días después de la siembra (CAEVAMEX, INIA, 1981). Tiene flores de color rosado y la semilla es de color crema con jaspeado rosa.

2. Cámaras de ambiente controlado

2.1. Características generales

Se utilizaron 3 cámaras de ambiente controlado marca SHERER, modelo CEL 37-14.

El espacio interior utilizable de las cámaras es de 175 cm de frente, 77 cm de fondo y 122 cm de altura. La altura puede regularse moviendo una parrilla verticalmente, la cual sirve de soporte a las macetas, y que fue fijada a 90 cm del techo de la cámara.

Los factores ambientales que pueden controlarse automáticamente, son la temperatura, el termoperíodo y el fotoperíodo. La intensidad luminosa puede regularse poniendo en servicio el sistema de iluminación que se encuentra en el techo de la cámara, constituido por lámparas fluorescentes

e incandescentes, cuya descripción se detalla en el siguiente inciso.

2.2. Fotoperfodo e intensidad luminosa

Se programó a las tres cámaras para que dieran un fotoperfodo de 12 horas de luz (de 7. A.M. a 7 P.M.) y 12 de obscuridad.

La iluminación proporcionada dentro de las cámaras por lámparas fluorescentes e incandescentes ubicadas en el techo tuvo las siguientes características:

| FUENTE | POTENCIA |
|------------------------------|---------------|
| 16 tubos de luz fluorescente | 165 watts c/u |
| 6 focos de luz incandescente | 40 watts c/u |

Además, se tomaron medidas de la intensidad luminosa con un fotómetro Toshiba Photocell Illuminometer, obteniéndose las siguientes lecturas:

| | A 30 cm del techo | A 65 cm del techo |
|----------------------|----------------------|--------------------|
| Orillas de la cámara | 33 150 \pm 589 lux | 22 440 \pm 0 lux |
| Centro de la cámara | 38 760 lux | 28 560 lux |

También se realizaron mediciones de la densidad de flujo fotónico (PAR), con un instrumento Li-Cor, modelo Li-185A Quantum/Radiometer/Photometer, de la Lambda Instruments Corp., obteniéndose los siguientes datos:

| | A 30 cm del techo | A 90 cm del techo |
|----------------------|--|---|
| Orillas de la cámara | $300 \pm 20 \mu\text{m}^{-2}\text{seg}^{-1}$ | $185 \pm 5 \mu\text{m}^{-2}\text{seg}^{-1}$ |
| Centro de la cámara | $529 \mu\text{m}^{-2}\text{seg}^{-1}$ | $310 \mu\text{m}^{-2}\text{seg}^{-1}$ |

2.3. Termoperfodos (tratamientos)

La temperatura de las cámaras se controla mediante la circulación de aire a una temperatura determinada, según sean ajustados los controles; éste es expulsado por un ventilador ubicado en el fondo de la cámara. Dentro de ésta se encuentra un termostato que registra las variaciones en un termógrafo.

La temperatura y el termoperfodo fueron programados para que dieran los siguientes valores, que constituyeron los tratamientos del experimento:

| <u>No. DE CAMARA</u> | <u>TEMP. DIURNA</u> | <u>TEMP. NOCTURNA</u> |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | $25 \pm 1^\circ\text{C}$ | $15 \pm 1^\circ\text{C}$ |
| 2 | $25 \pm 1^\circ\text{C}$ | $20 \pm 1^\circ\text{C}$ |
| 3 | $25 \pm 1^\circ\text{C}$ | $25 \pm 1^\circ\text{C}$ |

Se ajustaron los controles de la cámara para que los cambios de temperaturas no fueran bruscos, sino de una forma gradual, de tal manera que en las cámaras 1 y 2, las transiciones de temperatura se realizaron en un lapso de 2 horas, de 6 A.M. a 8 A.M. y de 6 P.M. a 8 P.M., como puede apreciarse en los registros de termógrafo (Fig. 3A).

La selección de los tratamientos a probar, se realizó tomando en consideración los rangos manejados en algunos experimentos previos sobre el efecto del termoperíodo en el frijol (Viligerchio y Went, 1957; Rajan y Blackman, 1975; Siddique y Goodwin, 1980), así como las condiciones termoperiódicas reales en las que se desarrolla el frijol en las zonas donde se cultiva, por ejemplo en el Valle de México (Figs. 4A y 5A).

De esta manera, se probaron los termoperíodos en los cuales era de esperar ciertas respuestas en las plantas que permitieran analizar con cierto detalle las variables a estudiar (la fenología, el crecimiento, la floración y el rendimiento y sus componentes), y extraer de este análisis algunas conclusiones con cierto grado de generalización.

3. Descripción del sistema hidropónico

3.1. Descripción general

El sistema hidropónico se instaló dentro de cada cámara para proporcionar una nutrición uniforme a las plantas.

Dentro de cada cubeta se instaló una planta, y en cada cámara se instalaron 8 cubetas de plástico, cantidad que cupo cómodamente, con lo cual se facilitó su manejo y no hubo problemas de sombreado entre las plantas (Fig. 3).

Del octavo al 25avo día después de la siembra, se utilizaron cubetas de 1.5 l de capacidad, para después transferir las plantas a cubetas de 3 l, donde permanecieron hasta la cosecha.

Cada cubeta se pintó externamente con dos capas de pintura: una de color negro y encima otra de color aluminio, esto con el objeto de evitar

el paso de la luz y mejorar la reflexión, pues de lo contrario se desarrollarían algas en la solución, y además podría elevarse demasiado la temperatura de la misma.

Las cubetas tenían una pequeña perforación a una altura uniforme para todas, que sirvió para conservar un nivel uniforme de la solución. Además, contaban con otras dos perforaciones, una para introducir la manguera de aireación y otra para un soporte de alambre ahulado rígido para fijar la manguera y de esta forma colocar la salida del aire a una altura uniforme en todas las cubetas (Fig. 4).

El aire se proporcionó con una pequeña bomba de acuario conectada a un tubo principal de media pulgada de diámetro, al cual se conectaban mangueras de plástico de 1/16 de pulgada de diámetro. La manguera principal descargaba al final en un frasco con agua cuya función fue la de regular la presión dentro de la manguera descargando el exceso de aire.

Para proporcionar una aireación uniforme a cada cubeta, se reguló el paso del aire utilizando pinzas tipo Hoffman, regulables manualmente con un tornillo de presión sobre las mangueras. La cantidad de aire podía uniformizarse observando el burbujeo dentro de la solución, que se procuró fuese lento.

La boca de las cubetas se cubrió con una tapa de madera pintada de color blanco, en el centro de la cual había un agujero donde se introdujo un trozo de tubo de plástico, a través del cual se fijaron las plantas utilizando para esto trozos de unícel y esponja (Fig. 4).

Sobre las tapas de madera se colocó un armazón vertical de alambre para sostener las plantas cuando su tamaño lo hizo necesario.

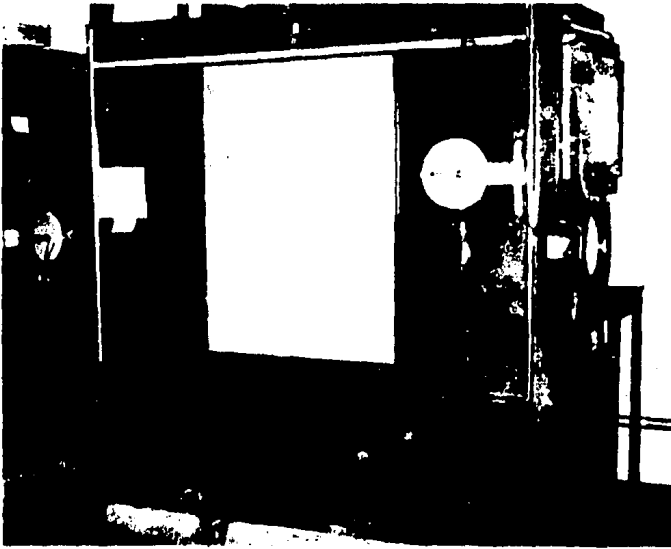


FIG. 1. CAMARA DE AMBIENTE CONTROLADO SHERER CEL 37-14 UTILIZADA EN EL EXPERIMENTO DE TERMOPERIODO. CHAPINGO, MEXICO. 1981.



FIG. 2. PLANTAS DE FRIJOL var. CACAHUATE-72 CRECIENDO EN CAMARA DE AMBIENTE CONTROLADO. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

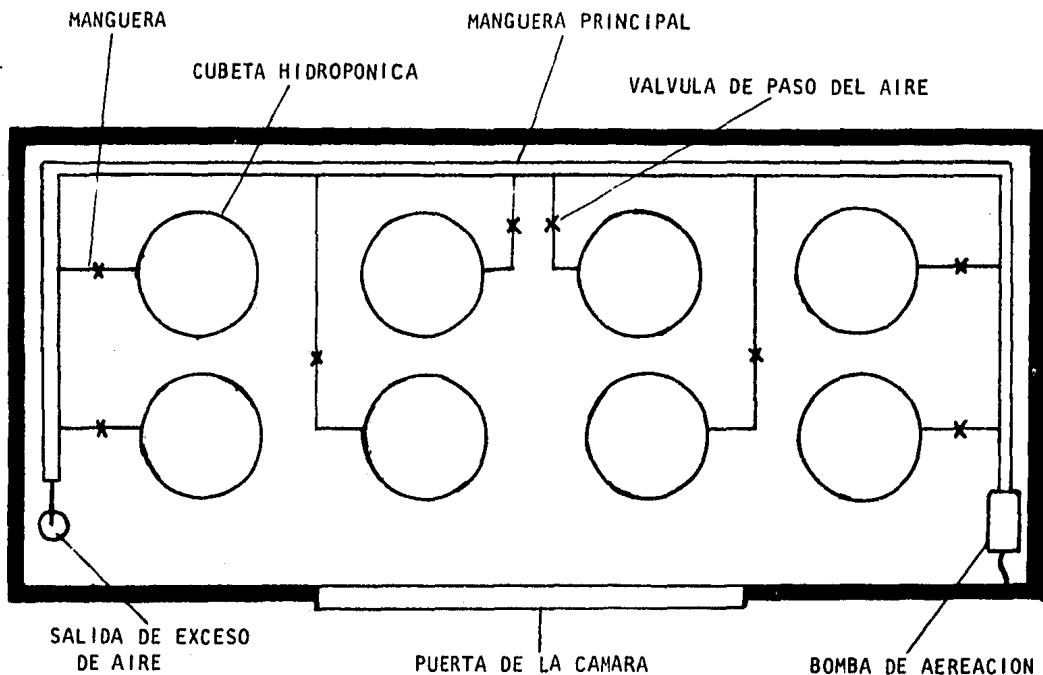


FIG. 3. ESQUEMA DEL SISTEMA HIDROPONICO INSTALADO DENTRO DE LAS CAMARAS DE AMBIENTE CONTROLADO.

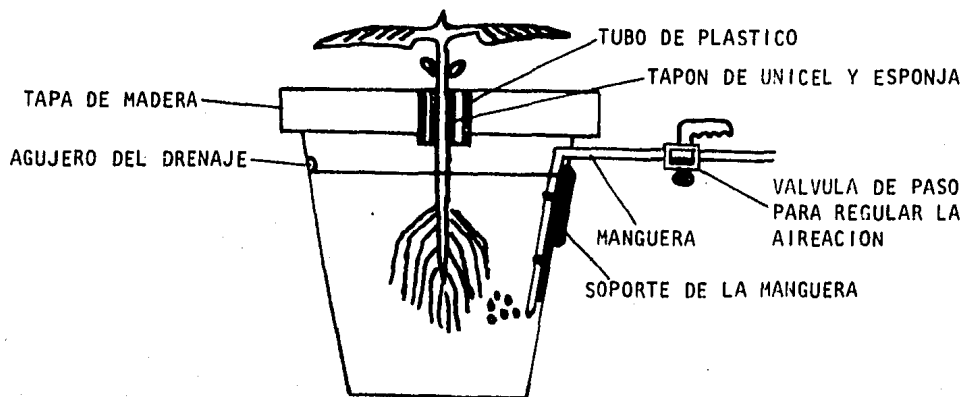


FIG. 4. ESQUEMA DE UNA CUBETA HIDROPONICA

3.2. Solución nutritiva

Se utilizó la solución nutritiva Rahimi Ahmad (1972), cuya eficiencia en la variedad de frijol Cacahuete-72 fue reportada por Oliveira (1978), y Prieto (1981).

La fórmula de esta solución nutritiva se presenta en el Cuadro 1A. Antes de preparar la solución nutritiva, se prepararon soluciones patrón para cada elemento por separado, utilizando reactivos analíticos químicamente puros y agua destilada; estas soluciones se guardaron en frascos color ámbar para evitar su exposición a la luz.

Para preparar la solución nutritiva, se iban agregando uno por uno los diferentes elementos en el agua (antes se ajustaba el pH a 5.5), que aunque no era destilada, no contenía grandes concentraciones de sales (según análisis practicado en el Colegio de Postgraduados).

En el transcurso del experimento, no se presentaron problemas de toxicidad o deficiencia de los elementos proporcionados.

3.3. Control del pH de la solución

El pH adecuado para el óptimo desarrollo de las plantas de frijol es de 5.5, en el cual todos los elementos de la solución nutritiva se encuentran disponibles para las raíces de las plantas.

Antes de añadir los elementos de la solución patrón, el pH del agua era ajustado utilizando un potenciómetro y añadiendo H_2SO_4 1N, hasta obtener el pH de 5.5.

3.4. Cambios de la solución

Una vez instaladas las plantas en la cubetas con la solución nutritiva, se hicieron cambios completos de ésta los días lunes, miércoles y viernes de 8 a 10 A.M. Los otros días, a la misma hora, se restituía el volumen evapotranspirado por las plantas, utilizando solución diluida al 50 por ciento para evitar un concentración excesiva de sales en la solución.

4. Instalación del experimento

4.1. Siembra y germinación

Antes de la siembra, las semillas se desinfectaron utilizando una solución de cinco comprimidos de Hidroclorazone (p-Sulfocloramina de tolueno), durante un lapso de 3 minutos. Después de esto, las semillas se lavaron con agua destilada.

La siembra se realizó el 27/V/81 en vasos Termo-Q de 250 ml con agrolita, los que se colocaron en una incubadora sin luz a temperatura de 25°C.

La emergencia de las plántulas ocurrió el cuarto día, por lo cual los vasos fueron transferidos a un invernadero donde permanecieron hasta el octavo día, cuando las plantitas fueron transferidas a las cubetas con la solución nutritiva dentro de las cámaras de ambiente controlado.

Las primeras 72 horas después de la siembra, las semillas se regaron diariamente con solución nutritiva diluida al 10 por ciento, las siguientes 72 horas con solución al 30 por ciento, después con solución al 50 por ciento, hasta el octavo día, cuando se transfirieron a las cubetas --

con la solución nutritiva completa.

Se realizó una segunda siembra de igual manera el 10/VII/81, con el objeto de contar con plantas para reposición.

4.2. Transferencia de las plantas al sistema hidropónico

El octavo día después de la siembra, las plantitas fueron transferidas a las cubetas con la solución nutritiva donde recibirían los tratamientos termoperiódicos dentro de las cámaras.

Al momento del traspaso, las dos hojas simples se encontraban completamente extendidas y el sistema radical poco desarrollado permitía su paso a través del orificio donde se fijaron las plantas en las cubetas. Si durante el traspaso se dañaba el sistema radical, la plantita se desechaba.

se colocó una planta por cubeta, según se aprecia en la Fig. 4.

4.3. Rotación de las plantas

En el transcurso del experimento, diariamente se realizaron rotaciones de la localización de las plantas dentro de la cámara. Esto se hizo al azar, con el objeto de someter a todas las plantas a iguales condiciones ambientales, pues dentro de las cámaras se da cierto grado de variación en la temperatura y la intensidad luminosa.

5. Registro de datos

5.1. Fenología

Se tomaron datos del desarrollo fenológico de tres plantas (repeticiones) por tratamiento.

Las variables registradas fueron:

- a) Inicio de floración
- b) Final de floración
- c) Período de floración
- d) Madurez fisiológica
- e) Período de postfloración-1 (del inicio de la floración a la madurez fisiológica)
- f) Período de postfloración-2 (del final de la floración a la madurez fisiológica)

5.2. Crecimiento y análisis del crecimiento

5.2.1. Peso seco total acumulado por planta y su asignación en los diferentes órganos del frijol

Para evaluar el peso seco total, así como su distribución en los diferentes órganos de la planta, se realizaron muestreos durante el período de crecimiento de 2 plantas por tratamiento. Los diferentes órganos se metieron por separado en bolsas de papel y fueron secados en estufas con circulación forzada de aire a 70°C durante 3 días.

En estos muestreos se hizo la determinación del peso seco total por planta y de los órganos siguientes:

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| a) Rafz | g) Lámina que sufrió abscisión |
| b) Tallo principal | h) Vainas vanas |
| c) Ramas | i) Vainas caídas |
| d) Pecíolos | j) Pericarpio de vainas normales |
| e) Lámina del tallo principal | k) Semilla normal |
| f) Lámina de las ramas | |

5.2.2. Crecimiento del área foliar

Se realizaron mediciones del área foliar de las plantas muestreadas según el inciso anterior. Además, se realizaron mediciones adicionales del área foliar sin destruir las plantas, dibujando sobre papel del área de todas las hojas de las plantas en fechas escogidas, con el objeto de seguir la dinámica de su crecimiento. Las mediciones del área foliar se realizaron con un medidor automático Hayashi Denko Co. LTD. modelo AAm⁻⁵, Tokio, Japón. Además de la determinación del área foliar total por planta, se consideró su distribución en los siguientes tipos de ramas:

- a) Tallo principal
- b) Ramas de yemas de nomófilos
- c) Ramas de yemas de profilos

5.2.3. Tasa de aparición de las hojas en el tallo principal

Para obtener las curvas de crecimiento de las hojas del tallo principal, se realizaron mediciones de la longitud y el ancho del foliolo central de las hojas trifoliadas. Estas mediciones se realizaron cada tercer día, desde el momento en que el foliolo central tenía una longitud

aproximada de 4 cm y comenzaba a desplegarse, de tal forma que pudiera medirse también el ancho sin dañarlo, hasta que las hojas cesaron su crecimiento.

Se tomaron datos de 3 plantas por tratamiento y con las medidas se construyeron curvas de acuerdo a la distribución de los puntos, ajustán dolas empíricamente.;

Con las curvas elaboradas, se calculó el plastocrono promedio para cada tratamiento (definición en resultados y discusión).

5.2.4. Desarrollo del tallo y de las ramas

Para el estudio de este aspecto, se tomaron datos de tres plantas por tratamiento al momento de la cosecha.

Las variables consideradas fueron:

- a) Longitud del tallo principal
- b) Longitud de los entrenudos del tallo principal
- c) No. de nudos del tallo principal
- d) No. de nudos de las ramas

5.3. Análisis de la floración

El estudio de la floración se hizo sobre tres plantas por tratamien to, etiquetando las flores conforme presentaban la antesis llevando además un registro donde se anotaron los siguientes datos: fecha de antesis ubicación de las flores en la planta, y el destino de éstas.

Las variables estudiadas fueron:

- a) Total de flores por planta
- b) Ubicación de las flores por tipos de ramas:
 - i) en la inflorescencia terminal del tallo principal
 - ii) en las ramas de yemas de nomófilos
 - iii) en las ramas de yemas de profilos
- c) Transformación de las flores en:
 - i) vainas normales
 - ii) vainas vanas
 - iii) vainas que sufren abscisión
- d) El orden de antesis en relación con la ubicación de las flores por tipos de ramas
- e) El orden de antesis en relación con el destino de las flores

5.4. Análisis del rendimiento

Al momento de cosechar las plantas, después de la madurez fisiológica, éstas fueron secadas en estufas durante 3 días a 70°C, para posteriormente hacer las siguientes determinaciones:

- a) Componentes del rendimiento
 - i) rendimiento en semilla por planta (g/pl)
 - ii) No. de semillas normales por planta
 - iii) No. de vainas normales por planta
 - iv) No. de semillas normales por vaina

b) Otros parámetros que evalúan el rendimiento

- i) peso seco del pericarpio por planta (g/pl)
- ii) peso seco total de la planta (con raíz)*
- iii) peso seco total de la planta (sin raíz)*
- iv) Índice de Cosecha (sin incluir raíz)*
- v) Índice de Cosecha (incluyendo raíz)*
- vi) Índice de llenado de vaina (K_j)

c) Distribución del rendimiento por tipos de ramas

- i) en ramas de yemas de nomófilos
- ii) en ramas de yemas de profilos
- iii) en la inflorescencia terminal del tallo principal

d) Correlaciones entre el rendimiento y sus componentes

6. Análisis estadístico

6.1. Diseño experimental utilizado

Dado que las condiciones experimentales fueron homogéneas y a que la única variable independiente evaluada fue el termoperíodo, se utilizó para el análisis estadístico un diseño completamente al azar, cuyo modelo es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = Observación j del tratamiento i

μ = Media general

T_i = Efecto del tratamiento i

ϵ_{ij} = Error experimental

* Al evaluar estas variables, se consideró en el peso seco total de la planta, a los órganos caídos, como las hojas que sufrieron abscisión y las vainas caídas, que fueron colectados durante todo el período de crecimiento.

Para el análisis de varianza se consideraron dos situaciones:

- a) Cuando el número de repeticiones por tratamiento fue igual, como en el caso de los datos fenológicos y los datos de floración, donde se consideraron 3 repeticiones por tratamiento.
- b) Cuando el número de repeticiones por tratamiento no fue igual, como en el caso de los datos de cosecha, donde se consideraron 3, 4 y 4 repeticiones para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C.

El análisis de varianza se realizó en el Centro de Estadística y Cálculo del C.P. Chapingo, Méx., utilizando el sistema SAS-79. Cuando el análisis de varianza reveló diferencias significativas se realizó la prueba de Tukey para discriminación de medias.

Esta prueba se realizó manualmente, considerando las dos situaciones mencionadas para el análisis de varianza.

6.2. Otras medidas de variación

Los datos que no pudieron ser sometidos al análisis de varianza, como los muestreos de crecimiento del peso seco y del área foliar, fueron analizados estimando la desviación estándar ($S_{\bar{x}}$) y en algunos casos los intervalos de confianza (IC), utilizando la fórmula: $IC = \bar{X} \pm S_{\bar{x}} t_{(0.05, N-1 \text{ gl})}$.

6.3. Coeficientes de correlación

Para determinar las correlaciones entre el rendimiento y sus componentes, se obtuvieron los coeficientes de correlación (r), utilizando el programa SAS-79.

6.4. Modelos de regresión lineal simple

Utilizando el SAS-79, se obtuvieron las ecuaciones de regresión lineal simple entre el rendimiento y algunos de sus componentes al momento de la cosecha.

7. Definición de algunos términos

Dado que en este trabajo se analiza la distribución de las flores, al área foliar y las vainas en las siguientes estructuras:

- a) Inflorescencia terminal del tallo principal
- b) Ramas de yemas de nomófilos
- c) Ramas de yemas de profilos

creemos conveniente dejar claro a que nos estamos refiriendo al utilizar estos términos.

En frijol, la ramificación inicia en un nudo, generalmente en la axila de una hoja trifoliada, aunque puede existir ramificaciones en el nudo donde se insertan las dos hojas simples, donde se desarrollan dos ramas opuestas.

En las axilas de las hojas trifoliadas, entre el tallo y el pulvino del pecíolo, como en la inserción de los cotiledones y de las hojas simples, se encuentran tres yemas, de las cuales la central es generalmente la más visible. Estas tres yemas forman un complejo axilar llamado Trifada, de las cuales, la central se denomina yema del nomófilo y las dos laterales, yemas de los profilos. El nomófilo es la hoja trifoliada, o una hoja simple y los profilos son pequeñas hojas rudimentarias que no

se desarrollan (Engleman, 1979; CIAT, 1980).

La disposición de estas estructuras se ve en la Fig. 5.

Las tríadas las encontramos tanto en los nudos del tallo principal como en los de las ramas, sin embargo, para este trabajo, hemos agrupado la ubicación de las flores, vainas y área foliar, tomando como referencia el desarrollo de las tríadas que se encuentran en los nudos del tallo principal, en el cual se pueden observar los siguientes tipos de desarrollo para el caso de la var. Cacahuatense-72:

- a) Únicamente se desarrollan las yemas de nomófilos, originando una rama central, que termina en inflorescencia. En el nudo 2, donde se insertan las dos hojas simples, estas yemas originaron dos ramas opuestas, como se ve en la Fig. 6a.
- b) La yema del nomófilo se desarrolla en una rama central que termina en inflorescencia. Después, únicamente una de las yemas de los profilos se desarrolla para formar una rama que también termina en inflorescencia. Esto ocurrió en los nudos 3 y 4 de la planta (Fig. 6b).
- c) La yema del nomófilo se desarrolla primero formando una inflorescencia. Posteriormente, una de las yemas de los profilos se desarrolla en una rama con inflorescencia terminal, lo cual ocurre en los nudos 5 y 6 (Fig. 6c).
- d) En el último nudo del tallo principal (nudo 7), las dos yemas de los profilos originan botones que se transforman en flores y luego en vainas. Estas yemas, flores o vainas, se

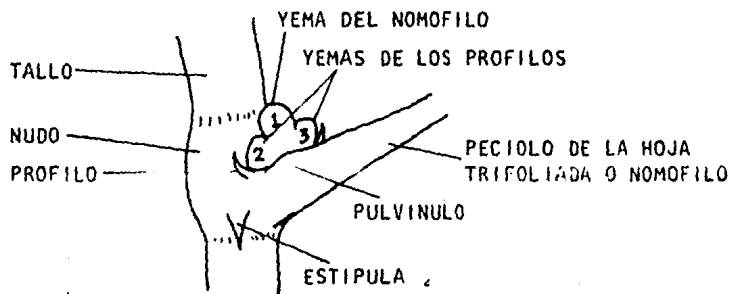


FIG. 5. LOCALIZACION DE LAS TRIADAS AXILARES EN FRIJOL

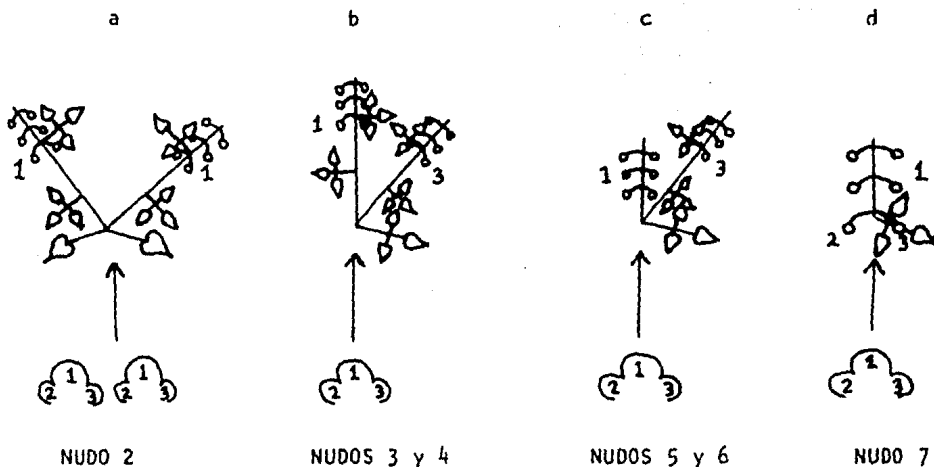


FIG. 6. TIPOS DE DESARROLLO DE LAS TRIADAS QUE SE ENCUENTRAN EN LOS NUDOS DEL TALLO PRINCIPAL DEL FRIJOL var. CACAHUATE-72.

denominan, atendiendo a su ubicación, como axilares subter_ minales. La yema del nomófilo tiene un desarrollo floral al originar una inflorescencia, (Fig. 6d).

V. RESULTADOS Y DISCUSION

1. Datos fenológicos

Para estudiar el efecto de los tratamientos termoperiódicos sobre el desarrollo fenológico de la var. Cacahuate-72, se consideraron seis variables, las que fueron analizadas estadísticamente. Los resultados se encuentran en el Cuadro 2A y la Figura 7.

1.1. Días al inicio de la floración

Se refiere al número de días transcurridos desde la siembra hasta la antesis de la primera flor en cada tratamiento.

Se encontraron diferencias altamente significativas en los resultados. Los días al inicio de la floración fueron de 33.0, 29.7 y 26.0 días respectivamente para los tratamientos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C.

1.2. Días al final de la floración

Se refiere al número de días transcurridos desde la siembra hasta la antesis de la última flor en cada tratamiento. El número de días fue de 44.0, 39.0 y 37.3 para los tratamientos 25/15°C 25/20°C y 25/25°C. Se puede observar la misma tendencia a disminuir el número de días al aumentar la temperatura nocturna, aunque estadísticamente el segundo y tercer resultado son iguales.

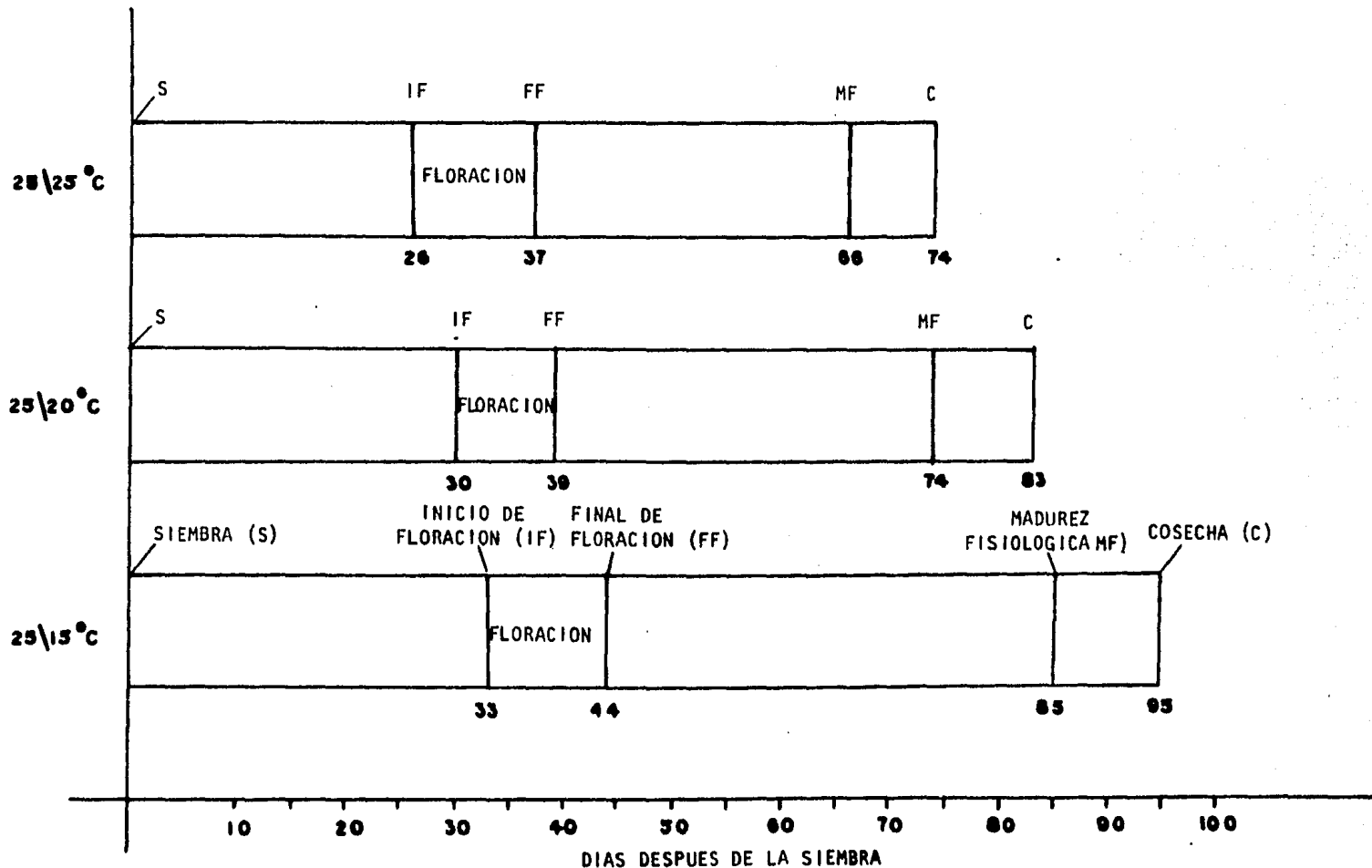


FIG. 7. EFECTO DE TRES TERMOPERIODOS SOBRE LA FENOLOGIA DEL FRIJOL var. CACAHUATE-72 CHAPINGO, MEXICO. 1981 (Promedios de 3 plantas).

1.3. Período de floración

Se refiere al número de días que transcurren desde la antesis de la primera flor hasta la antesis de la última flor en cada tratamiento, es decir, la amplitud del período de floración.

Este fue de 12.0, 10.3 y 12.0 días para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C respectivamente. El análisis estadístico muestra que no hay diferencias significativas en esta variable.

1.4. Días a la madurez fisiológica

Se refiere al número de días transcurridos desde la siembra hasta que el cien por ciento de las vainas alcanzan la madurez fisiológica, presentando un color café pajizo.

Se observa una clara tendencia que nos muestra que mayores temperaturas nocturnas reducen el ciclo de crecimiento, pues la madurez fisiológica se presentó a los 85.3, 74.3 y 66.0 días después de la siembra para los termoperíodos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C. El análisis estadístico indica que las diferencias observadas son altamente significativas.

1.5. Período de postfloración-I

Se consideró como el número de días transcurridos desde la antesis de la primera flor hasta la madurez fisiológica.

La tendencia observada es que al aumentar la temperatura nocturna se reduce el número de días de este período, pues los resultados fueron de 52.3, 44.7 y 40.0 días para los tratamientos 25/15°C, 25/20°C y - -

25/25°C. Estas diferencias son altamente significativas.

1.6. Período de postfloración-2

Se consideró como el número de días transcurridos desde la antesis de la última flor hasta la madurez fisiológica en cada tratamiento.

Los resultados fueron 41.3, 35.3 y 28.7 días para los tratamientos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C. Según el análisis estadístico, las diferencias son altamente significativas.

En resumen, tenemos que a medida que se incrementan las temperaturas nocturnas, hay un acortamiento de las fases fenológicas, a excepción del período de floración.

Resultados similares se han reportado por Viglerchio y Went (1957), quienes encontraron que las bajas temperaturas nocturnas retrasaron el inicio de la floración en el frijol ejotero Kentucky Wonder.

Thomas y Raper (1978), consignan que en soya, las temperaturas altas diurnas y nocturnas reducen el número de días transcurridos de la siembra a la antesis.

Siddique y Goowin (1980), reportan que el período de desarrollo y maduración de la semilla en frijol se reducen cuando la planta se somete a termoperíodos altos durante esta etapa.

A nivel fisiológico, los procesos que se ven afectados por los incrementos en la temperatura nocturna, y que nos pueden explicar los resultados son los siguientes:

La variación en el inicio de la floración indica que hubo una interacción entre el termoperíodo y el fotoperíodo.

Según Murfet (1977), en frijol se encuentran variedades que muestran respuestas de día neutro y día corto. Darshan y Munger (1969), por otra parte indican que en frijol parece haber dos pares de genes que gobiernan la sensibilidad al termoperíodo para florecer.

Cabe esperar que al incrementarse la temperatura nocturna, aumente la transformación de Pfr a Pr, ya que esta reacción muestra un Q_{10} de 3.5 (Hillman, 1967). Según Devlin (1980), Pr estimula la floración en plantas de días cortos y la inhibe en plantas de días largos.

Posiblemente esta respuesta se relacione con el desarrollo vegetativo previo a la floración, ya que se encontró en este experimento que el área foliar al iniciarse la floración fue similar en los tres tratamientos y de acuerdo con Zeevart (1976), el estímulo fotoperíodo es captado en las hojas, pudiendo ser afectado por otros factores (aparte de la luz), relacionados con el estado metabólico de las plantas (como la respiración nocturna en este caso), o por la síntesis de algún factor o florigén, lo cual incide finalmente en la iniciación floral y la formación de flores.

2. Crecimiento y análisis del crecimiento

2.1. Peso seco total acumulado por planta y su asignación en los diferentes órganos del frijol

El análisis del crecimiento que se reporta en este inciso, nos permite observar la distribución del peso seco en los diferentes órganos

del frijol a medida que éste se desarrolla, así como el determinar las variaciones surgidas en función del termoperíodo. Para ello, se realizaron muestreos de plantas en diferentes estadios de desarrollo, en los cuales se determinó el peso seco de sus órganos constituyentes (Figs. 8, 9 y 10; Cuadros 5A, 6A y 7A).

2.1.1. Muestreo al momento del trasplante

Este se realizó a los ocho días después de la siembra, cuando las plántulas fueron transplantadas a las cubetas con la solución hidropónica, donde en lo sucesivo recibirían los tratamientos termoperiódicos.

En este momento, las hojas simples se encontraban extendidas y en pleno crecimiento. El peso seco total fue de 0.40 g, correspondiendo 0.13 g a la raíz, 0.10 g al tallo y 0.17 g a las dos hojas simples que emergen en el segundo nudo del tallo, así como a los cotiledones que aún se encontraban adheridos al primer nudo.

2.1.2. Muestreo al inicio de la floración

Este se realizó para cada tratamiento al momento del inicio de la floración, es decir, a los 33, 30 y 26 días para los termoperíodos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C.

En este momento, las plantas para cada tratamiento presentaban 6 ó 7 nudos en el tallo principal, habiendo iniciado la floración en los tres casos en las yemas axilares laterales subterminales del tallo principal. Además, se encontraban en todos los nudos del tallo principal, - - -

inflorescencias con botones en diferentes grados de desarrollo.

El peso seco total es de 7.6, 9.3 y 8.2 g para 25/15°C 25/20°C y 25/25°C.

Puede verse en las Figs. 8, 9 y 10, que la principal aportación al peso seco está dada en este momento por la lámina foliar del tallo principal, que es de 3.8, 3.8 y 3.9 g para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C, lo cual corresponde al 50, 40 y 48 por ciento del peso seco total respectivamente.

Luego se tiene la aportación de la raíz, que es de 1.6, 1.7 y 1.6 g para los tratamientos indicados, lo cual corresponde al 21, 18 y 20 por ciento del peso seco total.

El peso seco del tallo principal es de 12, 14 y 14 por ciento. Las ramas aportan el 5, 7 y 4 por ciento, y los pecíolos el 5, y 6 por ciento para los tratamientos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C respectivamente. Finalmente, el porcentaje del peso seco de las hojas de las ramas es de 7, 15 y 8 por ciento para los termoperíodos indicados.

2.1.3. Muestreo de postfloración (50 días)

La floración concluyó a los 44, 39 y 37 días para los tratamientos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C, y este muestreo se realizó a los 50 días en los tres casos.

El peso seco total es de 19.6, 24.6 y 30.5 g respectivamente para cada tratamiento.

Esto implica que al aumentar la temperatura nocturna, la tasa de crecimiento fue mayor, acumulando mayor cantidad de materia seca el tratamiento 25/25°C.

En el orden de 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C, el peso seco de la raíz es de 2.7, 2.9 y 3.5 g; del tallo principal es de 1.9, 2.2 y 1.4 g; de las ramas es de 1.5, 2.6 y 1.9 g; 1.0, 1.0 y 1.2 g de los pecíolos; 5.0, 3.8 y 2.4 g de la lámina del tallo principal; 3.1, 4.9 y 5.9 g de la lámina de las ramas.

Para el tratamiento 25/25°C, hay 0.5 g de lámina foliar que 2, 3 y 4 del tallo principal.

En cuanto al peso seco de los órganos reproductivos, para 25/15°C, hay 4.3 g de pericarpio, no habiéndose formado aún la semilla; para 25/20°C, hay 0.37 g de vainas vanas, 4.2 g del pericarpio de vainas normales y 2.6 g de semilla normal; mientras que para 25/25°C, hay 0.99 g de vainas vanas, 4.4 g de pericarpio de vainas normales y 8.8 g de semilla normal.

2.1.4. Muestreo de postfloración (70 días)

Las plantas de frijol alcanzaron la madurez fisiológica a los 85, 74 y 66 días para los termoperiodos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C. Puede compararse la muestra del tratamiento 25/25°C que fue tomada a los 74 días (cosecha), con las otras dos, pues prácticamente desde que llegó a la madurez fisiológica a los 66 días, ya no hubo posterior crecimiento de sus órganos.

En este muestreo, el peso seco total fue de 44.4, 55.6 y 54.5 g para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C.

Para los mismos tratamientos, encontramos 3.8, 4.7 y 6.8 g de la raíz; 4.7, 3.2 y 4.1 g de la lámina del tallo principal; 5.8, 6.5 y 10.1 g de la lámina de las ramas; 2.6, 1.9 y 2.1 g de lámina que sufrió abscisión; 1.9, 2.8 y 3.1 g de las ramas y 2.2, 2.4 y 2.2 g del tallo principal.

En cuanto a los órganos reproductivos, para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C, hay 14.1, 27.3 y 18.9 g de semilla normal; 6.9, 5.2 y 3.9 g de pericarpio de vainas normales.

2.1.5. Muestreo de cosecha

La cosecha se realizó a los 95, 83 y 74 días para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C, es decir, varios días después de que las plantas alcanzaron la madurez fisiológica.

Este muestreo permite determinar la asignación final de la materia seca en las plantas, en donde lo más importante sería el cuantificar los componentes del rendimiento, que serán analizados con detalle en el inciso .

El peso seco total es de 64.4, 62.0 y 54.5 g para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C.

El peso de la semilla normal es de 27.6, 29.2 y 18.9 g y el del pericarpio de 5.9, 5.3 y 4.0 g respectivamente para los tratamientos referidos.

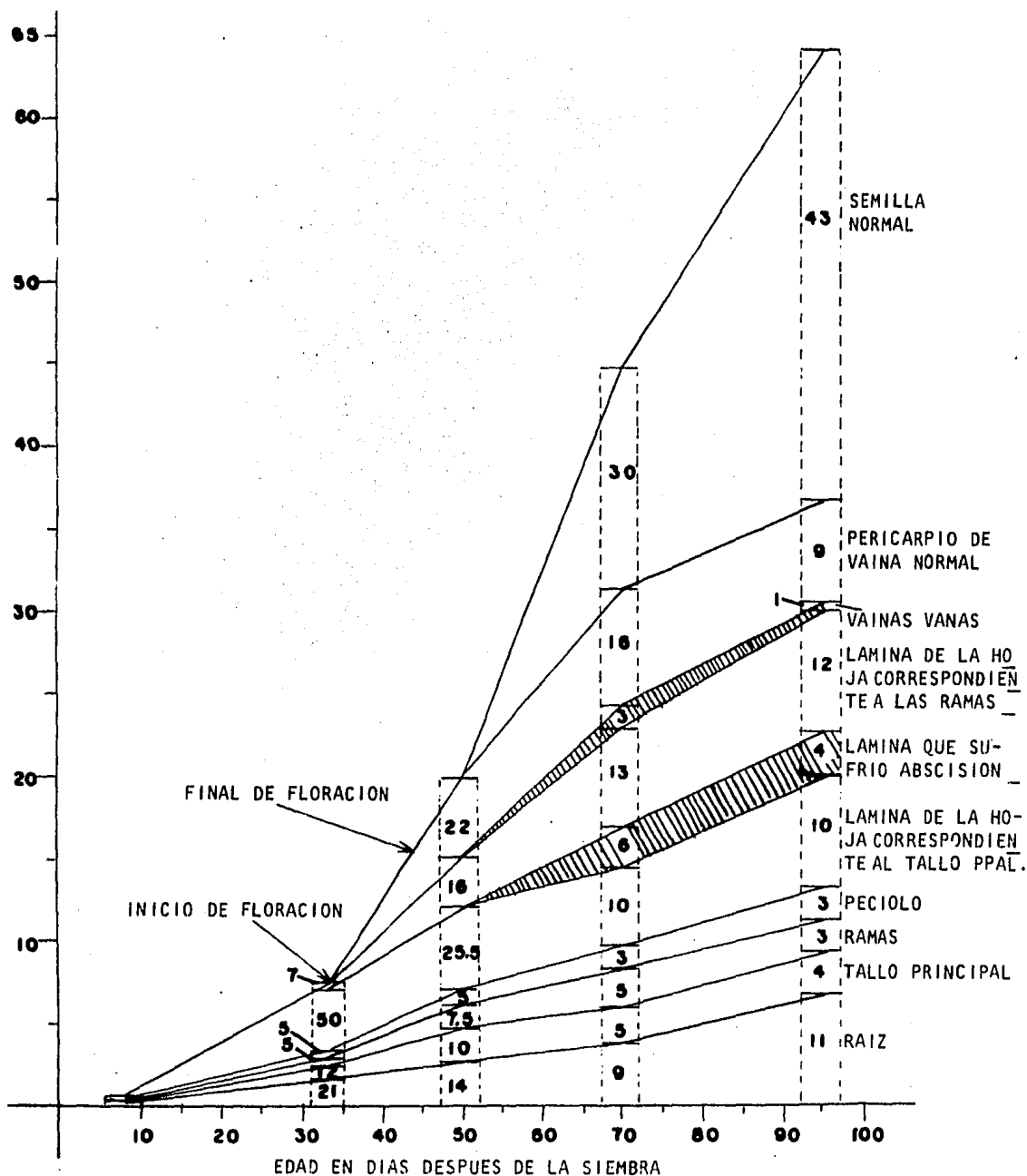


FIG. 8. PESO SECO TOTAL ACUMULADO POR PLANTA (gramos/planta) Y SU ASIGNACION EN LOS DIFERENTES ORGANOS DE FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TEMPERATURAS 25°C DIA - 15°C NOCHE. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

Los números dentro de las barras indican porcentajes del peso seco total en cada muestreo (datos promedio de 6, 2, 2, 2 y 3 plantas).

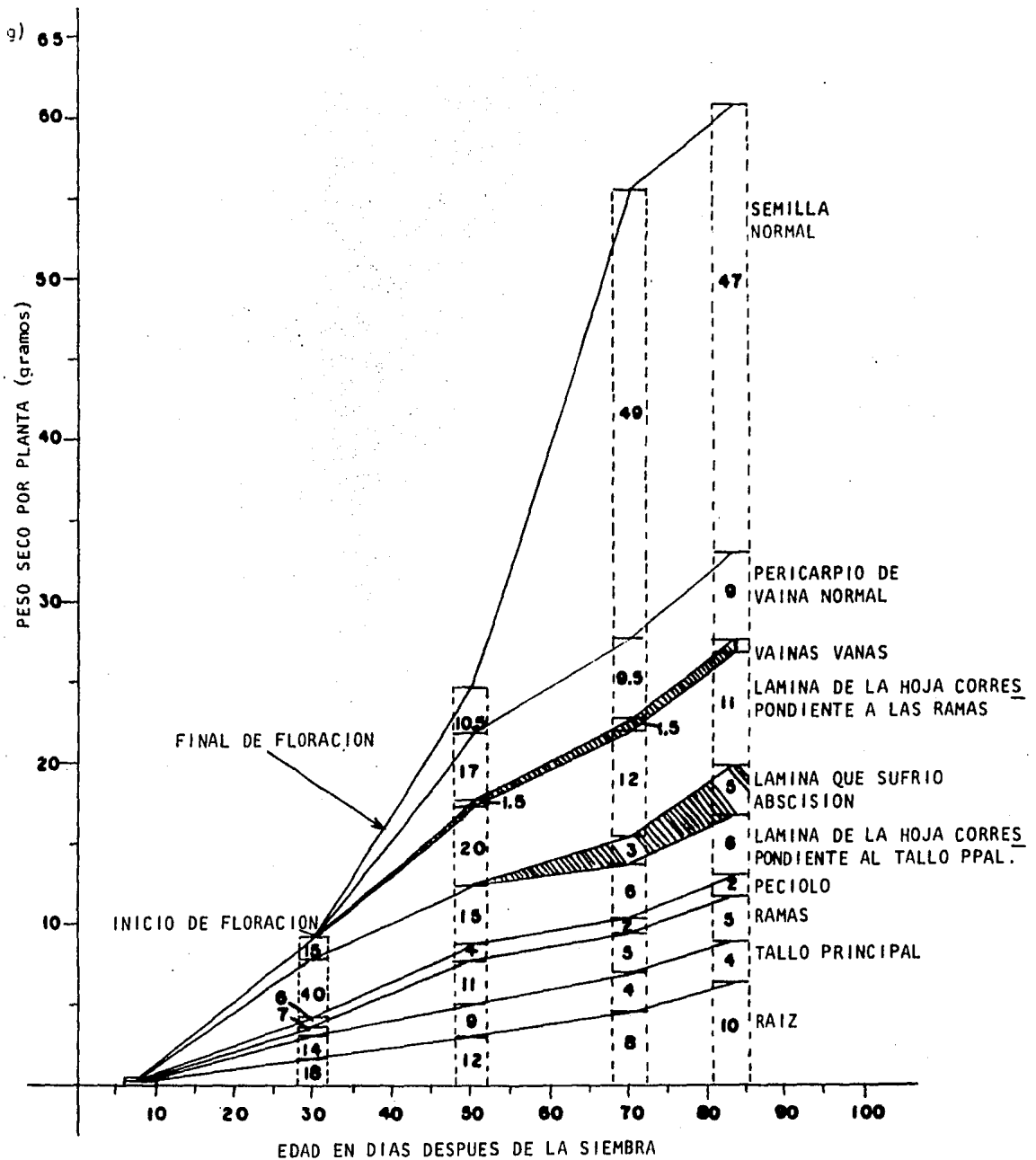


FIG. 9. PESO SECO TOTAL ACUMULADO POR PLANTA (gramos/planta) Y SU ASIGNACION EN LOS DIFERENTES ORGANOS DE FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25°C DIA - 20°C NOCHE. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

Los números dentro de las barras indican porcentajes del peso seco total en cada muestreo. (datos promedio de 6, 2, 2, 2 y 4 plantas).

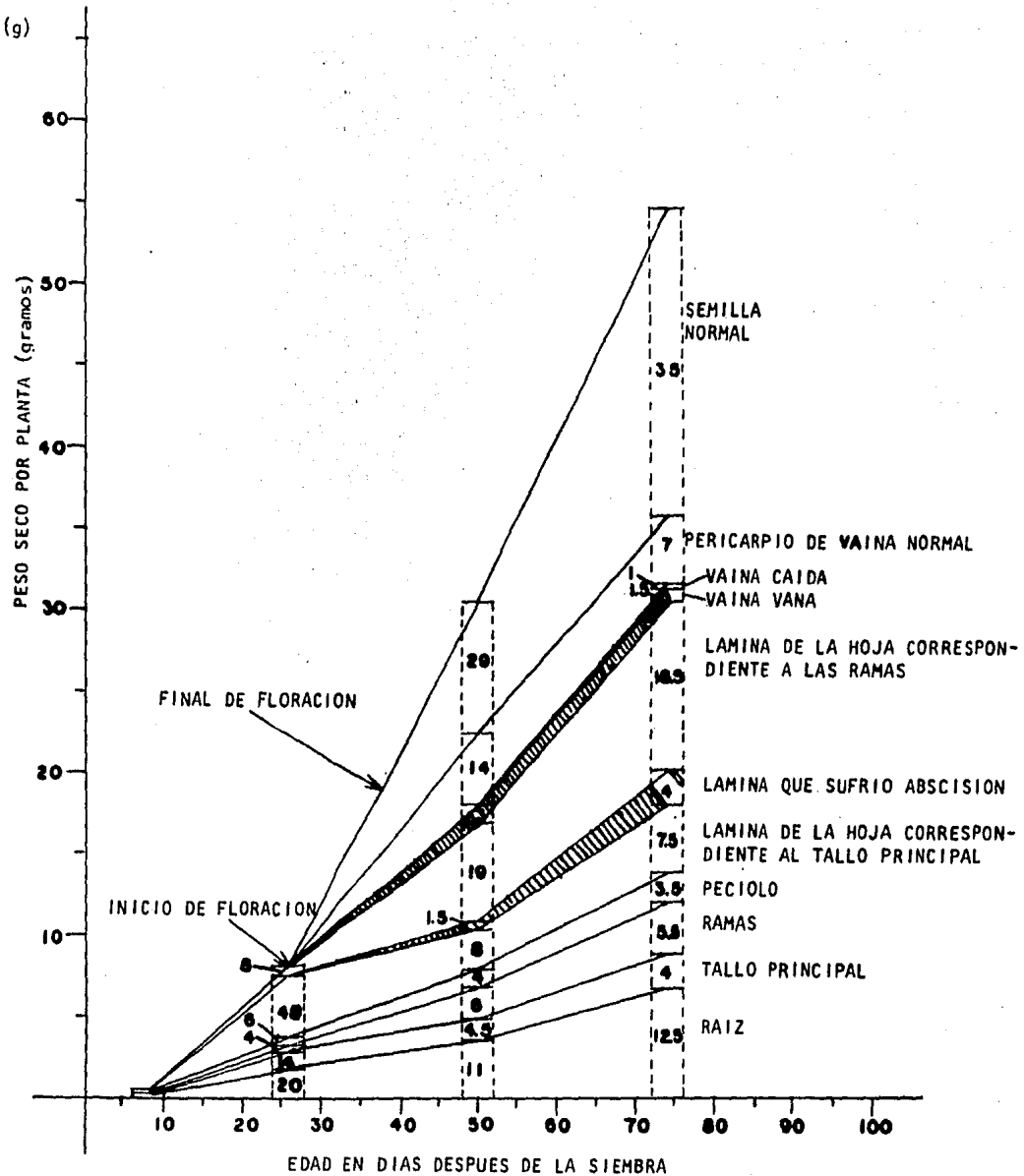


FIG. 10. PESO SECO TOTAL ACUMULADO POR PLANTA (gramos/planta) Y SU ASIGNACION EN LOS DIFERENTES ORGANOS DE FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TEMPERATURA 25°C DIA - 25°C NOCHE. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

Los números dentro de las barras indican porcentajes del peso seco total en cada muestreo. (datos promedio de 6, 2, 2 y 4 plantas).

El peso del tallo principal es de 2.8, 2.5 y 2.2 g y el de las ramas de 1.9, 2.8 y 3.1 g; el peso seco de la lámina foliar del tallo principal es de 6.7, 3.6 y 4.1 g; el correspondiente a la lámina foliar de las ramas es de 7.4, 6.9 y 10.1 g; 2.7, 3.1 y 2.1 g de lámina que sufrió abscisión. Finalmente, el peso de la raíz fue de 6.8, 6.3 y 6.8 g para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C.

La asignación del peso seco a través del período de crecimiento para los tres tratamientos puede sintetizarse de la siguiente manera:

Desde la siembra hasta el inicio de la floración, hay un incremento en el peso seco del área foliar del tallo principal y el de la raíz. En menor medida se incrementa el peso seco de las ramas y su área foliar.

Desde el inicio de la floración hasta los 50 días, cuando se efectuó el siguiente muestreo, se observa que el tallo principal y su área foliar continúan creciendo para 25/15°C, mientras que para 25/20°C, éste es menor, disminuyendo incluso el área foliar de 25/25°C, debido a la abscisión de las hojas inferiores. En este lapso, el crecimiento de las ramas y su área foliar es notable, acentuándose más en el tratamiento 25/25°C. La raíz continúa incrementando su peso seco en los tres tratamientos.

Respecto a los órganos reproductivos, empieza a aumentar el peso seco del pericarpio para el tratamiento 25/15°C, mientras que para 25/20°C y 25/25°C, además del pericarpio también aumenta el peso seco de la semilla, el cual es mayor para el tratamiento 25/25°C en ese momento.

De los 50 a los 70 días, continúa aumentando el peso de las ramas y su área foliar, así como el de la raíz.

En este período se observan incrementos en el peso seco del pericarpio y de la semilla para el tratamiento 25/15°C, mientras que para los otros dos tratamientos, se observa una pequeña disminución en el peso del pericarpio y un gran incremento en el peso de la semilla.

De los 70 días al momento de la cosecha a los 95 días para el tratamiento 25/15°C, se observa que éste sufre un pequeño descenso en el peso del pericarpio, a la vez que el peso de la semilla se incrementó al doble en este lapso.

Para el tratamiento 25/20°C, casi no hubo cambios en la asignación del peso seco de los 70 días a la cosecha, ya que la madurez fisiológica llegó a los 4 días después de efectuado este muestreo, aunque la cosecha se realizó a los 83 días.

En los tres tratamientos, se observa que la raíz siguió creciendo hasta el momento en que se realizó la cosecha, siendo su peso seco final muy similar en los tres casos.

De acuerdo a lo antes visto, se puede afirmar que se suceden los mismos eventos en el crecimiento de las plantas en los tres tratamientos, con la diferencia que a mayores temperaturas nocturnas hay un crecimiento más rápido de los diferentes órganos de la planta, de tal forma que éstas van llegando a las sucesivas fases fenológicas más rápidamente, por lo cual se acorta el período de crecimiento, lo cual se manifiesta en el tratamiento 25/25°C, con un menor peso seco total, afectándose principalmente el peso seco de los órganos reproductivos, que se reduce en relación a los otros dos tratamientos.

Tanaka y Fujita (1979), indican que en el frijol se pueden diferenciar cuatro fases durante su ciclo de crecimiento: a) crecimiento vegetativo, durante el cual se desarrollan y crecen el tallo, las ramas y las hojas; b) la floración, durante la cual ocurre el desarrollo y antesis de las flores, continuando además el crecimiento del tallo, las ramas y las hojas; c) crecimiento del pericarpio, caracterizado por el crecimiento de estos órganos y d) crecimiento del grano, durante el cual las semillas dentro del pericarpio crecen activamente.

Los mismos autores, señalan que en el frijol, las etapas de floración y crecimiento del pericarpio son críticas debido a que la fuente de fotosintatos aportados por las hojas, es menor a la demanda de éstos, ya que además del crecimiento de los órganos reproductivos, hay un intenso crecimiento de órganos vegetativos demandantes de fotosintatos. Esto provoca la caída de las flores y vainas que la planta no puede sotener. Posteriormente, durante la etapa de crecimiento del grano, una vez que se han establecido las vainas normales, la fuente puede exceder a la demanda.

En los resultados obtenidos, se puede observar que a medida que se incrementa la temperatura nocturna, el crecimiento de las plantas es más rápido, es decir, hay una mayor tasa de crecimiento, pues al inicio de la floración, que ocurrió a los 33, 30 y 26 días para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C, el peso seco total es de 7.6, 9.3 y 8.2 g respectivamente.

Dado que la temperatura diurna fue la misma en los tres tratamientos, puede esperarse que el efecto de los termoperíodos probados afecte la respiración nocturna y no la fotosíntesis.

Se ha encontrado que, dada la naturaleza enzimática de la respiración, ésta es muy afectada por la temperatura, mostrando una respuesta positiva del orden de $Q_{10} = 2.0-2.5$ (Goodman y Wedding, 1956; Sutcliffe, 1979).

Evans (1975) y Bidwell (1979), indican que la respiración nocturna juega en la planta un doble papel: el de proporcionar energía para el mantenimiento y para el crecimiento. El mantenimiento se relaciona con la regeneración y restauración, así como con la operación de los sistemas fisiológicos de la planta, y está en función del tamaño de la misma; el crecimiento se relaciona con la síntesis y acopio de los materiales y sistemas operativos que constituyen la planta, es decir, con la acumulación de materia seca y el desarrollo.

Señalan además que durante el desarrollo, la respiración de mantenimiento es mucho más baja que la respiración de crecimiento, sin embargo, a medida que la planta llega a la madurez, la situación se invierte.

No obstante que la tasa de crecimiento se incrementa al aumentar la temperatura nocturna, el peso seco total a la cosecha es menor para 25/25°C, que para los otros tratamientos.

Lo anterior parece ser el resultado del acortamiento del período de crecimiento, ya que el tratamiento 25/15°C, llegó a la madurez fisiológica a los 85 días, con un peso seco total de 64.4 g; el tratamiento 25/20°C a los 74 días con un peso seco de 62.0 g, y 25/25°C a los 66 días con 54.5 g.

Se observa además en los resultados que esta disminución del peso seco afecta más que nada al peso de la semilla, que fue de 27.6, 29.2 y

18.9 g para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C.

Evans (1976), indica que las altas temperaturas en general, reducen el peso de las semillas en arroz y trigo, como consecuencia de que se reduce el período de llenado de éstas, tal vez debido a que las altas temperaturas reducen la vida media de las enzimas involucradas en el almacenaje de las proteínas de las hojas, acelerándose con esto su senescencia.

Siddique y Goodwin (1980), encontraron que en la var. Apollo de frijol, los termoperíodos altos redujeron el tamaño de la semilla y su calidad, así como el período de desarrollo y maduración de ésta.

En general, se puede considerar que el crecimiento de los órganos reproductivos se efectúa a expensas del área foliar de la planta, es decir, el peso seco que se acumula en las vainas se realiza a expensas de los fotosintatos translocados hacia éstas.

Se puede considerar entonces, que el peso seco de los órganos reproductivos puede variar debido a los tratamientos termoperiódicos como consecuencia de que se acorte el período de crecimiento de estos órganos y a que ocurran cambios en la intensidad de la translocación de fotosintatos hacia los mismos.

Para analizar ambas variables, se obtuvo una estimación de la intensidad de la translocación hacia los órganos reproductivos en dos etapas: desde el inicio de la floración hasta los 50 días de edad de las plantas, y de los 50 días a la madurez fisiológica. Esta estimación se realizó utilizando los datos del crecimiento de las plantas y la asignación del peso seco en los diferentes órganos, de los Cuadros 5A, 6A y 7A.

La intensidad de la translocación o translocación diaria, se estimó en el primer caso, considerando la cantidad de peso seco de los órganos reproductivos acumulados desde el inicio de la floración hasta los 50 días, el cual se dividió por el número de días de esta etapa.

En el segundo caso, se consideró el peso de los órganos reproductivos acumulado de los 50 días a la madurez fisiológica, el cual se dividió por el número de días de esta segunda etapa. Se tomó el peso de estos órganos a la cosecha, como representativo del peso que tuvieron a la madurez fisiológica, ya que en ese lapso prácticamente no ocurren cambios en el mismo. Los datos obtenidos se presentan en los Cuadros 1a y 1b.

Puede verse que en la etapa del inicio de la floración a los 50 días de edad de las plantas, el aumento de la temperatura nocturna incrementa la intensidad de la translocación hacia los órganos reproductivos.

Es interesante notar que a los 50 días, el peso seco del área folliar total por planta fue de 8.1, y 8.7 y 8.3 g para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C (Cuadros 5A, 6A y 7A).

Lo anterior indica que la intensidad de la translocación depende más en este caso de la actividad fisiológica que de el tamaño de la fuente. Probablemente las temperaturas nocturnas altas incrementan la eficiencia de la respiración de crecimiento y el metabolismo en general, aumentando con esto la translocación.

Los resultados obtenidos hasta aquí, están de acuerdo con lo señalado por Hewitt y Curtis, 1948 (citados por Devlin, 1980), quienes encontraron que en frijol, se incrementa la intensidad del transporte con la

CUADRO 1a. PESO SECO TRANSLOCADO POR DIA A LOS ORGANOS REPRODUCTIVOS DESDE EL INICIO DE LA FLORACION A LOS 50 DIAS DE EDAD DE LAS PLANTAS DE FRIJOL SOMETIDAS A TRES TRATAMIENTOS TERMO- PERIODICOS.

| Tratamiento | Etapa -1 I.F. a los 50 días | Peso acumulado en los O.R. en esta etapa (g) ⁺ | Peso translocado por día a los O. R. (mg/día) |
|-------------|-----------------------------------|---|---|
| 25/15°C | 17 d | 4.30 g | 253 |
| 25/20°C | 20 d | 7.16 g | 358 |
| 25/25°C | 24 d | 14.18 g | 590 |

⁺ Incluye vainas caídas, vainas vanas, pericarpio de vainas normales y semilla normal.

CUADRO 1b. PESO SECO TRANSLOCADO POR DIA A LOS ORGANOS REPRODUCTIVOS DESDE LOS 50 DIAS DE EDAD A LA MADUREZ FISIOLOGICA DE LAS PLANTAS DE FRIJOL SOMETIDAS A TRES TRATAMIENTOS TERMO- PERIODICOS.

| Tratamiento | Etapa -1 I.F. a los 50 días | Peso acumulado en los O.R. en esta etapa (g) ⁺ | Peso translocado por día a los O. R. (mg/día) |
|-------------|-----------------------------------|---|---|
| 25/15°C | 35.3 d | 29.71 g | 842 |
| 25/20°C | 24.3 d | 28.03 g | 1153 |
| 25/25°C | 16.0 d | 9.91 g | 619 |

⁺ Incluye vainas caídas, vainas vanas, pericarpio de vainas normales y semilla normal.

temperatura, alcanzando un máximo entre 20 y 30°C, después de lo cual disminuye.

Thomas *et al.* (1981), encontraron en soya, que los termoperíodos altos (26/26°C, 26/22°C y 30/22°C), ocasionan un crecimiento y desarrollo más rápidos, así como una mayor intensidad de la translocación de fotosintatos hacia las vainas en crecimiento hasta los 50 días. Por otra parte, las plantas creciendo en termoperíodos bajos (14/10°C, 14/14°C, etc.), crecieron más lentamente, no habiendo formado aún vainas cuando se muestrearon a los 50 días. Ellos hacen la observación de que es necesario realizar este tipo de estudios en plantas hasta la madurez fisiológica, para poder analizar el efecto sobre el rendimiento final.;

Baker *et al.* (1972), encontraron en algodón, que al aumentar la temperatura, aumenta la eficiencia respiratoria para la formación de materia seca (respiración de crecimiento), lo cual se traduce en un crecimiento más rápido, sin embargo, el peso final de los frutos fue menor a 32/29°C, debido a que después de cierto tiempo, ocurre un déficit de carbohidratos y se incrementa la respiración de mantenimiento.

Como se ve en los resultados del Cuadro 1b, la intensidad de la translocación para cada tratamiento sufrió cambios en la etapa de los 50 días a la madurez fisiológica. Mientras que la translocación diaria aumentó para 25/20°C y 25/15°C, para 25/25°C disminuyó, siendo la más baja de los tres tratamientos.

Así pues, de acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que cuando se analiza la translocación en las plantas, es necesario evaluarla a través del tiempo, de preferencia hasta la madurez fisiológica, ya que a medida que se desarrolla la fuente (el área foliar), van - - -

ocurriendo ciertos cambios en su actividad fotosintética, respiratoria y de translocación, como lo han hecho notar Baker *et al.* (1972), Tanaka y Fujita (1979), Bidwell (1980), Devlin (1980) y Thomas *et al.* (1981).

Acorde con lo anterior, Went (1945), encontró que en jitomate el efecto de la temperatura sobre la translocación puede variar dependiendo de la edad fenológica de la planta: durante el desarrollo vegetativo, la temperatura óptima de crecimiento fue de 30°C, después de lo cual, temperaturas nocturnas arriba de los 18°C limitan la translocación de azúcares, disminuyendo el crecimiento.

2.2. Crecimiento del área foliar y su distribución por tipos de ramas

Los datos de crecimiento del área foliar se muestran en los Cuadros 8A y 9A; Figs. 11 y 12.

Puede observarse que el área foliar de las plantas desarrolladas en los tres termoperíodos, muestra un crecimiento sigmoideal, es decir, de la siembra a los 15 días el crecimiento es lento, pero de los 15 días a los 50 éste es casi lineal, para posteriormente descender.

Puede verse que hasta los 21 días de edad de la planta, el área foliar se ubica fundamentalmente en el tallo principal, mientras que al inicio de la floración, en el tratamiento 25/25°C, hay 13.7 dm² de área foliar en el tallo principal y 5.8 dm² en el tallo principal y 3.9 dm² en las ramas de nomófilos y para el tratamiento 25/15°C, se encuentran 12.8 dm² en el tallo principal y 3.0 dm² en las ramas de nomófilos.

A los 50 días, se tienen para 25/15°C, 14.7, 9.2 y 4.1 dm² en el tallo principal, nomófilos y profilos; para 25/20°C, hay 12.1, 13.7 y

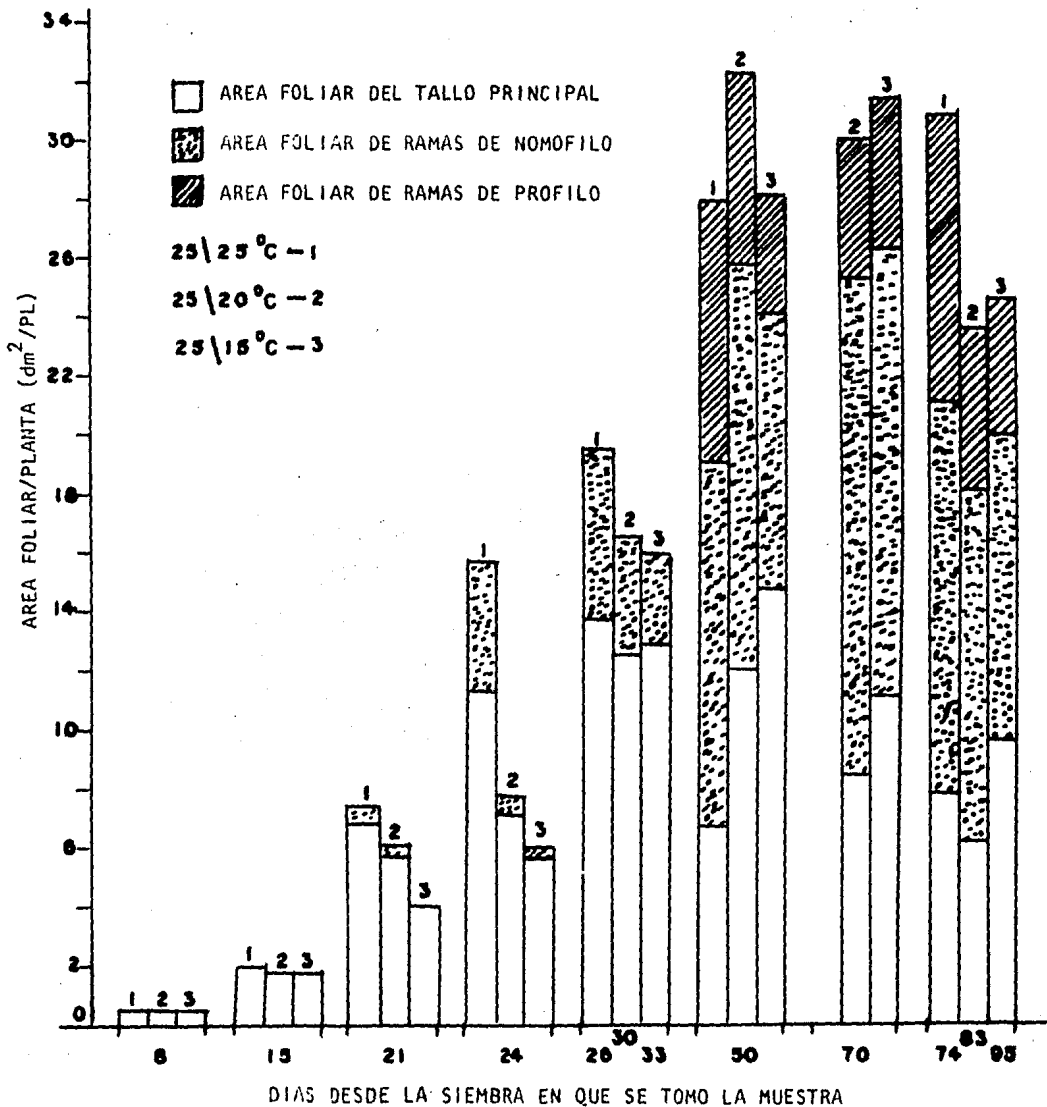


FIG. 11. DESARROLLO DE LAMINA FOLIAR Y SU DISTRIBUCION POR TIPOS DE RAMAS EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981. (datos promedio de 2 plantas)

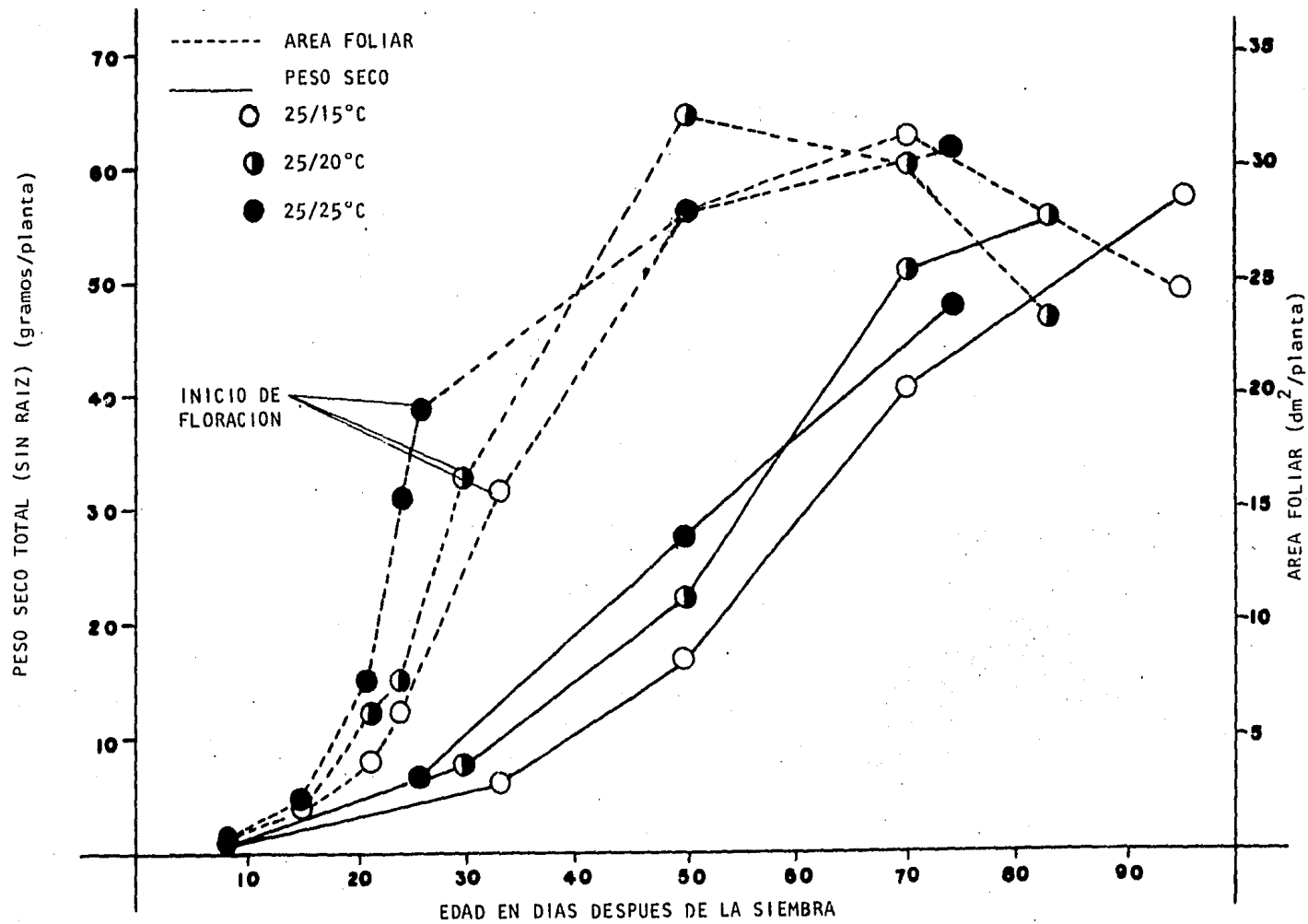


FIG. 12. CRECIMIENTO DEL PESO SECO (g/pl) Y EL AREA FOLIAR (dm²/pl) POR PLANTA EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981.
 (datos promedio de 2 plantas en los muestreos y 3, 4 y 4 plantas a la cosecha).

6.5 dm² y en 25/25°C hay 6.7, 12.2 y 9.0 dm² en las estructuras indicadas.

Después de los 50 días, el área foliar del tallo principal disminuye, mientras que el de las ramas de nomófilos y profilos se incrementa ligeramente, manteniéndose el área foliar total constante, hasta que empieza a disminuir hacia la madurez fisiológica.

Se ha diferenciado el área foliar de la planta por su ubicación en los distintos tipos de ramas, debido a que existen diferencias en cuanto a la importancia fisiológica que ésta puede tener durante el desarrollo de la planta.

Lucas *et al.* (1976) y Tanaka y Fujita (1979), han descubierto la existencia de unidades fuente-demanda en el frijol, las cuales están constituidas por todos los órganos que se ubican en cada nudo del tallo principal, es decir: la hoja trifoliada, las ramas con sus hojas, los órganos reproductivos en diferentes estadios de desarrollo que se ubican en estos lugares, y el entrenudo inmediato inferior.

La translocación puede efectuarse sin embargo hacia fuera de la unidad, específicamente, las raíces reciben fotosintatos de las hojas basales, mientras que el ápice del tallo principal recibe fotosintatos predominantemente de las hojas superiores.

Realizando experimentos de poda de hojas y órganos reproductivos, Tanaka y Fujita (1979), encontraron que el patrón de translocación puede modificarse profundamente de tal forma que la planta realiza ajustes entre la fuente y la demanda para no afectar el rendimiento.

Indican además que la fuente es el factor limitante durante la floración y el crecimiento del pericarpio y no durante la fase de llenado de la semilla, ya que la planta realiza algunos ajustes, como el de movilizar fotosintatos de tallos y ramas a las semillas.

Las ramas que se insertan en el mismo nudo del tallo principal en la variedad de frijol utilizada, pueden originarse a partir de la yema del nomófilo o yema central, a cuyos lados se encuentran otras dos yemas denominadas yemas de perifilos, que pueden originar ramas. Para el caso de la var. Cacahuete-72, únicamente una de éstas dos yemas origina una rama. Además, la yema del nomófilo puede originar también una inflorescencia en vez de una rama, notándose esta tendencia en los nudos superiores de la planta (Figs. 21, 22 y 23).

Como puede apreciarse en los resultados obtenidos, primero se desarrolla la yema del nomófilo y después la del perifilo. Debido a lo anterior, primero se formará el área foliar de las ramas de las yemas de nomófilos y después la de las ramas de las yemas de perifilos.

Si se relaciona el desarrollo del área foliar con el desarrollo de los órganos reproductivos, se nota que durante el período de floración, cuando queda determinada la producción del frijol, expresada en la formación de vainas normales, hay un intenso crecimiento de todos los órganos reproductivos y vegetativos de la planta. El porcentaje de pegue o amarre de las vainas, está determinado en este momento por el tamaño de la fuente, es decir, por el área foliar disponible, la cual es insuficiente, por lo cual ocurre una copiosa caída de flores y vainas que la planta no puede sostener.

Posteriormente, una vez que quedan establecidos los sitios de demanda más intensa (las vainas en crecimiento), la fuente es mayor que la demanda, pues habrá suficiente área foliar y fotosintatos acumulados en tallos y ramas para ser translocados hacia los sitios de demanda (Tanaka y Fujita, 1979).

Si se observan los resultados obtenidos, se ve que en el período de floración, la principal aportación del área foliar está dada por el tallo principal y las ramas de las yemas de nomófilos, lugares en los cuales se ubican la mayor parte de las vainas normales, como se verá más adelante.

El área foliar del perfilo empieza su desarrollo en el período más crítico, cuando hay una gran demanda de fotosintatos por los sitios reproductivos.

Al momento que se inicia la floración, el área foliar total para los tres tratamientos es de 15.9, 16.5 y 19.5 dm^2 para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C, y a los 50 días es de 28.0, 32.3 y 27.9 dm^2 para los mismos tratamientos.

Es decir, en el período crítico en que se inicia el crecimiento de los órganos reproductivos, el área foliar es similar en los tres casos, por lo cual, las diferencias observadas en la intensidad de translocación en el inciso anterior no se explican por el tamaño de la fuente, sino por las diferencias en su calidad, inducida por las temperaturas nocturnas, es decir en su habilidad para fotosintetizar y translocar fotosintatos hacia los sitios de demanda.

Tanaka y Fujita (1979) y Bidwell (1979), indican que en las hojas del frijol, la tasa fotosintética se incrementa gradualmente a medida que éstas crecen. La máxima expansión foliar se alcanza en 15 días aproximadamente y 15 días después, se alcanza la máxima tasa fotosintética, para después decrecer, paralelamente a que disminuye el contenido de proteínas y aumenta el contenido de nitrógeno soluble, debido probablemente a la descomposición de proteínas.

La tasa respiratoria de las hojas se incrementa gradualmente a medida que la hoja crece, alcanzando un máximo con la máxima expansión foliar y luego permanece constante, incrementándose poco antes de la senescencia.

El contenido de azúcares solubles se incrementa con el crecimiento de la hoja, decrece después de la máxima expansión foliar y luego se incrementa rápidamente 20 días después de que la hoja cesó de crecer, lo cual indica que la translocación de fotosintatos se interrumpe cuando la hoja llega a la madurez.

Poco antes de la senescencia y la abscisión, los fotosintatos son exportados en su mayoría fuera de la hoja.

De acuerdo a lo anterior, es de esperar que al incrementarse las temperaturas nocturnas, ocurra un crecimiento más rápido del área foliar debido al incremento de la respiración de crecimiento, pero también las hojas arriban a la madurez más rápidamente, convirtiéndose así en consumidoras de fotosintatos debido a la respiración de mantenimiento, además que se convierten en deficientes exportadoras de éstos.

Los fenómenos antes señalados, parecen haberse dado con las plantas del tratamiento 25/25°C.

En este caso, hubo un fuerte desbalance entre la fuente y la demanda que se manifestó al final con un menor rendimiento debido a que disminuyó el tamaño de la semilla.

Tanaka y Fujita (1979), analizando la relación existente entre la fuente y la demanda durante el período comprendido del inicio de la floración a la madurez fisiológica, mediante la defoliación total o parcial (removiendo los dos folíolos laterales de cada hoja), en una variedad de frijol de hábito de crecimiento determinado, encontraron que:

- a) La defoliación total parcial en la etapa de la floración y crecimiento del pericarpio, reduce drásticamente el rendimiento por planta al disminuir el número de vainas normales y el número de semillas por vaina,
- b) El peso de 1000 semillas puede ser sólo el 70 por ciento del testigo intacto, si se remueven todas las hojas después de que se inicia el crecimiento de la semilla. En tales condiciones, los carbohidratos almacenados en el tallo son agotados totalmente al movilizarse hacia la semilla.

Se analizará más adelante la relación existente entre la fuente y el comportamiento reproductivo de las plantas en los distintos tratamientos, es decir, en la producción de flores, vainas normales, etc.

Por otra parte, se observó en este experimento, que la abscisión foliar hacia la madurez fisiológica y la cosecha no fue tan drástica como

suele ocurrir en plantas creciendo en condiciones de campo.

Lo anterior se explica porque en condiciones hidropónicas, el suministro de nutrientes y agua se mantiene constante durante todo el periodo de crecimiento de la planta, lo cual puede retardar en cierta medida la senescencia.

Además, el crecimiento de la raíz se mantuvo hasta la cosecha, lo cual influye en el fenómeno de la senescencia, pues de acuerdo con Bidwell (1980), las raíces son la principal fuente de producción de citocininas, hormonas que tienen un efecto antiscenescente, al ser transportadas al resto de la planta.

2.3. Tasa de aparición de las hojas en el tallo principal

Maksymowych y Erickson (1973), han propuesto una forma de medir el intervalo de tiempo que transcurre en la aparición de hojas sucesivas en las plantas, cuando se hacen estudios sobre su desarrollo. Esta medida es el plastocrono, que definen como el intervalo de tiempo transcurrido entre correspondientes estadios de desarrollo de hojas sucesivas, tal como su iniciación, madurez o cualquier otra etapa. Dicho parámetro es de utilidad sobre todo cuando se estudia el efecto de los factores ambientales, como el termoperíodo, sobre el desarrollo de las plantas.

Para la determinación del plastocrono en el presente trabajo, se obtuvieron mediciones cada tercer día de tres plantas por tratamiento, de la longitud y ancho del foliolo central de las hojas trifoliadas del tallo principal. Con estos datos, se construyeron las curvas de crecimiento correspondientes, que después se utilizaron para la determinación de los

plastocronos (Figs. 13 y 14).

La etapa de desarrollo de la hoja que se utilizó para hacer la comparación, fue una longitud arbitraria de 90 mm, que se encuentra en el intervalo de la curva en el cual el crecimiento es rectilíneo.

Para la obtención del plastocrono promedio para cada tratamiento, se obtuvo el número de días transcurridos desde que la primera hoja alcanzó los 90 mm, hasta que la última hoja tuvo la misma longitud.

Como en el tallo principal de las plantas de frijol estudiadas hubo 5 hojas trifoliadas, el plastocrono promedio se obtuvo del cociente entre el número de días por cinco, lo cual nos da el número de días transcurridos en promedio para que hojas sucesivas vayan alcanzando una longitud de 90 mm.

Puede verse en las curvas, que en general, la secuencia de aparición de las hojas muestra cierta regularidad para cada tratamiento, por lo cual, el plastocrono promedio será útil para determinar el efecto del termoperíodo sobre la tasa de aparición de las hojas en el tallo principal.

La fórmula utilizada para obtener el plastocrono promedio fue la siguiente:

$$P = \frac{\text{No. de días para que la quinta hoja alcance 90 mm de longitud} - \text{No. de días para que la primera hoja alcance 90 mm de longitud}}{5}$$

Los cálculos se presentan a continuación:

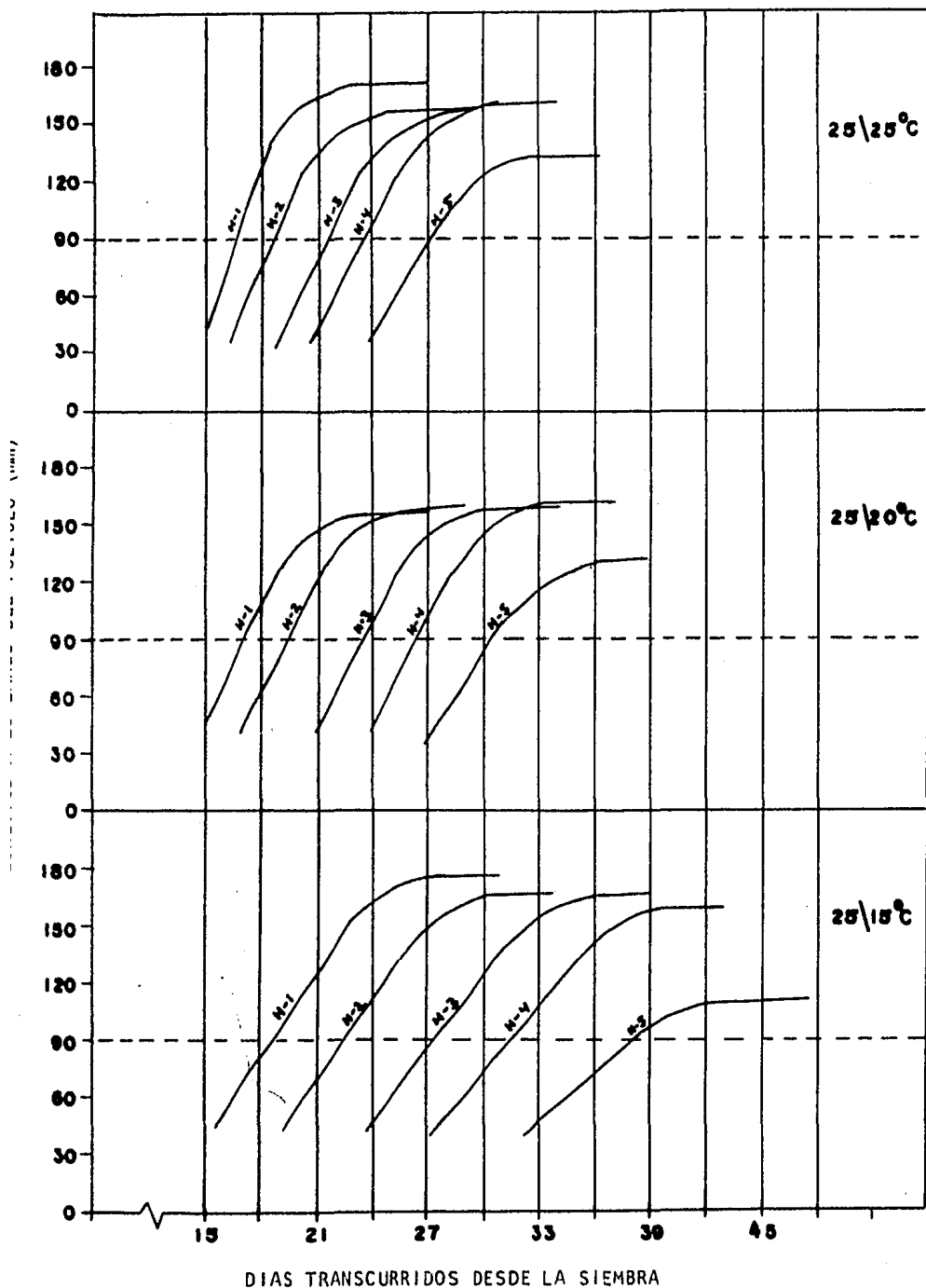


FIG. 13. CURVAS DE CRECIMIENTO EN LONGITUD DEL FOLIÓLO CENTRAL DE LAS HOJAS DEL TALLO PRINCIPAL DEL FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981. (datos prom. de 3 plantas).

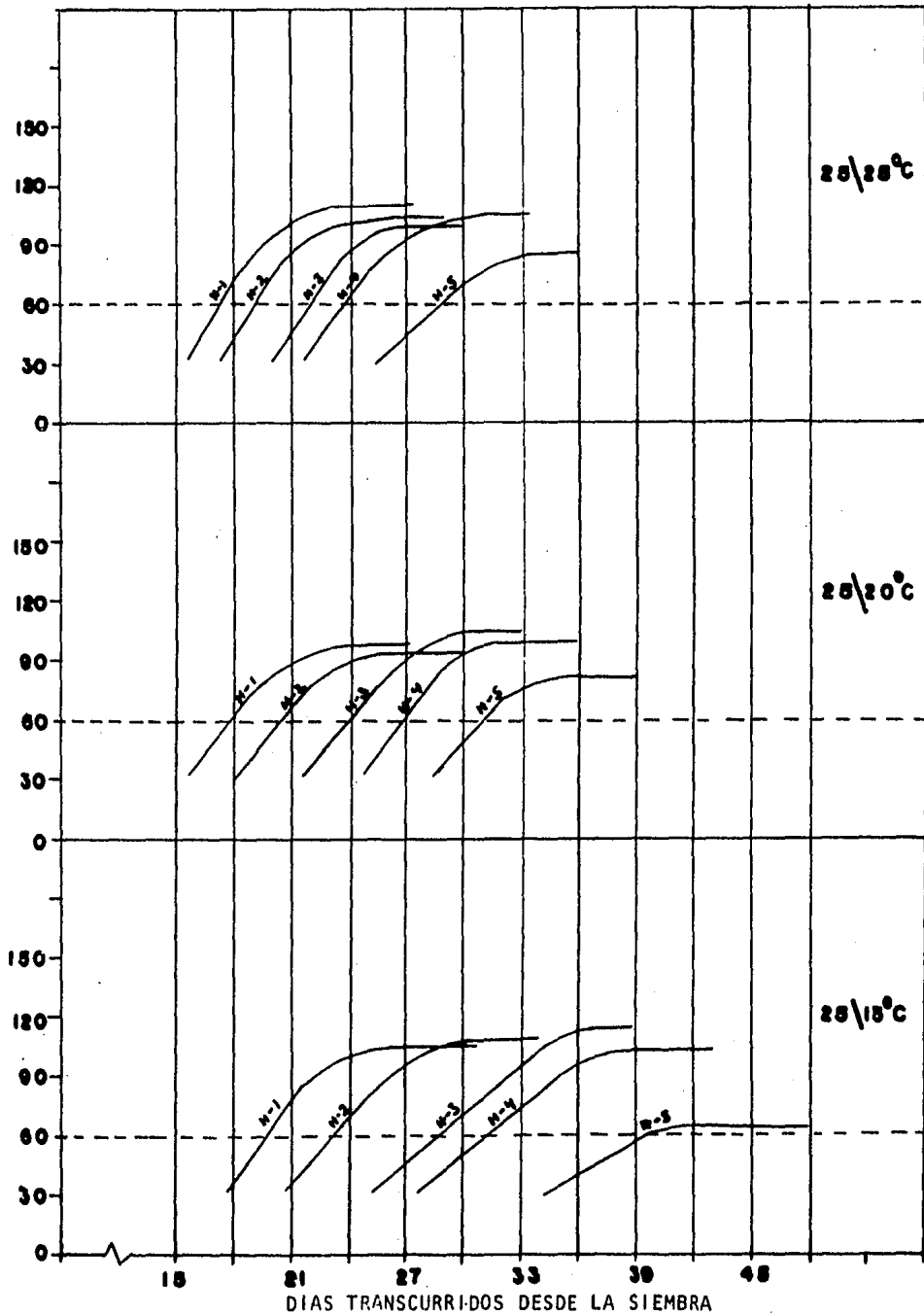


FIG. 14. CURVAS DE CRECIMIENTO DEL ANCHO DEL FOLIOLLO CENTRAL DE LAS HOJAS DEL TALLO PRINCIPAL DEL FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981. (datos promedio de 3 plantas).

Plastocrono promedio para el tratamiento 25/15°C:

$$\bar{p} = \frac{38 \text{ días} - 19 \text{ días}}{5} = 3.8 \text{ días}$$

Plastocrono promedio para el tratamiento 25/20°C:

$$\bar{p} = \frac{30 \text{ días} - 17 \text{ días}}{5} = 2.6 \text{ días}$$

Plastocrono promedio para el tratamiento 25/25°C:

$$\bar{p} = \frac{27 \text{ días} - 17 \text{ días}}{5} = 2.0 \text{ días}$$

En estos resultados se puede ver que a medida que se incrementa la temperatura nocturna, se incrementa la tasa de aparición de las hojas sobre el tallo principal.

Resultados similares fueron reportados por Quinby *et al.* (1973), cuando estudiaron el efecto del termoperfodo sobre el desarrollo del sorgo; por ejemplo, en el cultivar Early Kalo, encontraron que a 32/29°C, el plastocrono promedio fue de 2.7 días, y a 17/11°C fue de 8.9 días.

Humphries y Wheeler (1963), indican que tanto la temperatura como el fotoperfodo afectan la tasa de aparición de hojas en las plantas, aunque no está bien determinado el efecto de estos factores ambientales a un nivel más profundo.

Puede verse además en las curvas de crecimiento de las hojas, que éste es más rápido cuando se incrementa la temperatura nocturna.

Por ejemplo, el tiempo transcurrido para que la primera hoja llegue a 40 mm a su longitud máxima (la cual coincide con su máxima expansión

Plastocrono promedio para el tratamiento 25/15°C:

$$\bar{p} = \frac{38 \text{ días} - 19 \text{ días}}{5} = 3.8 \text{ días}$$

Plastocrono promedio para el tratamiento 25/20°C:

$$\bar{p} = \frac{30 \text{ días} - 17 \text{ días}}{5} = 2.6 \text{ días}$$

Plastocrono promedio para el tratamiento 25/25°C:

$$\bar{p} = \frac{27 \text{ días} - 17 \text{ días}}{5} = 2.0 \text{ días}$$

En estos resultados se puede ver que a medida que se incrementa la temperatura nocturna, se incrementa la tasa de aparición de las hojas sobre el tallo principal.

Resultados similares fueron reportados por Quinby *et al.* (1973), cuando estudiaron el efecto del termoperíodo sobre el desarrollo del sorgo; por ejemplo, en el cultivar Early Kalo, encontraron que a 32/29°C, el plastocrono promedio fue de 2.7 días, y a 17/11°C fue de 8.9 días.

Humphries y Wheeler (1963), indican que tanto la temperatura como el fotoperíodo afectan la tasa de aparición de hojas en las plantas, aunque no está bien determinado el efecto de estos factores ambientales a un nivel más profundo.

Puede verse además en las curvas de crecimiento de las hojas, que éste es más rápido cuando se incrementa la temperatura nocturna.

Por ejemplo, el tiempo transcurrido para que la primera hoja llegue a 40 mm a su longitud máxima (la cual coincide con su máxima expansión

foliar), es de aproximadamente 12 días para 25/15°C, de 9 días para 25/20°C y de 8 días para 25/25°C. Es decir, las hojas expanden más rápidamente cuando se incrementa la temperatura nocturna, alcanzando su madurez más prematuramente, según se discutió anteriormente.

2.4. Desarrollo del tallo y de las ramas

2.4.1. Número de nudos en el tallo principal y en las ramas

Se contaron el número de nudos en el tallo principal y en las ramas, obteniéndose los siguientes resultados:

CUADRO 2. NUMERO DE NUDOS EN EL TALLO PRINCIPAL Y EN LAS RAMAS EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS (Prom. de 3 pl.)

| Tratamientos | No. de nudos en el tallo principal | No. de nudos en las ramas |
|--------------|------------------------------------|---------------------------|
| 25/15°C | 7.0 | 13.5 |
| 25/20°C | 6.7 | 15.0 |
| 25/25°C | 6.7 | 16.5 |

Aunque estos datos no fueron sometidos a análisis estadístico, puede verse que existe cierta tendencia a formar más nudos en las ramas a medida que aumenta la temperatura nocturna.

2.4.2. Longitud del tallo principal y sus entrenudos

Se midió la longitud del tallo principal y la de los entrenudos del mismo. Los datos se presentan en el Cuadro 10A, Fig. 15.

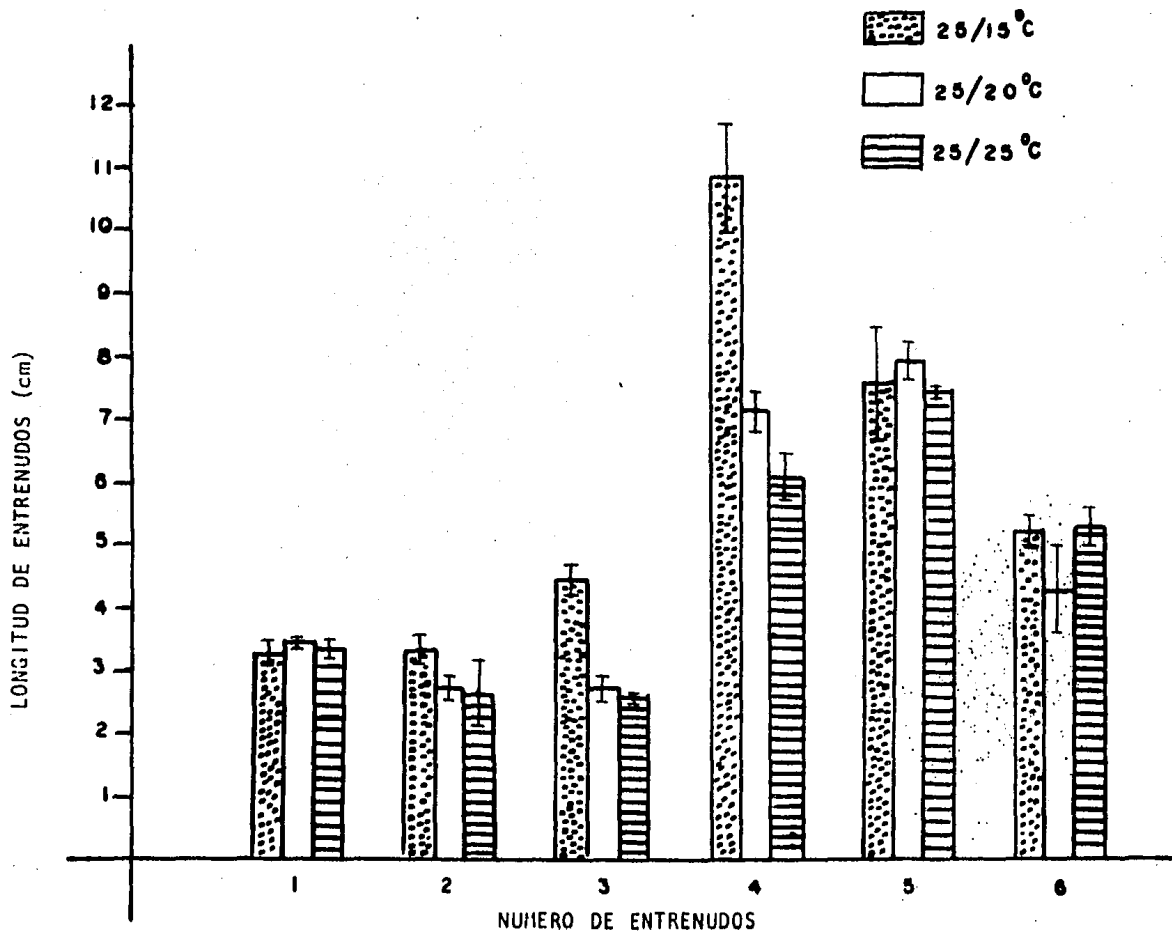


FIG. 15. LONGITUD FINAL DE ENTRENUDOS DEL TALLO PRINCIPAL DEL FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981. (datos promedio de 3 plantas).

La longitud final del tallo principal fue de 34.7, 28.2 y 27.3 cm para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C.

Puede verse además que los entrenudos 3 y 4 del tratamiento 25/15°C, alcanzan una mayor longitud en comparación con los mismos para los otros dos tratamientos.

Es importante analizar el efecto de los factores ambientales sobre la ramificación y la producción de nudos en el frijol, ya que éstos constituyen los sitios potenciales para la formación de sitios reproductivos en los cuales se ubicarán las vainas normales.

Kretchmer *et al.* (1977), reportan que las variedades de frijol de hábito indeterminado, pueden modificar su desarrollo debido a los estímulos fotomorfogénicos.

Además, se ha encontrado que para tales variedades, el fotoperíodo puede interactuar con el termoperíodo, habiéndose observado la tendencia de que en fotoperíodos largos y temperaturas nocturnas altas, la longitud del tallo principal aumenta debido a que tanto el número de nudos como la longitud de los entrenudos se incrementan (Vilierchio y Went, 1957).

Sin embargo, lo anterior puede no ser válido para las variedades de hábito de crecimiento determinado, pues al parecer éstas son más estables o menos plásticas en su morfología, aunque una afirmación concluyente al respecto sólo podría darse después de realizar experimentos en los cuales se combinen diferentes tratamientos fotoperiódicos y termoperiódicos, pues según Thomas y Raper (1977), el factor que más afecta la determinación del número de nudos y de sitios reproductivos, es el fotoperíodo,

el cual interactúa en cierta medida con el termoperíodo.

3. Análisis de la floración

3.1. Número total de flores por planta

El total de flores producidas por planta mostró una gran variación debido al efecto de los tratamientos termoperiódicos, siendo de 22.3, 39.0 y 88.3 flores por planta para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C. Con un coeficiente de variación de 7.6 en los resultados, las diferencias son altamente significativas (Cuadro 11A).

De manera parecida, Vigiierchio y Went (1957), encontraron que las bajas temperaturas nocturnas redujeron el número de flores por planta en la var. Kentucky Wonder de frijol ejotero. Reportan además que un acortamiento en el fotoperíodo también reduce el número de flores.

En soya, Thomas y Raper (1977), encontraron que el número de flores producidas por planta es mayor cuando éstas se desarrollan bajo regímenes termoperiódicos elevados, señalando también que una mayor longitud del fotoperíodo en la etapa vegetativa incrementa el número de flores, aunque posteriormente se requieran 10 días con fotoperíodo corto para inducir la floración.

Devlin (1980), indica que mientras que la longitud del fotoperíodo determina el número de primordios florales que se van a producir, la longitud del período de obscuridad determina la iniciación de éstos. Indica además que también se incrementa el número de flores al aumentar la intensidad luminosa, por lo cual la fotosíntesis estaría ejerciendo un efecto indirecto en este proceso al proveer mayor cantidad de azúcares. - -

Probablemente la intensidad luminosa también tenga algún efecto sobre la síntesis de algún factor u hormona floral necesario para la formación de las flores.

Zeevart (1976), señala que en la floración pueden intervenir además del fitocromo, otros factores como la relación metabólica C/N, la acción de algunas oxidasas, el balance endógeno de las fitohormonas, y en general el estado metabólico.

La interpretación de los resultados obtenidos con los conocimientos actuales es difícil de hacer. De acuerdo a las condiciones en que se realizó el experimento, es de esperar que las altas temperaturas nocturnas incrementen la actividad metabólica a través de la respiración.

Se tendría que aceptar que un incremento en general de la actividad metabólica debido al aumento de la tasa fotosintética y/o la respiración, ejerce un efecto positivo sobre la formación de las flores, como se desprende del experimento realizado y de las evidencias antes mencionadas.

3.2. Ubicación de las flores por tipos de ramas

Si se considera la ubicación de las flores por tipos de ramas, éstas pueden localizarse en:

- a) Ramas de yemas de nomófilos
- b) Ramas de yemas de profilos
- c) Inflorescencia terminal del tallo principal

Al contabilizar las flores de acuerdo a su ubicación en estas estructuras, se obtuvieron los resultados del Cuadro 11A, de los cuales se da un resumen a continuación:

CUADRO 3. NUMERO TOTAL DE FLORES POR PLANTA Y SU UBICACION Y PORCENTAJE POR TIPOS DE RAMAS EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS

| TIPOS DE RAMAS | 25/15°C | | 25/20°C | | 25/25°C | |
|-----------------|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| | No. | % | No. | % | No. | % |
| R. DE NOMOFILOS | 14.0 | 63 | 27.0 | 69 | 57.7 | 65 |
| R. DE PROFILOS | 0.7 | 3 | 4.0 | 10 | 21.0 | 24 |
| INF. TERMINAL | 7.7 | 34 | 8.0 | 21 | 9.7 | 11 |
| TOT. DE FLORES | 22.3 | 100 | 39.0 | 100 | 88.3 | 100 |

Puede observarse que en general, la mayor cantidad de flores se ubica sobre las ramas de yemas de nomófilos, y además su número se incrementa cuando aumentan las temperaturas nocturnas. De la misma manera, el número de flores sobre las ramas de yemas de profilos se incrementa al aumentar la temperatura nocturna, aunque los resultados presentan un alto coeficiente de variación.

La cantidad de flores sobre la inflorescencia terminal del tallo principal es estadísticamente igual para los tres tratamientos.

Prieto (1981), encontró para la misma variedad de frijol creciendo en invernadero bajo temperaturas promedio de 20-22°C, y la misma solución hidropónica utilizada en este experimento, que el número de flores en el nomófilo, incluyendo las ubicadas en la inflorescencia terminal del tallo principal, fue de 53, mientras que en las ramas de profilos

fue de 17.

Considerando la ubicación de las flores en las plantas de cada tratamiento, se encuentra que para 25/15°C, hay 14.0, 0.7 y 7.7 flores en las ramas provenientes de nomófilos, de profilos y en la inflorescencia terminal del tallo principal. Para 25/20°C hay 27.0, 4.0 y 8.0 y para 25/25°C se encuentran 57.7, 21.0 y 9.7 para las ramas indicadas.

Se ha visto en el inciso 2.4.1., que las temperaturas nocturnas más altas, inducen cierta tendencia a formar mayor cantidad de nudos en las ramas, lo cual puede observarse también en las Figuras 21, 22 y 23.

Sin embargo, puede notarse en los esquemas señalados, que a medida que se incrementan las temperaturas nocturnas, se originan una mayor cantidad de nudos reproductivos sobre los cuales aparecen flores, lo cual indica que los cambios metabólicos ocurridos en las plantas al elevarse la temperatura nocturna, afectan directamente este proceso.

No se encuentra mucha relación entre el número de flores ubicado en los diferentes tipos de ramas y el área foliar correspondiente, ya que al inicio de la floración, ésta fue muy similar en los tres tratamientos como se aprecia en el Cuadro 8A.

Probablemente al inicio de la floración, tanto la actividad metabólica como la intensidad de la translocación es mayor para 25/25°C que para los otros dos tratamientos, lo cual origina una mayor cantidad de primordios florales y un crecimiento más rápido de los órganos reproductivos después de la antesis.

3.3. Flores que se transforman en vainas normales, vanas y que sufren abscisión

Al ocurrir la antesis, la flor permanece de color rosado durante un día, y al siguiente pierde su turgencia y color, considerándosele a partir de este momento como vaina.

Después de ocurrida la antesis, la flor puede transformarse en cualquiera de los siguientes tipos de vainas:

- a) Vaina normal: la que contiene una o más semillas normales.
- b) Vaina vana: la que se desarrolla a una tasa menor y permanece sobre la planta hasta la cosecha, pero sin ninguna semilla normal.
- c) Vaina que sufre abscisión: la que después de la antesis se desarrolla lentamente, cesa su crecimiento y finalmente cae.

Al contabilizar los distintos tipos de vainas en las plantas de cada tratamiento, se obtuvieron los resultados que se presentan en el Cuadro 11A, los cuales se resumen a continuación.

CUADRO 4. NUMERO TOTAL DE FLORES POR PLANTA Y PORCENTAJE DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN ABCISION EN FRIJOL VAR. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS

| FLORES QUE SE TRANSPORTAN EN: | TRATAMIENTOS TERMOPERIODICOS | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|-----|-------------|-----|---------|-----|
| | 25/15°C | | 25/20°C | | 25/25°C | |
| | No. | % | No. | % | No. | % |
| VAINAS NORMALES | 12.0 | 54 | 12.0 | 31 | 13.3 | 15 |
| VAINAS VANAS | 2.3 | 10 | 2.7 | 7 | 6.7 | 8 |
| VAINAS QUE SUFREN ABCISION | 8.0 | 36 | 24.3 | 62 | 68.3 | 77 |
| TOTAL DE FLORES | 22.3 | 100 | 39.0 | 100 | 88.3 | 100 |

Puede observarse que en números absolutos, la cantidad de vainas normales es similar para los tres tratamientos, aunque con una ligera tendencia a formar mayor cantidad de éstas en el tratamiento 25/25°C.

De la misma manera, bajo este termoperíodo, hay una mayor formación de vainas vanas.

Por otra parte, aunque a mayores temperaturas nocturnas hay una mayor producción de flores, también hay una caída más copiosa de vainas que la planta no puede sostener.

Prieto (1981), encontró para la misma variedad de frijol, que de 70 flores producidas por planta, 33 se transformaron en vainas normales 11 en vainas vanas y 26 en vainas que sufrieron abscisión, es decir, el 47, 16 y 37 por ciento respectivamente, cuando las plantas se desarrollaron en condiciones de invernadero bajo temperaturas medias de 20-22°C.

Diversos factores pueden afectar el amarre de las vainas en el frijol.

Se puede considerar que éste depende del balance existente entre la fuente y la demanda. La planta realiza ajustes tendientes a sostener únicamente aquellos órganos reproductivos que contarán con un adecuado suministro de fotosintatos para desarrollarse, desembarazándose por medio de la abscisión de las vainas que la planta no puede sostener.

Tanaka y Fujita (1979), indican que el número de vainas normales por planta y el número de semillas normales por vaina, quedan determinados en el frijol en las etapas de floración y crecimiento del pericarpio, y están en función de la magnitud de la fuente, es decir, de los fotosintatos que afluyen hacia los sitios reproductivos en estas etapas.

Van Schaik y Probst (1958), indican que una de las causas de la abscisión de vainas, es la falla en la fertilización, lo que puede causar la caída de flores y vainas.

Encontraron en soya, que no hubo daños significativos en la viabilidad del polen hasta los 32/32°C.

Una vez ocurrida la fertilización, el ovario incrementa la producción de auxina, creando con esto un "sumidero", o punto de descarga de fotosintatos. Si la producción de auxina es baja, se crea un gradiente de esta fitohormona en la zona del pedicelo, siendo menor de lado de la vaina y mayor de lado del tallo, lo cual provoca la formación de la zona de abscisión y la caída de la vaina (Van Schaik y Probst, 1958; Devlin, 1980).

Davis (1945) y Smith y Pryor (1962), encontraron que en frijol, las altas temperaturas durante el período de floración, reducen el porcentaje de amarre de las vainas.

En soya, Van Schaik y Probst (1958), encontraron que en general, al incrementarse la temperatura y al aumentar el fotoperíodo, ocurre un incremento en la producción de flores, pero también se incrementa el porcentaje de órganos reproductivos que sufren abscisión.

Thomas y Raper (1977), reportan que en soya, hubo una mayor producción de vainas cuando las plantas crecieron bajo termoperíodo de 22/28°C y no hubo producción en 30/26°C y 18/14°C, cuando las plantas se muestrearon a los 50 días de edad.

Es conveniente analizar las relaciones existentes entre la fuente y la demanda en los tratamientos probados para explicar los resultados_

obtenidos.

Al momento de iniciarse la floración, el área foliar total por planta era de 15.9, 16.5 y 19.5 dm^2 para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C y a los 50 días era de 28.0, 32.3 y 27.9 dm^2 para los mismos tratamientos.

Es evidente que el tamaño del área foliar total por planta no explica las grandes diferencias observadas en la producción de flores por planta al incrementarse la temperatura nocturna. Sin embargo, como se vio en los Cuadros 1a y 1b, la intensidad de la translocación de fotosintatos fue mayor desde el inicio de la floración a los 50 días y seguramente también durante el desarrollo vegetativo, al incrementarse la temperatura nocturna.

La excesiva producción de flores, origina una demanda adicional que la planta debe enfrentar con un área foliar similar. Del inicio de la floración a los 50 días, en el tratamiento 25/15°C ocurrió crecimiento del pericarpio (4.30 g), en el tratamiento 25/20°C, se encontró pericarpio y semilla en desarrollo (4.22 y 2.57 g) y en el tratamiento 25/25°C, en ese mismo lapso, hubo desarrollo de pericarpio y semilla (4.42 y 8.77 g). Es decir, en el lapso señalado, se adelantaron las fases fenológicas al incrementarse la temperatura.

De lo anterior se concluye que a pesar de que en ese lapso la magnitud de la fuente fue mayor debido a la mayor translocación de fotosintatos, también hubo un incremento en la demanda al aumentar la temperatura nocturna, al haber una mayor cantidad de flores en antesis y un crecimiento más rápido de los demás órganos vegetativos. Además, como se vio en otro inciso, las temperaturas nocturnas altas provocan un gasto adicional de fotosintatos a través de la respiración. El resultado es que

en la etapa en que se determina el número de vainas normales por planta y el número de semillas normales por vaina, el balance entre la fuente y la demanda finalmente debió ser similar en los tres tratamientos, ya que éstos componentes del rendimiento fueron iguales a la cosecha.

3.4. El orden de antesis en relación con la ubicación de las flores por tipos de ramas

En la Fig. 16 se presentan el número total de flores producidas por planta durante el período de floración y su ubicación por tipos de ramas. Los datos se encuentran en los Cuadros 14A, 15A y 16A. Se puede observar lo siguiente:

- a) Hay una tendencia similar para los tres termoperíodos, que consiste en que primero aparecen las flores de la inflorescencia terminal del tallo principal, luego las que se ubican sobre las ramas de yemas de nomófilos y finalmente las de las ramas de yemas de profilos.
- b) El período de floración se inicia con la producción de una o dos flores, y a medida que avanza, va aumentando la cantidad producida, siendo máxima para 25/15°C a los 6 días con 3.7 flores; para 25/20°C a los 6 días con 5.7 flores y para 25/25°C a los 6 y 9 días con 14.3 flores. Posteriormente la producción decrece, hasta que finaliza la floración.

El anterior patrón de la floración se correlaciona con el hecho de que primero se desarrollan vegetativamente el tallo principal, las ramas de nomófilos y finalmente las ramas de profilos.

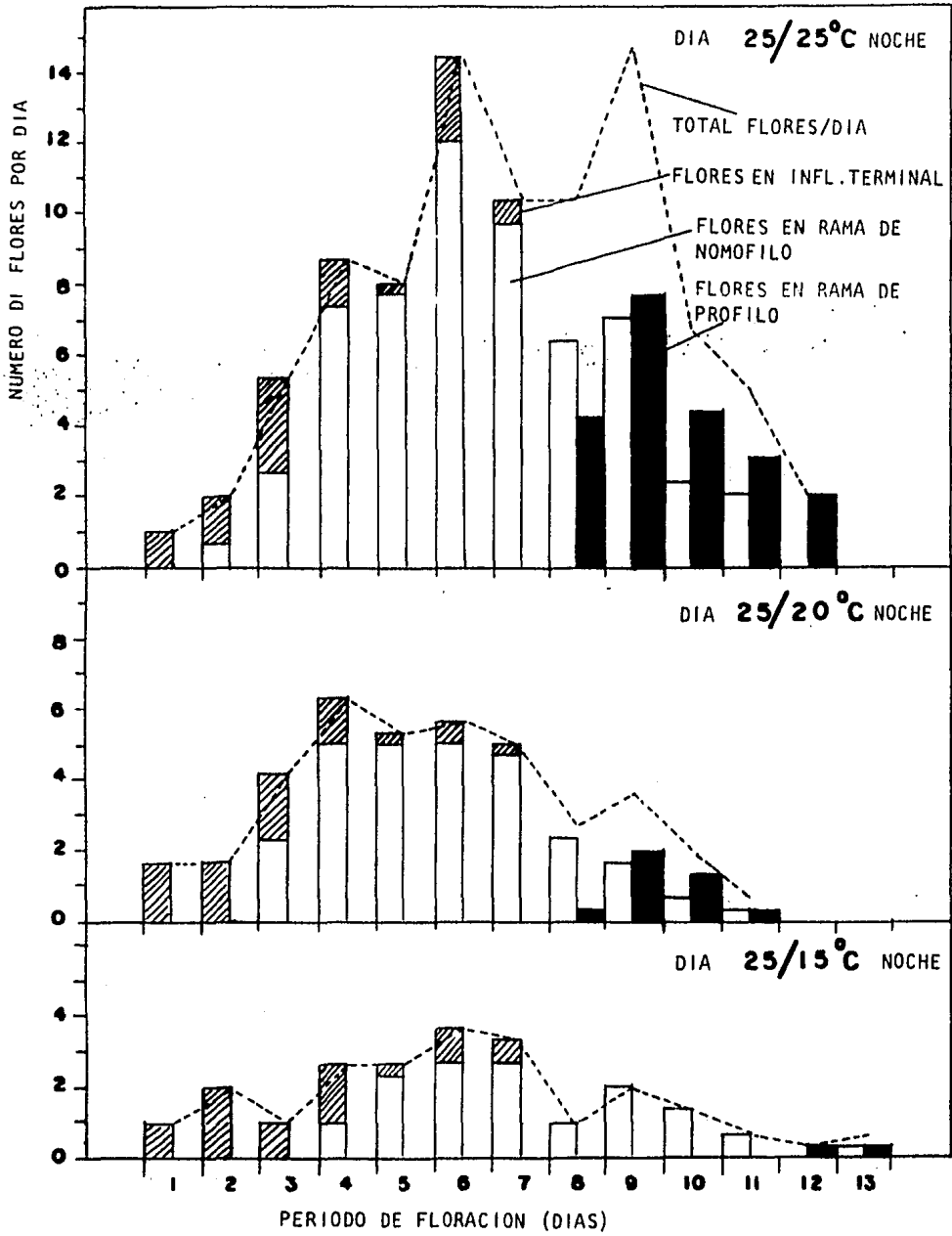


FIG. 16. NUMERO TOTAL DE FLORES PRODUCIDAS POR PLANTA DIARIAMENTE A TRAVES DEL PERIODO DE FLORACION Y SU UBICACION POR TIPOS DE RAMAS EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981. (promedios de 3 plantas).

Para el tratamiento 25/25°C, se presenta un segundo pico en la floración a los 9 días, debido a que es cuando las flores ubicadas en las ramas de perfiles alcanzan la antesis más profusamente.

También para el tratamiento 25/20°C, el noveno día es cuando se producen más flores en este tipo de ramas, sin embargo, no con la magnitud del otro tratamiento.

En el caso del tratamiento 25/15°C, la floración sobre las ramas de perfiles fue prácticamente nula.

3.5. El orden de antesis en relación con las flores que se transforman en vainas normales, vanas y que sufren abscisión

En este inciso, se considera el número de flores producidas diariamente durante el período de floración y la relación que existe entre el orden de antesis de la flor con su posterior transformación en vaina normal, vana o vaina que sufre abscisión (Figs. 17, 18, 19 y 20; Cuadros 14A, 15 A y 16A).

Las tendencias que se observan son las siguientes:

- a) Independientemente de los tratamientos termoperiódicos y de la cantidad de flores producidas por planta, las primeras flores que presentan antesis son las que muestran mayor probabilidad de transformarse en vainas normales.
- b) Las flores que se transforman en vainas vanas también se encuentran entre las primeras que aparecen.
- c) A medida que transcurre el período de floración, las flores que presentan antesis más tardíamente muestran mayores

probabilidades de transformarse en vainas que sufren abscisión.

El siguiente cuadro resumen, sintetiza los resultados obtenidos al analizar este fenómeno:

CUADRO 5. NUMERO Y PORCENTAJE DE VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN ABCISION, QUE SE PRODUCEN EN LA PRIMERA Y SEGUNDA MITAD DEL PERIODO DE FLORACION EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TRATAMIENTOS TERMOPERIODICOS

| PRIMERA MITAD | Vainas Normales | | Vainas Vanas | | Vainas que sufren abscisión | |
|---------------|-----------------|----|--------------|-----|-----------------------------|----|
| | NUMERO | % | NUMERO | % | NUMERO | % |
| 25/15°C | 9.3 | 78 | 2.3 | 100 | 1.3 | 17 |
| 25/20°C | 11.0 | 91 | 2.7 | 100 | 11.3 | 46 |
| 25/25°C | 10.7 | 78 | 5.7 | 85 | 23.0 | 34 |
| SEGUNDA MITAD | | | | | | |
| 25/15°C | 2.7 | 22 | 0 | 0 | 6.7 | 83 |
| 25/20°C | 1.0 | 9 | 0 | 0 | 13.0 | 54 |
| 25/25°C | 3.0 | 22 | 1.0 | 15 | 45.0 | 66 |

Puede verse que durante la primera mitad del período de floración se producen 12.9, 25.0 y 39.4 flores para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C, de las cuales el 78, 91 y 78 por ciento se transforman en vainas normales.

En la segunda mitad se producen 9.4, 14.0 y 49.0 flores para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C, de las cuales se transforman en vainas normales el 22, 9 y 22 por ciento respectivamente.

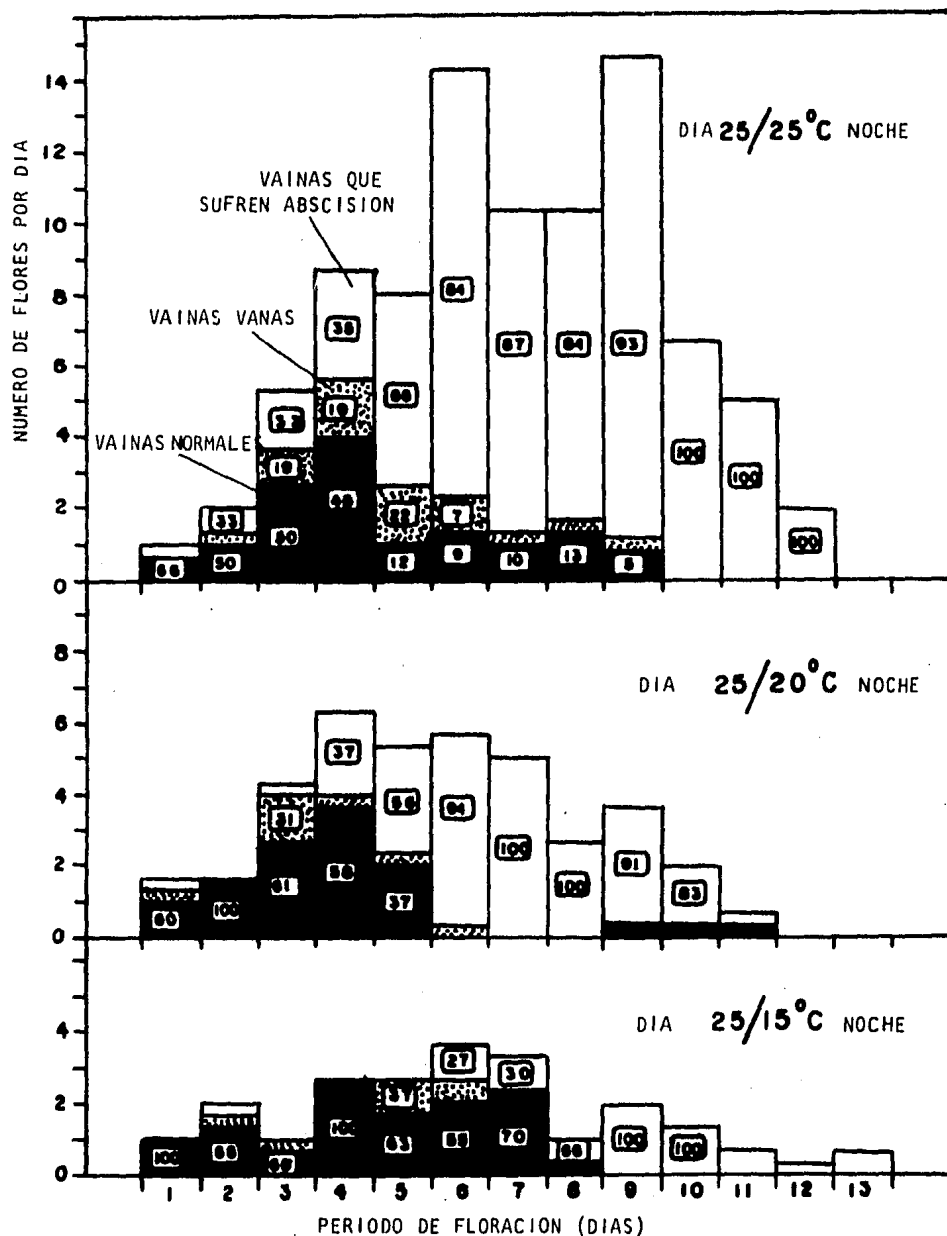


FIG. 17. NUMERO TOTAL DE FLORES PRODUCIDAS POR PLANTA DIARIAMENTE A TRAVES DEL PERIODO DE FLORACION Y NUMERO DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN ABCISION EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981. (promedios de 3 plantas).

(los números dentro de las barras indican porcentajes).

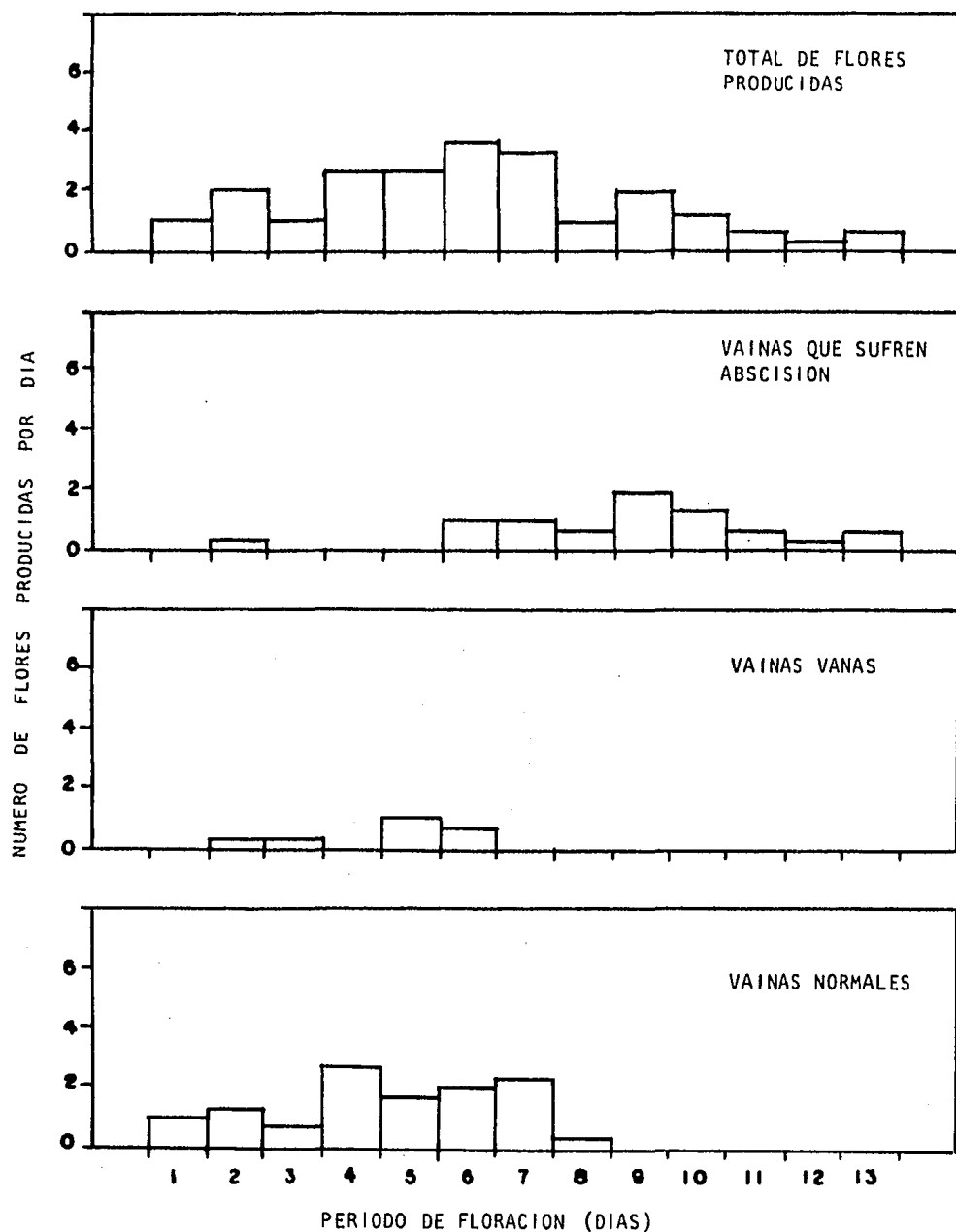


FIG. 18. NUMERO TOTAL DE FLORES PRODUCIDAS POR PLANTA DIARIAMENTE A TRAVES DEL PERIODO DE FLORACION Y NUMERO DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS QUE SUFREN ABCISION, VANAS Y NORMALES EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO DE 25/15°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981. (promedios de 3 plantas).

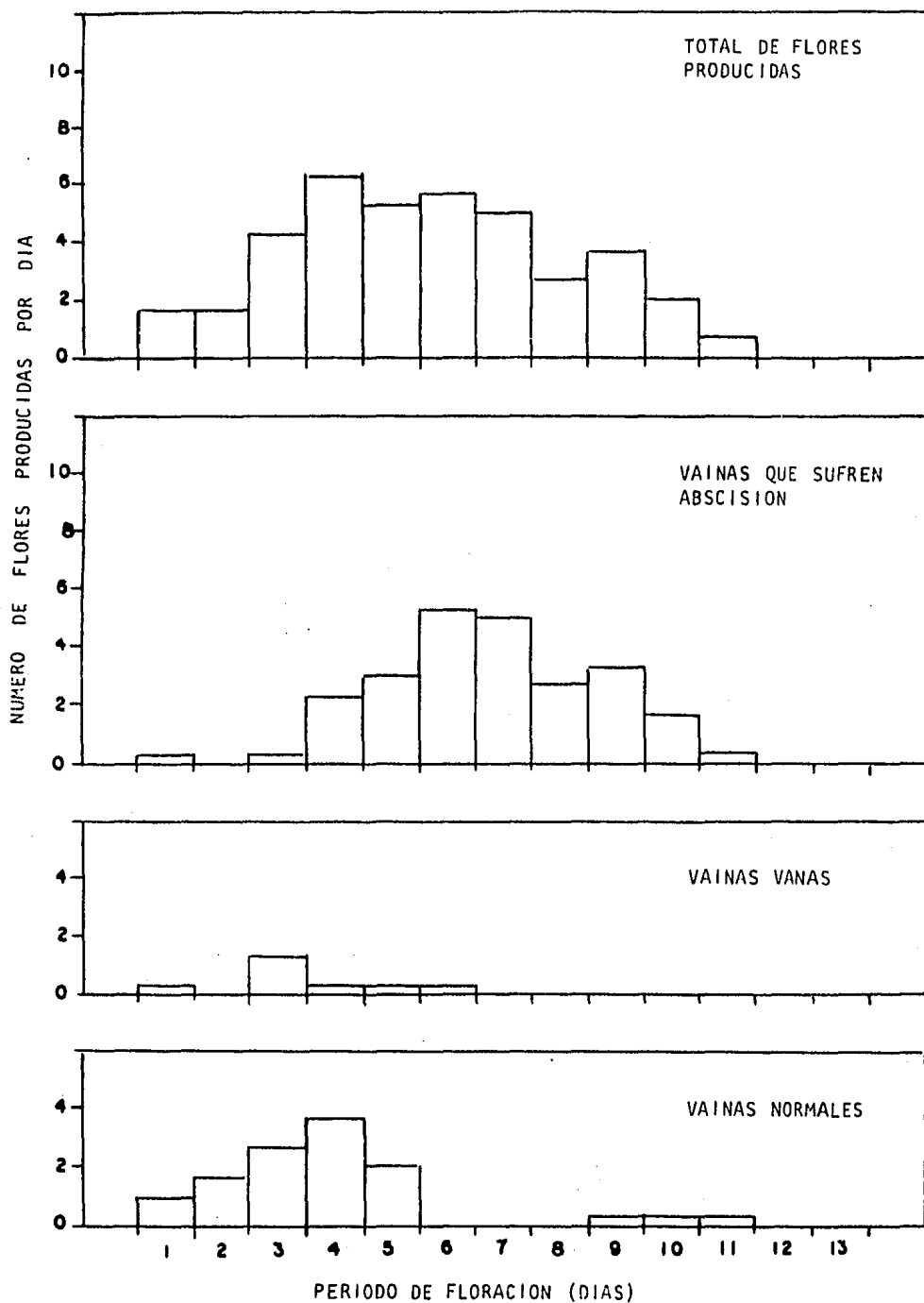


FIG. 19. NUMERO TOTAL DE FLORES PRODUCIDAS POR PLANTA DIARIAMENTE A TRAVES DEL PERIODO DE FLORACION Y NUMERO DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS QUE SUFREN ABCISION, VANAS Y NORMALES EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO DE 25/20°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981. (promedios de 3 plantas).

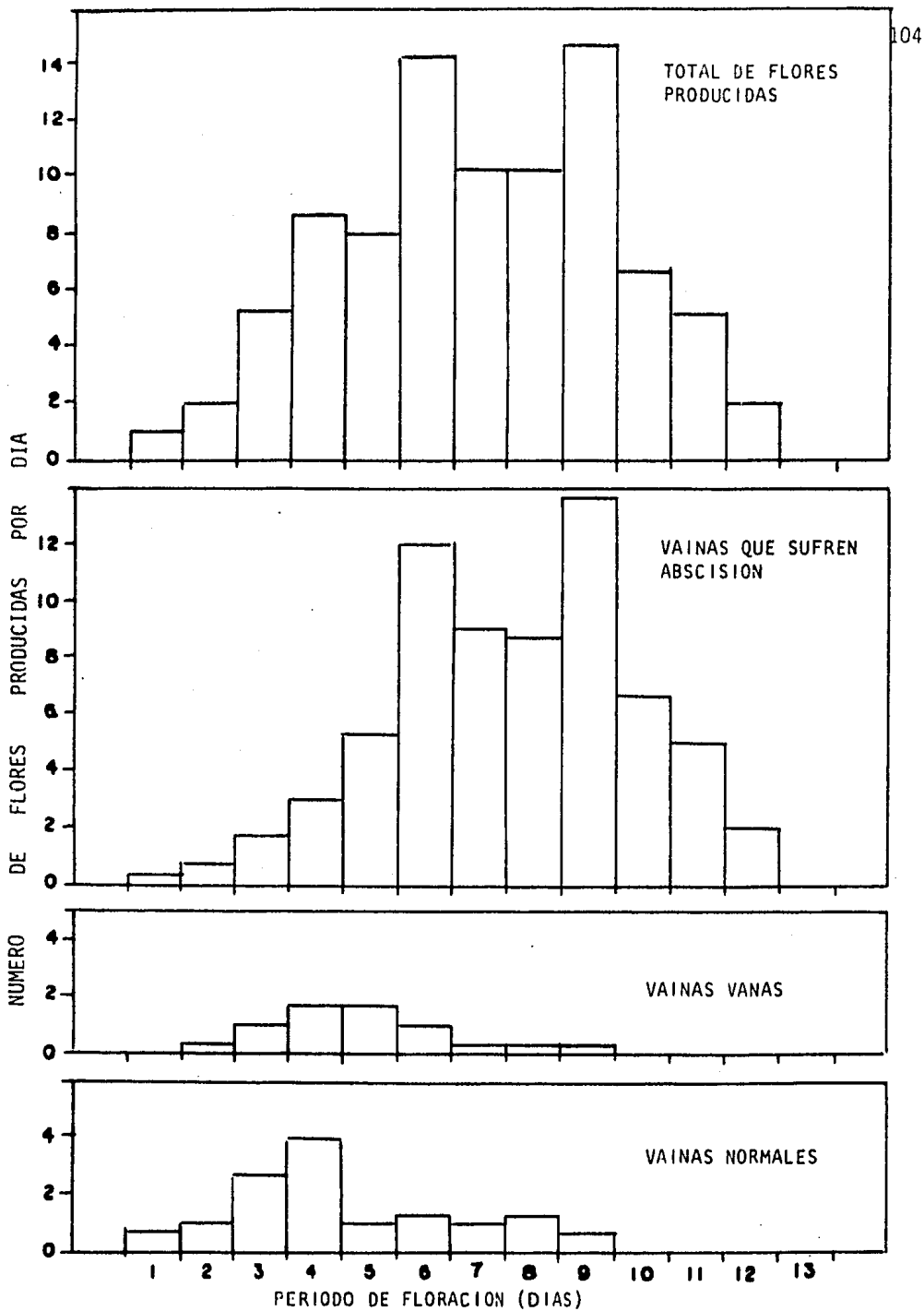


FIG. 20. NUMERO TOTAL DE FLORES PRODUCIDAS POR PLANTA DIARIAMENTE A TRAVES DEL PERIODO DE FLORACION Y NUMERO DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS QUE SUFREN ABCISION, VANAS Y NORMALES EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO DE 25/25°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981. (Promedios de 3 plantas).

Por otra parte, del total de flores producidas en la primera mitad del período de floración, el 17, 46 y 34 por ciento se transforman en vainas que sufren abscisión, para los tratamientos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C, mientras que del total de flores producidas en la segunda mitad, el 83, 54 y 66 por ciento sufren abscisión para los tratamientos referidos.

Similar tendencia en el amarre de las vainas dependiendo del orden de antesis en frijol ha sido reportada por Smith y Pryor (1962), Fanjul (1978), Tanaka y Fujita (1979) y Prieto (1981).

Como se discutió anteriormente, en el inciso 3.3, el número de flores que se transforman en vainas normales está en función del tamaño de la fuente, es decir del área foliar principalmente, además de los fotosintatos que se acumulan en tallos y ramas y después son translocados a los órganos reproductivos. La prioridad de las primeras flores para transformarse en vainas normales, se explica por los mecanismos fisiológicos que convierten a éstas en sitios de demanda que tienden a eliminar competitivamente a las demandas que aparecen más tardíamente.

Bidwell (1980), señala que para que el transporte de fotosintatos se efectúe hacia un lugar específico en crecimiento, se requiere que éste sintetice activamente auxina, la cual puede actuar de las siguientes maneras:

- a) La auxina crea una demanda o sumidero metabólico en el punto donde se sintetiza.
- b) Esta podría operar a lo largo de la vía de transporte, en el tejido vascular, afectando su permeabilidad por ejemplo.

- c) Esta hormona afecta la síntesis de tejido vascular, es decir, induce la formación de tejido de transporte joven.
- d) Podría actuar directamente sobre el sitio de descarga o sobre la fuente, para inducir la translocación.

Otro efecto importante de la auxina es el de la dominancia apical que se presenta en las plantas, mediante el cual un ápice en crecimiento sintetizará auxina, la cual, además de dirigir la dirección de la translocación, tiene un efecto inhibitorio sobre el desarrollo de otras yemas.

Las yemas inhibidas pueden escapar a la dominancia apical por medio de la producción o el acceso a las citocininas. Una vez que logran vencer la inhibición, la posterior producción de auxina permitirá su desarrollo (Sachs y Thimann, 1967).

Puede verse en las Figuras 21, 22 y 23, que en el caso del tratamiento 25/15°C, la dominancia apical del tallo principal es evidente, ya que la mayor cantidad de vainas normales producidas, se ubican en la inflorescencia terminal del tallo principal, observándose además un menor desarrollo de las ramas que para los otros dos tratamientos.

En las mismas figuras, puede verse que el mayor porcentaje de vainas normales se ubican en la inflorescencia del tallo principal y en las ramas de las yemas de nomófilos, lugares sobre los cuales se ubican las flores que presentan antesis más pronto, mientras que las vainas que sufren abscisión se ubican principalmente en las ramas de profilos y algunas en las ramas de nomófilos.

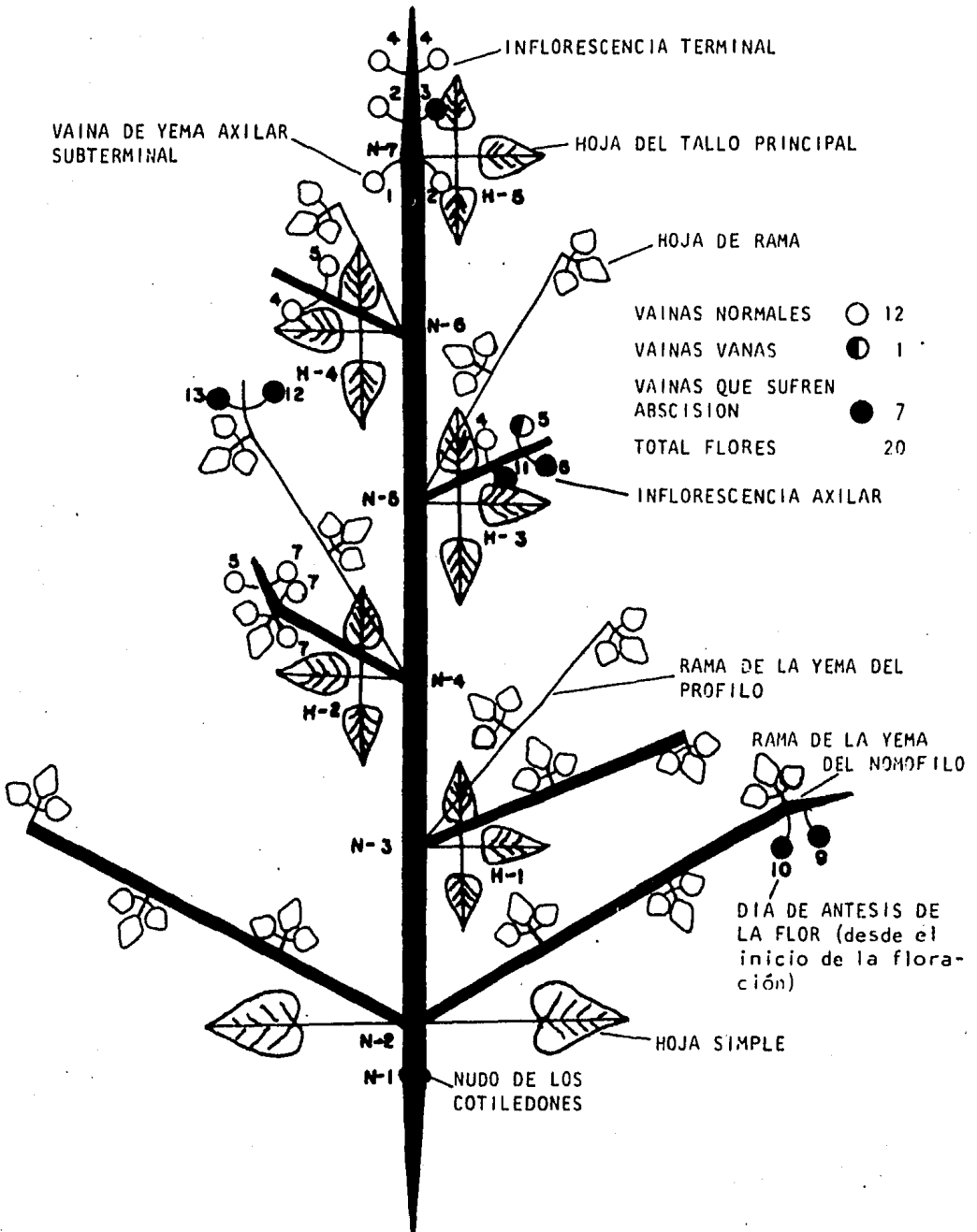


FIG. 21. EL ORDEN DE ANTESIS, LA UBICACION DE LAS FLORES Y SU DESTINO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMO PERIODO 25/15°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

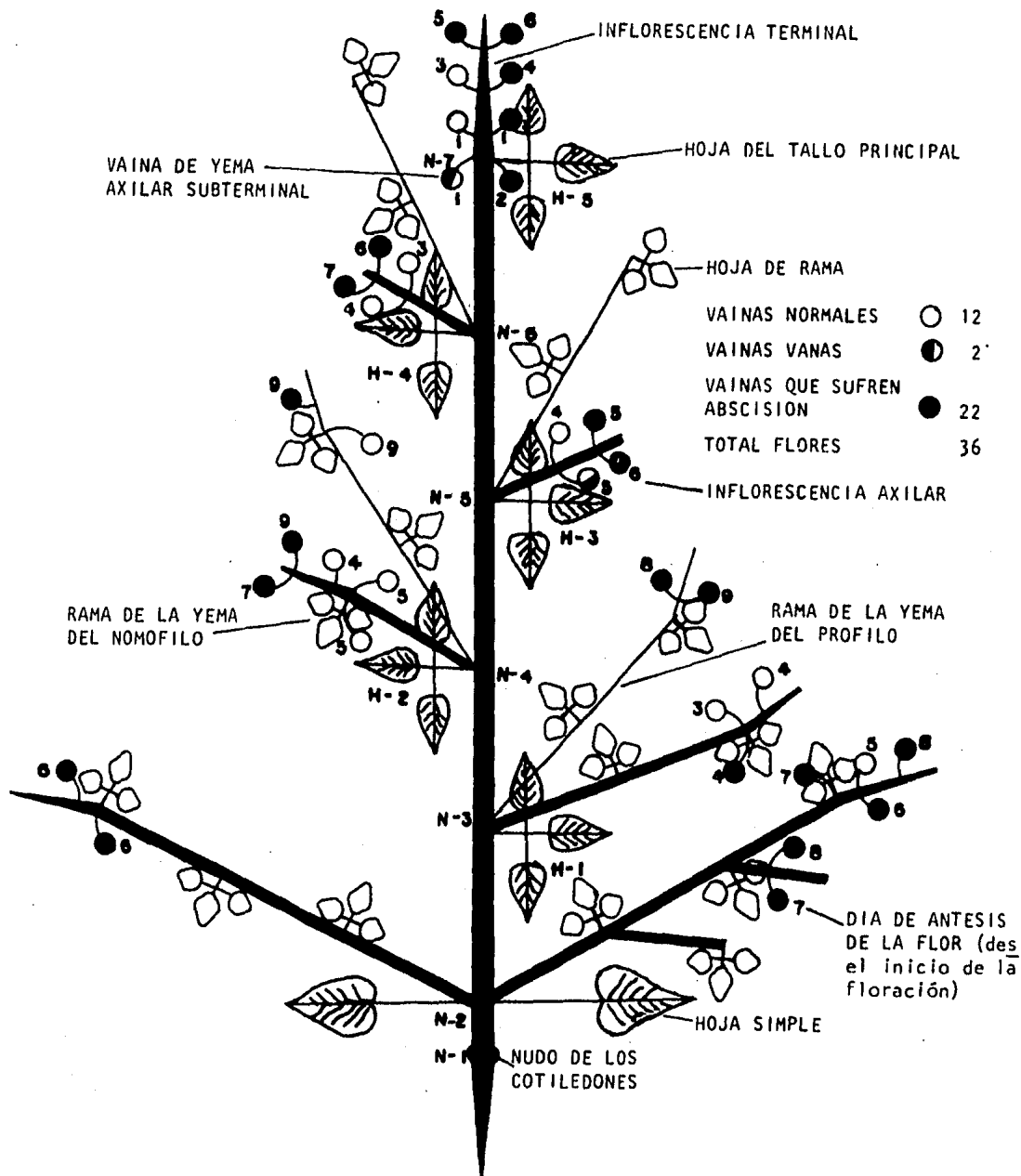


FIG. 22. EL ORDEN DE ANTESIS LA UBICACION DE LAS FLORES Y SU DESTINO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25/20°C CHAPINGO, MEXICO, 1981.

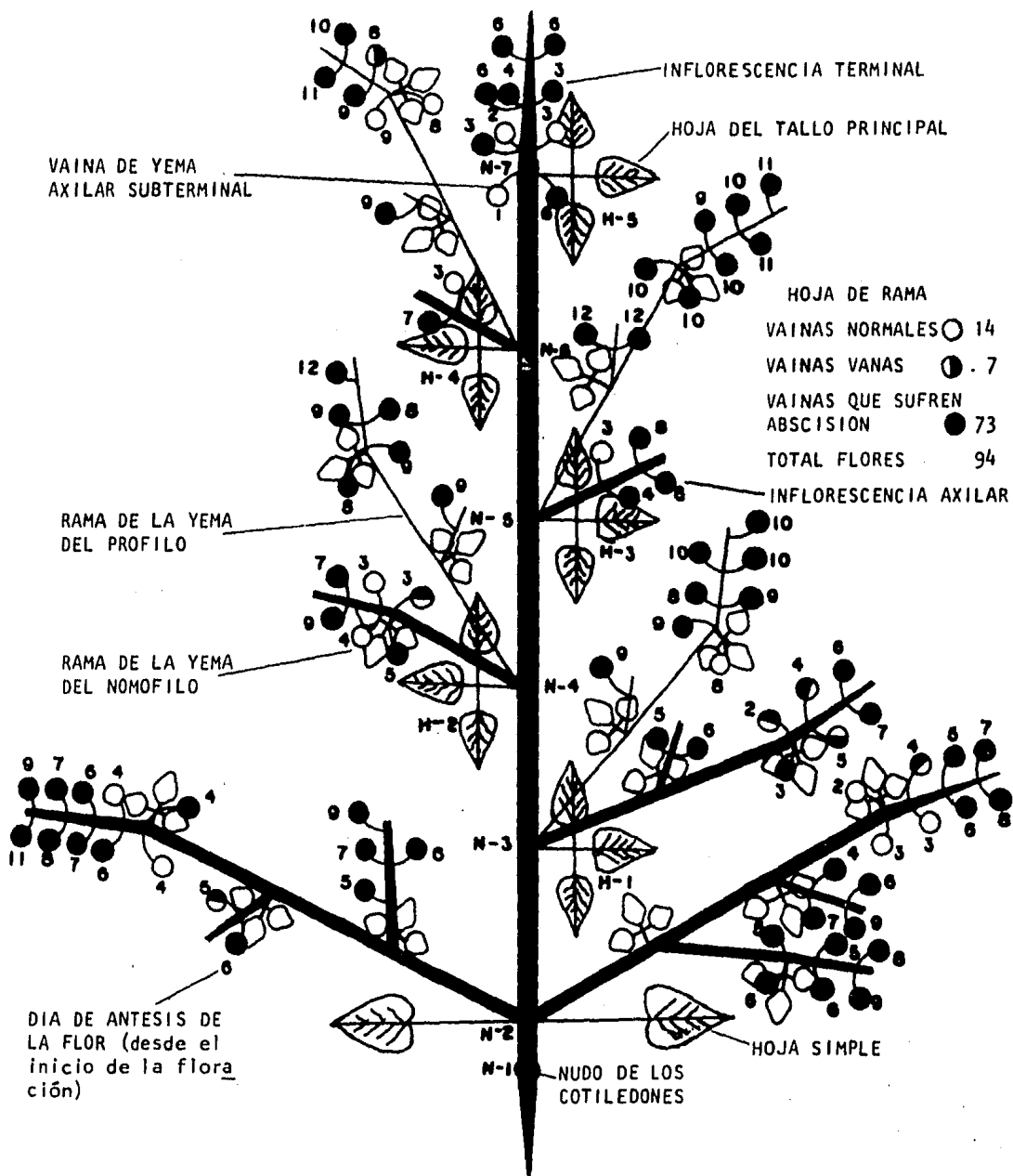


FIG. 23. EL ORDEN DE ANTESIS, LA UBICACION DE LAS FLORES Y SU DESTINO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25/25°C. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

Además, puede verse que las flores que se transforman en vainas normales generalmente se encuentran ubicadas en las yemas axilares subterminales, o en el primer nudo de la inflorescencia, es decir, las flores más basales, mientras que las que se encuentran más alejadas de la base muestran mayor tendencia a sufrir abscisión, lo cual también se relaciona con el orden de antesis de las flores dentro de la inflorescencia, pues ésta se presenta primero en las flores basales y avanza hacia los nudos superiores en los días siguientes.

4. Análisis del rendimiento

4.1. Componentes del rendimiento

Según Wallace (1966), en el frijol, el rendimiento al momento de la cosecha es el resultado de los siguientes componentes:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{No. vainas}}{\text{planta}} \times \frac{\text{No. semillas}}{\text{vaina}} \times \frac{\text{Peso}}{\text{Semilla}}$$

De tal forma que los cambios ocurridos en el rendimiento por efecto de factores como la nutrición, la humedad, el termoperíodo, etc., se manifestará en cambios sobre alguno o algunos de los componentes del rendimiento mencionados.

Duarte y Adams (1972), denominan a estos componentes de primer orden, para diferenciarlos de los componentes de segundo orden tales como el número de hojas y su tamaño, etc.

El resumen de los resultados obtenidos en los componentes del rendimiento, se presenta en el Cuadro 6 y el análisis estadístico en el Cuadro 17A.

Cuadro 6.- Efecto de tres termo periodos sobre el rendimiento y sus componentes en frijol variedad Cacahuete-72.

| Variable | Tratamientos | | |
|---|--------------|---------|---------|
| | 25/15°C | 25/20°C | 25/25°C |
| Rendimiento en semilla (g/pl) | 27.6 a | 29.2 a | 18.9 b |
| No. de semillas normales/pl | 59.0 a | 63.2 a | 58.0 a |
| No. de vainas normales/pl | 12.7 a | 13.7 a | 14.7 a |
| No. de semillas normales/vaina | 4.7 a | 4.6 a | 4.0 a |
| Tamaño de la semilla (mg) | 468 a | 465 a | 326 b |
| Peso seco del pericarpio (g/pl) | 5.9 a | 5.3 a | 4.0 b |
| Peso seco total (g/pl) (Sin incluir raíz)* | 57.6 a | 55.7 a | 47.7 b |
| Peso seco total (g/pl) (Incluyendo raíz)* | 64.4 a | 62.0 ab | 54.5 b |
| Indice de cosecha (sin raíz)* | 0.48a | 0.52a | 0.39b |
| Indice de cosecha (con raíz)* | 0.43b | 0.47a | 0.35c |
| Indice de llenado de vaina | 82.3 a | 84.5 a | 82.6 a |

* incluye órganos caídos

Valores con la misma letra indican que estadísticamente son iguales (Tukey 0.05)

4.1.1. Rendimiento en semilla por planta

El rendimiento en semilla por planta fue de 27.6, 29.2 y 18.9 g para los termoperiodos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C (Fig. 24a). Estadísticamente el último resultado es diferente a los dos primeros (Cuadro 17A).

4.1.2. No. de semillas normales por planta

El número de semillas normales por planta fue de 59.0, 63.2 y 58.0 para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C (Fig. 24b). Según el análisis estadístico, las diferencias no son significativas. (Cuadro 17A).

4.1.3. No. de vainas normales por planta

El número de vainas normales por planta fue de 12.7, 13.7 y 14.7 para los termoperiodos 25/15°C, 25/20°C y 25/5°C (Fig. 24c). Estadísticamente estas diferencias no son significativas (Cuadro 17A), aunque se puede observar cierta tendencia a formar más vainas normales por planta cuando se incrementan las temperaturas nocturnas.

4.1.4. No. de semillas normales por vaina

El número de semillas normales por vainas fue de 4.7, 4.6 y 4.0 para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C (Fig. 25a). El análisis estadístico indica que no hay diferencias significativas en los resultados (Cuadro 17A), aunque se puede observar que al aumentar la temperatura nocturna, hay cierta tendencia a disminuir el número de semillas normales por vaina.

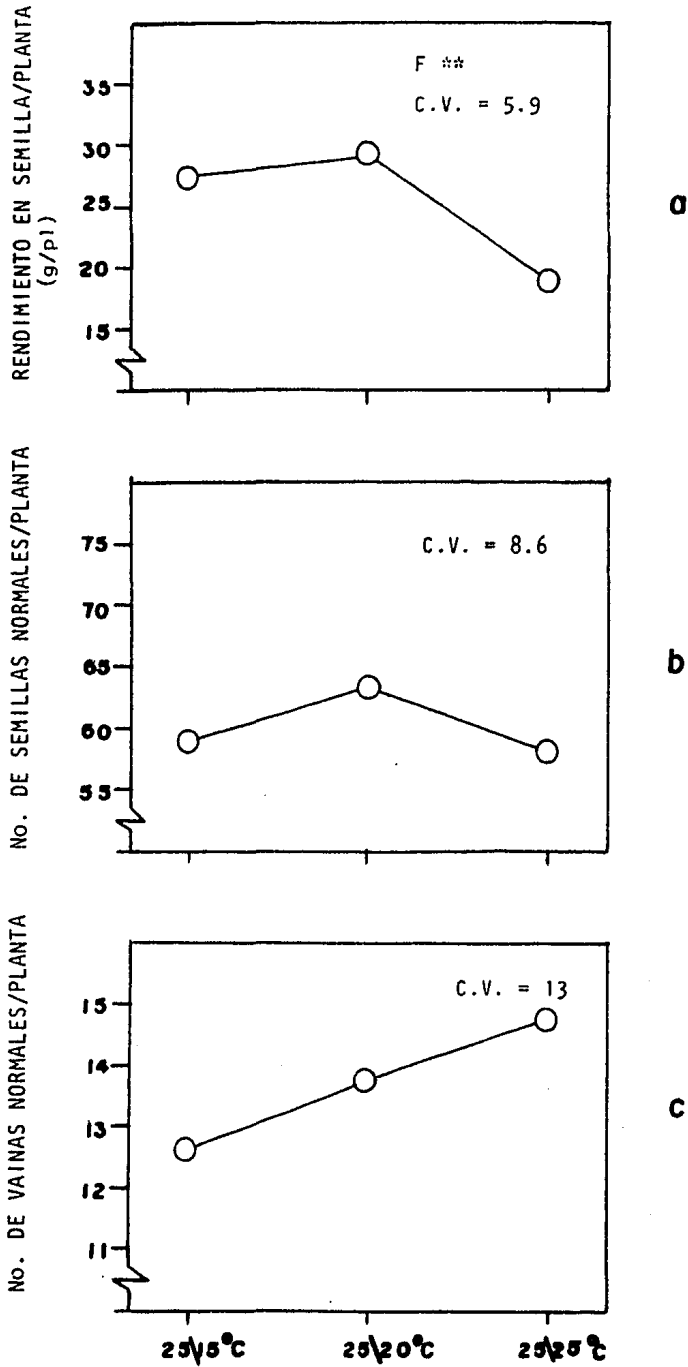
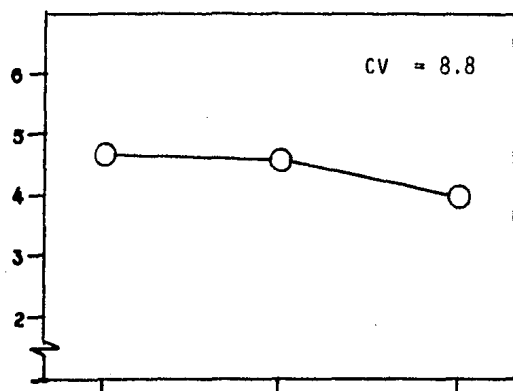


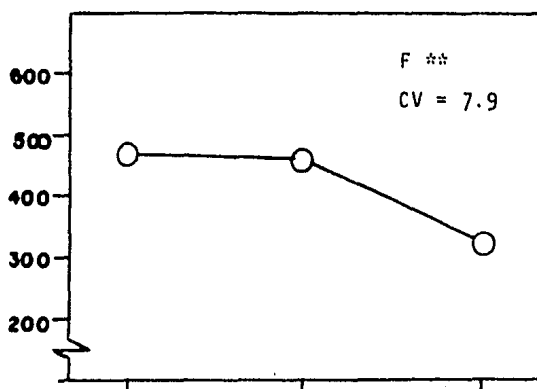
FIG. 24. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 EN TRES TRATAMIENTOS TERMOPE-RIODICOS. CHAPINGO, MEXICO, 1981. (datos promedio de 3, 4 y 5 plantas).

No. DE SEMILLAS NORMALES/VAINA



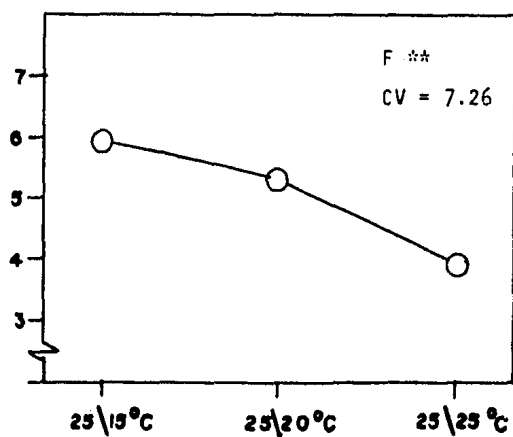
a

TAMAÑO DE LA SEMILLA (miligramos)



b

PESO DEL PERICARPIO (g/pl.)



c

FIG. 25. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 EN TRES TRATAMIENTOS TERMOPERIODICOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981. (datos promedio de 3, 4 y 4 plantas).

4.1.5. Tamaño de la semilla

El tamaño de la semilla expresado como su peso en miligramos fue de 468, 465 y 326, para los termoperíodos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C (Fig. 25b). Estadísticamente el último resultado es diferente a los dos primeros (Cuadro 17A).

Se puede observar en los resultados anteriores, que el rendimiento para el tratamiento 25/25°C, disminuye casi 30% respecto a los termoperíodos 25/15°C y 25/20°C. El componente del rendimiento que explica este cambio es el tamaño de la semilla, que disminuye su peso para 25/25°C.

Estos resultados están acordes con lo esperado, pues diversos autores consignan que las altas temperaturas nocturnas disminuyen el rendimiento debido a que el tamaño de la semilla se reduce.

Evans (1957), indica que para el caso del haba, las bajas temperaturas nocturnas aumentan el tamaño de la semilla y el número de semillas por vaina.

Stanfield *et al.* (1966), señala que en el caso del chícharo, el rendimiento por planta disminuye drásticamente en condiciones de temperaturas diurnas y nocturnas altas.

Yoshida (1972) y Evans (1978), consignan que en el caso del trigo, el aumento de la temperatura en general, o de las temperaturas nocturnas, hacen que se reduzca drásticamente el rendimiento al disminuir el tamaño de la semilla.

Siddique y Goodwin (1980), también encontraron en frijol, que los termoperíodos altos durante la etapa de desarrollo de la semilla reducen

notablemente su tamaño y calidad.

Se puede considerar que el rendimiento en semilla por planta al momento de la cosecha, es el resultado final que refleja lo sucedido durante todo el ciclo de crecimiento.

Así pues, la variación observada en el rendimiento, es un efecto de lo acontecido durante las etapas de crecimiento de las plantas: crecimiento vegetativo, floración, crecimiento del pericarpio y crecimiento de la semilla.

Del análisis realizado en los incisos 1, 2 y 3, se obtienen las siguientes consideraciones, que pueden explicar las variaciones observadas en el rendimiento final.

- a) Las temperaturas nocturnas altas reducen el ciclo de crecimiento, debido a que se reducen: los días a la madurez fisiológica, el inicio de la floración, los días al final de la floración y el período de postfloración, considerado del inicio de la floración o del final de ésta a la madurez fisiológica. Al respecto, Evans (1978) y Siddique y Goodwin (1980), señalan que las altas temperaturas nocturnas reducen el rendimiento en trigo y frijol respectivamente, debido a que se reduce el período de llenado de la semilla. El componente del rendimiento más afectado en ambos casos, es el tamaño de la semilla.
- b) Según los resultados obtenidos, las altas temperaturas nocturnas incrementan el número de flores por planta, y hay una ligera tendencia a formar mayor cantidad de vainas - -

normales. Sin embargo, paralelo a lo anterior, ocurre una copiosa caída de vainas, lo cual indica un gran desbalance entre la fuente y la demanda posterior a la floración.

Davis (1945) y Smith y Pryor (1962), encontraron en frijol, que las altas temperaturas nocturnas en el período de floración, reducen el porcentaje de amarre de las vainas.

Vigliierchio y Went (1957), encontraron en frijol ejotero, que el factor que más influye en la producción de vainas es el fotoperíodo, el cual interactúa con el termoperíodo.

Devlin (1980), indica que mientras que el período de oscuridad afecta el inicio de la floración, la longitud del período de luz afecta la producción de primordios florales y flores, por lo cual indica que este proceso es muy afectado por el estado metabólico de la planta.

Van Schaik y Probst (1958), encontraron en soya que al incrementar se el fotoperíodo y el termoperíodo, aumentó el número de flores por planta, sin embargo, también se incrementó el porcentaje de órganos reproductivos que sufrieron abscisión.

Tanaka y Fujita (1979), indican que el período de floración y crecimiento del pericarpio, son críticos en el desarrollo del frijol, pues es cuando se determina el número de vainas normales por planta y el número de semillas normales por vaina. En estas etapas, señalan que ocurre un déficit en la fuente, lo cual provoca la caída de flores y vainas que la planta no puede sostener.

En los resultados obtenidos, el número de vainas normales y el número de semillas normales por vaina fueron similares en los tres tratamientos, lo cual indica que el balance entre la fuente y la demanda en la floración y el crecimiento del pericarpio finalmente fue similar.

c) Las altas temperaturas nocturnas inducen una tasa de crecimiento más rápida, tanto del peso seco, como del área foliar. También la intensidad de la translocación fue mayor durante el período de la floración y el crecimiento del pericarpio al incrementarse la temperatura nocturna. Esto provocó una mayor formación de órganos reproductivos, y por lo tanto un incremento en la demanda que las plantas no pudieron sostener, por lo cual ocurrió una copiosa caída de vainas.

Ocurrió un déficit adicional de fotosintatos para el tratamiento 25/25°C en la etapa de crecimiento de la semilla, lo cual provocó que se redujera el rendimiento final a un 70 por ciento del obtenido para 25/15°C y 25/25°C, al reducirse en la misma proporción el tamaño de la semilla.

Probablemente las altas temperaturas nocturnas provocaron una acelerada maduración del área foliar, que se convirtió en deficiente exportadora de fotosintatos en el período de crecimiento de la semilla.

Tanaka y Fujita (1979) y Bidwell (1980), indican que las hojas de frijol reducen su intensidad fotosintética, su translocación y aumentan la respiración de mantenimiento al llegar a la madurez.

Tanaka y Fujita (1979), indican que una reducción drástica de la fuente durante la etapa de crecimiento de la semilla en frijol, puede reducir el rendimiento al disminuir el tamaño de la semilla.

4.2. Otras variables que evalúan el rendimiento

Nichiporovich (citado por Wallace y Munger, 1966), ha propuesto el Índice de Cosecha (IC), como una medida de la eficiencia de las plantas para producir semilla, o cualquier tipo de rendimiento de interés económico o agronómico. Este se obtiene de la siguiente relación:

$$IC = \frac{\text{Rendimiento económico o agronómico}}{\text{Rendimiento biológico}}$$

El rendimiento económico o agronómico, se refiere a la fracción del peso seco total que tiene un valor agronómico, como la semilla en el caso del frijol. El rendimiento biológico se refiere al total de materia seca que la planta acumula hasta la cosecha, incluidos la semilla y en sentido estricto, el peso de los órganos que sufren abscisión y el peso de la raíz (Kohashi Shibata, comunicación personal).

El índice de llenado de vaina (K_j), propuesto por Kohashi Shibata (citado por Escalante, 1980), sirve para determinar el porcentaje de fotosintatos que se acumulan en la semilla, en relación al total acumulado en la vaina. Este se obtiene de la siguiente relación:

$$K_j = \frac{\text{Peso seco de la semilla por planta}}{\text{Peso seco del pericarpio por planta} + \text{Peso seco de la semilla por planta}}$$

En el frijol, posterior a la anthesis de las flores, ocurre primero el crecimiento del pericarpio y posteriormente el crecimiento de la semilla.

Según Lucas *et al.* (1976) y Olliker *et al.* (1978), una parte de los fotosintatos acumulados en el pericarpio durante su desarrollo, son translocados a la semilla, por lo cual el K_j tendrá un valor fisiológico que nos indicará el porcentaje de fotosintatos translocados del pericarpio a las semillas de la misma vaina.

4.2.1. Peso seco del pericarpio por planta

El peso seco del pericarpio por planta fue de 5.9, 5.3 y 4.0 g para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C (Fig. 25c). El análisis estadístico indica que el último resultado es diferente a los dos primeros (Cuadro 19A).

4.2.2. Peso seco total de la planta (sin raíz)

El peso seco total de la planta sin considerar la raíz, e incluyendo el peso de los órganos caídos que fueron colectados durante el período de crecimiento, fue, al momento de la cosecha de 57.6, 55.7 y 47.8 g para los tratamientos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C (Fig. 26a). Según el análisis estadístico, el último resultado es diferente a los dos primeros (Cuadro 19A).

4.2.3. Peso seco total de la planta (con raíz)

El peso seco total de la planta, considerando en éste a la raíz y los órganos caídos, fue de 64.4, 62.0 y 54.5 g para 25/15°C, 25/20°C y

25/25°C (Fig. 26b). Estadísticamente el primer resultado es diferente al último (Cuadro 19A).

4.2.4. Índice de Cosecha (sin incluir raíz)

El Índice de Cosecha sin incluir el peso seco de la raíz, pero considerando el peso de los órganos caídos, fue de 0.48, 0.52 y 0.39 para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C (Fig. 26c). Estadísticamente el último resultado es diferente a los otros dos (Cuadro 19A).

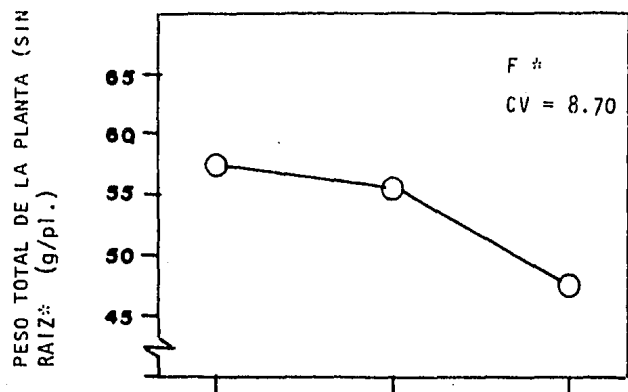
4.2.5. Índice de Cosecha (incluyendo la raíz)

El Índice de Cosecha considerando el peso seco de la raíz y el de los órganos caídos, fue de 0.43, 0.47 y 0.35 para los termoperíodos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C (Fig. 27a). Estadísticamente los tres resultados son diferentes (Cuadro 19A).

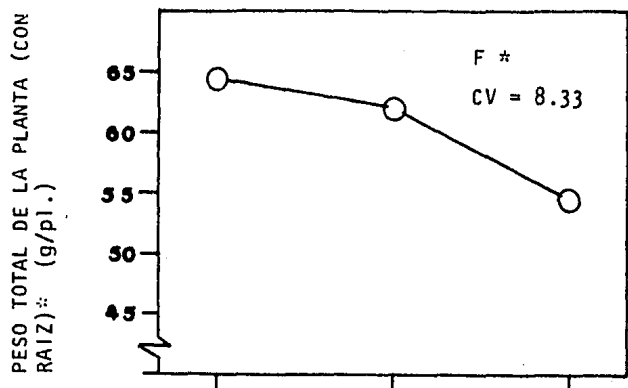
4.2.6. Índice de llenado de vaina

El índice de llenado de vaina fue de 82.3, 84.5 y 82.6 por ciento para los tratamientos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C (Fig. 27b). No hubo diferencias significativas en los resultados según el análisis estadístico (Cuadro 19A).

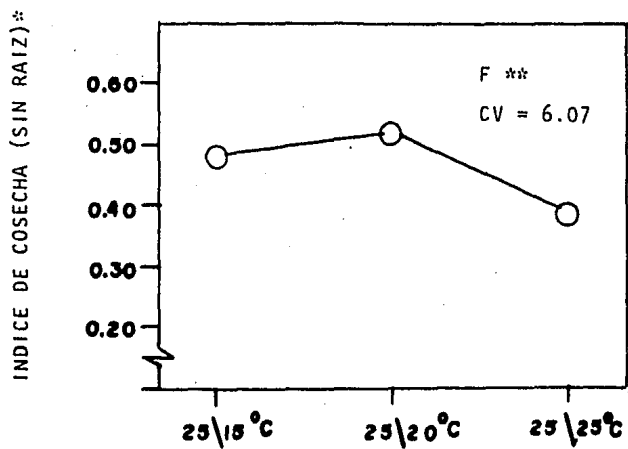
Como se puede observar en los resultados anteriores, el mayor Índice de Cosecha se obtuvo para el tratamiento 25/20°C, el cual alcanzó la madurez fisiológica a los 74 días, con un peso seco, sin considerar la raíz, de 55.7 g, un rendimiento en semilla de 29,2 g y un IC de 0.52.



a



b

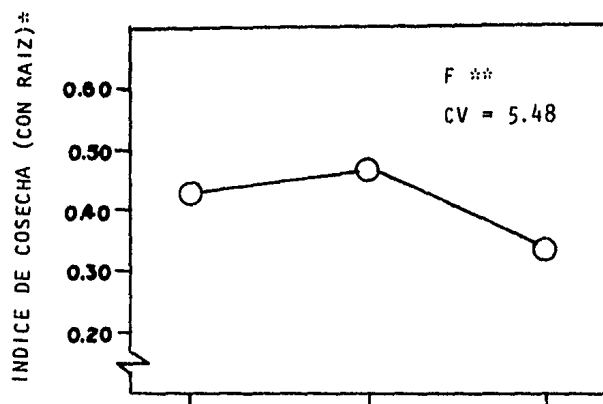


c

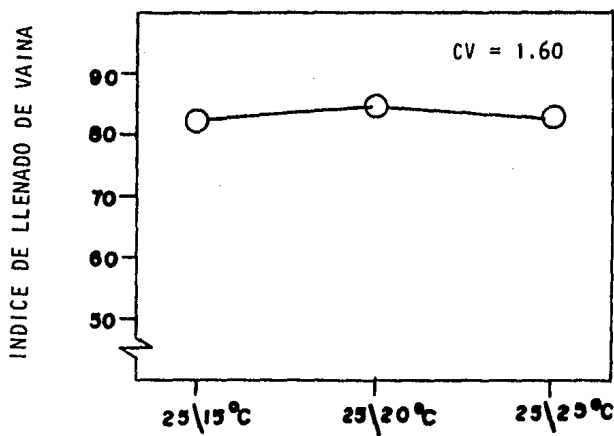
FIG. 26. VARIABLES QUE EVALUAN EL RENDIMIENTO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 EN TRES TRATAMIENTOS TERMOPE_ RIODICOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

(datos promedio de 3, 4 y 4 plantas)

* incluye órganos caídos



a



b

FIG. 27. VARIABLES QUE EVALUAN EL RENDIMIENTO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 EN TRES TRATAMIENTOS TERMOPERIODICOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981. (datos promedio de 3, 4 y 4 plantas).

* incluye órganos caídos

Las temperaturas nocturnas de 25°C, reducen el peso seco total, el rendimiento en semilla y el IC, que fue de 0.39 en este caso, cuando se calculó sin considerar la raíz en el peso seco total.

En comparación con lo anterior, Wallace y Munger (1966), consignan que el Índice de Cosecha de algunas variedades de frijol de crecimiento determinado, creciendo en el campo, fluctuó entre 0.53 y 0.67, aunque ellos no consideraron el peso de los órganos caídos, ni el de la raíz, en el peso seco total, por las dificultades que se presentan en el campo para esto.

Mesquita (1973), encontró que el Índice de Cosecha para las variedades de frijol de hábito de crecimiento determinado Canario-107, Canario-101 y Bayomex creciendo en el campo, fue de 0.43, 0.49 y 0.46 respectivamente.

Prieto (1981), trabajando con la variedad de frijol Cacahuete-72 encontró que ésta alcanzó la madurez fisiológica a los 110 días, con un peso seco total de la planta sin incluir raíz de 126 g, un rendimiento en semilla de 66.8 g y un IC de 0.53.

Respecto al índice de llenado de vaina, se tuvo diferencias no significativas en los tres tratamientos.

Esto se debe a que la reducción en el rendimiento en semilla para el tratamiento 25/25°C, estuvo acompañado de una reducción en el peso del pericarpio. Para 25/15°C y 25/20°C, el mayor rendimiento en semilla estuvo aparejado con un mayor peso del pericarpio.

Lo anterior indica que el pericarpio acumuló menos fotosintatos durante su crecimiento, a pesar de que la intensidad de la translocación hacia éste fue mayor al iniciarse su crecimiento (del inicio de la floración a los 50 días), en el tratamiento 25/25°C, aunque la translocación posterior del pericarpio a la semilla al parecer no se vio afectada, ya que ocurrió una pequeña disminución en el peso del pericarpio de los 50 días a la cosecha, lo cual indica que los fotosintatos acumulados fueron movidos hacia la semilla posteriormente, lo cual está de acuerdo con lo reportado por Lucas *et al.* (1976) y Olliker *et al.* (1978).

Posiblemente las altas temperaturas nocturnas incrementaron la respiración del pericarpio, ocasionando con esto un desgaste adicional de fotosintatos, que se tradujo en un menor peso de éste a la cosecha.

4.3. Distribución del rendimiento por tipos de ramas

En este inciso, se estudió la distribución del rendimiento en los siguientes tipos de ramas: a) Ramas de yemas de nomófilos, b) Ramas de yemas de profilos y c) Inflorescencia terminal del tallo principal.

4.3.1. Rendimiento ubicado en ramas de yemas de nomófilos

El rendimiento sobre este tipo de ramas fue de 17.4, 19.6 y 13.9 g, que expresado como porcentaje del rendimiento total por planta fue de 63, 67 y 70 por ciento para los tratamientos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C (Fig. 28, Cuadro 22A).

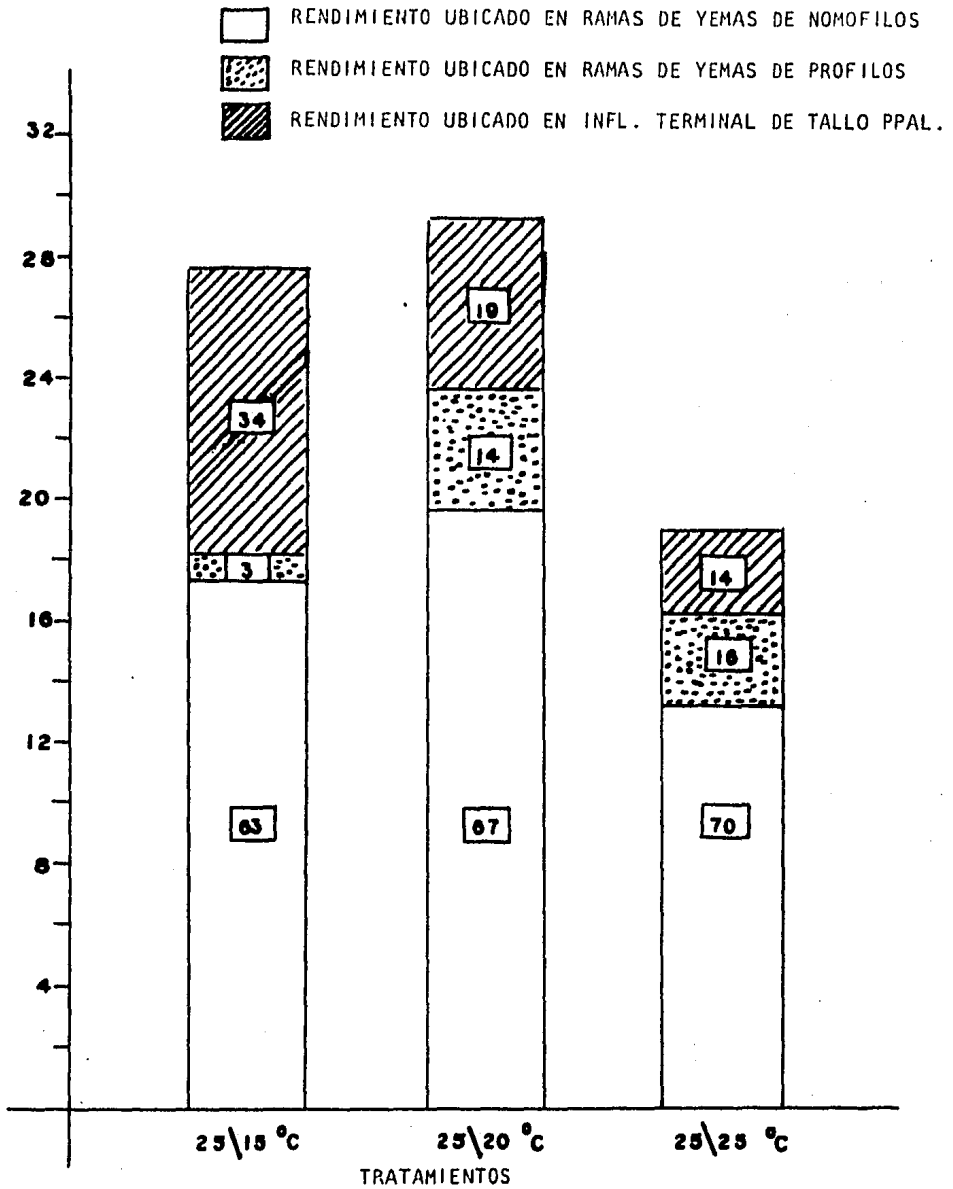


FIG. 28. DISTRIBUCION DEL RENDIMIENTO EN SEMILLA POR TIPOS DE RAMAS EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

(datos promedio de 3, 4 y 4 plantas). (los números dentro de las barras indican porcentajes).

4.3.2. Rendimiento ubicado en ramas de yemas de perfiles

En este tipo de ramas, se encontraron 0.77, 3.95 y 3.13 g para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C. Expresado como porcentaje del rendimiento total por planta, fue de 3, 14 y 16 por ciento respectivamente (Fig. 28). Estadísticamente estos resultados son iguales, aunque las repeticiones dentro de cada tratamiento presentan una gran variación, (Cuadro 22A).

4.3.3. Rendimiento ubicado en la inflorescencia terminal del tallo principal

Se encontraron 9.4, 5.7 y 2.6 g, para los tratamientos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C, lo cual corresponde al 34, 19 y 14 por ciento del rendimiento total por planta respectivamente (Fig. 28). El análisis estadístico revela que el primer resultado es diferente al tercero (Cuadro 22A).

Se puede apreciar en los anteriores resultados, que la distribución del rendimiento en los distintos tipos de ramas se relaciona con la distribución de las vainas normales, ya que se tuvieron 7, 0 y 5 para 25/15°C, 9, 1 y 2 para 25/20°C y 9, 2 y 3 para 25/25°C, ubicadas en ramas provenientes de nomófilos, perfiles y en la inflorescencia terminal del tallo principal (datos tomados de las Figuras 21, 22 y 23).

Además, como se ha visto anteriormente (inciso 2.2), la distribución de los órganos reproductivos está relacionada con la secuencia de desarrollo de los distintos tipos de ramas y el crecimiento de su respectiva área foliar.

Al momento de iniciarse la floración, se encuentra una mayor cantidad de área foliar en el tallo principal que en las ramas de nomófilos y

aún no se desarrollan las ramas de profilos.

Durante el período de floración, se desarrolla el área foliar de las ramas de nomófilos y profilos, mientras que la del tallo principal ya no se incrementa, disminuyendo incluso para el tratamiento 25/25°C, debido a la abscisión de las hojas inferiores, lo que se traduce en que para este tratamiento, el rendimiento ubicado en la inflorescencia terminal del tallo principal es menor que en 25/15°C.

Es de interés el hacer notar que para el tratamiento 25/15°C, parece operar especialmente el fenómeno de dominancia apical de la inflorescencia del tallo principal, tal y como fue analizado en el inciso 3.5, lo cual impide el desarrollo de las ramas de profilos.

Así pues, las variaciones observadas en la distribución del rendimiento en los diferentes tipos de ramas para los tratamientos termoperiódicos, deben interpretarse en función de los ajustes que la planta debe realizar entre la fuente y la demanda al alterarse la distribución del área foliar y consecuentemente la del rendimiento.

4.4. Correlaciones entre el rendimiento y sus componentes

En el Cuadro 7, se presentan los coeficientes de correlación entre el rendimiento y algunas variantes considerados en este trabajo.

Puede verse que hay correlaciones altas entre el rendimiento total y el rendimiento ubicado en ramas de nomófilos, el tamaño de la semilla y el Índice de Cosecha y el peso seco total de la planta.

Cuadro 7.- Correlaciones del rendimiento en semilla por planta y los componentes del rendimiento y otras variables en frijol variedad Cacahuate-72 sometido a tres termoperíodos. Chapingo, México. 1981.

| | <u>Coefficiente de correlación</u> |
|---|------------------------------------|
| 1.- No. de semillas normales/planta | 0.488 |
| 2.- No. de vainas normales/planta | -0.214 |
| 3.- No. de semillas normales/vaina | 0.601 |
| 4.- Tamaño de la semilla | 0.895 |
| 5.- Peso total de la planta (con raíz)* | 0.786 |
| 6.- Peso total de la planta (sin raíz)* | 0.826 |
| 7.- Índice de cosecha (incluyendo raíz)* | 0.868 |
| 8.- Índice de cosecha (sin incluir raíz)* | 0.830 |
| 9.- Índice de llenado de vaina | 0.440 |
| 10.- Rendimiento ubicado en ramas de nomófilos | 0.917 |
| 11.- Rendimiento ubicado en ramas de prófilos | -0.051 |
| 12.- Rendimiento ubicado en la inflorescencia terminal del tallo principal | 0.672 |
| 13.- Número total de flores/planta | -0.879 |
| 14.- Días al inicio de la floración | 0.717 |
| 15.- Días al final de la floración | 0.453 |
| 16.- Días a la madurez fisiológica | 0.683 |
| 17.- Período de llenado de semilla (Inicio de floración a madurez fisiológica) | 0.645 |
| 18.- Período de llenado de semilla (Final de floración a madurez fisiológica) | 0.745 |

*Incluye órganos caídos

También hubo correlaciones relativamente altas del rendimiento con los datos fenológicos: de final de floración a madurez fisiológica, días al inicio de la floración, días a madurez fisiológica y del inicio de la floración a la madurez fisiológica.

En comparación con estos resultados, Duarte y Adams (1972), indican que el factor más relacionado con el rendimiento en las variedades de frijol, es el número de vainas normales por planta. Mencionan además que en algunas familias seleccionadas con respecto al número de semillas por vaina y el tamaño de la semilla, estos componentes asumen un mayor papel en el rendimiento final. Indican que el número de hojas por planta estuvo fuertemente asociado al número de vainas por planta, mientras que el tamaño o la magnitud del área foliar se asoció al tamaño de la semilla.

Mesquita (1973), trabajando con 4 variedades de frijol de hábito de crecimiento determinado e indeterminado arbustivo, encontró que los componentes que mostraron más alta correlación con el rendimiento, fueron el número de vainas por planta y el número de semillas por vaina.

Escalante (1980), encontró en la variedad de frijol Michoacán 12-A-3 creciendo en diferentes intensidades de sombreado, que los componentes más relacionados con el rendimiento, fueron el número de semillas por planta, el número de vainas normales por planta y el número de semillas por vaina. Observó además, que el rendimiento final no fue afectado debido a que hubo compensación entre los componentes del rendimiento, ya que la reducción en el número de semillas por vaina, estuvo acompañado del aumento de las vainas normales por planta.

Ramírez (1981), encontró que en la variedad de frijol Canario 107, creciendo solo, asociado e intercalado con maíz, hubo altas correlaciones

entre el rendimiento y el número de semillas normales por planta, el número de inflorescencias, de ramas de primer orden, el área foliar y el número de hojas por planta.

Adams (1967), señala que los componentes primarios del rendimiento se encuentran bajo control genético y al parecer dependen de genes que se gregan independientemente. Además, dado que la manifestación fenotípica de estos componentes es afectada por el medio ambiente, sugiere que los fitomejoradores deben realizar las evaluaciones del mérito genético de las variedades en aquellos ambientes en los cuales sea posible la máxima expresión de los genotipos relevantes.

Se puede concluir al respecto, que el tamaño de la semilla es un carácter fenotípico de las variedades de frijol, cuya expresión depende de componentes genéticos y ambientales, y que la temperatura nocturna es uno de los factores ambientales que más afectan su manifestación, como se desprende del experimento realizado.

Por otra parte, se encontró una alta correlación negativa entre el rendimiento y el número de flores por planta, lo cual traducido a términos fisiológicos, indica que la cantidad de flores en este caso no es determinante del rendimiento, ya que la cantidad de vainas que la planta puede sostener está en función de la magnitud de la fuente, es decir, del área foliar capaz de fotosintetizar y translocar metabolitos.

Finalmente, se encontró que dentro de los límites probados, existe una respuesta lineal entre el rendimiento y el tamaño de la semilla, el peso total de la planta y el Índice de Cosecha (Cuadro 24A, Figs. 29, 30 y 31).

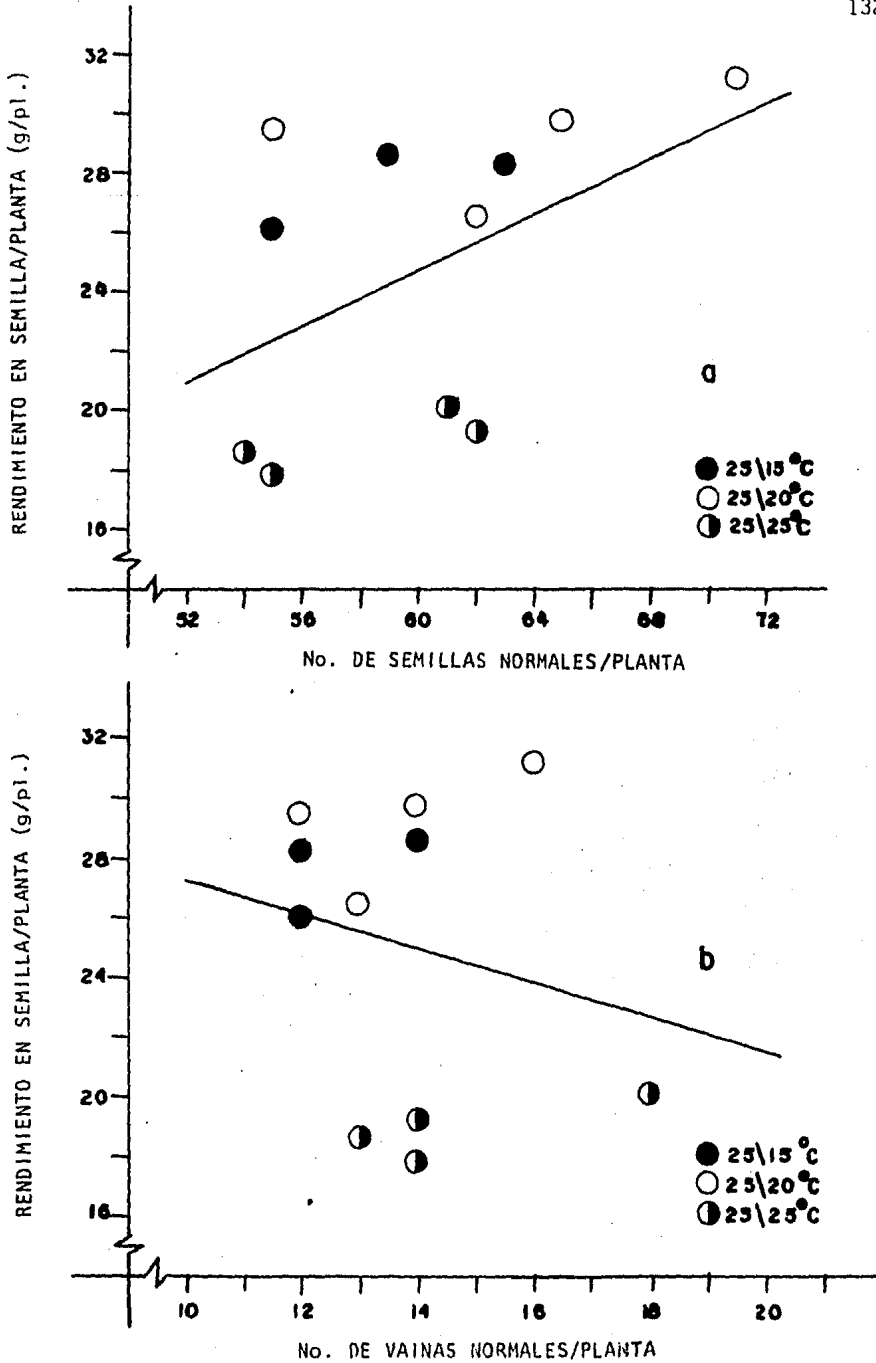


FIG. 29. RELACION ENTRE EL RENDIMIENTO EN SEMILLA Y ALGUNOS DE SUS COMPONENTES EN FRIJOL var. CACAHUATE SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981.
(cada punto representa una planta)

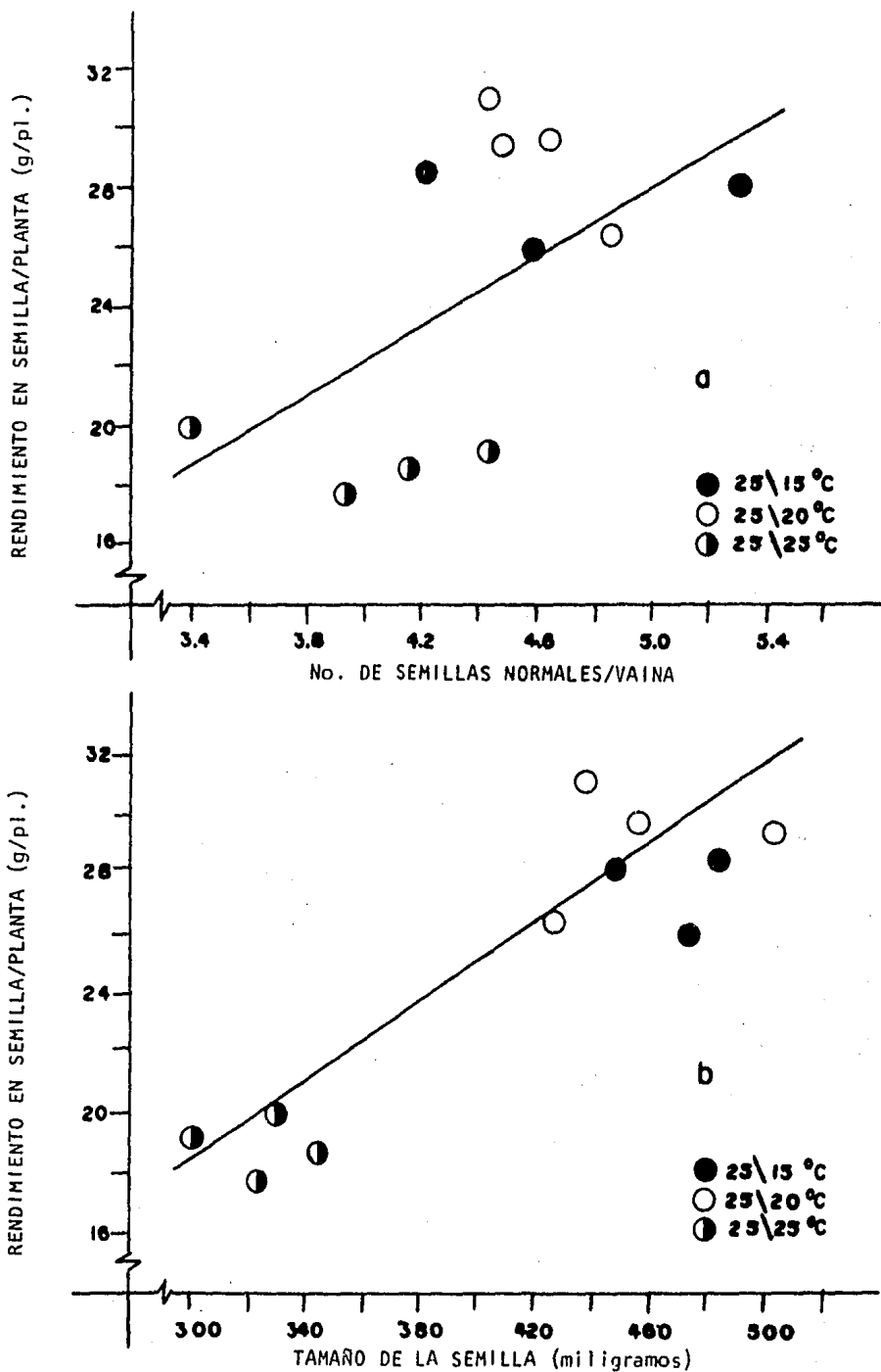


FIG. 30. RELACION ENTRE EL RENDIMIENTO EN SEMILLA Y ALGUNOS DE SUS COMPONENTES EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

(cada punto representa una planta).

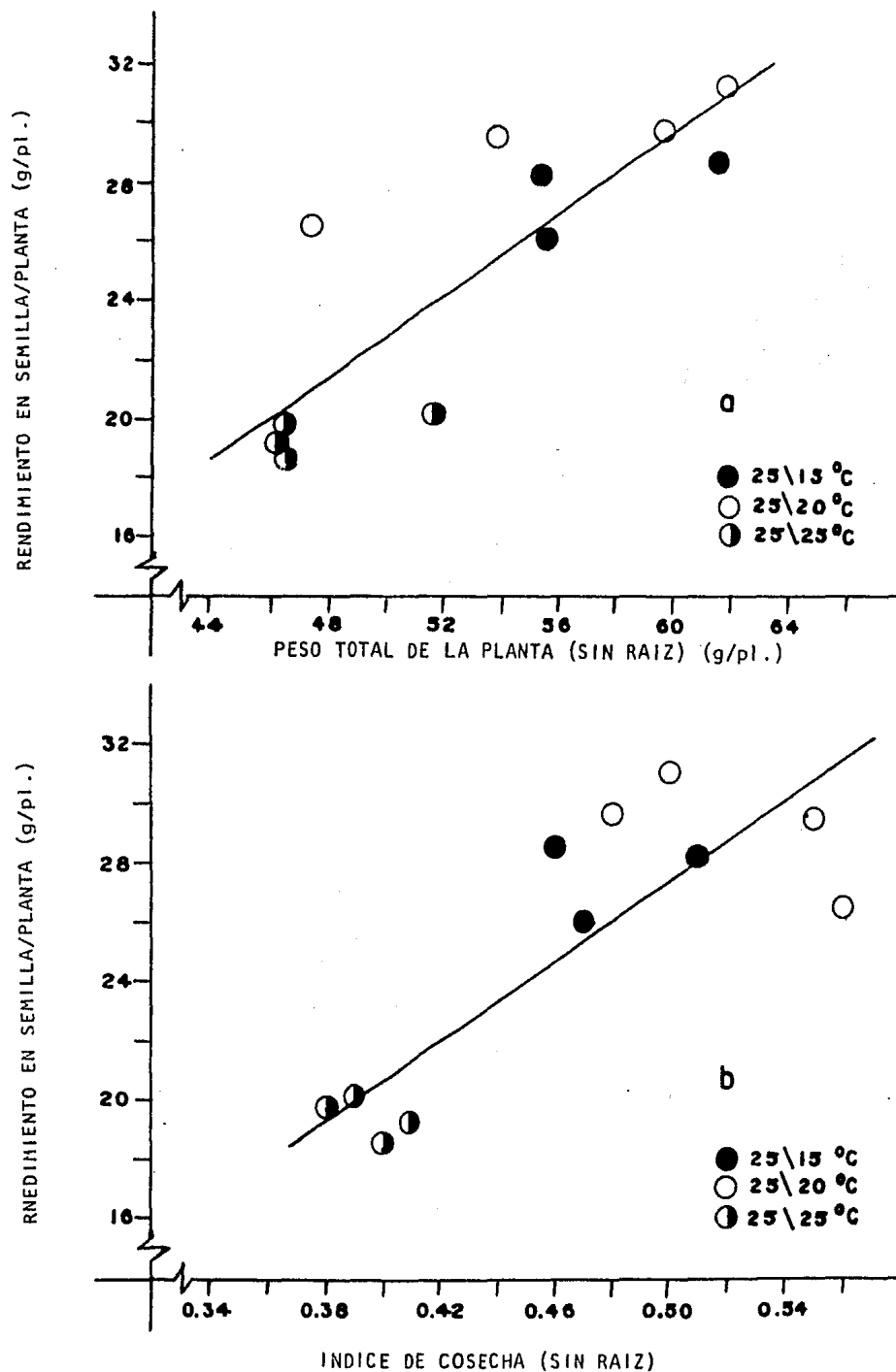


FIG. 3). RELACION ENTRE EL RENDIMIENTO EN SEMILLA Y ALGUNAS VARIABLES EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

(cada punto representa una planta).

VI. DISCUSION GENERAL

Desde un punto de vista agronómico, la observación más relevante derivada de este experimento, es que el rendimiento en semilla por planta se reduce alrededor del 30 por ciento cuando el frijol crece bajo temper periodo 25/25°C, en comparación con los tratamientos 25/15°C y 25/20°C, en los cuales el rendimiento fue similar.

El componente del rendimiento afectado por los tratamientos tempe riódicos, es el tamaño de la semilla, el cual se redujo en la misma proporción que el rendimiento total por planta. La correlación entre el ren dimiento y el peso de la semilla, fue de 0.90.

Similar efecto de las altas temperaturas sobre el rendimiento ha si do observado por Evans (1957) en haba, Yoshida (1972) y Evans (1978) en trigo y Siddique y Goodwin (1980) en frijol.

Dado que el rendimiento final y la variación de los componentes di rectos del rendimiento al momento de la cosecha, son el resultado final de lo acontecido en las plantas durante todo su periodo de crecimiento y desarrollo, es necesario analizar el efecto de los tempe riodos sobre estos factores, para poder explicar en términos fisiológicos los resul tados obtenidos.

En primer lugar, se tuvo que las altas temperaturas nocturnas redu jeron el número de días transcurridos desde la siembra hasta el inicio de la floración, desde el inicio de la floración a la madurez fisiológica,

y desde el final de la floración a la madurez fisiológica. Esto pareció afectar sobre todo al tratamiento 25/25°C. Al obtener las correlaciones entre el rendimiento y la fenología de las plantas, se obtuvo la más alta relación con el período de llenado de la semilla, considerando éste desde el final de la floración hasta la madurez fisiológica, siendo en este caso de 0.75, mientras que la correlación entre el rendimiento y el período total de crecimiento fue de 0.68.

Evans (1978) y Siddique y Godwin (1980), relacionaron la disminución en el tamaño de la semilla en trigo y frijol respectivamente, con la reducción en el período de llenado de la misma al aumentar las temperaturas nocturnas.

Cuando se analiza el desarrollo de las plantas que las conducen a un determinado rendimiento final, se pueden diferenciar los siguientes eventos, denominados también componentes directos e indirectos del rendimiento, desarrollo de los nudos y el área foliar del tallo principal, desarrollo de las ramas con sus nudos y área foliar, formación de nudos reproductivos, formación de flores, flores que se transforman en vainas normales, determinación del número de semillas por vaina y, finalmente el desarrollo de la semilla.

Estos componentes, determinados por el genotipo de las variedades, pueden sin embargo variar debido a causas ambientales.

En la Figura 32, se proporciona un diagrama de flujo que muestra la variación obtenida debido a los tratamientos termoperiódicos, en algunos componentes relacionados con el rendimiento de las plantas de frijol.

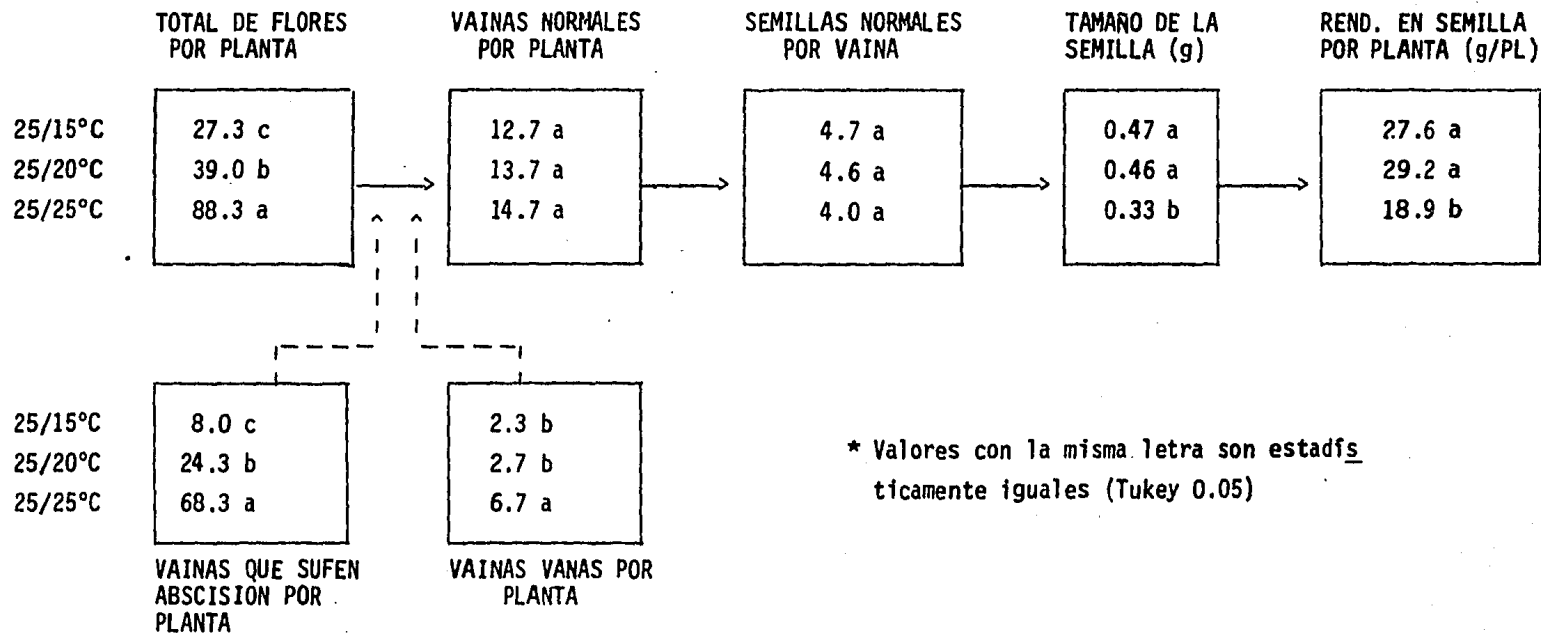


FIG. 32. DIAGRAMA DE FLUJO QUE MUESTRA LAS VARIACIONES DE ALGUNOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO, 1981.

El primer aspecto notorio, es que a medida que se incrementa la temperatura nocturna, se incrementa el número de flores producidas por planta.

Vigliorchio y Went (1957), Van Schaik y Probst (1958) y Thomas y Raper (1977), encontraron una respuesta similar en frijol ejotero y soya respectivamente.

Devlin (1980), indica que mientras que el periodo de oscuridad de termina el inicio de la floración, la longitud del periodo luminoso determina el número de primordios florales y flores formadas, lo cual está de acuerdo con lo encontrado por los autores citados antes, ya que al aumentar el fotoperíodo, se incrementó el número de flores producidas por planta.

El efecto de la temperatura nocturna sobre el número de flores puede deberse al efecto que ésta ejerce sobre algunos procesos como: la formación de Pr a partir de Pfr, la síntesis de hormonas o factores que intervienen en la floración, la actividad metabólica de la planta, principalmente la respiración nocturna y la translocación, lo cual afectará directamente el desarrollo del área foliar y su función, así como la diferenciación de las yemas reproductivas, (Zeevart, 1976; Murfet, 1977; Devlin, 1980).

Es de interés notar que aunque el inicio de la floración se adelantó al aumentar las temperaturas nocturnas, el área foliar en ese momento fue equivalente en los tres tratamientos termoperiódicos.

A pesar de que se produjeron 27.3, 39.0 y 88.3 flores por planta en los termoperíodos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C, el número de éstas que se

transformaron en vainas normales fue de 12.7, 13.7 y 14.7 para los tratamientos referidos.

Las flores que mostraron mayor probabilidad de transformarse en vainas normales, fueron las que sufrieron antesis primero en los tres termoperíodos, lo cual está de acuerdo con lo encontrado en frijol por Smith y Pryor (1962), Fanjul (1978), Tanaka y Fujita (1979) y Prieto (1981).

Lo anterior es resultado de la competencia por fotosintatos que se establece entre los sitios reproductivos. Una vez que ocurre la fertilización, paralelo al crecimiento de la vaina se inicia la secreción de auxina por ésta, la cual tiene la función de crear un "sumidero" al cual afluyen los fotosintatos y por otra parte, la misma fitohormona tiene la función de inhibir el desarrollo de otros ápices, estableciéndose así la dominancia apical. (Sachs y Thimann, 1967; Bidwell, 1980).

Cuando por algún motivo (generalmente falta de fotosintatos o fallas en la fertilización), la vaina no es capaz de producir suficiente cantidad de auxina, se forma un gradiente de ésta que va de menos a más en la zona del pedicelo, originándose en este lugar la zona de abscisión, produciéndose así la posterior caída de la misma (Van Schaik y Probst, 1958).

Dado que el principal factor que determina el amarre de las vainas después de que ocurre la antesis, es el balance existente entre la fuente y la demanda, es de interés analizar el comportamiento de estos dos factores al aplicarse los distintos tratamientos termoperiódicos.

Tanaka y Fujita (1979), indican que en el frijol se pueden diferenciar cuatro etapas durante su ciclo de crecimiento: a) crecimiento vegetativo, durante el cual se desarrollan y crecen el tallo, las ramas y las hojas, b) la floración, durante la cual ocurre el desarrollo y antesis de las flores, continuando además el crecimiento de tallos, ramas y hojas, c) crecimiento del pericarpio y d) crecimiento de la semilla. Señalan además que las etapas de floración y crecimiento del pericarpio son críticas, debido a que la fuente de fotosintatos aportados por las hojas es menor a la demanda de éstos, ya que además del crecimiento de los órganos reproductivos, hay un intenso crecimiento de órganos vegetativos, demandantes de fotosintatos. Esto provoca la caída de flores y vainas que la planta no puede sostener. Posteriormente, durante la etapa de crecimiento de la semilla, una vez que se han establecido las vainas normales, la fuente puede exceder a la demanda, ya que los órganos vegetativos habrán terminado de crecer, habiendo además fotosintatos de reserva en tallos ramas y pericarpios que pueden ser movilizados.

Relacionando la magnitud de la fuente con la demanda de fotosintatos en los tres tratamientos termoperiódicos, se tiene lo siguiente: Al iniciarse la floración, el área foliar por planta fue de 15.9, 16.4 y 19.5 dm² para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C. Posteriormente, a los 50 días de edad de las plantas, el área foliar fue de 28.0, 32.3 y 27.9 dm² para los tratamientos mencionados.

Además del tamaño del área foliar, hay que considerar su función, es decir, su capacidad para metabolizar y translocar fotosintatos lo cual también influye en la magnitud de la fuente en un momento dado.

En el lapso comprendido entre el inicio de la floración y los 50 días, se tuvo una intensidad de translocación hacia los órganos reproductivos de 253, 358 y 590 mg/día para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C. De los 50 días a la madurez fisiológica, ésta fue de 842, 1153 y 619 mg/día para los termoperíodos indicados.

Lo anterior indica que las temperaturas nocturnas inducen cambios importantes en la actividad metabólica del área foliar, afectando de esta manera su función.

De acuerdo a lo antes mencionado, la magnitud de la fuente debió ser mayor durante la etapa vegetativa, la floración y el crecimiento del pericarpio al incrementarse la temperatura nocturna, lo cual provocó un incremento en la producción de flores por planta, originando con esto una demanda adicional que las plantas no pudieron sostener después de ocurrida la floración, por lo cual, a pesar de la mayor producción de flores, también ocurrió un mayor porcentaje de abscisión de vainas que las plantas no pudieron sostener, de tal forma que finalmente el número de vainas normales retenido por planta fue similar en los tres tratamientos.

Tanaka y Fujita (1979), indican que el número de vainas normales por planta y el número de semillas normales por vaina se determinan en el frijol durante la floración y el crecimiento del pericarpio, estando en función de la magnitud del área foliar existente en esas etapas.

Esto indica que a pesar de que al aumentar la temperatura nocturna, se incrementó la magnitud de la fuente, también aumentó la demanda, por lo cual finalmente el balance entre éstas debió de ser similar en los

tres tratamientos en las etapas señaladas.

Por otra parte, se tuvo que el número de semillas normales por vaina al momento de la cosecha fue similar en los tres tratamientos termoperiódicos, lo cual confirma lo antes mencionado.

Lo anterior conduce a señalar que la reducción en el rendimiento por planta al reducirse el tamaño de ésta para el tratamiento 25/25°C, fue un efecto de lo ocurrido durante la etapa de crecimiento de la misma.

Tanaka y Fujita (1979), señalan que en el caso del frijol, una drástica reducción de la fuente durante la etapa de crecimiento de la semilla, provoca que se reduzca el rendimiento al disminuir el tamaño de la misma.

Se observó en este experimento, que la intensidad de la translocación disminuyó para el tratamiento 25/25°C, en relación con los otros dos, en la etapa comprendida de los 50 días a la madurez fisiológica. Después de los 50 días de edad de las plantas, la madurez fisiológica ocurrió 35, 24 y 16 días después para los tratamientos 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C.

Por otra parte, después de que finalizó la floración a los 44, 39 y 37 días de edad de las plantas para 25/15°C, 25/20°C y 25/25°C, la madurez fisiológica se presentó 41, 35 y 29 días después para los mismos tratamientos.

Lo anterior indica que la reducción en el tamaño de la semilla para 25/25°C, se explica por dos causas principales: a que se acortó el periodo de crecimiento de la semilla y a que hubo una disminución en la - - -

intensidad de la translocación en ese lapso.

Las siguientes referencias, pueden ayudar a explicar los resultados hasta aquí discutidos:

Baker *et al.* (1972), encontraron en algodón, que al incrementarse la temperatura nocturna, aumenta la eficiencia respiratoria para la formación de materia seca, lo cual se traduce en un crecimiento más rápido, sin embargo, el peso seco de los frutos al final fue menor para 32/29°C, debido a que después de cierto tiempo, ocurre un déficit de carbohidratos necesarios para mantener una alta actividad respiratoria, a la vez que se reduce la respiración de crecimiento y aumenta la de mantenimiento en las plantas.

Evans (1978) y Bidwell (1980), indican que la respiración procura dos tipos de procesos en las plantas: el mantenimiento y el crecimiento. La respiración de mantenimiento depende del peso seco o biomasa de la planta, su grado de diferenciación y función y la respiración de crecimiento, que representa el costo metabólico de convertir los productos de la fotosíntesis en compuestos estructurales, citoplásmicos y de reserva. Durante el crecimiento, la respiración de crecimiento ocupa la mayor fracción de la respiración total, sin embargo, a medida que la planta llega a la madurez, la respiración de mantenimiento ocupa una mayor proporción de la total.

En las hojas de frijol, la tasa fotosintética se incrementa gradualmente a medida que éstas crecen. La máxima expansión foliar se alcanza en 15 días aproximadamente y 15 días después se alcanza la máxima tasa fotosintética, para después decrecer, paralelamente a que disminuye el

intensidad de la translocación en ese lapso.

Las siguientes referencias, pueden ayudar a explicar los resultados hasta aquí discutidos:

Baker *et al.* (1972), encontraron en algodón, que al incrementarse la temperatura nocturna, aumenta la eficiencia respiratoria para la formación de materia seca, lo cual se traduce en un crecimiento más rápido, sin embargo, el peso seco de los frutos al final fue menor para 32/29°C, debido a que después de cierto tiempo, ocurre un déficit de carbohidratos necesarios para mantener una alta actividad respiratoria, a la vez que se reduce la respiración de crecimiento y aumenta la de mantenimiento en las plantas.

Evans (1978) y Bidwell (1980), indican que la respiración procura dos tipos de procesos en las plantas: el mantenimiento y el crecimiento. La respiración de mantenimiento depende del peso seco o biomasa de la planta, su grado de diferenciación y función y la respiración de crecimiento, que representa el costo metabólico de convertir los productos de la fotosíntesis en compuestos estructurales, citoplásmicos y de reserva. Durante el crecimiento, la respiración de crecimiento ocupa la mayor fracción de la respiración total, sin embargo, a medida que la planta llega a la madurez, la respiración de mantenimiento ocupa una mayor proporción de la total.

En las hojas de frijol, la tasa fotosintética se incrementa gradualmente a medida que éstas crecen. La máxima expansión foliar se alcanza en 15 días aproximadamente y 15 días después se alcanza la máxima tasa fotosintética, para después decrecer, paralelamente a que disminuye el

contenido de proteínas y aumenta el contenido de nitrógeno soluble. La tasa respiratoria de la hojas se incrementa gradualmente con el crecimiento, alcanzando un máximo que coincide con la máxima expansión foliar y luego permanece constante, incrementándose poco antes de la senescencia. El contenido de azúcares solubles se incrementa con el crecimiento, decrece después de la máxima expansión foliar y luego se incrementa rápidamente 20 días después de que la hoja cesó de crecer, lo cual indica que la translocación de fotosintatos se interrumpe cuando la hoja llega a la madurez y sobreviene posteriormente la senescencia (Tanaka y Fujita 1979; Bidwell, 1980).

Lo antes mencionado parece explicar el comportamiento observado por las plantas creciendo en el termoperíodo 25/25°C, en el cual ocurrió un rápido crecimiento hasta los 50 días, es decir durante la etapa vegetativa, la floración y el crecimiento del pericarpio, después de lo cual, el crecimiento fue más lento, debido quizás a un déficit de fotosintatos para ser translocados durante la etapa de crecimiento de la semilla, la cual mostró un menor peso a la cosecha en este caso.

Probablemente, las altas temperaturas nocturnas, aceleran los procesos de crecimiento de las hojas que se mencionaron antes, por lo cual el área foliar llega a la madurez más rápido, convirtiéndose en deficiente exportadora de fotosintatos en la etapa final del crecimiento de las plantas.

Es decir, cuando se analiza la translocación en las plantas, es claro que ésta debe evaluarse a través del tiempo y hasta la madurez fisiológica, ya que a medida que se desarrolla el área foliar, van ocurriendo cambios en su actividad fotosintética, respiratoria y de translocación,

como lo señalan Baker *et al.* (1972), Tanaka y Fujita (1979), Bidwell (1980), Devlin (1980) y Thomas *et al.* (1981).

En relación a lo anterior, Went (1945), indica que el efecto de la temperatura sobre la translocación puede variar dependiendo de la edad fenológica de la planta. Durante la etapa vegetativa, las altas temperaturas inducen un mayor crecimiento, desarrollo y translocación en jitomate, sin embargo, después de esto, temperaturas nocturnas arriba de 18°C, limitan la translocación de azúcares, disminuyendo el crecimiento de raíces, tallos y frutos.

Así pues, se puede concluir, de acuerdo a lo encontrado en este experimento y con lo visto en la literatura revisada, que en el caso del frijol, las altas temperaturas nocturnas (20 ó 25°C), durante el desarrollo vegetativo y la floración, favorecen un crecimiento y desarrollo más rápidos y una mayor formación de órganos reproductivos, mientras que, temperaturas de 25°C durante la etapa de desarrollo de la semilla y probablemente desde el inicio del crecimiento del pericarpio, provocan un drástico descenso en el rendimiento en semilla, debido a que se acorta el período de llenado de la semilla y disminuye la translocación, con la consecuencia que se reduce el tamaño de la misma.

A pesar que el rendimiento final en semilla fue similar para 25/15°C y 25/20°C, se observó un comportamiento más favorable en las plantas creciendo bajo el segundo termoperíodo, ya que éstas produjeron la misma cantidad de semilla en menos tiempo, mostrando además el más alto índice de cosecha.

VII. CONCLUSIONES

1) A medida que aumenta la temperatura nocturna, se reduce el período de crecimiento de las plantas, debido a que se acorta la duración de las siguientes fases fenológicas: días transcurridos desde la siembra al inicio de la floración y al final de ésta; el período de postfloración, considerado desde el inicio o el final de la floración a la madurez fisiológica.

2) Al incrementarse la temperatura nocturna, hay una mayor producción de flores por planta, pero también ocurre una mayor abscisión de vainas, de tal manera que finalmente el número de vainas normales por planta fue similar para los tres termoperíodos.

3) Independientemente de los tratamientos termoperiódicos, las flores que presentan antesis primero, son las que muestran más probabilidades de transformarse en vainas normales, y a medida que transcurre el período de floración, las flores que presentan antesis más tardíamente, muestran mayor tendencia a transformarse en vainas que sufren abscisión. Además, las flores que se transforman en vainas vanas, también se encuentran entre las primeras que presentan antesis.

4) Durante el período de floración, primero se presentan antesis las flores ubicadas en la inflorescencia terminal del tallo principal, luego las de las ramas que se forman de las yemas de nomófilos y finalmente las de las ramas de yemas de profilos, de tal manera que al final,

la mayor cantidad de vainas normales se ubican en las dos primeras estructuras, para los tres tratamientos termoperiódicos.

5) Ocurrió un crecimiento y desarrollo más rápidos al aumentar la temperatura nocturna, sin embargo, el peso seco total de la planta al momento de la cosecha fue menor para 25/25°C que para 25/15°C y 25/20°C.

6) La translocación de fotosintatos hacia los órganos reproductivos se incrementan al aumentar la temperatura nocturna en la etapa comprendida desde el inicio de la floración hasta que comienza el desarrollo de la semilla. Posteriormente, la translocación es menor bajo termoperíodos altos (25/25°C), acumulándose menos peso seco en los órganos reproductivos hasta la madurez fisiológica en este tratamiento.

7) Al crecer las plantas bajo temperaturas nocturnas altas (de 25°C), se reduce el rendimiento alrededor de 30 por ciento respecto a los otros dos tratamientos, debido a que disminuye el tamaño de la semilla.

8) Las altas temperaturas nocturnas son perjudiciales al parecer principalmente en la etapa de desarrollo de la semilla, ya que la reducción en el tamaño de ésta se debe a que se reduce su período de crecimiento y a que en este lapso se reduce la translocación de fotosintatos hacia la misma.

9) Se observó un crecimiento y desarrollo más favorables en las plantas sometidas al termoperíodo 25/20°C, mostrando el más alto Índice de Cosecha.

VIII.- BIBLIOGRAFIA

- Adams, M.W. 1967. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field bean, Phaseolus vulgaris. Crop Sci. 7: 505-10.
- Aitken, Y. 1974. Flowering time, climate and genotype. Melbourne Univ. Press. 193 pp.
- Baker, D.N., Hesketh, J. D. and Duncan, W.G. 1972. Simulation of growth and yield in cotton: I. Gross photosynthesis, respiration, and growth. Crop. Sci. 12: 431-5.
- Bidwell, R.G.S. 1980. Fisiología Vegetal. AGT editor S.A. México, D.F. 784 pp.
- CIAT. 1980. Morfología de la planta de frijol común (Phaseolus vulgaris L.). Guía de estudio. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 23 pp.
- Conn y Stumpf. 1976. Bioquímica Fundamental, Editorial Limusa. México, D.F. 631 pp.
- Dale, J.E. 1964. Some effects of alternating temperature on the growth of french bean plants. Ann. Bot. 28: 127-35.
- Daubenmire, R.F. 1982. Ecología Vegetal. Tratado de autoecología de plantas. Edti. Limusa, S.A. México. 496 pp.
- Davis, J.F. 1945. The effect of some environmental factors on the set of pods and yield of white pea beans. J. Agri. Res. 70: 237-49.
- Devlin, R.M. 1980. Fisiología Vegetal. Ed. OMEGA, S.A. Barcelona, España, 517 pp.
- Duarte, R.A. and Adams, M.W. 1972. A path coefficient analysis of some yield components interrelations in field beans (Phaseolus vulgaris L.). Crop Sci. 12: 579-82.

- Ehleringer, J. and Björkman, O. 1977. Quantum yields for CO₂ uptake in C₃ and C₄ plants. *Plant Physiol.* 59: 86-90.
- Engleman, E.M. 1979. Anatomía y morfología. pp. 23-37. en: Engleman, E.M. *Contribuciones al conocimiento del frijol (Phaseolus) en México.* Colegio de Postgraduados. Chapingo, México 140 pp.
- Escalante Estrada, J.A.S. 1980. Efecto del sombreado sobre el rendimiento y sus componentes en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Michoacán 12-A-3. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, México. 140 pp.
- Evans, L.T. 1957. *The experimental control of plant growth* F.W. Went, ed. Ronald Press Co. N.Y. 343 pp.
- _____. 1978. The physiological basis of crop yield. pp 327-355. In: L.T. Evans, ed. *Crop physiology.* Cambridge Univ. Press 374pp.
- Fanjul Peña, L. 1978. Análisis del crecimiento de una variedad de *Phaseolus vulgaris* L. de hábito de crecimiento indeterminado y ensayo para el estudio de las relaciones entre la fuente y la demanda de los fotosintatos. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 156 pp.
- Garner, W.W. 1930. Photoperiodic response of soybeans in relation to temperature and other environmental factors. *J. Agr. Res.* 41: 719-35.
- Hesketh, J.D., D.N. Baker, W.G. Duncan. 1971. Simulation of growth and yield in cotton: respiration and the carbon balance. *Crop Sci.* 11: 394-7.
- Hillman, W.S. 1967. The physiology of phytochrome. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 18: 301-25.
- Humphries, E.C. and A.W. Wheeler. 1963. The physiology of leaf growth. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 14: 385-410.

- INIA. 1981. Guía para la asistencia técnica agrícola. Campo Agrícola Experimental Valle de México. CIAMEC. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Chapingo, Méx. 135pp.
- _____. 1980. Programa Nacional de Frijol. 1978. Rogelio Lépez, ed. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, SARH. México, D. F.
- Kohashi-Shibata, J. 1979. Fisiología. pp. 39-58. en: Engleman, E. M. Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 140 pp.
- Kretchmer, P.J., J.L. Ozbun, S.L. Kaplan, D.R. Laing, and D.H. Wallace. 1977. Red. and far-red light effects on climbing in *Phaseolus vulgaris* L. *Crop Sci.* 17: 797-9
- Langridge, J. 1963. Biochemical aspects of temperature response. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 14: 441-62.
- Lehninger, A.L. 1977. Bioquímica. Ediciones OMEGA, S.A. Barcelona, España. 887pp.
- Lucas, E.O. and G.M. Milbourn. 1976. The translocation of ^{14}C photosynthate from leaves and pods in *Phaseolus vulgaris*. *Ann. Appl. Biol.* 83: 285-90.
- Maksymowich, R. and R.O. Erickson. 1973. Analysis of Leaf Development. Cambridge Univ. Press. 109 pp.
- Mesquita Beltrao, E. 1973. Influencia de algunos componentes morfológicos en el rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. 98 pp.
- Meyer, B.s., D.B. Anderson, R.H. Bohning, D.G. Fratianne. 1973. Introduction to Plant Physiology. D. Van Nostrand Company. N.Y. 565 pp.
- Miranda Colin S. 1979. Evolución de *Phaseolus vulgaris* y *P. coccineus*. pp. 83-99. en: Engleman, E.M. Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 140 pp.

- Mitchell, R.L. 1976. Crop Growth and Culture. The Iowa State Univ. Press. Ames, Iowa. 349 pp.
- Murfet, I.C. 1977. Environmental interaction and the genetics of flowering. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28: 253-78.
- Oliker, M.A. Poljakoff-Myaber and A.M. Mayer. 1978. Changes in weight, nitrogen accumulation, respiration and photosynthesis during growth and development of seeds and pods of Phaseolus vulgaris L. *Amer. J. Bot.* 65 (3): 366-71.
- Oliveira, S.A. de. 1978. La influencia del boro en el crecimiento y nutrición mineral del Phaseolus vulgaris L. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 144 pp.
- Padda, D.S. and H.M. Munger. 1969. Photoperiod, temperature and genotype interactions affecting time of flowering in beans, Phaseolus vulgaris L. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94: 157-60.
- Prieto Barrera, V. 1981. El orden de antesis y la ubicación de las flores: su relación con el rendimiento y sus componentes en frijol (Phaseolus vulgaris L.) de hábito determinado cv. cacahuete-72. Tesis de Lic. Universidad Autónoma Chapingo, México. 70 pp.
- Quinby, J.R., J.D. Hesketh and R.L. Voigt. 1973. Influence of temperature and photoperiod on floral initiation and leaf number in sorghum. *Crop. Sci.* 13: 243-6.
- Rabinowitch, E.I. 1956. the temperature factor. pp. 1211-57.- in: *Photosynthesis*. Vol. II. Interscience Publishers. N.Y.
- Rajan, A.K. and G.E. Blackman. 1975. Interacting effects of light and day and night temperatures on the growth of four species in the vegetative phase. *Ann. Bot.* 39: 733-43.
- Ramírez Vega, M. 1981. Morfología, área foliar y peso seco del frijol Canario-107, Negro-150 (Phaseolus vulgaris L.) y maíz H-28 (Zea mays L.) asociados. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 97 pp.

- Reyes Castañeda, P. 1980. Diseño de Experimentos Aplicados. Ed. Trillas. México, D.f. 344 pp.
- Sachs, T. and K.V. Thimann. 1967. The role of auxins and cytokinins in the release of buds from dominance. Amer. J. Bot. 54(1): 136-44.
- SAM. 1982. Estimación de resultados de la producción agrícola, ganadera y forestal de 1982. Sistema Alimentario Mexicano. Sector Agropecuario y Forestal. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México.
- Siddique, M.D.A. and F.B. Goodwing. 1980. Seed vigour in bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Apollo) as influenced by temperature and water regime during development and maturation. J. Exp. 31 (120): 313-23.
- Smith, F.L. and R.H. Pryor. 1962. Effects of maximum temperature and age flowering and seed production in three bean varieties. Hilgardia. 33(12): 669-88.
- Spomer, L.A. 1981. Guidelines for measuring and reporting environmental factors in growth chambers. Agr. J. 73: 376-8.
- SPP. 1980. El Sector Alimentario en México. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.f. 698 pp.
- Stanfield, F., D.P. Omrod, and H.F. Fletcher. 1965. Response of peas to environment. II. Effects of temperature in controlled-environment cabinets. Can. J. Plant Sci. 46: 195-203.
- Sutcliffe, J. 1977. Las plantas y el agua. Cuadernos de Biología. Ediciones OMEGA, S.A. Barcelona, España. 89 pp.
- Sutcliffe, J. 1979. Las plantas y la temperatura. Cuadernos de Biología. Ediciones OMEGA, S.A. Barcelona, España. 63 pp.

- Tanaka, A., and K. Fujita. 1979. Growth, photosynthesis and yield components in relation to grain yield of the field bean. Reprinted from the J. Fac. Agr. Hokkaido Univ. 59: 146-238.
- Thomas, J.F. and C.d. Raper Jr. 1978. Effect of day and night temperatures during floral induction on morphology of soybeans Agr. J. 70 (6): 893-8.
- _____ and _____. 1977. Morphological response of soybeans as governed by photoperiod, temperature and age at treatments. Bto. Gaz. 138(3): 321-8.
- _____, _____ and W. W. Weeks. 1981. Day and night temperature effects on nitrogen and soluble carbohydrate allocation during early reproductive growth in soybeans. Agr. J. 73 (4): 577-82.
- Van Schaik, P.H. and A.H. Probst. 1958. Effects of some environmental factors on flower production and reproductive efficiency in soybeans. Agr. J. 50: 192-7.
- Viglierchio, D.R. and F.w. Went. 1957. Plant growth under controlled conditions. IX. Growth and fruiting of the Kentucky Wonder bean (Phaseolus vulgaris). Am. J. Bot. 44: 449-53.
- Volkenburgh, E.v. and W.J. Davies. 1977. Leaf anatomy and water relations of plants grown in controlled environments and in the field. Crop. Sci. 17: 353-8.
- Wallace, D.H. and H.M. Munger. 1966. Studies of the physiological basis for yield differences. II. Variations in dry matter distribution among aerial organs for several dry bean varieties. Crop. Sci. 6: 503-7.
- _____, J.L. Ozbun and H.M. Munger. 1972. Physiological genetics of crop yield. Adv. in Agr. 24: 97-146.
- Watson, D.J. 1952. The physiological basis of variation in yield. Adv. in Agr. 4: 101-45.

- Went, F.w. 1945. Plant growth under controlled conditions. V. The relation between age, light, variety and thermoperiodicity of tomatoes. *Am. J. Bot.* 32: 469-479.
- _____. 1953. The effect of temperature on plant growth. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 4: 347-62.
- Yoshida, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 23: 437-64.
- Zeevart, J.A. D. 1976. Physiology of flower formation. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 27: 321-48.
- Zimmermann, M.H. 1960. Transport in the phloem. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 11: 167-90.

IX. A P E N D I C E

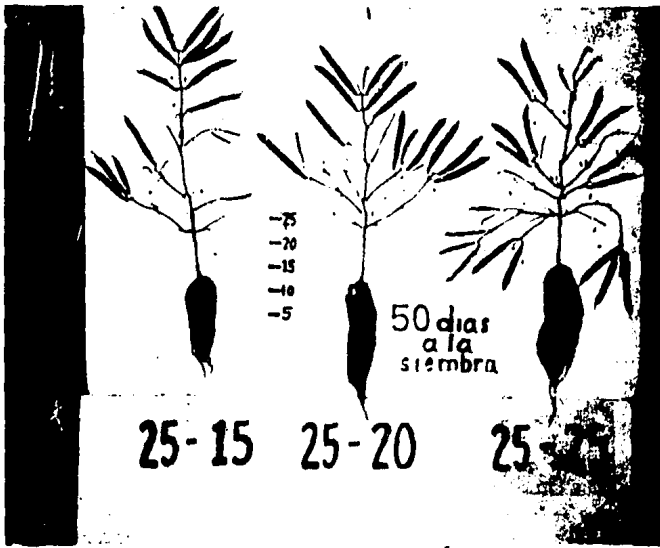


FIG. 1A. PLANTAS DE FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDAS A TRES TERMOPERIODOS, MUESTREADAS A LOS 50 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

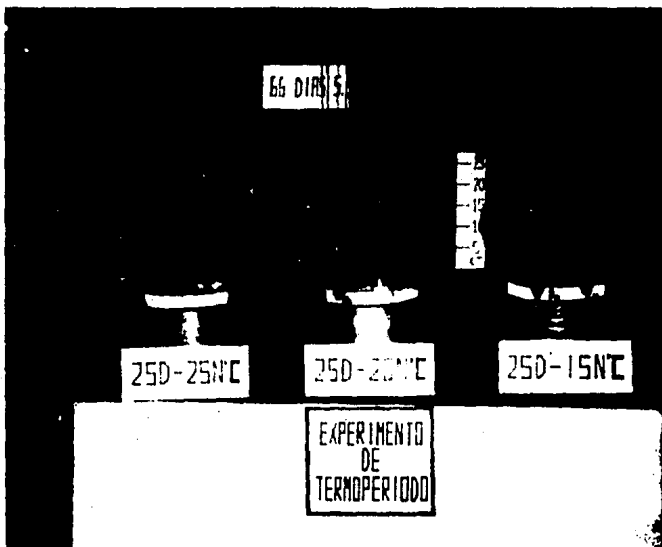
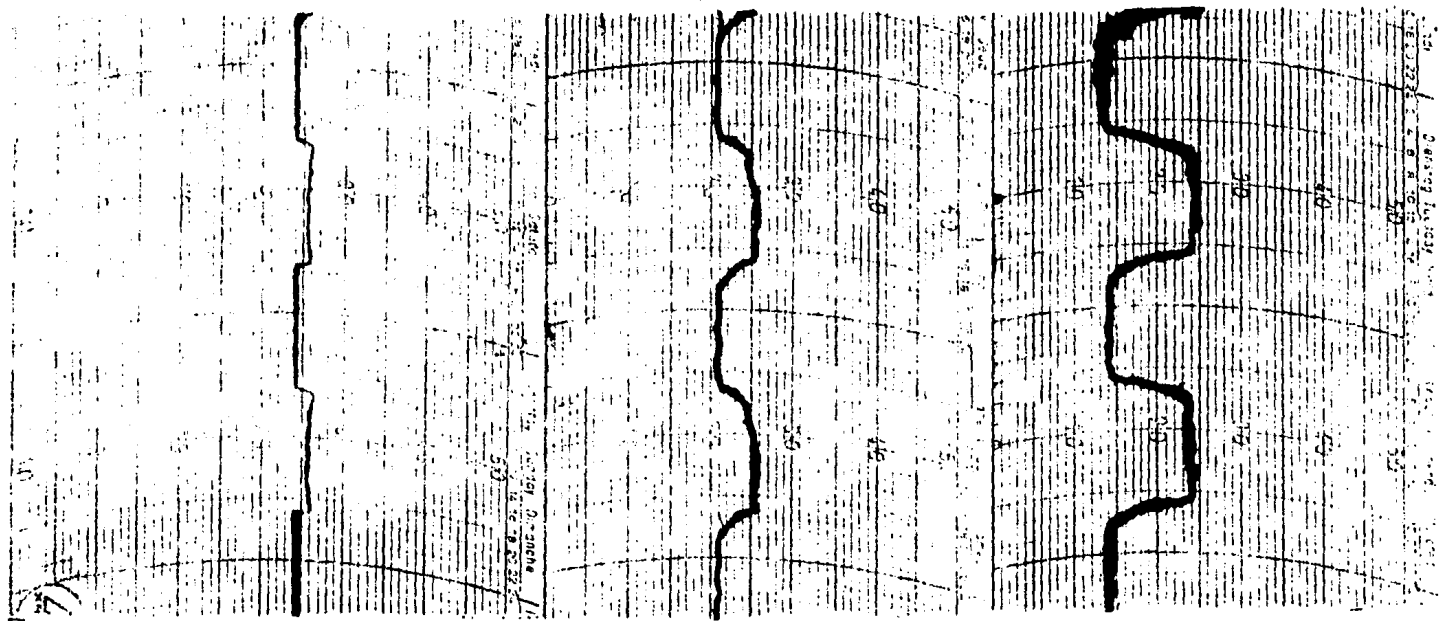


FIG. 2A. PLANTAS DE FRIJOL var. CACAHUATE-72 SOMETIDAS A TRES TERMOPERIODOS, DE 66 DIAS DE EDAD. CHAPINGO, MEXICO. 1981.



25/25 °C

25/20 °C

25/15 °C

FIG. 3A. REGISTROS DEL TERMOGRAFO DE LAS CAMARAS DE AMBIENTE CONTROLADO UTILIZADAS EN EL EXPERIMENTO TERMOPERIODICO. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

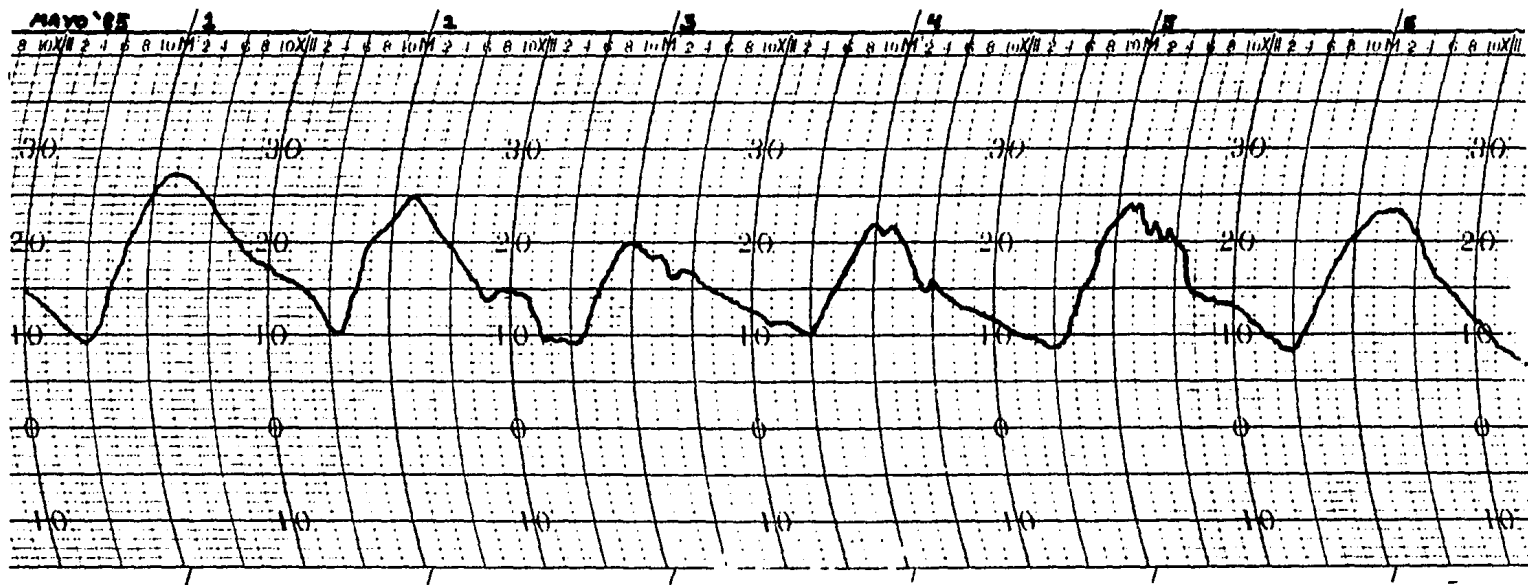


FIG. 4A. REGISTRO DEL TERMOGRAFO DE LOS PRIMEROS SEIS DIAS DE MAYO DE 1985, QUE MUESTRA LA MARCHA DIARIA DE LA TEMPERATURA EN CHAPINGO, MEXICO (Oficina de Información Climatológica de la Universidad Autónoma Chapingo).

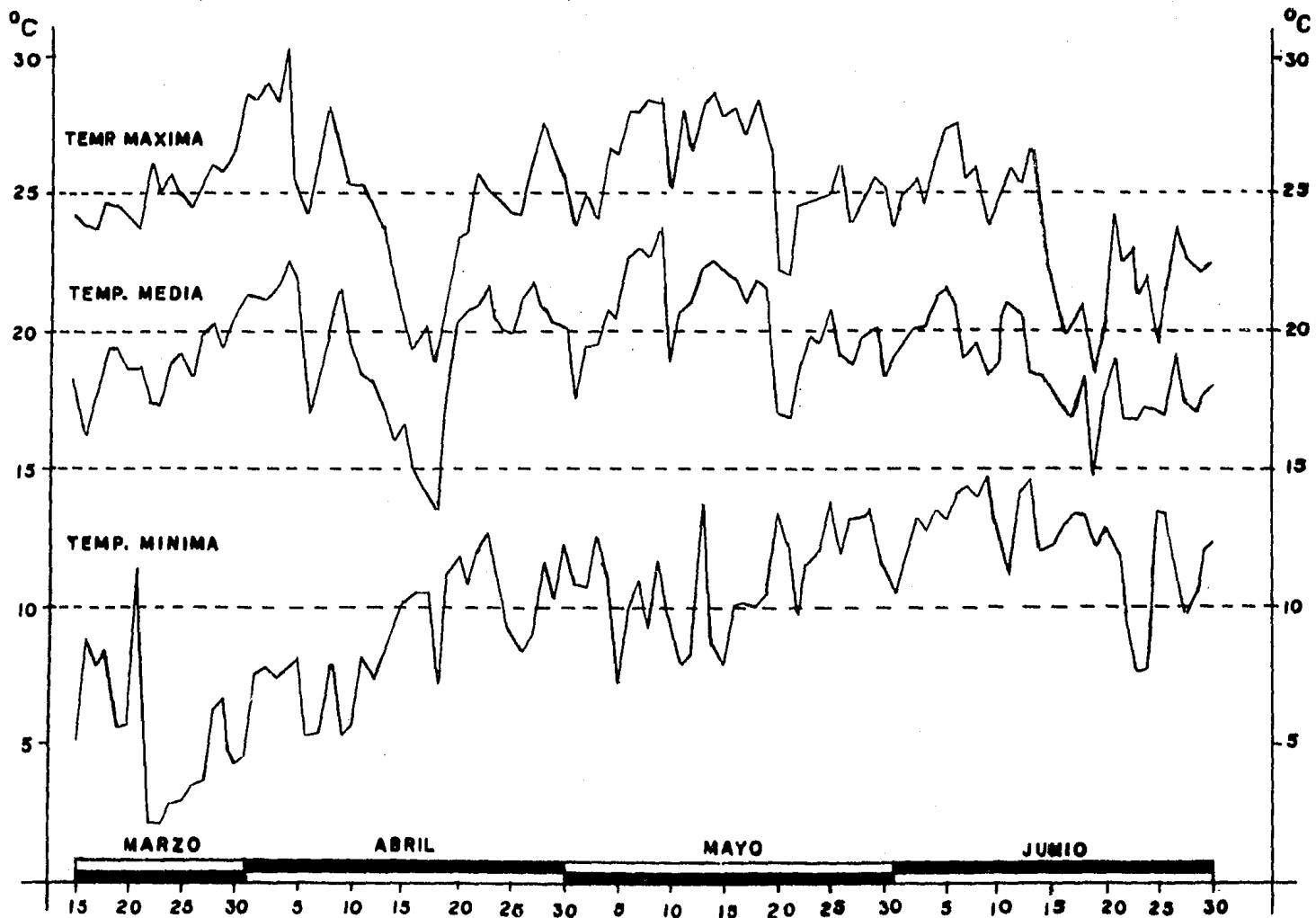


FIG. 5A. MARCHA DE LAS TEMPERATURAS MAXIMAS MINIMAS Y MEDIAS DIARIAS DURANTE LA PRIMAVERA DEL AÑO 1991 EN CHAPINGO, MEXICO. (Oficina de Información Climatológica de la Universidad Autónoma Chapingo).

CUADRO 1A. FORMULA DE LA SOLUCION PATRON Y NUTRITIVA RAHIMI AHMAD. (1972). BASADA EN OLIVEIRA (1978).

| Macronutrientes | me/l | mg/l | Sal utilizada | mg/l de la sal | g/l en la Sol.patron | conc. Sol. patron ppm | 10 lts Sol. Nut. ml Sol pat/10 lts |
|------------------------|-------|--------|-------------------------------|----------------|----------------------|-----------------------|------------------------------------|
| K^+ | 2.65 | 103.21 | KNO_3 KH_2PO_4 | 195.76 | 103.43 | 40 000 | 18.88 |
| Ca^{+2} | 6.09 | 122.00 | $Ca(NO_3)_2-4H_2O$ | 719.80 | | | |
| Mg^{+2} | 1.00 | 12.00 | $Mg SO_4-7H_2O$ | 121.58 | 202.76 | 20 000 | 6.00 |
| NO_3^- | 8.03 | 497.86 | $Ca(NO_3)_2-4H_2O$ KNO_3 | | 505.78 | 60 000 | 14.21 |
| SO_4^{-2} | 1.00 | 48.00 | Varias sales | | | | |
| H_2PO_4 | 0.71 | 68.94 | KH_2PO_4 | 96.63 | 175.77 | 40 000 | 5.51 |
| Micronutrientes | | | | | | | |
| Fe^{+3} | 35.81 | 2.00 | Fe - EDTA | | 4.42 | 714 | 28.00 |
| Mn^{+2} | 4.55 | 0.25 | $MnSO_4- H_2O$ | 0.77 | 3.07 | 1 000 | 2.50 |
| Zn^{+2} | 0.76 | 0.05 | $ZnSO_4 - 7 H_2O$ | 0.22 | 4.39 | 1.000 | 0.50 |
| B | 46.20 | 0.50 | $H_3 BO_3$ | 2.86 | 28.60 | 5 000 | 1.00 |
| Mo | 0.52 | 0.05 | $(NH_4)_6Mo_7O_{24}-4H_2O$ | 0.09 | 1.84 | 1 000 | 0.50 |
| Cu^{+2} | | 0.05 | $CuSO_4- 5H_2O$ | | 3.92 | 1 000 | 0.50 |

CUADRO 2A. EFECTO DE TRES TERMOPERIODOS SOBRE LA FENOLOGIA DEL FRIJOL VAR. CACAHUATE-72. CHAPINGO, MEX. 1981.

| Tratamientos (repeticiones) | Días a inicio de floración | Días a final de floración | Días a madurez fisiológica | Período de floración | Período de Postfl.-1 | Período de Postfl.-2 |
|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 25/15°C | 33 | 42 | 87 | 10 | 54 | 45 |
| | 34 | 46 | 84 | 13 | 50 | 38 |
| | 32 | 44 | 85 | 13 | 53 | 41 |
| 25/20°C | 29 | 39 | 74 | 11 | 45 | 35 |
| | 30 | 38 | 74 | 9 | 44 | 36 |
| | 30 | 40 | 75 | 11 | 45 | 35 |
| 25/25°C | 26 | 37 | 67 | 12 | 41 | 30 |
| | 26 | 38 | 66 | 12 | 40 | 28 |
| | 26 | 37 | 65 | 12 | 39 | 28 |
| <u>Promedios</u> | | | | | | |
| 25/15°C | 33.00 a | 44.00 a | 85.33 a | 12.00 a | 52.33 a | 41.33 a |
| 25/20°C | 29.66 b | 39.00 b | 74.33 b | 10.33 a | 44.66 b | 35.33 b |
| 25/25°C | 26.00 c | 37.33 b | 66.00 c | 12.00 a | 40.00 c | 28.66 c |

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

CUADRO 3A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL EFECTO DE TRES TERMOPERIODOS
SOBRE LA FENOLOGIA DEL FRIJOL VAR. CACAHUATE-72.

Variable: días al inicio de la floración

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|-------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 73.55 | 36.77 | 82.75 | 5.14 | 10.92 |
| Error | 6 | 2.66 | 0.44 | | | |
| Total | 8 | 76.22 | | | | |
| Media = 29.55 | C.V. = 2.25 | | | | | |

Variable: días al final de la floración

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|-------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 72.22 | 36.11 | 20.31 | 5.14 | 10.92 |
| Error | 6 | 10.66 | 1.77 | | | |
| Total | 8 | 82.88 | | | | |
| Media = 40.11 | C.V. = 3.32 | | | | | |

Variable: días a la madurez fisiológica.

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 564.22 | 282.11 | 230.82 | 5.14 | 10.92 |
| Error | 6 | 7.33 | 1.22 | | | |
| Total | 8 | 571.55 | | | | |
| Media = 75.22 | C.V. = 1.47 | | | | | |

CUADRO 4A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL EFECTO DE TRES TERMOPERIODOS
 SOBRE LA FENOLOGIA DEL FRIJOL, VAR. CACAHUATE-72.

Variable: periodo de floración

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|--------------|------|------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 5.55 | 2.77 | 1.92 | 5.14 | 10.92 |
| Error | 6 | 8.66 | 1.44 | | | |
| Total | 8 | 14.22 | | | | |
| Media = 11.44 | | C.V. = 10.50 | | | | |

Variable: periodo de postfloración - 1

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|-------------|--------|-------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 232.66 | 116.33 | 61.59 | 5.14 | 10.92 |
| Error | 6 | 11.33 | 1.88 | | | |
| Total | 8 | 244.00 | | | | |
| Media = 45.66 | | C.V. = 3.00 | | | | |

Variable: periodo de postfloración - 2

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F. | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|-------------|--------|-------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 240.88 | 120.44 | 25.81 | 5.14 | 10.92 |
| Error | 6 | 28.00 | 4.66 | | | |
| Total | 8 | 268.88 | | | | |
| Media = 35.11 | | C.V. = 6.15 | | | | |

CUADRO 5A: PESO SECO TOTAL ACUMULADO POR PLANTA (GRAMOS/PLANTA) Y SU ASIGNACION EN LOS DIFERENTES ORGANOS DE FRIJOL VAR. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25/15°C CHAPINGO, MEXICO, 1981.

| Días Después de la Siembra | | | | | |
|---------------------------------|------|------|-------|-------|-------|
| Organos | 8 | 33 | 50 | 70 | 95 |
| Raíz | 0.13 | 1.60 | 2.74 | 3.82 | 6.78 |
| Tallo principal | 0.10 | 0.86 | 1.90 | 2.22 | 2.78 |
| Ramas | | 0.37 | 1.48 | 2.37 | 1.91 |
| Peciolos | | 0.42 | 1.03 | 1.30 | 1.95 |
| Lámina del tallo Principal | 0.17 | 3.79 | 5.04 | 4.73 | 6.75 |
| Lámina de las ramas | | 0.51 | 3.07 | 5.80 | 7.37 |
| Lámina que sufrió abscisión | | | | 2.63 | 2.71 |
| Vainas vanas | | | | 1.33 | 0.46 |
| Pericarpio de vainas normales | | | 4.30 | 6.94 | 5.93 |
| Semilla normal | | | | 13.13 | 27.62 |
| Total Peso Seco | 0.40 | 7.55 | 19.57 | 44.37 | 64.36 |
| Repeticiones | 6 | 2 | 2 | 2 | 4 |
| $S_{\bar{x}}$ (total peso Seco) | 0.01 | 0.01 | 2.14 | 0.91 | 2.78 |

CUADRO 6A. PESO SECO TOTAL ACUMULADO POR PLANTA (GRAMOS/PLANTA) Y SU ASIGNACION EN LOS DIFERENTES ORGANOS DEL FRIJOL VAR. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25/20°C. CHAPINGO, MEXICO, 1981).

| Organos | Días Después de la Siembra | | | | |
|---------------------------------|----------------------------|------|-------|-------|-------|
| | 8 | 30 | 50 | 70 | 83 |
| Rafz | 0.13 | 1.67 | 2.97 | 4.56 | 6.30 |
| Tallo Principal | 0.10 | 1.30 | 2.17 | 2.37 | 2.52 |
| Ramas | | 0.62 | 2.60 | 2.59 | 2.80 |
| Peciolos | | 0.52 | 1.01 | 1.05 | 1.25 |
| Lámina del tallo Principal | 0.17 | 3.79 | 3.78 | 3.25 | 3.63 |
| Lámina de las ramas | | 1.37 | 4.92 | 6.47 | 6.92 |
| Lámina que sufrió abscisión | | | | 1.86 | 3.13 |
| Vainas vanas | | | 0.37 | 0.84 | 0.63 |
| Pericarpio de vainas normales | | | 4.22 | 5.23 | 5.34 |
| Semilla normal | | | 2.57 | 27.30 | 29.22 |
| Total peso seco | 0.40 | 9.30 | 24.61 | 55.56 | 61.98 |
| Repeticiones | 6 | 2 | 2 | 2 | 4 |
| $S_{\bar{x}}$ (total peso seco) | 0.01 | 2.08 | 1.19 | 0.87 | 6.05 |

CUADRO 7A. PESO SECO TOTAL ACUMULADO POR PLANTA (GRAMOS/PLANTA) Y SU ASIGNACION EN LOS DIFERENTES ORGANOS DEL FRIJOL VAR. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25/25°C CHAPINGO, MEXICO. 1981.

| Organos | Días después de la siembra | | | |
|---------------------------------|----------------------------|------|-------|-------|
| | 8 | 26 | 50 | 74 |
| Raíz | 0.13 | 1.63 | 3.52 | 6.78 |
| Tallo principal | 0.10 | 1.14 | 1.38 | 2.24 |
| Ramas | | 0.32 | 1.93 | 3.10 |
| Peciolos | | 0.49 | 1.16 | 1.88 |
| Lámina del tallo principal | 0.17 | 3.92 | 2.37 | 4.08 |
| Lámina de las ramas | | 0.65 | 5.91 | 10.11 |
| Lámina que sufrió abscisión | | | 0.50 | 2.14 |
| Vainas vanas | | | 0.99 | 0.80 |
| Vainas caídas | | | | 0.40 |
| Pericarpio de vainas normales | | | 4.42 | 3.97 |
| Semilla normal | | | 8.77 | 18.92 |
| Total peso seco | 0.40 | 8.15 | 30.54 | 54.54 |
| Repeticiones | 6 | 2 | 2 | 4 |
| $S_{\bar{x}}$ (total peso seco) | 0.01 | 0.52 | 2.00 | 2.73 |

CUADRO 8A. DESARROLLO DE LA LAMINA FOLIAR Y SU DISTRIBUCION POR TIPOS DE RAMAS EN FRIJOL VAR. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981. (Datos promedio de 2 plantas).

| 25/15°C | Día en que se tomó la muestra | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------|--------------|------|-------|---------------------|---------------|-------|---------|
| | Area foliar (dm ²) | Tras-plante | Perfloración | | | Inicio de floración | Postfloración | | Cosecha |
| | | 8 | 15 | 21 | 24 | 33 | 50 | 70 | 95 |
| Tallo principal | 0.45 | 1.77 | 4.05 | 5.64 | 12.83 | 14.74 | 11.10 | 9.64 | |
| Ramas de yemas de nomofilos | | | | 0.37 | 3.04 | 9.20 | 15.12 | 10.33 | |
| Ramas de yemas de profilos | | | | | | 4.11 | 5.20 | 4.67 | |
| Total | 0.45 | 1.77 | 4.05 | 6.01 | 15.87 | 28.05 | 31.42 | 24.64 | |

| 25/20°C | Días que se tomó la muestra | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------|--------------|------|-------|---------------------|---------------|-------|---------|
| | Area foliar (dm ²) | Tras-plante | Perfloración | | | Inicio de floración | Postfloración | | Cosecha |
| | | 8 | 15 | 21 | 24 | 33 | 50 | 70 | 83 |
| Tallo principal | 0.45 | 1.79 | 5.73 | 7.09 | 12.51 | 12.09 | 8.43 | 6.18 | |
| Ramas de yemas de nomofilos | | | 0.22 | 0.59 | 3.94 | 13.71 | 16.76 | 11.68 | |
| Ramas de yemas de profilos | | | | | | 6.46 | 4.78 | 5.65 | |
| Total | 0.45 | 1.79 | 5.95 | 7.68 | 16.45 | 32.26 | 29.97 | 23.51 | |

| 25/25°C | Días que se tomó la muestra | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------|--------------|-------|-------|---------------------|---------------|-------|---------|
| | Area foliar (dm ²) | Tras-plante | Perfloración | | | Inicio de floración | Postfloración | | Cosecha |
| | | 8 | 15 | 21 | 24 | 26 | 50 | | 74 |
| Tallo principal | 0.45 | 1.96 | 6.79 | 11.86 | 13.75 | 6.72 | | 7.82 | |
| Ramas de yemas de nomofilos | | | 0.59 | 3.77 | 5.79 | 12.20 | | 13.20 | |
| Ramas de yemas de profilos | | | | | | 8.98 | | 9.76 | |
| Total | 0.45 | 1.96 | 7.38 | 15.63 | 19.54 | 27.90 | | 30.78 | |

CUADRO 9A. CRECIMIENTO DEL PESO SECO Y EL AREA FOLIAR POR PLANTA EN FRIJOL VAR. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981. (Datos promedio de 2 plantas en los muestreos y 3, 4 y 4 a la cosecha).

| Días después de la siembra | *Peso seco de la parte aérea (gramos) | | | Area foliar (dm ²) | | |
|----------------------------|---------------------------------------|------------|------------|--------------------------------|------------|------------|
| | 25/15°C | 25/20°C | 25/25°C | 25/15°C | 25/20°C | 25/25°C |
| 8 | 0.27±0.01 | 0.27±0.01 | 0.027±0.01 | 0.45±0.01 | 0.45±0.01 | 0.45±0.01 |
| 26 | | | 6.52 ±0.43 | | | 19.54±1.33 |
| 30 | | 7.62±1.63 | | | 16.45±3.06 | |
| 33 | 5.93±0.06 | | | 15.85±0.27 | | |
| 50 | 16.83±1.87 | 21.60±1.23 | 27.71±1.61 | 28.05±1.37 | 32.26±1.17 | 29.70±2.26 |
| 70 | 40.44±1.51 | 51.07±0.72 | 31.42±0.17 | 31.42±0.17 | 29.97±2.28 | |
| 74 | | | 47.75±2.30 | | | 30.75±4.58 |
| 83 | | 55.68±5.63 | | | 23.51±4.28 | |
| 95 | 57.57±2.82 | | | 24.64±5.80 | | |

*Incluye los órganos caídos.

CUADRO 10A. LONGITUD FINAL DE LOS ENTRENUDOS DEL TALLO PRINCIPAL DEL FRIJOL VAR. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMO PERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981. (datos promedio de 3 plantas).

| Núm. entrenudo | TRATAMIENTOS | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 25/15°C | 25/20°C | 25/25°C |
| 1 | 3.26 \pm 0.20 | 3.43 \pm 0.04 | 3.36 \pm 0.19 |
| 2 | 3.33 \pm 0.23 | 2.73 \pm 0.20 | 2.63 \pm 0.53 |
| 3 | 4.46 \pm 0.20 | 2.70 \pm 0.21 | 2.56 \pm 0.09 |
| 4 | 10.83 \pm 0.85 | 7.13 \pm 0.30 | 6.03 \pm 0.38 |
| 5 | 7.56 \pm 1.03 | 7.90 \pm 0.29 | 7.43 \pm 0.09 |
| 6 | 5.25 \pm 0.25 | 4.30 \pm 0.70 | 5.30 \pm 0.30 |
| Long. total (cm) | 34.69 \pm 1.95 | 28.20 \pm 0.20 | 27.31 \pm 0.10 |

CUADRO 11A. NUMERO TOTAL DE FLORES POR PLANTA, SU UBICACION POR TIPOS DE RAMAS Y NUMERO DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN ABCISION EN FRIJOL VAR. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

| Tratamientos (repeticiones) | Flores sobre ramas de no-mofilos | Flores sobre ramas de pro-filos | Flores sobre infl. del tallo Principal | Total de flores por planta | Vainas Normales | Vainas vanas | Vainas cafdas |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--|----------------------------|-----------------|--------------|---------------|
| 25/15°C | 15 | 0 | 7 | 22 | 12 | 4 | 6 |
| | 12 | 2 | 6 | 20 | 12 | 1 | 7 |
| | 15 | 0 | 10 | 25 | 12 | 2 | 11 |
| 25/20°C | 29 | 5 | 9 | 43 | 12 | 4 | 27 |
| | 24 | 4 | 8 | 36 | 12 | 2 | 22 |
| | 28 | 3 | 7 | 38 | 12 | 2 | 24 |
| 25/25°C | 53 | 21 | 11 | 85 | 13 | 6 | 66 |
| | 54 | 30 | 10 | 94 | 14 | 7 | 73 |
| | 66 | 12 | 8 | 86 | 13 | 7 | 66 |
| <u>Promedios</u> | | | | | | | |
| 25/15°C | 14.00 a | 0.66 a | 7.66 a | 27.33 a | 12.00 a | 2.33 a | 8.00 a |
| 25/20°C | 27.00 b | 4.00 a | 8.00 a | 39.00 b | 12.00 a | 2.66 a | 24.33 b |
| 25/25°C | 57.66 c | 21.00 b | 9.66 a | 88.33 c | 13.33 b | 6.66 b | 68.33 c |

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

CUADRO 12A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO TOTAL DE FLORES POR PLANTA Y SU UBICACION POR TIPOS DE RAMAS EN FRIJOL. VAR. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS.

Variable: número de flores por planta

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|-------------|---------|--------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 7067.55 | 3533.77 | 242.78 | 5.14 | 10.92 |
| Error | 6 | 87.33 | 14.55 | | | |
| Total | 8 | 7154.88 | | | | |
| Media = 35.11 | | C.V. = 6.15 | | | | |

Variable: flores sobre ramas de yemas de nomófilos

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|--------------|---------|-------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 3016.22 | 1508.11 | 72.58 | 5.14 | 10.92 |
| Error | 6 | 124.66 | 20.77 | | | |
| Total | 8 | 3140.88 | | | | |
| Media = 32.88 | | C.V. = 13.86 | | | | |

Variable: flores sobre ramas de yemas de profilos

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|--------------|--------|-------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 713.55 | 356.77 | 12.84 | 5.14 | 10.92 |
| Error | 6 | 166.66 | 27.77 | | | |
| Total | 8 | 880.22 | | | | |
| Media = 8.55 | | C.V. = 61.60 | | | | |

Variable: flores sobre la inflorescencia del tallo principal

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|--------------|------|------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 6.88 | 3.44 | 1.35 | 5.14 | 10.92 |
| Error | 6 | 15.33 | 2.55 | | | |
| Total | 8 | 22.22 | | | | |
| Media = 8.44 | | C.V. = 18.93 | | | | |

CUADRO 13A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO DE FLORES QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN ABCISION EN FRIJOL VAR. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS.

Variable: vainas normales

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|-------------|------|-------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 3.55 | 1.77 | 16.00 | 5.14 | 10.92 |
| Error | 6 | 0.66 | 0.11 | | | |
| Total | 8 | 4.22 | | | | |
| Media = 12.44 | | C.V. = 2.67 | | | | |

Variable: vainas vanas

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|--------------|-------|-------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 34.88 | 17.44 | 13.08 | 5.14 | 10.92 |
| Error | 6 | 8.00 | 1.33 | | | |
| Total | 8 | 42.88 | | | | |
| Media = 3.88 | | C.V. = 29.69 | | | | |

Variable: vainas que sufren abscisión

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|-------------|---------|--------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 5773.55 | 2886.77 | 267.85 | 5.14 | 10.92 |
| Error | 6 | 64.66 | 10.77 | | | |
| Total | 8 | 5838.22 | | | | |
| Media = 33.44 | | C.V. = 9.81 | | | | |

CUADRO 14 A. NUMERO TOTAL DE FLORES PRODUCIDAS POR PLANTA DIARIAMENTE DURANTE EL PERIODO DE FLORACION, SU UBICACION POR TIPOS DE RAMAS Y NUMERO DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN ABSCISION EN FRIJOL VAR. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25/15°C. CHAPINGO, MEX. 1981. (Promedio de 3 plantas).

| Días Flores | 1) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 | | | | | | | | | | | | | Total | |
|-------------------------------------|----------------------------------|---|---|------|------|------|------|---|---|------|------|------|------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | |
| Sobre la infl. del tallo principal. | 1 | 2 | 1 | 1.66 | 0.33 | 1 | 0.66 | | | | | | | | 7.66 |
| Sobre ramas de yemas momofilos | | | | 1 | 2.33 | 2.66 | 2.66 | 1 | 2 | 1.33 | 0.66 | 0 | 0.33 | | 14.00 |
| Sobre ramas de yemas de profilos | | | | | | | | | | | | 0.33 | 0.33 | | 0.66 |
| Total/día | 1 | 2 | 1 | 2.66 | 2.66 | 2.66 | 3.66 | 1 | 2 | 1.33 | 0.66 | 0.33 | 0.66 | | 22.33 |

| Días Flores | 1) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 | | | | | | | | | | | | | Total | |
|----------------------|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|---|------|------|------|------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | |
| Normales | 1 | 1.33 | 0.66 | 2.66 | 1.66 | 2 | 2.33 | 0.33 | | | | | | | 12.00 |
| Vanass | | 0.33 | 0.33 | | 1 | 0.66 | | | | | | | | | 2.33 |
| Que sufren abscisión | | 0.33 | | | | 1 | 1 | 0.66 | 2 | 1.33 | 0.66 | 0.33 | 0.66 | | 8.00 |
| Total/día | 1 | 2 | 1 | 2.66 | 2.66 | 3.66 | 3.33 | 1 | 2 | 1.33 | 0.66 | 0.33 | 0.66 | | 22.33 |

1) Día de antesis de la primera flor de la planta

CUADRO 15A. NUMERO TOTAL DE FLORES PRODUCIDAS PARA PLANTA DIARIAMENTE DURANTE EL PERIODO DE FLORACION, SU UBICACION POR TIPOS DE RAMAS Y NUMERO DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN ABCISION EN FRIJOL VAR. CACAHAUAE-72 SOMETIDO A TERMOPERIODO 25/20°C. CHAPINGO, MEX., 1981. (Promedios de 3 plantas).

| Días Flores | 1) | | | | | | | | | | | | | Total | |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|----|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | |
| Sobre la infl. del tallo principal | 1.66 | 1.66 | 2 | 1.33 | 0.33 | 0.66 | 0.33 | | | | | | | | 8.00 |
| Sobre ramas de yemas de nófilos | | | 2.33 | 5 | 5 | 5 | 4.66 | 2.33 | 1.66 | 0.66 | 0.33 | | | | 27.00 |
| Sobre ramas de yemas de profilos | | | | | | | | 0.33 | 2 | 1.33 | 0.33 | | | | 4.00 |
| Total/día | 1.66 | 1.66 | 4.33 | 6.33 | 5.33 | 5.66 | 5 | 2.66 | 3.66 | 2 | 0.66 | | | | 39.00 |

| Días Flores | 1) | | | | | | | | | | | | | Total | |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|---|------|------|------|------|----|----|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | |
| Normales | 1 | 1.66 | 2.66 | 3.66 | 2 | | | | 0.33 | 0.33 | 0.33 | | | | 12.00 |
| Vanadas | 0.33 | | 1.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | | | | | | | | | 2.66 |
| Que sufren abscisión | 0.33 | | 0.33 | 2.33 | 3 | 5.33 | 5 | 2.66 | 3.33 | 1.66 | 0.33 | | | | 24.33 |
| Total/día | 1.66 | 1.66 | 4.33 | 6.33 | 5.33 | 5.66 | 5 | 2.66 | 3.66 | 2 | 0.66 | | | | 39.00 |

1) Día de antesis de la primera flor de la planta

CUADRO 16A. NUMERO TOTAL DE FLORES PRODUCIDAS POR PLANTA DIARIAMENTE DURANTE EL PERIODO DE FLORACION, SU UBICACION POR TIPOS DE RAMAS Y NUMERO DE ESTAS QUE SE TRANSFORMAN EN VAINAS NORMALES, VANAS Y QUE SUFREN ABSCIION EN FRIJOL VAR. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TERMOPERIUDO 25/25°C. CHAPINGO, MEX., 1981. (Promedios de 3 plantas.

| Días Flores | Días | | | | | | | | | | | | | Total |
|------------------------------------|----------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|----|----|----|-------|
| | 1) ¹ 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| Sobre la infl. del tallo principal | 1 | 1.33 | 2.66 | 1.33 | 0.33 | 2.33 | 0.66 | | | | | | | 9.66 |
| Sobre ramas de yemas de nomofolios | | 0.66 | 2.66 | 7.33 | 7.66 | 12 | 9.66 | 6.33 | 7 | 2.33 | 2 | | | 57.66 |
| Sobre ramas de yemas de profilos | | | | | | | | 4 | 7.66 | 4.33 | 3 | 2 | | 21.00 |
| Total/dfa | 1 | 2 | 5.33 | 8.66 | 8 | 14.33 | 10.33 | 10.33 | 14.66 | 6.66 | 5 | 2 | | 88.33 |

| Días Vainas | Días | | | | | | | | | | | | | Total |
|----------------------|----------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|----|----|----|-------|
| | 1) ¹ 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| Normales | 0.66 | 1 | 2.66 | 4 | 1 | 1.33 | 1 | 1.33 | 0.66 | | | | | 13.66 |
| Vanass | | 0.33 | 1 | 1.66 | 1.66 | 1 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | | | | | 6.66 |
| Que sufren abscisión | 0.33 | 0.66 | 1.66 | 3 | 5.33 | 12 | 9 | 8.66 | 13.66 | 6.66 | 5 | 2 | | 68.00 |
| Total/dfa | 1 | 2 | 5.33 | 8.66 | 8 | 14.33 | 10.33 | 10.33 | 14.66 | 6.66 | 5 | 2 | | 88.33 |

1) Dfa de antes de la primera flor de la planta.

CUADRO 17A. EFECTO DE TRES TERMOPERIODOS SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES DE FRIJOL VAR. CACA-HUATE-72. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

| Tratamientos (repeticiones) | Rendimiento por planta(g) | No. de semi- llas normales por planta | Vainas norma- les por plan- ta | No. de semi- llas norma- les por vai- na | Tamaño de la semilla (mg) |
|--------------------------------|---------------------------------|---|--------------------------------------|---|---------------------------------|
| 25/15°C | 28.23 | 63 | 12 | 5.25 | 448 |
| | 26.07 | 55 | 12 | 4.58 | 474 |
| | 28.58 | 59 | 12 | 4.21 | 484 |
| 25/20°C | 26.52 | 62 | 13 | 4.77 | 427 |
| | 29.53 | 55 | 12 | 4.58 | 537 |
| | 29.70 | 65 | 14 | 4.64 | 457 |
| 25/25°C | 31.16 | 71 | 16 | 4.43 | 439 |
| | 19.21 | 62 | 14 | 4.43 | 309 |
| | 20.09 | 61 | 18 | 3.39 | 329 |
| <u>Promedios</u> | 17.79 | 55 | 14 | 3.93 | 323 |
| | 18.59 | 54 | 13 | 4.15 | 344 |
| | 27.62 a | 59.00 a | 12.66 a | 4.68 a | 468 a |
| 25/15°C | 29.22 a | 62.25 a | 13.75 a | 4.60 a | 465 a |
| 25/20°C | 18.92 b | 58.00 a | 14.75 a | 3.97 a | 326 b |

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

CUADRO 18A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN FRIJOL VAR. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS.

Variable: rendimiento por planta

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|-------------|--------|-------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 240.03 | 120.01 | 53.59 | 4.46 | 8.65 |
| Error | 8 | 17.91 | 2.24 | | | |
| Total | 10 | 257.94 | | | | |
| Media = 25.04 | | C.V. = 5.97 | | | | |

Variable: vainas normales por planta

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|--------------|------|------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 7.47 | 3.73 | 1.14 | 4.46 | 8.65 |
| Error | 8 | 26.16 | 3.27 | | | |
| Total | 10 | 33.63 | | | | |
| Media = 13.82 | | C.V. = 13.09 | | | | |

Variable: semillas normales por vaina

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|-------------|------|------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 1.12 | 0.56 | 3.76 | 4.46 | 8.65 |
| Error | 8 | 1.19 | 0.15 | | | |
| Total | 10 | 2.32 | | | | |
| Media = 4.39 | | C.V. = 8.80 | | | | |

Variable: tamaño de la semilla

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|-------------|--------|-------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 0.0501 | 0.0250 | 23.08 | 4.45 | 8.65 |
| Error | 8 | 0.0086 | 0.0010 | | | |
| Total | 10 | 0.0588 | | | | |
| Media = 0.415 | | C.V. = 7.93 | | | | |

CUADRO 19A. EFECTO DE TRES TERMOPERIODOS SOBRE ALGUNAS VARIABLES RELACIONADAS CON EL RENDIMIENTO EN FRIJOL VAR. CACAHUATE-72. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

| Tratamientos (repeticiones) | Peso del pericar- pio (g) | Peso de la planta (g) (sin raíz) | Peso de la planta (g) (con raíz) | Índice de cosecha (sin raíz) | Índice de cosecha (con raíz) | Índice de llenado de vaina |
|--------------------------------|---------------------------------|--|--|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 25/15°C | 5.88 | 55.52 | 61.38 | 0.51 | 0.46 | 82.70 |
| | 5.76 | 55.59 | 63.63 | 0.47 | 0.41 | 81.90 |
| | 6.16 | 61.62 | 68.08 | 0.46 | 0.42 | 82.20 |
| 25/20°C | 5.14 | 47.38 | 52.82 | 0.56 | 0.50 | 83.70 |
| | 5.43 | 53.81 | 60.54 | 0.55 | 0.49 | 84.50 |
| | 5.09 | 59.88 | 65.88 | 0.48 | 0.45 | 85.30 |
| 25/25°C | 5.69 | 61.88 | 68.71 | 0.50 | 0.45 | 84.50 |
| | 3.29 | 46.30 | 52.38 | 0.41 | 0.37 | 85.30 |
| | 4.34 | 51.74 | 59.04 | 0.39 | 0.34 | 82.20 |
| <u>Promedios</u> | 4.34 | 46.47 | 52.33 | 0.38 | 0.34 | 80.30 |
| | 3.92 | 46.52 | 54.42 | 0.40 | 0.34 | 82.60 |
| | 5.93 a | 57.57 a | 64.36 a | 0.48 a | 0.43 b | 82.26 a |
| 25/15°C | 5.33 a | 55.68 a | 61.98 ab | 0.52 a | 0.47 a | 84.50 a |
| 25/25°C | 3.97 b | 47.75 b | 59.54 b | 0.39 b | 0.35 c | 82.60 a |

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

CUADRO 20A. ANALISIS DE VARIANZA PARA ALGUNAS VARIABLES RELACIONADAS
CON EL RENDIMIENTO EN FRIJOL VAR. CACAHUATE-72 SOMETIDO
A TRES TERMOPERIODOS.

Variable: peso del pericarpio

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F. | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|-------------|------|-------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 7.29 | 3.64 | 27.62 | 4.46 | 8.65 |
| Error | 8 | 1.05 | 0.13 | | | |
| Total | 10 | 8.34 | | | | |
| Media = 5.00 | | C.V. = 7.26 | | | | |

Variable: peso total de la planta (sin raíz)

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|-------------|--------|------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 200.54 | 100.27 | 4.65 | 4.46 | 8.65 |
| Error | 8 | 172.52 | 21.56 | | | |
| Total | 10 | 373.06 | | | | |
| Media = 53.32 | | C.V. = 8.71 | | | | |

Variable: peso total de la planta (con raíz)

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|-------------|-------|------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 191.99 | 95.99 | 3.85 | 4.46 | 8.65 |
| Error | 8 | 199.55 | 24.94 | | | |
| Total | 10 | 391.54 | | | | |
| Media = 59.93 | | C.V. = 8.33 | | | | |

CUADRO 21A. ANALISIS DE VARIANZA PARA ALGUNAS VARIABLES RELACIONADAS CON EL RENDIMIENTO EN FRIJUL VAR. CACAHUATE-72. SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS.

Variable: Indice de cosecha (sin raíz)

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|-------------|--------|-------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 0.0335 | 0.0167 | 21.02 | 4.46 | 8.65 |
| Error | 8 | 0.0064 | 0.0008 | | | |
| Total | 10 | 0.0399 | | | | |
| Media = 0.464 | | C.V. = 6.07 | | | | |

Variable: Indice de cosecha (con raíz)

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|-------------|--------|-------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 0.0321 | 0.0160 | 30.96 | 4.46 | 8.65 |
| Error | 8 | 0.0041 | 0.0005 | | | |
| Total | 10 | 0.0362 | | | | |
| Media = 0.415 | | C.V. = 5.48 | | | | |

Variable: Indice de llenado de vaina

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|------|-------------|------|------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 10.81 | 5.40 | 3.01 | 4.46 | 8.65 |
| Error | 8 | 14.34 | 1.79 | | | |
| Total | 10 | 25.15 | | | | |
| Media = 83.20 | | C.V. = 1.61 | | | | |

CUADRO 22A. DISTRIBUCION DEL RENDIMIENTO POR TIPOS DE RAMAS EN FRIJOL VAR. CA-
CAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

| Tratamientos (repeticiones) | Rendimiento por planta | Rend. de ra- mas de nomo- folios | Rend. de ra- mas de pro- filos | Rend. de la infl. del tallo Pral. |
|--------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|---|
| 25/15°C | 28.23 | 16.79 | 0.00 | 11.44 |
| | 26.07 | 16.71 | 0.00 | 9.36 |
| | 28.58 | 18.76 | 2.32 | 7.50 |
| 25/20°C | 26.52 | 17.65 | 4.89 | 3.98 |
| | 29.53 | 17.87 | 7.21 | 4.45 |
| | 29.70 | 20.82 | 1.72 | 7.16 |
| | 31.16 | 22.08 | 2.00 | 7.08 |
| 25/25°C | 19.21 | 15.02 | 1.02 | 3.17 |
| | 20.09 | 12.29 | 4.87 | 2.94 |
| | 17.79 | 12.07 | 1.52 | 4.20 |
| | 18.59 | 13.45 | 5.14 | 0.00 |
| <u>Promedios</u> | | | | |
| 25/15°C | 27.62 a | 17.42 a | 0.77 a | 9.43 a |
| 25/20°C | 29.22 a | 19.60 a | 3.95 a | 5.66 ab |
| 25/25°C | 18.92 b | 13.20 b | 3.13 a | 2.57 b |

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

CUADRO 23A. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA DISTRIBUCION DEL RENDIMIENTO POR TIPOS DE RAMAS EN FRIJOL VAR. CACAHUATE-72 SO E- TIDO A TRES TEMPORERIODOS.

Variable: Rendimiento de ramas de monófilos

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|--------------|--------|-------|-------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 83.61 | 41.80 | 14.48 | 4.46 | 8.65 |
| Error | 8 | 23.10 | 2.89 | | | |
| Total | 10 | 106.71 | | | | |
| Media = 16.66 | C.V. = 10.20 | | | | | |

Variable: Rendimiento de ramas de perfiles

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|--------------|-------|------|------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 18.10 | 9.05 | 1.91 | 4.46 | 8.65 |
| Error | 8 | 37.95 | 4.74 | | | |
| Total | 10 | 56.06 | | | | |
| Media = 2.79 | C.V. = 78.09 | | | | | |

Variable: Rendimiento de la infl. terminal del tallo principal

| Fuente de variación | G.L. | S.C. | C.M. | F | F 0.05 | F 0.01 |
|---------------------|--------------|--------|-------|-------|--------|--------|
| Tratamientos | 2 | 80.63 | 40.32 | 12.37 | 4.46 | 8.65 |
| Error | 8 | 26.08 | 3.26 | | | |
| Total | 10 | 106.71 | | | | |
| Media = 5.57 | C.V. = 32.41 | | | | | |

CUADRO 24A.. RELACION ENTRE EL RENDIMIENTO EN SEMILLA (GRAMOS) Y ALGUNOS DE SUS COMPONENTES EN FRIJOL VAR. CACAHUATE-72 SOMETIDO A TRES TERMOPERIODOS. CHAPINGO, MEXICO. 1981.

| V a r i a b l e | Ecuación de Regresión | r ² | Significancia | C.V. |
|-------------------------------------|-------------------------|----------------|---------------|-------|
| No. de semillas normales/planta | $Y = -3.416 + 0.472 X$ | 0.238 | N.S. | 18.65 |
| No. de vainas normales/planta | $Y = 33.260 - 0.594 X$ | 0.046 | N.S. | 20.87 |
| No. de semillas normales/vaina | $Y = -2.827 + 6.339 X$ | 0.361 | N.S. | 17.07 |
| Tamaño de la semilla | $Y = 0.413 + 59.270 X$ | 0.801 | ** | 9.53 |
| Peso total de la planta (sin raíz)* | $Y = -11.607 + 0.687 X$ | 0.683 | ** | 12.02 |
| Indice de cosecha* (sin raíz) | $Y = -6.003 + 66.831 X$ | 0.690 | ** | 11.89 |

*Incluye organos caidos.