

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



MICROCLIMA Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO  
DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.) EN SIEMBRAS  
INTERCALADAS CON MAIZ (Zea mays L.)

MIGUEL ANGEL CANTU ALMAGUER

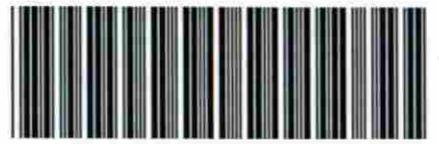
TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS

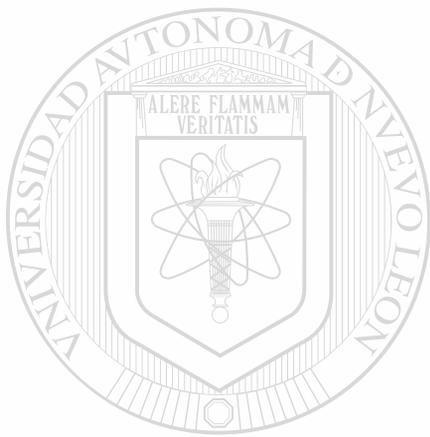
ESPECIALISTA EN  
PRODUCCION AGRICOLA

1985

TM  
SB327  
C35  
c.1



1080060993



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

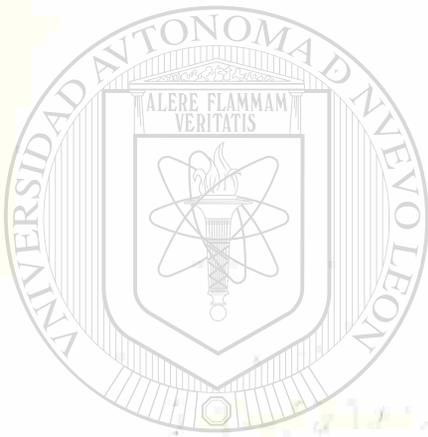


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

RECTORÍA GENERAL DE LA INSTITUCIÓN

AV. UNIVERSITARIA S/N. SAN JUAN DE LOS RÍOS, NUEVO LEÓN



U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DR. J. J. ANGELO GANTU ALBA, Rector

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALISTA EN

PRODUCCIÓN AGRICOLA

1974

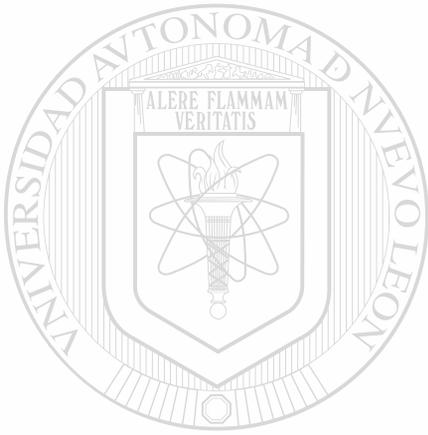
TM  
SB 327  
C 35

  
Biblioteca Central  
Maestra Solidaridad  
F. Tesis

  
UANL  
FONDO  
TESIS MAESTRA

.635  
FA 1  
19 5

5



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

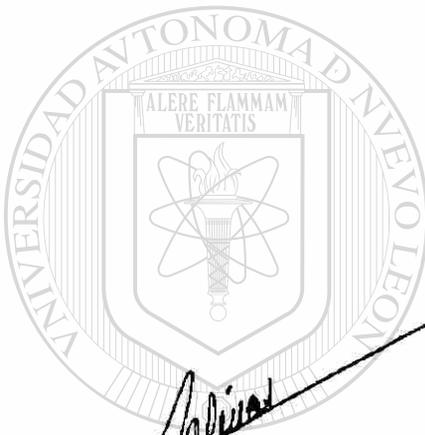
®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

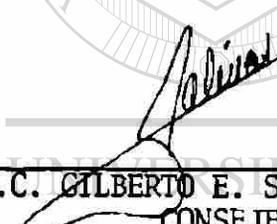
ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCION DEL  
CONSEJO PARTICULAR INDICADO, HA SIDO APROBADA  
POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA LA OBTENCION DEL GRADO:

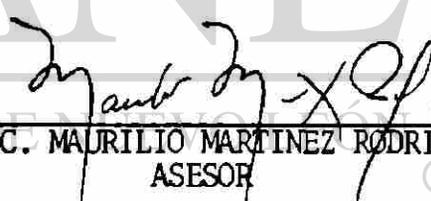
MAESTRO EN CIENCIAS, ESPECIALISTA EN  
PRODUCCION AGRICOLA

CONSEJO PARTICULAR

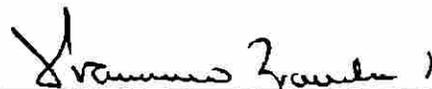


UANL

  
M.C. GILBERTO E. SALINAS GARCIA  
CONSEJERO

  
M.C. MAURILIO MARTINEZ RODRIGUEZ  
ASESOR

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

  
M.C. FRANCISCO ZAVALA GARCIA  
ASESOR

Mayo de 1985

## AGRADECIMIENTOS

AL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS (INIA)

Por el apoyo en la realización de mis estudios.

AL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (CONACYT)

Por haberme otorgado la beca que hizo posible mis estudios.

AL M.C. CESAREO GUZMAN FLORES

Por su valiosa participación en la dirección, revisión y corrección del presente trabajo, así como por su motivación y orientación durante el transcurso de mis estudios.

AL M.C. GILBERTO E. SALINAS GARCIA

Por sus valiosas sugerencias en la supervisión y corrección de este trabajo.

AL M.C. MAURILIO MARTINEZ RODRIGUEZ

Por sus sugerencias y valiosa ayuda en la revisión y corrección de este trabajo.

AL M.Sc. FERMIN MONTES CAVAZOS y AL M.C. MARCO VINICIO GOMEZ MEZA

Por las facilidades prestadas para el desarrollo de este trabajo.

A LOS MAESTROS DE LA DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO.

Por el adiestramiento recibido.

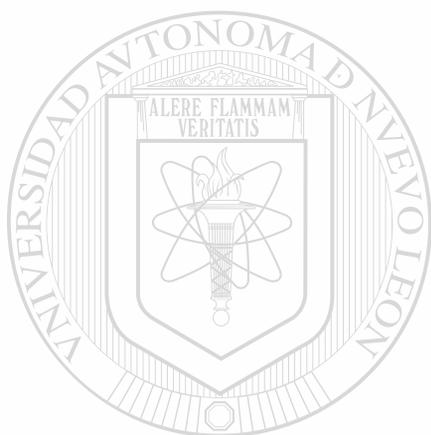
A LA SRA. MARIA ELENA GARCIA G.

Por su eficiente trabajo de mecanografía.

**A MIS PADRES:**

**SR. JUAN ANGEL CANTU ALANIS**

**SRA. ROSA ALMAGUER DE CANTU**



**UANL**

---

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

®

**DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

**A MIS COMPAÑERAS:**

**ELVA ROSA**

**e**

**ITZIA MIREYA**

## CONTENIDO

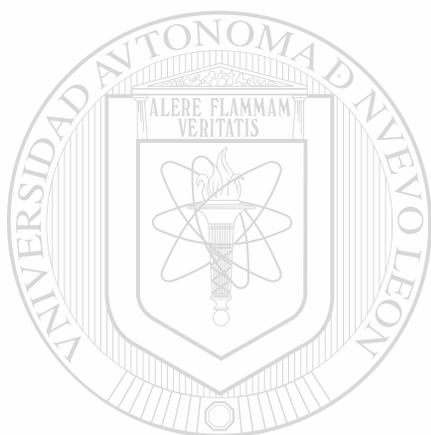
	PAGINA
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	i
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS E HIPOTESIS.....	4
III. REVISION DE LITERATURA.....	5
3.1. Fotosíntesis.....	5
3.1.1. Definición.....	5
3.2. Mecanismos del proceso fotosintético.....	5
3.2.1. Fase luminosa.....	5
3.2.2. Fase oscura.....	6
3.3. Rutas metabólicas de fijación del CO <sub>2</sub> .....	6
3.4. Fotorrespiración.....	8
3.4.1. Definición y función.....	8
3.4.2. Implicaciones en la eficiencia para fijación del CO <sub>2</sub> .....	9
3.5. Características anatómicas distintivas entre plantas C <sub>3</sub> y C <sub>4</sub> .....	11
3.6. Factores que afectan la velocidad de fotosíntesis.....	13
3.6.1. Luz.....	14
3.6.1.1. Efecto sobre la fotosíntesis.....	14

3.6.2. Temperatura.....	16
3.6.2.1. Efecto sobre la fotosíntesis.....	16
3.6.3. Bióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).....	20
3.6.3.1. Efecto sobre la fotosíntesis.....	20
3.6.4. Humedad relativa.....	21
3.6.4.1. Efecto sobre la fotosíntesis.....	21
3.7. Fotomorfogénesis.....	22
3.7.1. Definición y función.....	22
3.8. Cultivos múltiples.....	24
3.8.1. Cultivos intercalados.....	24
3.9. Efecto del cultivo modificador sobre el mi- croclima.....	25
3.9.1. Su efecto sobre la luz.....	25
3.9.2. Su efecto sobre la temperatura.....	26
3.9.3. Su efecto sobre bióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ). DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS	26
3.9.4. Su efecto sobre la humedad relativa.....	27
3.9.5. Su efecto sobre el viento.....	28
3.10. Efecto de la cobertura sobre la luminosi- dad en los estratos inferiores de cultivos intercalados.....	28
3.11. Efecto de la cobertura sobre los componen- tes del rendimiento.....	30

<b>IV. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1. Localidad.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1.1. Ubicación.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1.2. Clima.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1.3. Suelo.....</b>	<b>35</b>
<b>4.2. Materiales.....</b>	<b>35</b>
<b>4.3. Métodos.....</b>	<b>35</b>
<b>4.3.1. Tratamientos.....</b>	<b>35</b>
<b>4.3.2. Diseño experimental.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.3. Densidades.....</b>	<b>37</b>
<b>4.3.4. Método de siembra.....</b>	<b>37</b>
<b>4.3.5. Desarrollo del cultivo.....</b>	<b>38</b>
<b>4.3.6. Toma de datos.....</b>	<b>42</b>
<b>4.3.6.1. Ambientales.....</b>	<b>42</b>
<b>4.3.6.2. Componentes del rendimiento de grano..</b>	<b>46</b> ®
<b>4.3.7. Análisis estadístico de los datos obteni</b>	
<b>dos.....</b>	<b>52</b>
<b>V. RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
<b>5.1. Efecto de la cobertura sobre las variables</b>	
<b>ambientales.....</b>	<b>55</b>
<b>5.1.1. Intensidad luminosa.....</b>	<b>55</b>

5.1.2. Temperatura máxima y mínima.....	57
5.1.3. Temperatura del suelo.....	67
5.2. Efecto de la cobertura sobre las variables morfológicas del frijol.....	67
5.2.1. Longitud del tallo principal.....	67
5.2.2. Ramas.....	68
5.2.3. Nudos del tallo principal.....	69
5.2.4. Floración y madurez fisiológica.....	70
5.2.5. Altura.....	72
5.2.6. Vainas normales, vanas y abortadas.....	74
5.2.7. Semillas normales y abortadas.....	76
5.3. Efecto de la cobertura sobre las variables fisiológicas del frijol.....	76
<hr/>	
5.3.1. Peso seco total, del tallo y pericarpio por planta.....	76
5.3.2. Peso seco y volumen de 100 semillas.....	77
5.3.3. Rendimiento por planta.....	79
5.3.4. Índice de cosecha (I.C.).....	82
5.4. Efecto sobre el cultivo del maíz.....	83
VI. DISCUSION.....	85
VII. CONCLUSIONES.....	102

	PAGINA
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	104
IX. APENDICE.....	109



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

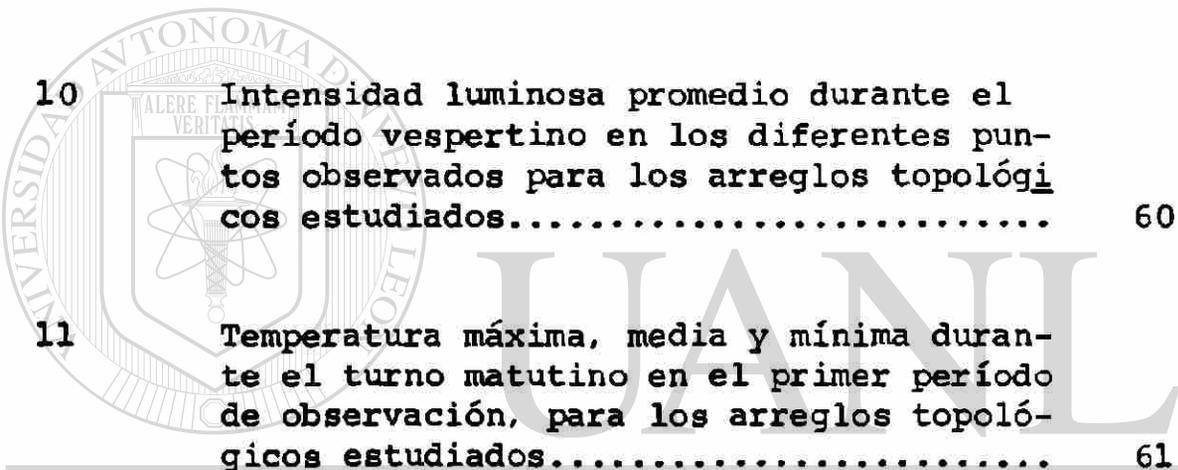


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO		PAGINA
1	Días a inicio, fin de floración y madurez fisiológica en la variedad de frijol Delicias-71 bajo diferentes intercalamientos con maíz.....	72
2	Medias de algunas características agronómicas del frijol Delicias-71 al ser sembrado en intercalamiento con maíz.....	75
<b>FIGURA</b>		
1	Representación gráfica de los diferentes intercalamientos maíz-frijol estudiados A) 1:3, b) 2:3, C) 3:3. ....	39
2	Representación gráfica de los unicultivos estudiados A) frijol, B) maíz.....	40
3	Representación gráfica de los puntos muestreados para la intensidad luminosa en el período matutino (A), vespertino (B) y cobertura general (C).....	43
4	Representación gráfica de los puntos muestreados. A) temperatura máxima y mínima y B) temperatura del suelo.....	45
5	Intensidad luminosa promedio durante el período de muestreo en los arreglos topológicos estudiados.....	58
6	Intensidad luminosa promedio durante el período de muestreo en los diferentes puntos observados para los arreglos topológicos estudiados.....	58

7	Intensidad luminosa promedio durante el período matutino en los arreglos topológicos estudiados.....	59
8	Intensidad luminosa promedio durante el período matutino en los diferentes puntos observados para los arreglos topológicos estudiados.....	59
9	Intensidad luminosa promedio durante el período vespertino en los arreglos topológicos estudiados.....	60
10	Intensidad luminosa promedio durante el período vespertino en los diferentes puntos observados para los arreglos topológicos estudiados.....	60
11	Temperatura máxima, media y mínima durante el turno matutino en el primer período de observación, para los arreglos topológicos estudiados.....	61
12	Temperatura máxima, media y mínima durante el turno vespertino en el primer período de observación, para los arreglos topológicos estudiados.....	61
13	Temperatura máxima, media y mínima durante el turno matutino en el segundo período de observación, para los arreglos topológicos estudiados.....	64
14	Temperatura máxima, media y mínima durante el turno vespertino en el segundo período de observación, para los arreglos topológicos estudiados.....	64



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA

15	Temperatura máxima, media y mínima durante el turno matutino en el tercer período de observación, para los arreglos topológicos estudiados.....	65
16	Temperatura máxima, media y mínima durante el turno vespertino en el tercer período de observación, para los arreglos topológicos estudiados.....	65
17	Temperatura promedio del suelo durante el período de observación para los arreglos topológicos estudiados.....	66
18	Producción de nudos del tallo principal en el frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.....	71
19	Producción de nudos del tallo principal en el frijol Delicias-71 de acuerdo al surco al ser intercalado con maíz.....	71
<hr/>		
20	Altura del frijol Delicias-71 al ser intercalado con maíz.....	73
21	Peso seco por planta del frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.....	78
22	Peso seco de 100 semillas normales del frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.....	80
23	Volumen de 100 semillas normales del frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.....	81

24	Peso seco de 100 semillas normales del frijol Delicias-71, de acuerdo al surco al ser intercalado con maíz.....	80
25	Volumen de 100 semillas normales del frijol Delicias-71, de acuerdo al surco al ser intercalado con maíz.....	81
26	Indice de cosecha en el frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.....	84
27	Indice de cosecha en el frijol Delicias-71, de acuerdo al surco al ser intercalado con maíz.....	84
28	Producción de ramas primarias en el frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz..	93
29	Producción de ramas primarias en el frijol Delicias-71, de acuerdo al surco al ser intercalado con maíz.....	93
30	Peso seco por planta en madurez comercial del frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.....	95
31	Peso seco del tallo por planta en madurez comercial del frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.....	96
32	Peso seco del pericarpio por planta en madurez comercial del frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.....	97

**FIGURA**

**PAGINA**

33	Rendimiento por planta del frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.....	99
----	---	----

**FIGURA DEL APENDICE**

1 a	Datos promedio de las temperaturas máxima, media y mínima, humedad relativa y precipitación pluvial en los meses de Junio a Diciembre de 1983. Marín, N.L.....	110
-----	--	-----

**CUADROS DEL APENDICE**

1a	Análisis físico-químico del suelo del lote experimental situado en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. Marín, N.L., 1983.....	111
----	--	-----

2 a	Comparación de medias de las intensidades de luz totales (período matutino y vespertino) recibidas por los tratamientos.....	112
-----	--	-----

3 a	Comparación de medias de las intensidades de luz recibidas por los tratamientos durante el período matutino.....	112
-----	--	-----

4 a	Comparación de medias de las intensidades de luz recibidas por los tratamientos durante el período vespertino.....	113
-----	--	-----

5 a	Comparación de medias de la temperatura máxima recibida matutina y vespertina en conjunto por los tratamientos en el período dos.....	113
-----	---	-----

6 a	Comparación de medias de la temperatura máxima recibida matutina y vespertina en conjunto por los tratamientos en el período tres.....	114
7 a	Comparación de medias de la temperatura del suelo recibida por los tratamientos en los períodos (1,2 y 3).....	114
8 a	Longitud del tallo principal del frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> ) Cv. Delicias-71 bajo diferentes arreglos topológicos con maíz..	115
9 a	Ramas primarias por planta del frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> ) Cv. Delicias-71 bajo diferentes arreglos topológicos con maíz..	115
10 a	Longitud de ramas primarias del frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> ) Cv. Delicias-71 bajo diferentes arreglos topológicos con maíz..	116
<hr/>		
11 a	Cantidad de nudos del tallo principal del frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> ) Cv. Delicias-71 bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.....	116
12 a	Longitud de entrenudos del tallo principal del frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> ) Cv. Delicias-71 bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.....	117
13 a	Peso seco del tallo por planta del frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> ) Cv. Delicias-71 bajo diferentes arreglos topológicos con maíz..	117

14 a	Altura del dosel vegetal del frijol entre los 33 y 78 días después de la siembra bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.....	118
15 a	Peso seco del pericarpio por planta del frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> ) Cv. Delicias-71 bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.....	119
16 a	Comparación de medias del peso seco de 100 semillas normales bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.....	119
17 a	Comparación de medias del volumen de 100 semillas normales bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.....	120
18 a	Rendimiento en grano por planta del frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> ) Cv. Delicias-71 en los diferentes surcos bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.....	120
19 a	Comparación de medias del índice de cosecha del frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> ) Cv. Delicias-71 bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.....	121

## RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en la Facultad de Agronomía de la UANL ubicada en Marín, N.L. los objetivos del estudio fueron: estudiar el efecto de la cobertura del maíz sobre el microclima del frijol bajo condiciones de intercalamiento y, determinar el efecto de la cobertura del maíz sobre el rendimiento de grano del frijol y sus componentes. Se utilizó la variedad de frijol Delicias-71, la cual fue sembrada en intercalamiento con maíz y en unicultivo.

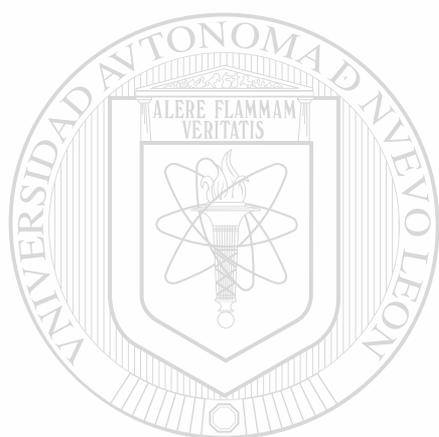
Se consideraron como variables ambientales la intensidad luminosa, la temperatura ambiental y la temperatura del suelo. Además, se estimaron una serie de componentes del rendimiento del frijol tanto morfológico como fisiológico.

Los resultados indican que la producción de vainas normales, vanas y abortadas, las semillas normales y abortadas por vaina, el peso seco del tallo, del pericarpio y el total de la planta, se incrementan cuando la cobertura disminuye.

El rendimiento de grano por planta no se vio afectado por la cobertura, debido a que los componentes del rendimiento parecen presentar un mecanismo de compensación, de tal manera que cuando uno aumenta el otro disminuye, provocando como consecuencia igualdad en el rendimiento de grano por plan-

ta.

En cuanto a las condiciones microclimáticas formadas dentro de la parcela experimental para cada arreglo topológico, se encontró que la cobertura ocasionada por el maíz propició una mayor intercepción de la intensidad luminosa, así como la disminución de la temperatura ambiental y del suelo, provocando con ello una condición más favorable para el desarrollo del frijol.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## I. INTRODUCCION

En México, los cultivos de maíz y frijol son de gran importancia ya que forman parte de la alimentación básica del mexicano y su interacción es de gran importancia socioeconómica, explotándose bajo diferentes formas entre las que se encuentran las siembras asociadas, intercaladas, de relevo y otras.

El frijol se siembra en estos sistemas de producción y en ellos se han estudiado principalmente sus respuestas fisiológicas y morfológicas, aunque cabe mencionar que éstos estudios se han efectuado en zonas templadas y de altitud elevada y no así en zonas calientes y de baja altitud.

En estos últimos lugares, el frijol presenta una serie de dificultades para su producción óptima, siendo causadas primordialmente por factores climáticos como la temperatura y la intensidad luminosa, los cuales ocasionan sus mayores daños en el ciclo de primavera-verano (temprano), provocando principalmente la caída de flores, el aborto de vainas y la producción de semillas abortadas, los cuales repercuten en el rendimiento.

De esta manera el rendimiento está relacionado con los caracteres de la planta como: número de hojas, vainas, granos, nudos, ramificaciones y los factores del medio como luz, tempe

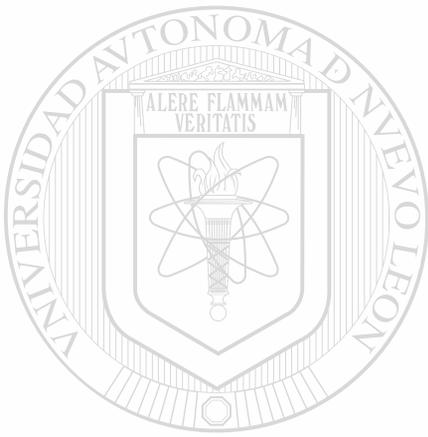
ratura, suelo, humedad y sistema de siembra, siendo éstos últimos los que determinan en parte los procesos fisiológicos de la planta y proporcionarán una menor o mayor productividad neta. Así, un cambio de algún proceso alterará los demás repercutiendo en la producción de la planta.

A causa de que los productos de la fijación de  $\text{CO}_2$  comprende la mayor parte de la materia seca, la asimilación neta de  $\text{CO}_2$  es el factor principal que determina la productividad. Sin embargo, hay ciertas condiciones que pueden mejorar la disponibilidad de bióxido de carbono y en la que se presentan cambios graduales en la intensidad de luz, por ejemplo en ecosistemas que poseen un dosel bastante estratificado como el que podría encontrarse en la selva. A nivel de cultivos este fenómeno se puede presentar con altas densidades del cultivo, altura del dosel, cultivos asociados o intercalados. ®

#### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El frijol ha sido clasificado como planta  $\text{C}_3$  y el maíz como planta  $\text{C}_4$ , cuyos requerimientos ambientales en cuanto a luz y temperatura están bien definidos, siendo éstos bastante contrastante entre ambos cultivos. Mientras que el frijol necesita la presencia de bajas intensidades lumínicas y bajas temperaturas para su óptimo desarrollo, el maíz necesita altas intensidades lumínicas y altas temperaturas.

De acuerdo a lo antes señalado y bajo las condiciones del ciclo verano en las zonas bajas del Estado de Nuevo León, la producción óptima del cultivo del frijol podría obtenerse bajo la siembra de cultivos múltiples, siendo en este caso el cultivo protector el maíz, el cual provocará un microclima favorable para el desarrollo del frijol.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## II. OBJETIVOS E HIPOTESIS

### Objetivos:

De acuerdo a los antecedentes señalados, el presente estudio tiene como objetivos generales:

1. Estudiar el efecto de la cobertura del maíz sobre el microclima del frijol bajo condiciones de intercalamiento.
2. Determinar el efecto de la cobertura del maíz sobre el rendimiento de grano y sus componentes en frijol.

### Hipótesis:

Las hipótesis que se plantean para el presente estudio son las siguientes:

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Las condiciones microclimáticas formadas en los intercalamientos estudiados serán diferentes con respecto al cultivo, los primeros presentarán menor intensidad luminosa y menor temperatura ambiental en la medida en que se aumente la cobertura del maíz sobre el frijol. Considerando que este es una planta  $C_3$ , por lo que su siembra en intercalamiento con maíz bajo las condiciones de verano en Marín, N.L., favorecerá la producción de materia seca por planta, modificando los componentes del rendimiento.

### III. REVISION DE LITERATURA

#### 3.1. Fotosíntesis

##### 3.1.1. Definición

La palabra fosisíntesis literalmente quiere decir construir o unir por medio de la luz, por lo que su definición más común es el proceso por el cual las plantas sintetizan compuestos orgánicos a partir de sustancias inorgánicas en presencia de la luz solar (Hall y Rao, 1977; Garrett, 1981).

#### 3.2. Mecanismo del proceso fotosintético

Con fines analíticos es conveniente dividir la fotosíntesis en dos fases: fase luminosa y fase oscura.

##### 3.2.1. Fase luminosa

Los procesos bioquímicos de la fase luminosa dan lugar

a:

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

a) La producción de un agente reductor intensivo, nicotiamida-adenin-dinucleotido fosfato (NADPH).

b) El desprendimiento de  $O_2$  como un subproducto de la rotura del  $H_2O$ .

c) La formación de adenosin trifosfato (ATP), que va unida al flujo de electrones de  $H_2O$  al NADPH (Hall y Rao, 1977; Miller, 1979).

La fase luminosa se efectúa en una estructura de las células vegetales denominada cloroplasto, el cual es un organelo complejo que tiene su propio material genético y es capaz de sintetizar algunas de las proteínas necesarias para su funcionamiento. En su interior se encuentran unos sacos membranosos denominados tilacoides, los cuales al ser apilados uno sobre otro en grupos se les llama grana, siendo en los tilacoides donde se realiza la reacción luminosa de la fotosíntesis (Miller, 1979).

### 3.2.2. Fase oscura

En la fase oscura, el ATP y el NADPH suministran la energía necesaria para formar glucosa a partir de bióxido de carbono. Esta fase tiene lugar en la porción soluble no membranos sa del cloroplasto (estroma), considerándose que ocurre en cuatro fases distintas que son: fase de carboxilación, fase de reducción, fase de regeneración y fase de síntesis de productos (Miller, 1979; Sivori et al., 1980).

### 3.3. Rutas metabólicas de fijación del CO<sub>2</sub>

En los últimos quince años han tenido tremendo progreso los estudios sobre las rutas fotosintéticas, dejando en la actualidad en desuso la clasificación de plantas heliófilas o de sol y de plantas umbrófilas o de sombra.

Actualmente se han reconocido tres distintas rutas fotosintéticas en plantas superiores, relacionándolas con la vía biosintética de utilización del carbono. Se encuentran así especies de plantas con baja capacidad fotosintética, teniendo solamente una ruta, es decir, la ruta del fosfato pentosa reductiva (Ruta-Calvin-Benson), cuyos primeros compuestos estables que aparecen son de tres carbonos tales como los ácidos fosfo y difosfoglicérico, fosfogliceraldehído e hidroxiacetona, debido a ésto se les ha denominado plantas ruta C<sub>3</sub>. Existen otras especies de plantas con alta capacidad fotosintética, las cuales pueden fijar el CO<sub>2</sub> por medio de un ácido de tres carbonos (fosfofenolpiruvato) formando compuestos de cuatro carbonos (oxalacetato, malato y aspartato); en virtud de que estos primeros compuestos estables que aparecen en la fijación son de cuatro carbonos, a este tipo de plantas se les denomina C<sub>4</sub>. Por último, se ha encontrado otra ruta de fijación de CO<sub>2</sub> algo similar a la anterior, pero cuyo mecanismo se efectúa en dos tiempos, el primero que es la fijación del CO<sub>2</sub> se realiza durante la noche por medio del fosfofenolpiruvato con la formación de ácidos dicarboxílicos de cuatro carbonos, los cuales permanecen hasta que incida la luz y se inicia la fotosíntesis y en la cual éstos ceden el bióxido de carbono al ciclo de Calvin; a esta ruta se le denomina "Meta-

bolismo Acido de las Crasuláceas" (Chollet y Ogren, 1975; Evans, 1975; Noggle y Fritz 1976; Ehleringer 1979).

### 3.4. Fotorrespiración

#### 3.4.1. Definición y función

La fotorrespiración es una oxidación estimulada por la luz de los intermediarios de la fotosíntesis para  $\text{CO}_2$ . Este proceso ocurre principalmente en plantas superiores que fijan el  $\text{CO}_2$  por la vía  $\text{C}_3$  de la fotosíntesis (Chollet y Ogren, 1975).

El oxígeno es un potente inhibidor de la fotosíntesis en las plantas  $\text{C}_3$ ; la absorción neta de  $\text{CO}_2$  bajo concentración atmosférica de  $\text{CO}_2$  aumenta aproximadamente en un 45% cuando la concentración de  $\text{O}_2$  es reducida del 21 al 1% (Downes y Heskety, citados por Ogren, 1976).

#### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El oxígeno substituye al  $\text{CO}_2$  en la reacción de carboxilasa para producir fosfoglicolato, un intermediario fotorrespiratorio y el  $\text{O}_2$  competitivamente inhibe la carboxilasa RuDP con respecto al  $\text{CO}_2$  (Ogren, 1976; Chollet y Ogren, 1975).

Por lo que así, una manifestación de la fotorrespiración en la compensación de concentración de  $\text{CO}_2$  donde las tasas de fijación de  $\text{CO}_2$  fotosintético y la evolución de  $\text{CO}_2$  fotorres-

piratorio son iguales, la fotorrespiración reduce la fotosíntesis y la concentración de compensación será reducida (Ogren, 1976; Whittinghan, 1976).

Curtis (citado por Ogren, 1976) señala que para las plantas de soya a 25°C, la concentración de compensación es aproximadamente 40 ppm de CO<sub>2</sub>, pero si estas plantas son mantenidas a 30 ppm de CO<sub>2</sub> envejecerán. Sin embargo, si la fotorrespiración fuera reducida de tal forma que la concentración de compensación fuera menor que 30 ppm de CO<sub>2</sub>, la planta sobrevivirá en este sistema como lo harían las especies C<sub>4</sub> no fotorrespiratorias.

#### 3.4.2. Implicaciones en la eficiencia para fijación de CO<sub>2</sub>

Las plantas C<sub>4</sub> han resuelto el problema de la fotorrespiración a través de la evolución de una anatomía de hojas especializadas y un complemento de enzimas divididas, el cual actúa para reducir la biosíntesis del ácido glicólico y para recapturar el CO<sub>2</sub> de la fotorrespiración antes de que pueda salir de la hoja (Chollet y Ogren, 1975; Noggle y Fritz, 1976).

La enzima a la fijación inicial del bióxido de carbono en las plantas C<sub>4</sub> se encuentra localizada en las células del mesófilo; la enzima carboxilante en esta ruta es la carboxilaza fosfofenolpiruvato (PEP). Por otro lado, las enzimas de las

plantas  $C_3$  se encuentran localizadas en los cloroplastos de las células de la envoltura de los haces; la enzima carboxilante en esta ruta es la carboxilaza ribulosa difosfato (RuDP). Por lo tanto, la regulación del flujo del carbono desde las células del mesófilo hasta las células de la envoltura de haces depende de la comparación de reacciones en estos dos tipos de células (Noggle y Fritz, 1976; Hatch, 1976; Ogren, 1976).

Una de las diferencias importantes entre las dos enzimas carboxilantes es la afinidad por el bióxido de carbono. La carboxilaza PEP tiene una mayor afinidad por el bióxido de carbono que la carboxilaza RuDP (Noggle y Fritz, 1976).

Como resultado, las plantas  $C_4$  tienen una tasa de fotosíntesis neta mucho más alta que las plantas  $C_3$ , especialmente en concentraciones de bióxido de carbono muy bajas. Estas concentraciones es probable que prevalezcan en los espacios intercelulares cuando los estomas están casi cerrados. Tal condición puede ser inducida en plantas en el campo durante períodos de poco suministro de agua en el suelo. Bajo este tipo de tensiones ambientales, las plantas  $C_4$  son por mucho superiores que las plantas  $C_3$  en su habilidad de crecimiento (Black, 1971; Noggle y Fritz, 1976; Schrader, 1976).

Ya que la mayoría de los cultivos fijan el  $\text{CO}_2$  a través de la ruta  $\text{C}_3$ , el control de la fotorrespiración representaría una mayor oportunidad para incrementar la producción de los cultivos, por lo que gran número de investigadores han empezado a desarrollar gran número de experimentos de mejoramiento, los cuales no han tenido éxito hasta la fecha, pero indican que será difícil pero no imposible transformar plantas  $\text{C}_3$  fotorrespiratorias en plantas  $\text{C}_4$  no fotorrespiratorias. Así, el control de la fotorrespiración en plantas  $\text{C}_3$  tendrá que ser logrado aislando los mutantes de fotorrespiración de plantas  $\text{C}_3$  o identificando los componentes químicos que inhiben específicamente el metabolismo fotorrespiratorio (Black, 1971; Moss, 1976).

### 3.5. Características anatómicas distintivas entre plantas

#### $\text{C}_3$ y $\text{C}_4$

En este punto se describirán las principales características anatómicas que distinguen a las plantas  $\text{C}_3$  y las plantas  $\text{C}_4$ .

En Norteamérica las plantas  $\text{C}_3$  predominan en los ambientes fríos y húmedos, mientras que las plantas  $\text{C}_4$  son encontradas tanto en ambientes templados como en calientes y húmedos (Eickmeier, Mooney, Mulroy, Syrerstsen, Teeri, Troughton,

Williams, citados por Ehleringer, 1979).

Probablemente el diagnóstico o rasgo más fácilmente determinado de todas las plantas, tanto  $C_3$  como  $C_4$ , es la anatomía de la hoja.

En la hoja de una planta  $C_3$  como es el caso del frijol, se puede observar un parénquima en empalizada, cuyas células prismáticas forman una fila apretada y un parénquima esponjoso entre cuyas células redondeadas se hallan espacios intercelulares. Los cloroplastos presentan un sistema membranoso diferenciado en secciones granares e integranares, inmersos en un estroma de naturaleza proteica. Todos los cloroplastos de la hoja muestran una estructura similar, aunque se observa una tendencia a la acumulación de almidón en los cloroplastos del parénquima esponjoso. En marcado contraste está la hoja de una planta  $C_4$ , como el maíz, en la cual se muestra muy claramente la anatomía de "Kranz". La vaina vascular está constituida por células parenquimatosas más grandes que las del mesófilo circundante, con paredes más gruesas y con cloroplastos de mayor tamaño que los del parénquima dispuesto muchas veces en forma radial. Así mismo se muestra un claro dimorfismo entre los cloroplastos de la vaina vascular y de los mesófilo circundante. Por lo general, los cloroplastos del mesófi

lo radial no contienen gránulos de almidón sino grana bien desarrolladas. Los cloroplastos de la rama vascular se hallan típicamente repletos de almidón y además pueden presentar un desarrollo granar visible.

Se ha encontrado que los cloroplastos carentes de grana se originan por degeneración de los mismos en el curso del desarrollo del cloroplasto como ocurre en la caña de azúcar. Este tipo de anatomía de hoja se encuentra en todas las plantas  $C_4$  sin considerar sus relaciones taxonómicas y filogenéticas, aunque la estructura detallada puede mostrar considerables variaciones entre las diferentes especies  $C_4$  (Black y Mollenhaver; Brown, Carolin et al., Chen et al., Crookston y Moss, Johnson y Brown, Leatsch, Mc William y Mison, citados por Chollet y Ogren, 1975); Noggle y Fritz (1976); Leatsch (1974) y El-Sharkawy (1964).

### 3.6. Factores que afectan la velocidad de fotosíntesis

Entre los factores que afectan la tasa de fotosíntesis, Hall y Rao (1977) mencionan que pueden ser intrínsecos (propios de la estructura y composición de las plantas) y factores externos (los relativos al medio). Entre los factores intrínsecos principales están la estructura de las hojas y su contenido de clorofila.

Hall y Rao (1977) señalan que los factores externos más importantes son: intensidad, calidad y duración de la luz incidente en las hojas, la temperatura ambiental y la concentración de bióxido de carbono y de oxígeno en la atmósfera.

Etherington (1975) hace una descripción más detallada de estos factores y los agrupa en variables ambientales y variables genotípicas-fenotípicas.

### 3.6.1. Luz

3.6.1.1. Efecto sobre la fotosíntesis. Una parte sorprendentemente reducida de energía solar disponible es absorbida en la fotosíntesis. La mayoría de las hojas se saturan de luz, o sea que todas obtienen la luz que pueden utilizar, con sólo el 20% de la luz solar total. De esta cantidad únicamente el 20% se almacena en las moléculas de azúcar producidas. El resto de la eficiencia teórica disminuye por el agotamiento del abastecimiento adyacente de  $\text{CO}_2$  para la hoja. Durante el metabolismo, se disipa aún otra parte de energía, de manera que el contenido de materia seca de la planta representa únicamente del 1 al 3% del suministro de luz que estaba disponible (Daubemire, 1974).

Una planta con baja capacidad fotosintética ( $\text{C}_3$ ) alcanza una máxima tasa de fotosíntesis neta a una intensidad de luz

relativamente baja, bastante por debajo de la luz solar completa (la luz solar completa al medio día en un día de verano claro en regiones templadas puede ser equivalente a 12,000 bujías pie aproximadamente). Por otro lado, la tasa de fotosíntesis neta en una planta de alta capacidad fotosintética ( $C_4$ ) se incrementa al aumentar la intensidad de luz, aún en luz solar completa (Black, 1971; Noggle y Fritz, 1976; Singh et al., 1974; Allen et al., 1976).

Así, Hall y Rao (1977), Devlin (1980) y Ray (1975) resumen el efecto de la intensidad de luz sobre la tasa de fotosíntesis, manteniendo a un nivel óptimo y constante los otros factores de la manera siguiente: a baja intensidad de luz la tasa de fotosíntesis se incrementa linealmente en proporción a la intensidad luminosa, y a mayor intensidad de luz la fotosíntesis se vuelve menos eficiente, hasta que incrementos posteriores en la intensidad no producen efecto sobre la tasa de fotosíntesis.

Por lo que el punto de saturación de luz es superior en las plantas  $C_4$  que en las plantas  $C_3$ ; en estas últimas se ha considerado que un tercio de la luz del sol en plenitud es suficiente (Salisbury y Ross, 1978; Chollet y Ogren, 1975; Black, 1971; Noggle y Fritz, 1976).

Por otra parte cuando la planta no lleva a cabo la fotosíntesis, su peso seco disminuye progresivamente como resultado de la respiración (Daubenmire, 1974).

La fotorrespiración aumenta proporcionalmente a la fotosíntesis al aumentar la intensidad de luz. Ya que el glicolato fotorrespiratorio es probablemente derivado de los intermediarios del ciclo de Calvin, la luz es necesaria para llevar el ciclo de Calvin a proporcionar el precursores del glicolato. La luz también puede afectar la magnitud de la fotorrespiración al inhibir la respiración oscura (Chollet y Ogren, 1975; Moss, 1976).

### 3.6.2. Temperatura

3.6.2.1. Efecto sobre la fotosíntesis. En todos los procesos vitales, la fotosíntesis queda limitada dentro de unos extremos de temperatura correspondientes a los tolerados por los compuestos proteicos (los cuales suelen ser activados a temperaturas superiores a 0°C e inferiores a 60°C) (Salisbury, 1978; Devlin, 1980).

La temperatura óptima para la fotosíntesis neta en las plantas  $C_3$  está generalmente en el rango de algo por debajo de los 25°C, mientras que para las plantas  $C_4$  esta en el rango de 30 a 45°C (Black, 1971; Chollet y Ogren, 1975; Noggle y

Fritz, 1976; Salisbury y Ross, 1978; Milthorpe y Moorby, 1974; Berry y Bjorkman, 1980).

Miller (1967) realizó una serie de experimentos probando temperaturas de 25, 30, 35 y 40°C, concluyendo que la intensidad inicial de la fotosíntesis aumentaba con la temperatura, pero al final de 30 minutos del experimento sólo las plantas expuestas a 25°C mantienen la intensidad original de fotosíntesis.

Noddack y Koop (citados por Devlin, 1980) encontraron que los efectos de la temperatura sobre la fotosíntesis en Chlorella pueden alcanzar un óptimo a 30°C, sin embargo, si se expone a diversas temperaturas al mismo organismo, durante tres veces más de tiempo, solamente alcanza su óptimo a los 22°C.

Por otro lado, Ray (1975) y Hall y Rao (1977) señalan<sup>®</sup> que el hecho de que las plantas no puedan aprovechar el aumento de la tasa de fotosíntesis al incrementar la temperatura bajo saturación de luz, se debe a que al rebasar la temperatura el nivel óptimo (25 a 30°C) la tasa declina con mucha rapidez.

Bjorkman, et al., Jolliffe y Tregunna (citados por Chollet y Ogren, 1975) mencionan que incrementos de temperatura aumentan diferencialmente la tasa de fotosíntesis con respecto a la concentración de CO<sub>2</sub>.

La dependencia de las temperaturas de la fotosíntesis en plantas  $C_3$  y  $C_4$  a intensidades de luz alta difieren también marcadamente. A temperaturas bajas la tasa de fotosíntesis es esencialmente la misma en plantas  $C_3$  y  $C_4$ , pero a medida que la temperatura es aumentada, las plantas  $C_4$  se hacen cada vez más superiores. Por lo que se ha podido observar que de 30 a 35°C la tasa de fotosíntesis en una planta  $C_4$  es casi dos veces con respecto a una planta  $C_3$  (Black; Bjorkman; Che, et al; Ludlow y Wilson; Williams, citados por Chollet y Ogren, 1975).

Por lo que de esta manera el efecto de luz y temperatura sobre la fotosíntesis neta de las plantas  $C_3$  y  $C_4$  subrayan una generalidad importante: las plantas  $C_4$  están mejor adaptadas que las plantas  $C_3$  para la vida bajo condiciones ambientales adversas (por ejemplo intensidad de la radiación solar y temperaturas altas) (Noggle y Fritz, 1976).

Por lo anterior se ha encontrado que bajos rangos normales de temperatura, aumentos de ésta favorecen el balance en la acumulación de peso seco en las plantas  $C_4$ ; en cambio en las plantas  $C_3$  las temperaturas óptimas para este fenómeno se encuentran alrededor de los 25°C, debido a que temperaturas arriba de ésta favorecen el proceso de fotorrespiración en mayor grado que el de la fotosíntesis, en detrimento de la acumu

lación de carbohidratos.

El efecto diferencial de la temperatura en la fotorrespiración ha sido atribuida recientemente a la alteración de las propiedades sintéticas de la carboxilación RuDP (Chollet y Ogren, 1975).

Badger y Andrews (citados por Chollet y Ogren, 1975) sugieren que la respuesta de la fotorrespiración a la temperatura es debida a una energía de activación sustancialmente más alta de la reacción oxigenasa RuDP en relación a la reacción de la carboxilasa. Sin embargo, Laing et al. (citados por Chollet y Ogren, 1975) observaron que la energía de activación de las dos reacciones eran casi idénticas.

Zelitch (citado por Black, 1971) ha calculado que en tabaco a 35°C, un 60% del CO<sub>2</sub> fijado es liberado a través de la fotorrespiración. Ya que la fotorrespiración aumenta con la temperatura, los datos de Zelitch pueden ser extrapolados para postular que la caída de la fotosíntesis neta de 30 a 40°C con plantas de baja capacidad fotosintética es una manifestación del aumento de la fotorrespiración a medida que la temperatura aumenta.

### 3.6.3. Bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )

3.6.3.1. Efecto sobre la fotosíntesis. La concentración de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) tiene una influencia muy marcada sobre la tasa de fotosíntesis. El aire natural contiene 0.03% de bióxido de carbono y la tasa de fotosíntesis puede ser aumentada varias veces al ser aumentada la concentración de bióxido de carbono (Ray y Fritz, 1976).

En la región de luz limitante, la velocidad de fotosíntesis no queda afectada por la disminución de la concentración de  $\text{CO}_2$ . Por lo tanto, puede decirse que el  $\text{CO}_2$  no participa directamente en la reacción fotoquímica. Pero a intensidades de luz superiores a las de la región de luz limitante, la fotosíntesis aumenta considerablemente al aumentar la concentración de  $\text{CO}_2$  (Galform, 1974; Hall y Rao, 1977).

Cuando una hoja de una planta fotorrespiratoria es colocada en un sistema cerrado e iluminado, la fotosíntesis causará que la concentración de  $\text{CO}_2$  en el sistema baje. La concentración de  $\text{CO}_2$  bajará hasta que la proporción de  $\text{CO}_2$  fotosintético sea igualada por la proporción de liberación de  $\text{CO}_2$  respiratorio y este valor de equilibrio es lo que comúnmente se denomina punto de compensación de  $\text{CO}_2$  (Chollet y Ogren, 1975; Schrader, 1976).

Las plantas  $C_4$  poseen un punto de compensación de bióxido de carbono muy bajo, fluctuando de 0 a 10 ppm de bióxido de carbono; además este tipo de plantas se ha clasificado en términos muy altos de capacidad de fotosíntesis neta. Por lo que respecta a las plantas  $C_3$  se sabe que tienen un punto de compensación de bióxido de carbono que fluctúa en un rango de 50 a 150 ppm. También este tipo de plantas se clasifica generalmente en un nivel más bajo que las plantas  $C_4$  en términos de capacidad de fotosíntesis neta (Black, 1971; Chollet y Ogren, 1975; Noggle y Fritz, 1976).

#### 3.6.4. Humedad relativa

3.6.4.1. Efecto sobre la fotosíntesis. La tensión de humedad también puede modificar la actividad fotosintética. Bajo condiciones de alta transpiración las hojas pueden marchitarse y cerrar temporalmente sus estomas, ya que la entrada de bióxido de carbono se reduce y la tasa de fotosíntesis caera. Las plantas  $C_3$  se verán primeramente afectadas por el cierre de los estomas debido a que disminuirá la entrada de  $CO_2$  y como se mencionó anteriormente llegará primero que las plantas  $C_4$  a su punto de compensación (El-Sharkawy y Hesketh, 1965; Noggle y Fritz, 1976; Devlin, 1980).

### 3.7. Fotomorfogénesis

#### 3.7.1. Definición y función

Además de la fotosíntesis, la luz causa otros efectos. La mayor parte de éstos están relacionados con la apariencia de la planta, como es el desarrollo o morfología, por lo que el control de éstas por la luz es lo que comúnmente se conoce como fotomorfogénesis (Ray, 1975; Noggle y Fritz, 1976; Salisbury, 1978).

La importancia de la luz en la fotomorfogénesis es notable fácilmente, esto si comparamos el crecimiento de una planta en luz con otra en la obscuridad. Salisbury (1978) menciona que las diferencias más marcadas serán las siguientes:

1. Producción de clorofila promovida por la luz.
2. Expansión foliar promovida por la luz, siendo menor en las monocotiledóneas que en las dicotiledóneas.
3. La elongación del tallo es inhibido por la luz, siendo menor en las monocotiledóneas que en las dicotiledóneas.
4. El desarrollo de la raíz es promovido por la luz en ambas.

No todas las longitudes de onda que forman el espectro luminoso tienen efecto fotomorfogénico, entre las longitudes

de onda más importantes en este fenómeno podemos mencionar la luz roja la cual es (660 nm) anulada en su efecto por la luz ultra roja (730 nm) si es esta aplicada poco después de la exposición a la luz roja (Ray, 1975).

Una serie de experimentos con plántulas de frijol han dado como resultado que si se les aplica una dosis de luz roja con una longitud de onda de menos de 730 nm se induce en forma intensa la expansión de la hoja, y si a ésta se le aplica de inmediato una dosis de luz roja lejana con una longitud de onda de 730 nm, la respuesta a la dosis procedente de luz roja es anulada y las hojas no se expanden. Los procesos que son inhibidos por la luz roja, tales como la elongación del tallo, son estimulados por el rojo lejano; el efecto de la luz rojo lejano es siempre antagónico al de la luz roja (Ray, 1975).

Cabe mencionar que los pigmentos fotosintéticos como la clorofila absorben las longitudes de onda de 630 nm, por lo que es de esperarse que la calidad de la luz para el proceso de fotosíntesis disminuya en el contenido de la radiación con dichas longitudes de onda en la medida que la luz va atravesando diferentes estratos de hojas en el dosel de una comunidad vegetal, de tal manera que la calidad de la luz que inci-

de sobre el estrato más bajo del mismo dependerá de la densidad de los estratos superiores del dosel, por lo que los fenómenos fotomorfogénicos se verán afectados en las plantas de los estratos inferiores de la comunidad de planta (Etherington, 1975; Allen et al. 1976).

### 3.8. Cultivos múltiples

A este tipo de cultivos, Andrews y Kassam (1976) los definen como el conjunto de prácticas de cultivo mediante las cuales la producción total de una unidad de superficie en un año agrícola se obtiene a través del desarrollo simultáneo de varios cultivos, de cultivos solos en secuencia o mediante la combinación de cultivos mixtos (asociados) y solos en consecuencia (la intensificación de cultivos en las dimensiones tiempo y espacio, desarrollando dos o más cultivos en el mismo campo en un año).

Por lo que así se reconocen dos sistemas de cultivos múltiples: cultivos intercalados y cultivos en secuencia.

#### 3.8.1. Cultivos intercalados

Los cultivos intercalados son conocidos como el desarrollo de dos o más cultivos simultáneamente en el mismo campo. La intensificación del cultivo en ambas direcciones tiempo y espacio. En este tipo de cultivos existen algunas variantes

como son cultivos mixtos, intercalados en hileras, intercalados en fajas y cultivos en relevo (Andrews y Kassam, 1976).

La cobertura del cultivo sobre el ambiente de los estratos inferiores provoca que los cultivos que se desarrollan en éstos, soporten diferentes temperaturas, luminosidades y humedad relativa, provocando con ello modificaciones en los componentes del rendimiento, pudiéndose detectar con más facilidad y periodicidad en los cultivos de frijol (Phaseolus vulgaris) y calabacita (Cucurbita spp.) al ser sembrados bajo intercalamiento o asociación con maíz, siendo éstos los sistemas de mayor predominancia e importancia en nuestro país.

### 3.9. Efecto del cultivo modificador sobre el microclima

El microclima de un ecosistema puede ser especificado en una forma simplificada por una serie de perfiles, mostrando la variación con la altura de la radiación, temperatura del aire, presión de vapor de agua (humedad relativa), velocidad del viento y concentración de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Etherington, 1975).

#### 3.9.1. Su efecto sobre la luz

La distribución de la luz con la altura del dosel vegetal observa una fuerte variación a medida que se introduce en el dosel, hasta alcanzar valores muy pequeños en la base del do-

sel vegetal, siendo consecuencia de la mayor cobertura y área foliar que interceptan la luz a medida que se penetra en el perfil foliar (Etherington, 1975).

### 3.9.2. Su efecto sobre la temperatura

Durante el día, el calentamiento radioactivo del dosel causa una transferencia convencional del calor sensible, tal que la temperatura del aire dentro del dosel superior puede ser más alta que el área arriba o abajo. En la noche la relación se invierte, ya que la capa de aire del dosel es enfriada por contacto con las hojas, las cuales están transpirando lentamente y perdiendo calor por radiación (Etherington, 1975).

### 3.9.3. Su efecto sobre bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

El perfil de concentración de bióxido de carbono muestra un cambio diurno marcado dependiendo del agotamiento fotosintético durante el día y el enriquecimiento respiratorio en la noche. Durante el día, a medida que el dosel es aproximadamente superior, la concentración de CO<sub>2</sub> disminuye, alcanzando un mínimo en el punto cerca del nivel del dosel medio. Por debajo de esto la concentración aumenta abruptamente con la profundidad haciéndose igual a la concentración externa al nivel que corresponde más o menos con la intensidad de luz de compensación alcanzando un valor medianamente alto al nivel del sue

10. Este perfil indica el agotamiento fotosintético de  $\text{CO}_2$  en el dosel superior correspondiendo al equilibrio al punto de compensación más bajo en el dosel y en enriquecimiento por  $\text{CO}_2$  respiratorio de las hojas sombreadas más bajas y los organismos del suelo. En contraste, el perfil de la noche muestra un aumento gradual hacia abajo de la concentración de  $\text{CO}_2$  como consecuencia de la evolución de  $\text{CO}_2$  respiratorio (Etherington, 1975).

#### 3.9.4. Su efecto sobre la humedad relativa

Durante la noche y el día, como sería esperado, el perfil de saturación de presión de vapor muestra una estrecha correspondencia con el perfil de temperatura. En la noche la presión de vapor real casi alcanza la saturación a medida que el aire y el dosel son enfriados por la radiación y la convección. Algún valor de agua es transferido del dosel por transpiración aunque la proporción es baja. Durante el día la curva de presión de vapor real parte considerablemente desde la curva de saturación, aumentando el déficit a medida que el dosel es aproximado desde arriba; esto es una consecuencia del aire convencional que se calienta a este nivel. A medida que el dosel es penetrado, el déficit se hace más marcado, pero más adentro de la curva de presión de vapor real inflecciona y hacia el fondo del dosel se reaproxima a la curva de saturación.

ción como una consecuencia de la transpiración al estar con la tasa medianamente baja del movimiento del aire a este nivel y la temperatura más baja en la base de la cubierta vegetal (Etherington, 1975).

### 3.9.5. Su efecto sobre el viento.

La velocidad del viento no muestra una variación diurna fuerte, pero la velocidad del viento, en general, tiende a ser más alta en el día como consecuencia de efectos de convección (Etherington, 1975; Lemon, citado por Allen et al., 1976).

### 3.10. Efecto de la cobertura sobre la luminosidad en los estratos inferiores de cultivos intercalados

La siembra de los cultivos múltiples presenta ciertos efectos generales provocados por el medio a través de los diferentes sistemas. Se ha encontrado en algunos casos de cultivos intensivos que los rendimientos de las asociaciones resultan mayor en 38% en comparación con los obtenidos en unicultivos, esto debido a que aprovechan mejor el ambiente, principalmente la luz, y a su mayor intercepción de la luz en comparación con las siembras solas (Willey y Osiru, 1972 y Lépiz, 1978).

Lépiz (1978) observó que ocurre una mayor intensidad de

luz entre matas de maíz que al pie de las mismas, observándose que después de la floración del maíz, la baja intensidad luminosa provocada por éstas, reduce la producción de granos de frijol.

Delmon (1972) menciona que la radiación puede llegar a inhibir el crecimiento foliar y contribuir a reducir la vegetación en terrenos descubiertos, por lo que la utilización de sombreadores permite en estos casos activar el crecimiento.

Por otra parte, Toala (1976) encontró en su estudio que la luz fue el principal factor microclimático que afectó al crecimiento del frijol común y de costa (Vigna sinensis) cuando se asocian con maíz, yuca y plátano, viéndose así modificados la mayoría de los componentes morfológicos y fisiológicos de estas plantas. Así mismo, Miranda y González (1978) al estudiar el efecto de la intensidad luminosa en la asociación maíz-calabaza, encuentran que hay una mayor caída de flores y frutos en la calabaza en comparación con las siembras solas, mencionando que estas diferencias se deben probablemente a la sombra que proyecta el maíz sobre la calabaza.

Ramírez (1981) encuentra que el frijol sufre cambios en los componentes morfológicos del rendimiento al ser asociado e intercalado con maíz en relación con las siembras en unicul

tivo, debido probablemente a la falta de luz en los estratos inferiores del sistema.

En cuanto a la orientación de los surcos, Tanner et al., (1960) y Acevedo (1975) encuentran en sus estudios, que en las siembras de maíz la fijación de la radiación solar sobre la superficie del suelo es mayor cuando los surcos tienden su orientación este-oeste. Por otro lado, Yao y Shaw (1963) mencionan que la radiación al nivel del suelo es mayor cuando los rayos solares son paralelos en los surcos o cuando la altura del sol es grande.

### 3.11. Efecto de la cobertura sobre los componentes del rendimiento

Como es sabido, los cultivos sembrados asociados o intercalados se ven afectados en su rendimiento tanto biológico como económico, ya que son modificados principalmente sus componentes fisiológicos. Así, Francis y Flor (citados por Ramírez, 1981) mencionan que cuando el frijol reduce su rendimiento por efecto de la cobertura del maíz, se ven afectados principalmente el número de vainas por planta, racimos por planta, hojas por planta, peso seco por planta, índice de cosecha y número de semillas por planta.

Algunas veces los sistemas de producción se manifiestan

sobre uno de los componentes del rendimiento, lo cual es probable a que la etapa crítica de competencia con el maíz coincida con el período de formación de dicho componente (Willey y Osiru, 1972).

Lo anterior puede explicar porque los investigadores han encontrado diferencias en los componentes del rendimiento, así, Acevedo (1975) encontró en su trabajo que los componentes eran superiores estadísticamente al hacer las siembras si multáneas de maíz-frijol que al retrasar la siembra del frijol 20 y 40 días con respecto al maíz. Así mismo, él también pudo observar que con la siembra simultánea, el maíz afectó negativamente tanto en su crecimiento como en su producción, comparándose con plantas sin asociar y al retrasar las siembras de frijol los rendimientos de maíz tendieron a aumentar y los del frijol a disminuir.

Ramírez (1981) encontró que los principales componentes del rendimiento que fueron modificados en frijol por efecto de la asociación o intercalamiento con maíz fueron: el peso de la semilla normal por planta, número de semillas normales por planta, número de vainas normales por planta, número de inflorescencias por planta, número de ramas de primer orden por planta, área foliar y número de hojas trifoliadas; lo an-

terior fue debido al sombreado de los estratos inferiores provocado por el maíz.

Por otra parte, en relación con el grado de sombreado y su efecto sobre los componentes del rendimiento, Gómez (1976) menciona que el sombreado de 42 y 55% con duración de 7, 10 y 28 días, aplicados en tres etapas de la floración (inicio, medio y final de floración) no causaron cambios significativos en el rendimiento y sus componentes.

Efectos diferentes han encontrado con el genotipo de frijol Michoacán 12-A-3, ya que al ser sombreado hasta un 76% al inicio, mediados y finales de floración, no afectan el rendimiento del grano del frijol (Escalante, 1980; Martínez, 1982).

---

Por otro lado los componentes primarios del rendimiento por planta de frijol como son: el número de vainas por planta, el número de semillas por vaina y el peso de las semillas, se expresan plenamente sólo cuando las plantas de frijol crecen en un medio ecológico adecuado. Siendo ésta la asociación con un maíz tardío de porte alto para el frijol guía enredador y el unicultivo para el material de semiguía y mata (Salinas, 1982).

Martínez (1982) en su trabajo realizado, indica que las

## IV. MATERIALES Y METODOS

### 4.1. Localidad

#### 4.1.1. Ubicación

El experimento se estableció en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la UANL, en Marín, N.L., el cual se encuentra localizado a 25°33' latitud norte y 100° 03' longitud oeste y a una altura sobre el nivel del mar de 367.5 m. (García, 1973).

#### 4.1.2. Clima

De acuerdo a las modificaciones de García (1973), el clima prevaeciente en la región se clasifica como BS<sub>1</sub> (h') hw" (e). La temperatura media anual es de 21.10°C, con una máxima de 28.36°C y una mínima de 16.61°C; la precipitación media anual es de 466.52 mm, con una máxima de 600 mm y una mínima de 200 mm, la cual se distribuye principalmente en los meses de julio a septiembre y en menor proporción en el resto del año.

Las condiciones ambientales que prevalecieron durante el desarrollo del experimento se presentan en la Figura 1 del Apéndice.

#### 4.1.3. Suelo

El suelo donde se estableció el presente trabajo es profundo, arcilloso, color gris cafésáceo claro, de buen drenaje y estuvo sembrado con maíz el ciclo anterior. El análisis físico-químico del suelo aparece en el Cuadro 1,A del Apéndice.

#### 4.2. Materiales

Los genotipos que se utilizaron en el presente trabajo fueron Delicias 71, para el caso del frijol, el cual presenta un hábito de crecimiento indeterminado, arbustivo, con 47 días a floración, color de flor blanca, y el del tallo verde, sus días a madurez fisiológica son 103; presenta un tamaño de semilla chica y su rendimiento bajo riego es de 2,833 Kg/ha. Para el caso del maíz se utilizó el genotipo Breve Padilla, el cual presenta una altura de 1.82 m, sus días a floración son 63, el perímetro del tallo es de 70.42 mm, su ciclo vegetativo es de 105 días (intermedio) y su color de grano es blanco. Estos datos fueron proporcionados por el Programa de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

#### 4.3. Métodos

##### 4.3.1. Tratamientos

Los sistemas de producción que se evaluaron en el experi

mento fueron los siguientes:

Intercalamiento 1. Se intercalaron un surco de maíz y tres de frijol. 1:3

Intercalamiento 2. Se dispusieron en intercalamiento dos surcos de maíz y tres de frijol. 2:3

Intercalamiento 3. Se sembraron tres surcos de maíz y tres de frijol. 3:3

Unicultivo 1. Frijol solo. 0:3

Unicultivo 2. Maíz solo. 3:0

#### 4.3.2. Diseño experimental

Con el fin de lograr los objetivos planteados se efectuó el experimento bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco repeticiones.

La parcela experimental para el caso de los intercalamientos estuvo repetido tres veces en forma horizontal, de tal manera que se tuvieron nueve surcos de frijol de cinco metros de longitud espaciados a 0.80 m con sus respectivos surcos de maíz dependiendo del intercalamiento que se trate (P.E. = 9 surcos x 0.80 m x 5 m = 36 m<sup>2</sup>) y la parcela útil constó de los tres surcos centrales cosechando la parte media de cada uno y

dejando un metro a cada extremo del surco para evitar el efecto de orilla (P.U. = 3 surcos x 0.80 m x 3 m = 7.2 m<sup>2</sup>). En el caso de los unicultivos, la parcela experimental constó de veinte surcos espaciados a 0.80 m y con una longitud de cinco metros y como parcela útil se tomaron tres surcos centrales cosechando únicamente la parte media de ellos y eliminando un metro a cada extremo para evitar el efecto de orilla.

Además, se hizo una separación entre parcelas de un metro y de dos metros entre bloques, esto se efectuó con el fin de evitar efectos de sombreado entre los arreglos topológicos.

#### 4.3.3. Densidades

El cultivo del frijol en unicultivo se sembró a 178 571 plantas por hectárea y en intercalamiento estuvo a 133, 928, 107,142 y 89,285 plantas/ha correspondientes a los intercalamientos 1, 2 y 3 respectivamente. En el caso del unicultivo de maíz se sembró a una densidad de 50,000 plantas por hectárea y en intercalamientos estuvieron a 12,500, 20,000 y 25,000 plantas por hectárea respectivamente.

#### 4.3.4. Método de siembra

La siembra se efectuó manualmente sobre surcos espaciados a 80 cm para todos los tratamientos; las distribuciones topológicas son las siguientes.

Intercalamiento 1. Se sembró alternando un surco de maíz y tres de frijol; en el surco de maíz se sembraron una planta cada 25 cm y en el caso del frijol una planta cada 7 cm (Figura 1,A).

Intercalamiento 2. Se sembró alternando dos surcos de maíz y tres de frijol, en el surco de maíz se sembraron una planta cada 25 cm y en el caso del frijol una planta cada 7 cm (Figura 1,B).

Intercalamiento 3. En este caso se alternaron tres surcos de maíz por tres de frijol; en el surco del maíz se sembró una planta a cada 25 cm y en el caso del frijol una planta cada 7 cm (Figura 1,C).

Unicultivo 1. El frijol se sembró a la densidad comercial recomendada (178,571 plantas por hectárea). Correspondiendo a la colocación de una planta cada 7 cm (Figura 2,A).

Unicultivo 2. El maíz al igual que el frijol se sembró a la densidad comercial recomendada (50,000 plantas por hectárea), correspondiendo a la colocación de una planta cada 25 cm (Figura 2,B).

#### 4.3.5. Desarrollo del cultivo

El experimento se estableció el día 21 de julio de 1983

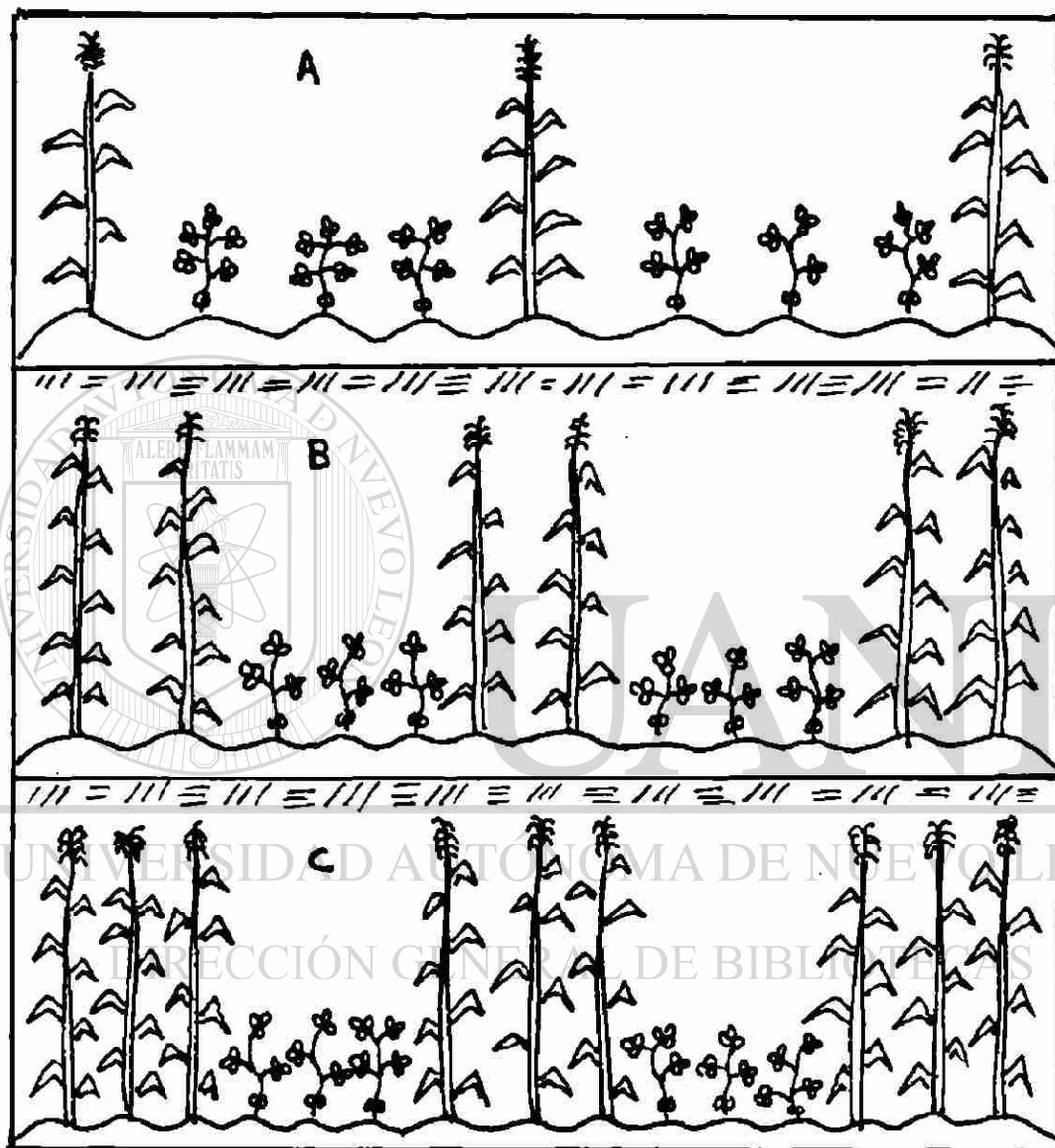


FIGURA 1. Representación gráfica de los diferentes intercalamientos maíz-frijol estudiados A) 1:3, B) 2:3, C) 3:3.

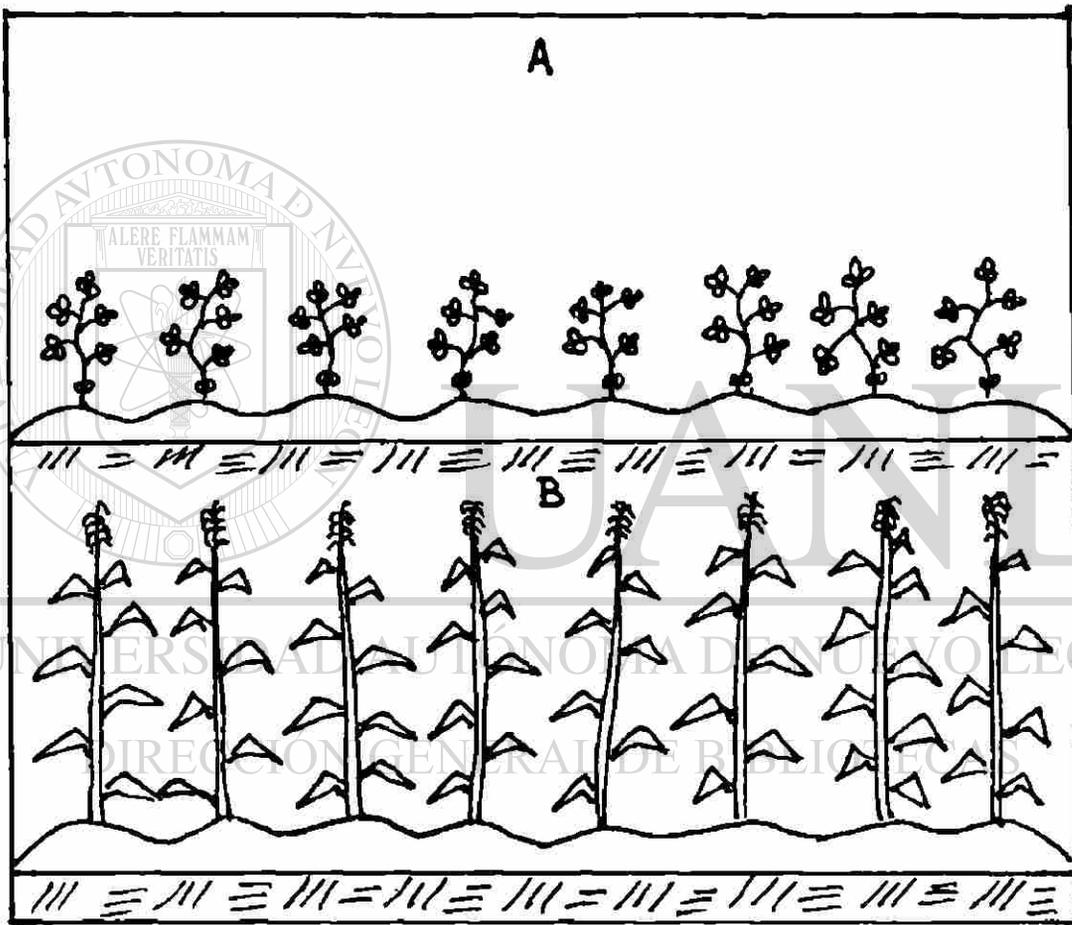


FIGURA 2. Representación gráfica de los unicultivos estudiados A) frijol, B) maíz.

y durante el desarrollo del cultivo se efectuaron dos riegos, uno de presembrado y otro a los cinco días después de la siembra; este último para facilitar la germinación de la semilla, desarrollándose posteriormente el cultivo con el establecimiento del temporal.

Las plagas que se presentaron en el cultivo fueron:

trips (Limothrips cerealium), mosquita blanca (Trialeurodes vaporariorum Westwood), coyote (Canis latrans). Para el control de las primeras dos plagas se efectuaron cinco aplicaciones con Paratón Metílico 50% E. a una dosis de 1 litro por hectárea, durante los primeros 41 días después de la siembra. En el caso de la última plaga no se pudo tener un control adecuado sobre ésta.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Por lo que se refiere al combate de malezas se realizaron dos escardas con azadón, una a los 10 días y la otra a los 26 días después de la siembra.

La cosecha se realizó a la madurez fisiológica de la planta, o sea cuando más del 90% de las vainas tenían color paja. Esta se efectuó a los 120 días después de la siembra.

#### 4.3.6. Toma de datos

##### 4.3.6.1. Ambientales

a) Intensidad luminosa. La intensidad luminosa fue cuantificada dos veces por día a partir de los 102 días después de la siembra en tres puntos de la cubierta vegetal (Figura 3,A) registrando las lecturas a las 11:00 y a las 15:00 horas, se utilizó para su efecto un radiómetro modelo LIM-2300, período en el cual la cobertura del maíz empezaba a dar sombra al frijol. Así mismo, se llevó a cabo una cuantificación de los días nublados a través del ciclo del cultivo. La descripción de los puntos muestreados es la siguiente:

Punto 1. A un lado de la planta de maíz (surco 0) y a la altura del dosel vegetal del frijol (surco 1).

Punto 2. A la altura del dosel vegetal del frijol del surco 1 y al lado izquierdo del mismo.

Punto 3. A la altura del dosel vegetal del frijol del surco 1 y al lado derecho del mismo.

Estos puntos muestreados corresponden a las lecturas registradas a las 11:00 horas y las lecturas correspondientes a las 15:00 horas se describen a continuación (Figura 3,B).

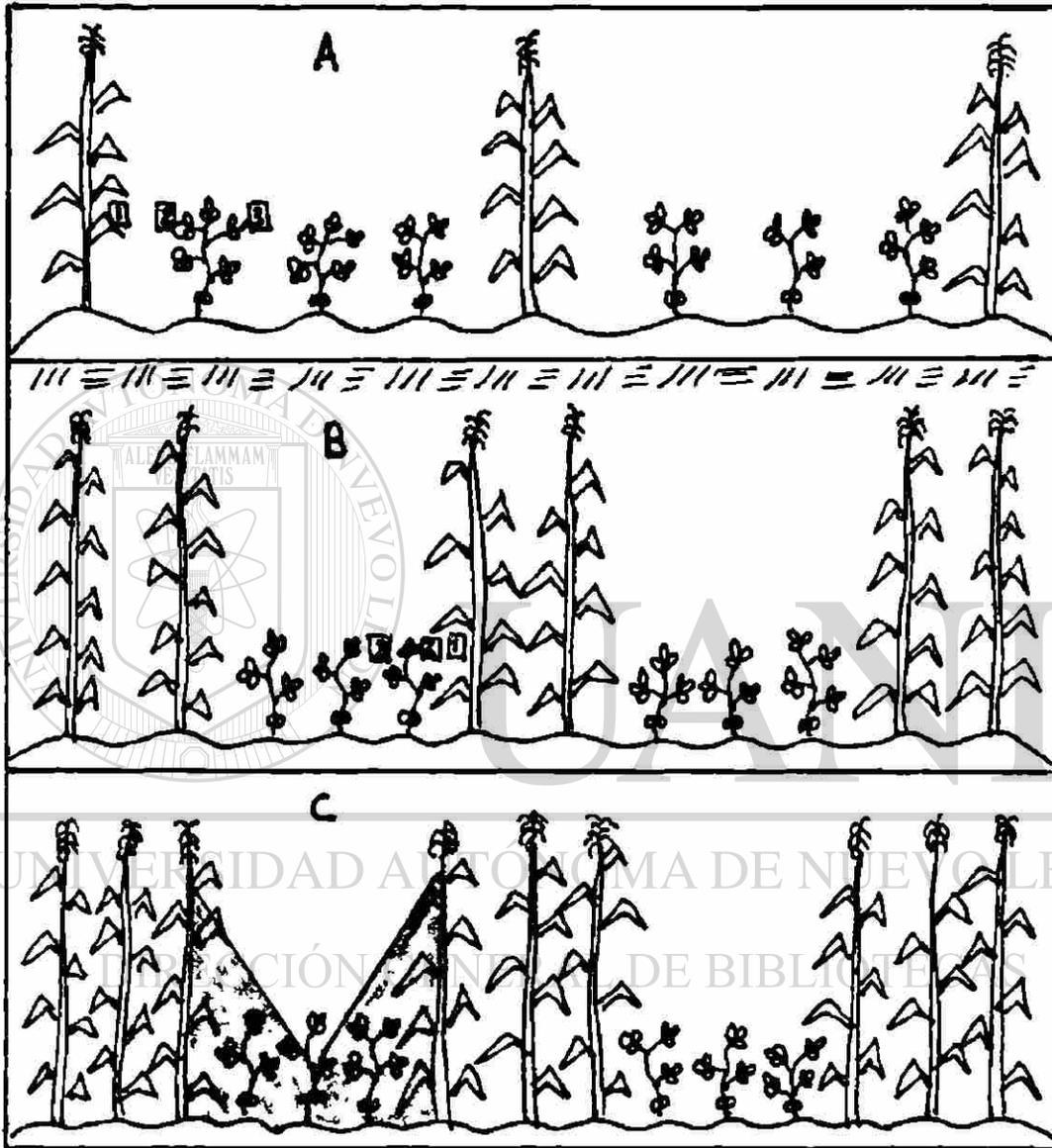


FIGURA 3. Representación gráfica de los puntos muestreados para la intensidad luminosa en el período matutino (A), vespertino (B) y cobertura general (C).

Punto 1. A un lado de la planta de maíz (surco 4) y a la altura del dosel vegetal del frijol (surco 3).

Punto 2. A la altura del dosel vegetal del frijol del surco 3 y al lado derecho del mismo.

Punto 3. A la altura del dosel vegetal del frijol del surco 3 y al lado izquierdo del mismo.

En la Figura 3,C se puede observar la cobertura que proporcionó el maíz al frijol, tanto en la mañana como en la tarde.

b) Temperatura máxima y mínima. La temperatura fue cuantificada diariamente, registrando lecturas a las 11:00 y 15:00 horas. Estas lecturas se empezaron a tomar a los 60 días después de la emergencia. Las temperaturas evaluadas se registraron en la porción central de cada parcela y a la altura del dosel vegetal del frijol (Figura 4,A).

Para las mediciones de las temperaturas se utilizaron termómetros de máxima y mínima, marca Taylor.

c) Temperatura del suelo. Este dato fue cuantificado diariamente a las 15:00 horas a partir de los 62 días después de la siembra. Esta variable se midió únicamente bajo la cubierta

vegetal del frijol (Figura 4,B), en la porción central de cada parcela.

Estos datos fueron registrados a través de un termómetro industrial Modelo 4305.

#### 4.3.6.2. Componentes del rendimiento de grano

Se ha considerado que el rendimiento de grano es un carácter complejo que depende de la interacción de varios componentes fisiológicos, en especial de aquellos que más lo limitan y que varían su expresión entre genotipos. Además se pueden diferenciar dos tipos de componentes del rendimiento que son: morfológicos y fisiológicos (Wallace et al., 1972).

a) Variables morfológicas del frijol. El rendimiento biológico de frijol tiene su expresión morfológica en estructuras de la planta tales como raíz, tallo, hojas, flores, botones y frutos, y su rendimiento económico tiene su expresión morfológica en el grano, el cual resulta de otros componentes morfológicos como vainas, pericarpio, flores, botones, yemas, etc. (Kohashi, 1979). En este estudio se consideraron las variables morfológicas siguientes.

1. Altura del dosel vegetal (cm). Una vez que las plantas alcanzaron su madurez fisiológica, se midió la altura desde el

piso, junto al tallo, hasta la parte superior del follaje.

2. Longitud del tallo principal por planta (cm). Estando las plantas en madurez fisiológica se obtuvo la longitud de su tallo principal, midiendo desde las cicatrices cotiledonales hasta la yema terminal.

3. Longitud de ramas (cm). Una vez obtenida la variable anterior, se prosiguió a medir la longitud de ramas, considerando únicamente a las ramas de primer orden y mayores de 5 cm, midiéndolas desde el nudo del tallo hasta donde se encuentra el ápice.

4. Nudos del tallo principal. Una vez que la planta llegó a madurez fisiológica, se procedió a contar la cantidad de nudos que presentaba el tallo principal, incluyendo el nudo donde se insertan los cotiledones.

5. Longitud de entrenudos del tallo principal (cm). Estando las plantas en madurez fisiológica, se obtuvo esta variable midiendo las longitudes de los entrenudos del tallo principal.

6. Vainas normales por planta. En este caso se tomaron en cuenta como normales a las vainas que no estaban vanas.

7.- Vainas vanas por planta. Para obtener esta variable

se consideró como vainas vanas a las que tenían todas las semillas abortadas, es decir carecían de semillas.

8. Vainas abortadas. Esta variable, al igual que las anteriores, se cuantificó en madurez fisiológica, y para este caso las vainas abortadas fueron todas aquellas vainas deformes y menores de 5 cm y que permanecieron en la planta hasta madurez fisiológica.

9. Semillas normales por vaina. Después de haber obtenido las variables anteriores se procedió a disectar las vainas para contar sus semillas. En este caso se consideraron como normales cuando no estaban abortadas y presentaban características de desarrollo completo.

10. Semillas abortadas por vaina. Esta variable se obtuvo de igual forma que la anterior, con la diferencia de que en ésta las semillas abortadas fueron las que estaban con los cotiledones contraídos y presentaban desarrollo incompleto.

11. Ramas por planta. Cuando las plantas alcanzaron su madurez fisiológica, se procedió a obtener esta variable enumerando las ramas primarias mayores de 5 cm.

12. Inicio y fin de floración. En este caso se tomó como inicio de floración cuando el 10% de las plantas de la parce-

la tenían al menos una flor en antesis y el fin de floración cuando el 90% de las plantas ya no presentaban flor en antesis.

b) Variables fisiológicas del frijol. Varios autores, entre los que se destaca Kohashi (1979), consideran que los principales componentes fisiológicos del rendimiento en general son la acumulación de fotosintetizados que pueden expresarse como el peso seco total de la planta (rendimiento biológico) y la movilización de dichos fotosintatos al grano, representado por el número y el peso de las semillas o rendimiento económico. Por lo que se tomaron las variables fisiológicas siguientes.

1. Peso seco por planta (g). Después de la disección de la planta y de cuantificar las variables morfológicas requeridas, los diferentes órganos se introdujeron en bolsas de papel con su identificación correspondiente. Después fueron secados en una estufa de circulación forzada de aire (Thelco, Modelo 26) con una temperatura aproximada de 60°C durante 48 horas, pesándose posteriormente para su cuantificación.

2. Peso seco del tallo (g). En este caso se colocaron los tallos en bolsas de papel previamente identificados, introduciéndose éstas en una estufa de circulación forzada de aire

(Thelco, Modelo 26) para su deshidratación por un tiempo de 48 horas y a una temperatura aproximada de 60°C, procediendo después a obtener su peso.

3. Peso seco del pericarpio por planta (g). Para la cuantificación de esta variable se colocaron los pericarpios de la planta en bolsas de papel debidamente identificadas. Después se introdujeron en una estufa de circulación forzada de aire (Thelco, Modelo 26) con una temperatura aproximada de 60°C por 48 horas, para su deshidratación, pesándose en una balanza granataria.

4. Peso seco de 100 semillas (g). Después de la disección de las vainas y de obtener las semillas normales, se procedió a tomar dos muestras de 100 semillas de cada parcela experimental, las cuales fueron introducidas en una estufa de circulación forzada de aire (Thelco, Modelo 26) con una temperatura aproximada de 60°C durante 48 horas, para su deshidratación, pesándose posteriormente en una balanza granataria, utilizando el promedio en el análisis estadístico.

5. Volumen de 100 semillas (ml) Después de disectar las vainas y obtener la cantidad de semillas normales, se colocaron las 100 semillas en una probeta con agua, para posteriormente cuantificar el volumen desplazado.

riable fisiológica siguiente.

1. Rendimiento de grano (Kg/ha). Después de haber cosechado la parcela útil de cada unidad experimental, se procedió a pesar el grano producido en una balanza granataria, considerando la densidad de población correspondiente a cada arreglo topológico.

#### 4.3.7. Análisis estadístico de los datos obtenidos

En todas las variables medidas se realizó el análisis de varianza, por el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Para el cultivo del frijol se efectuó la prueba de rangos múltiples desarrollada por Tukey a aquellas variables que presentaron significancia en su análisis de varianza; el cálculo se hizo de acuerdo a la fórmula que presenta Steel y Torrie (1960).

En cuanto a las variables ambientales, la intensidad luminosa fue analizada primero en forma acumulativa tanto por parcela como por cada punto muestreado de la misma, durante el período comprendido desde los 73 a los 90 días después de la siembra. Para éste período muestreado también se presentan los resultados desglosados, tanto para el período matutino (9:00 Hs.), como para el período vespertino (15:00 Hs.).

Cabe aclarar que durante el período comprendido de los 0 a los 72 días después de la siembra la luminosidad que incidía en todos los arreglos topológicos fue similar en virtud de que el maíz aún no proyectaba su sombra sobre el frijol, por lo que no se cuantificó éste período, así mismo, posterior a los 90 días de la siembra, tampoco fue posible hacer éstas cuantificaciones al producirse el acame de las plantas de maíz por viento, aunque cabe aclarar que siguió presentándose la cobertura del maíz y además el frijol inició su madurez fisiológica.

Las temperaturas tanto máximas como mínimas que se presentaron en los diferentes arreglos topológicos, fueron analizadas durante tres períodos de tiempo. El primero estuvo comprendido de los 62 a los 71 días después de la siembra, el segundo desde los 72 a los 81 y el tercero desde éste último hasta los 90 días después de la siembra. También para estos períodos se presentaron los resultados desglosados, tanto para el período matutino (9:00 Hs.) como para el período vespertino (15:00 Hs.).

Cabe aclarar que la formación de éstos períodos de tiempo estuvo sujeta a la escasa cantidad de termómetros disponibles, de tal manera que estos tuvieron que ser removidos de

repetición a repetición para poder abarcar todas las parcelas, formándose así los períodos de tiempo. Durante el período comprendido de los 0 a los 61 días después de la siembra la temperatura presente en los arreglos topológicos fue similar en virtud de que el maíz aún no proyectaba una cobertura de consideración sobre el frijol, por lo que no se cuantificó este período, así mismo, posterior a los 90 días después de la siembra, tampoco fue posible hacer estas cuantificaciones al producirse el acame de las plantas de maíz por viento y además el frijol había iniciado su madurez fisiológica.

Por lo que toca a la temperatura del suelo esta fue analizada en un solo período el cual estuvo comprendido de los 63 a los 90 días después de la siembra.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Efecto de la cobertura sobre las variables ambientales

#### 5.1.1. Intensidad luminosa

La intensidad luminosa presentó la misma tendencia al ser analizada tanto en forma acumulativa por parcela como para cada punto muestreado de la misma, así como también al ser desglosada tanto para el período matutino (9:00 hs.) como para el período vespertino (15:00 hs.).

Durante el período de muestreo se presentaron diferencias estadísticas significativas entre el unicultivo y el resto de los intercalamientos, pero no así entre estos (Cuadros 2 a, 3 a y 4 a del Apéndice), estas mismas respuestas las presentaron los períodos matutino y vespertino. El máximo valor durante todo el período de muestreo, así como también para el matutino como el vespertino, lo presentó el unicultivo cuya intensidad no se podía cuantificar en virtud de que rebasaba la capacidad del radiómetro utilizado, considerándose la cantidad de 50 Lux con el fin de realizar el análisis estadístico. En el caso de los intercalamientos la máxima cantidad luminosa la recibió el intercalamiento 1:3 con 24.91, 23.99 y 25.83 Lux para los períodos acumulativo, matutino y vespertino respectivamente y la mínima la presentó el intercalamiento 2:3 con 21.35 y 20.18 Lux para los períodos acumulativo y vespertino, mien-

tras que el intercalamiento 3:3 presentó valores intermedios entre ambos (Figuras 5 y 9), mientras que en el período matutino la intensidad luminosa disminuyó conforme se aumentaba el número de surcos de maíz, obteniéndose de ésta manera 22.52 y 21.88 Lux para los intercalamientos 2:3 y 3:3 respectivamente (Figura 7).

Por lo que toca a la intensidad recibida en cada uno de los puntos muestreados, durante los períodos estudiados, se presentaron diferencias estadísticas significativas en cada punto muestreado. No existiendo diferencia entre los arreglos de intercalamiento, con excepción del punto uno de muestreo (Cuadros 2 a, 3 a y 4 a del Apéndice). Se presentó una tendencia ascendente de la intensidad recibida en cada punto muestreado en la medida en que este se distanciaba del surco de maíz, por lo que el punto uno que era el adyacente al surco de maíz siempre presentó los mínimos valores en todos los intercalamientos y el punto tres que era el más alejado del surco de maíz presentó los máximos valores, mientras que el punto dos mostró valores intermedios entre ambos puntos. Así mismo, también se presentó una tendencia decreciente de la intensidad de luz recibida en cada punto muestreado dentro de los diferentes intercalamientos a medida que la cobertura se iba aumentando, por lo que los puntos muestreados en el intercalamiento 3:3

presentaron las menores intensidades recibidas, con respecto a los mismos en los demás intercalamientos. Obvio es que el unicultivo que no recibía ninguna cobertura, como ya se mencionó anteriormente, es el que presentó el máximo valor (Figuras 6, 8 y 10).

### 5.1.2. Temperatura máxima y mínima

Las temperaturas tomadas en el período uno, turno matutino, no presentaron diferencias estadísticas significativas. La temperatura máxima mostró los mismos valores para los intercalamientos 0:3, 1:3 y 2:3 con 34°C, disminuyendo únicamente en 2.5°C la temperatura el intercalamiento 3:3 con respecto a los demás (Figura 11). Por lo que toca a la temperatura mínima, ésta mostró los mismos valores para los intercalamientos 1:3, 2:3 y 3:3 con 15°C, siendo el unicultivo el que presentó el mayor valor para la temperatura mínima, siendo superior en 3.6°C con respecto a los demás intercalamientos (Figura 11). En este mismo período pero en el turno vespertino, las temperaturas observadas no mostraron diferencias significativas estadísticamente. Las temperaturas tanto máximas como mínimas observadas a esta hora presentaron sus valores más bajos en el intercalamiento 3:3 y los más altos en el unicultivo (Figura 12).

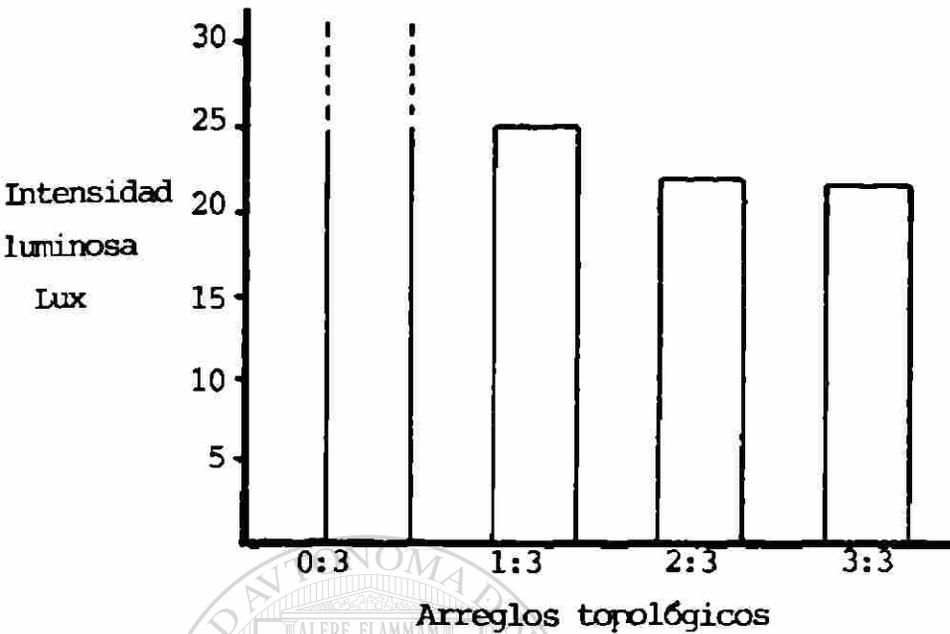


FIGURA 5. Intensidad luminosa promedio durante el período de muestreo en los arreglos topológicos estudiados.



FIGURA 6. Intensidad luminosa promedio durante el período de muestreo en los diferentes puntos observados para los arreglos topológicos estudiados.

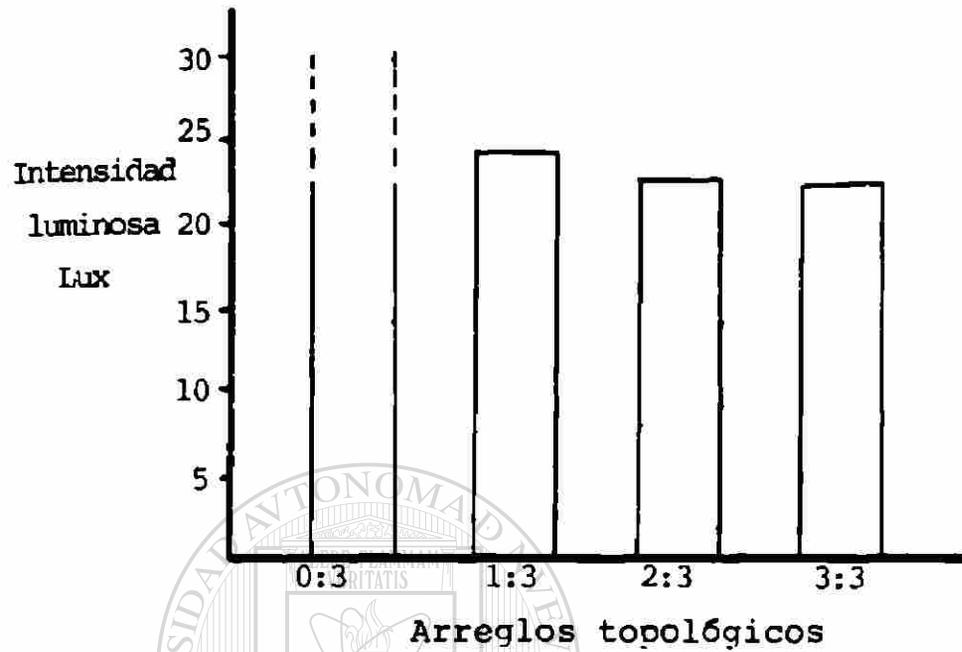


FIGURA 7. Intensidad luminosa promedio durante el período matutino en los arreglos topológicos estudiados.

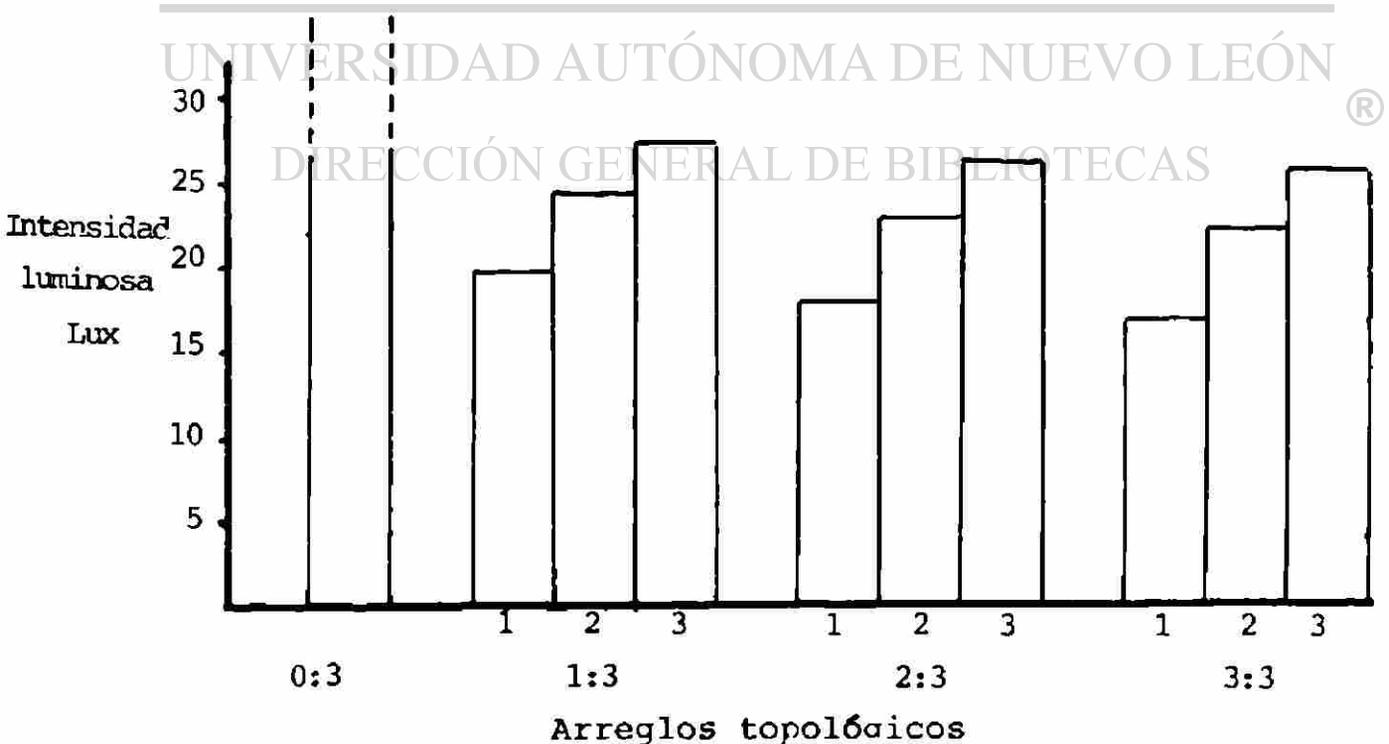


FIGURA 8. Intensidad luminosa promedio durante el período matutino en los diferentes puntos observados para los arreglos topológicos estudiados.

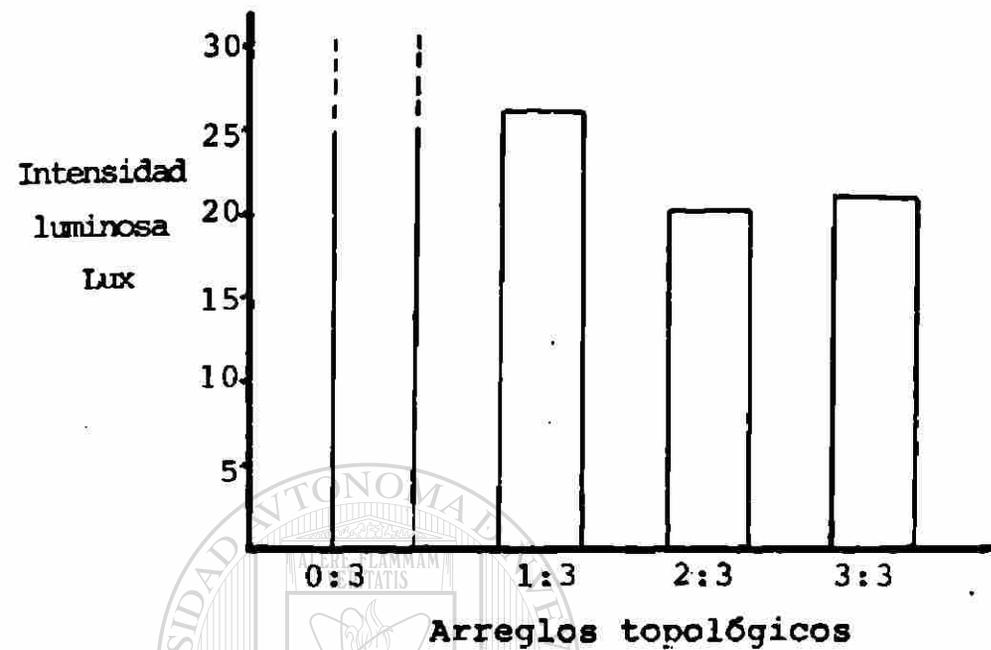


FIGURA 9. Intensidad luminosa promedio durante el período vespertino en los arreglos topológicos estudiados.

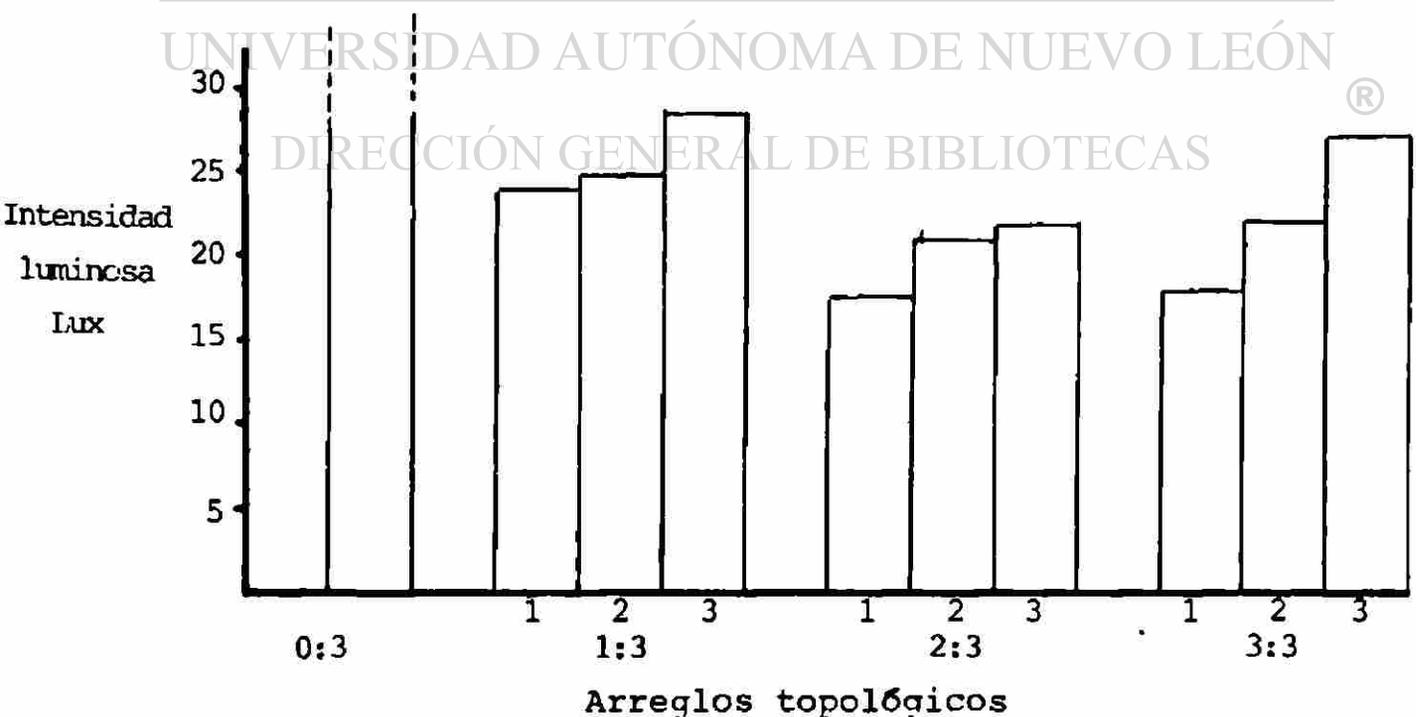


FIGURA 10. Intensidad luminosa promedio durante el período vespertino en los diferentes puntos observados para los arreglos topológicos estudiados.

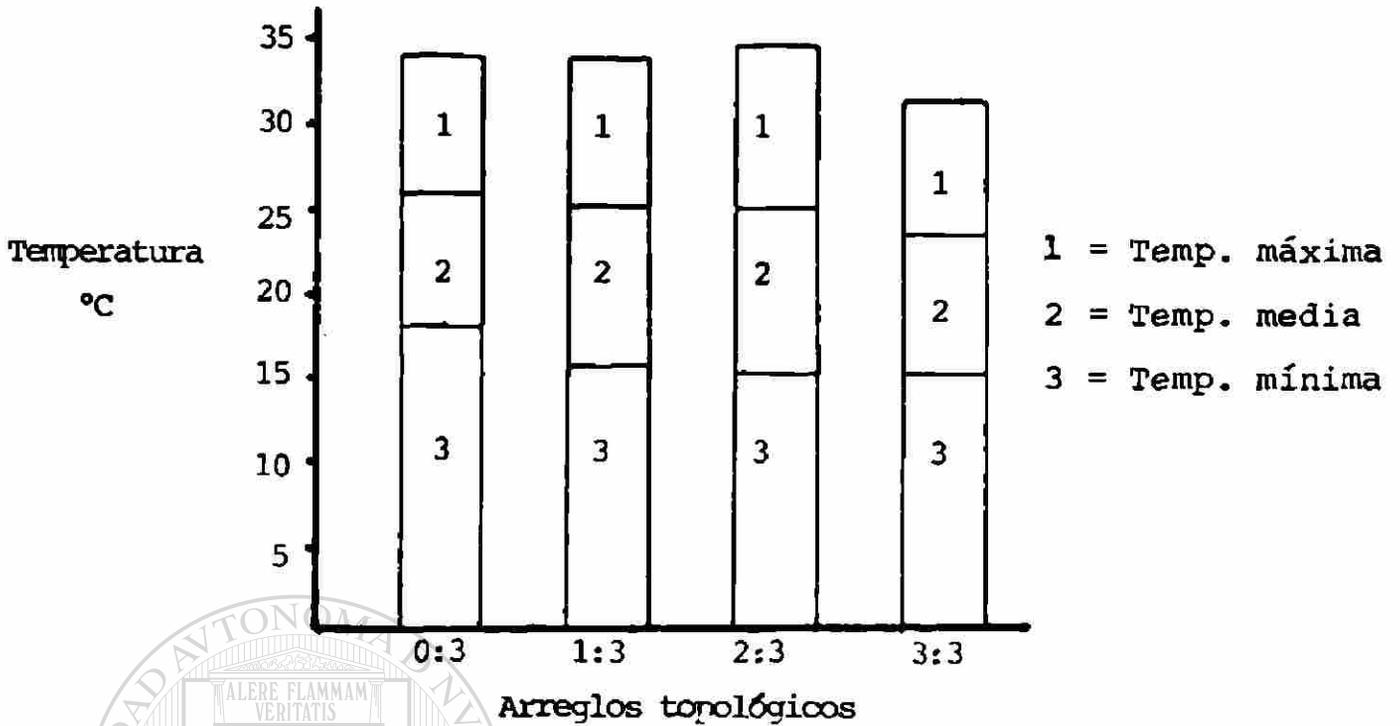


FIGURA 11. Temperatura máxima, media y mínima durante el turno matutino en el primer período de observación, para los arreglos topológicos estudiados.

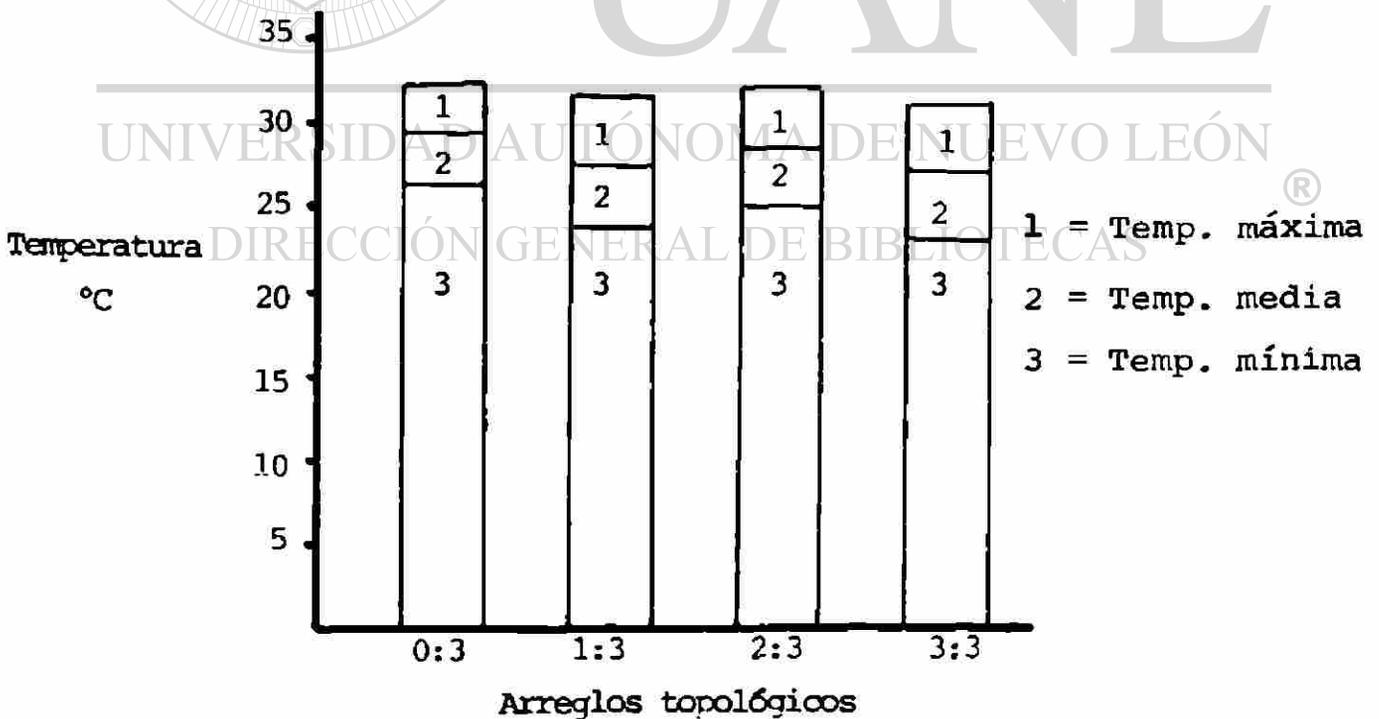


FIGURA 12. Temperatura máxima, media y mínima durante el turno vespertino en el primer período de observación, para los arreglos topológicos estudiados.

En el período dos turno matutino, para las temperaturas máximas se encontraron diferencias significativas estadísticamente entre el intercalamiento 1:3 con respecto a los demás arreglos topológicos (Cuadro 5 a del Apéndice), pero no así para las temperaturas mínimas. La temperatura máxima presentó sus valores más bajos en el intercalamiento 1:3 con 35°C, siguiéndole los intercalamientos 3:3 y 2:3 con 36 y 38°C respectivamente, mientras que el unicultivo presentó la mayor temperatura con una diferencia de hasta 3.5°C con respecto al intercalamiento 1:3 (Figura 13), mientras las temperaturas mínimas mostraban valores similares para el unicultivo y el intercalamiento 1:3 con 20°C e igualmente para los intercalamientos 2:3 y 3:3 con 22.5°C (figura 13). Por lo que respecta a este mismo período en el turno vespertino, para las temperaturas máximas se encontraron diferencias significativas estadísticamente, donde el unicultivo y el intercalamiento 3:3 presentaron los mayores valores con respecto a los intercalamientos 1:3 y 2:3 (Cuadro 5 a del Apéndice). No se detectaron diferencias significativas para la temperatura mínima. La temperatura máxima mostró los mismos valores para el unicultivo y el intercalamiento 3:3 con 38.5°C, disminuyendo ésta conforme la cobertura se hacía menos densa, obteniéndose así una diferencia de 3.5°C entre el intercalamiento 1:3 con respecto al unicultivo y el

intercalamiento 3:3 (Figura 14), mientras las temperaturas mínimas mostraban valores similares entre los intercalamientos 1:3 y 3:3 con 27°C e igualmente el unicultivo con el intercalamiento 2:3 con 29°C (Figura 14).

En el período tres turno matutino, las temperaturas tomadas no presentaron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 6 a del Apéndice). Las temperaturas máximas presentaron una tendencia a exhibir los valores más altos en el unicultivo y en el intercalamiento 3:3 con 33°C siguiéndole los intercalamientos 1:3 y 2:3 con 32 y 30°C respectivamente (Figura 15). Mientras las temperaturas mínimas mostraron su menor valor en el intercalamiento 1:3 con 19°C, el unicultivo presentó la mayor mínima temperatura con 22.5°C y los intercalamientos 2:3 y 3:3 obtuvieron temperaturas intermedias entre ambos arreglos topológicos (Figura 15). Por lo que respecta a este mismo período en el turno vespertino, para las temperaturas máximas se encontraron diferencias significativas entre el unicultivo y el intercalamiento 3:3 que presentaron los mayores valores, con respecto a los intercalamientos 1:3 y 2:3 (Cuadro 6a del Apéndice), pero no así para las temperaturas mínimas. La temperatura máxima mostró los mismos valores para el unicultivo y el intercalamiento 3:3 con 35°C, disminuyendo ésta conforme la cobertura se hacía menos densa, obteniéndose

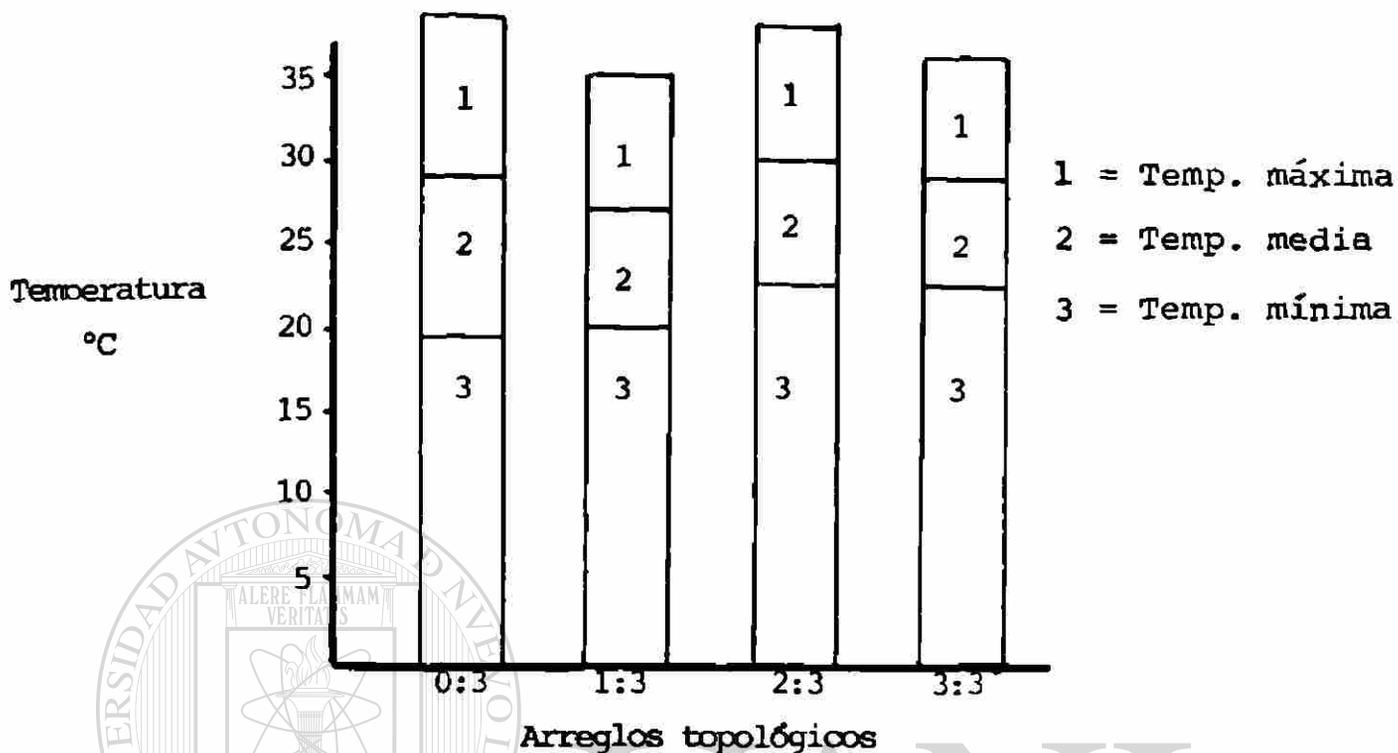


FIGURA 13. Temperatura máxima, media y mínima durante el turno matutino en el segundo período de observación, para los arreglos topológicos estudiados.

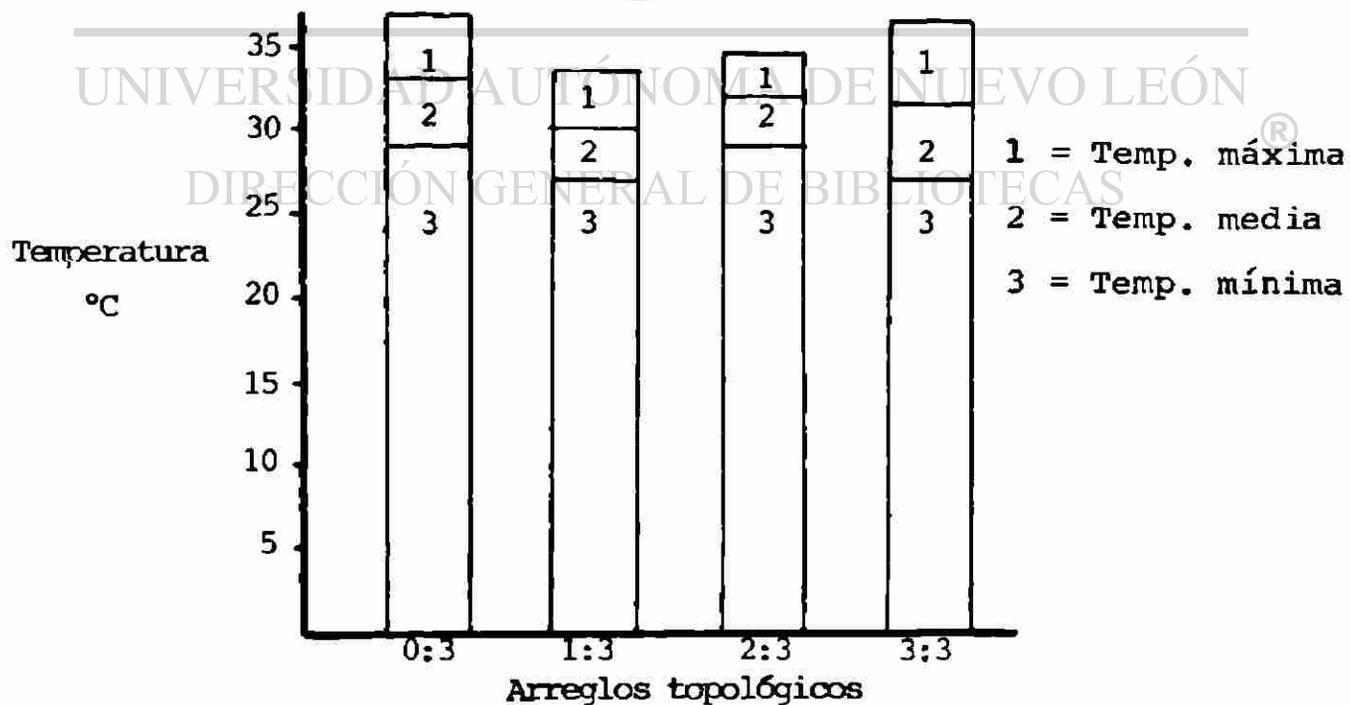


FIGURA 14. Temperatura máxima, media y mínima durante el turno vespertino en el segundo período de observación, para los arreglos topológicos estudiados.

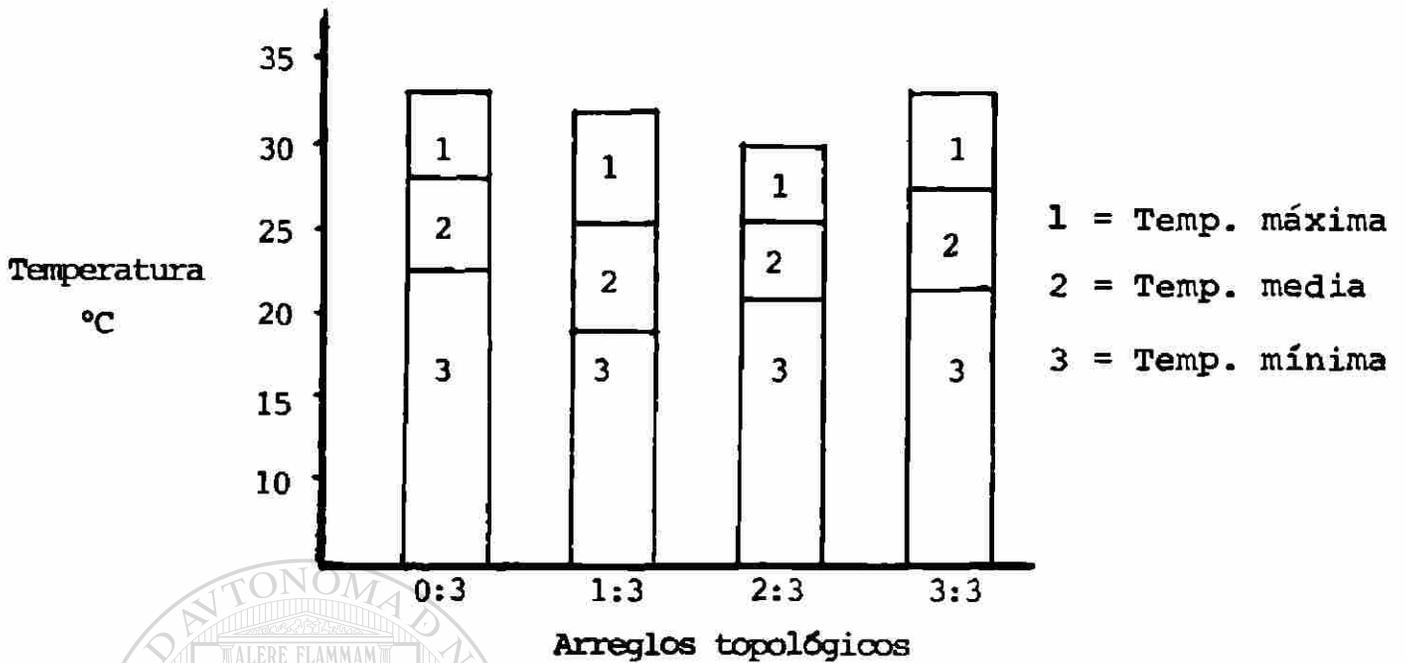


FIGURA 15. Temperatura máxima, media y mínima durante el turno matutino en el tercer período de observación, para los arreglos topológicos estudiados.

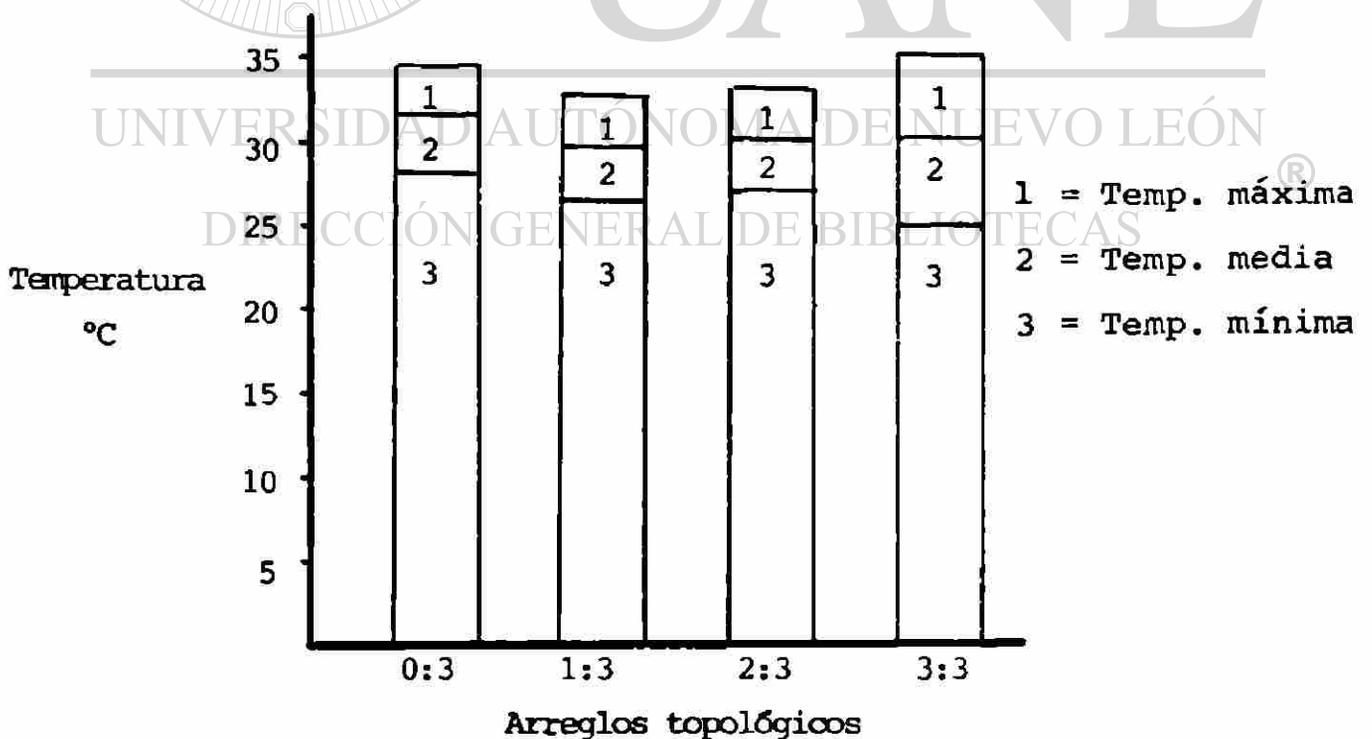


FIGURA 16. Temperatura máxima, media y mínima durante el turno vespertino en el tercer período de observación, para los arreglos topológicos estudiados.

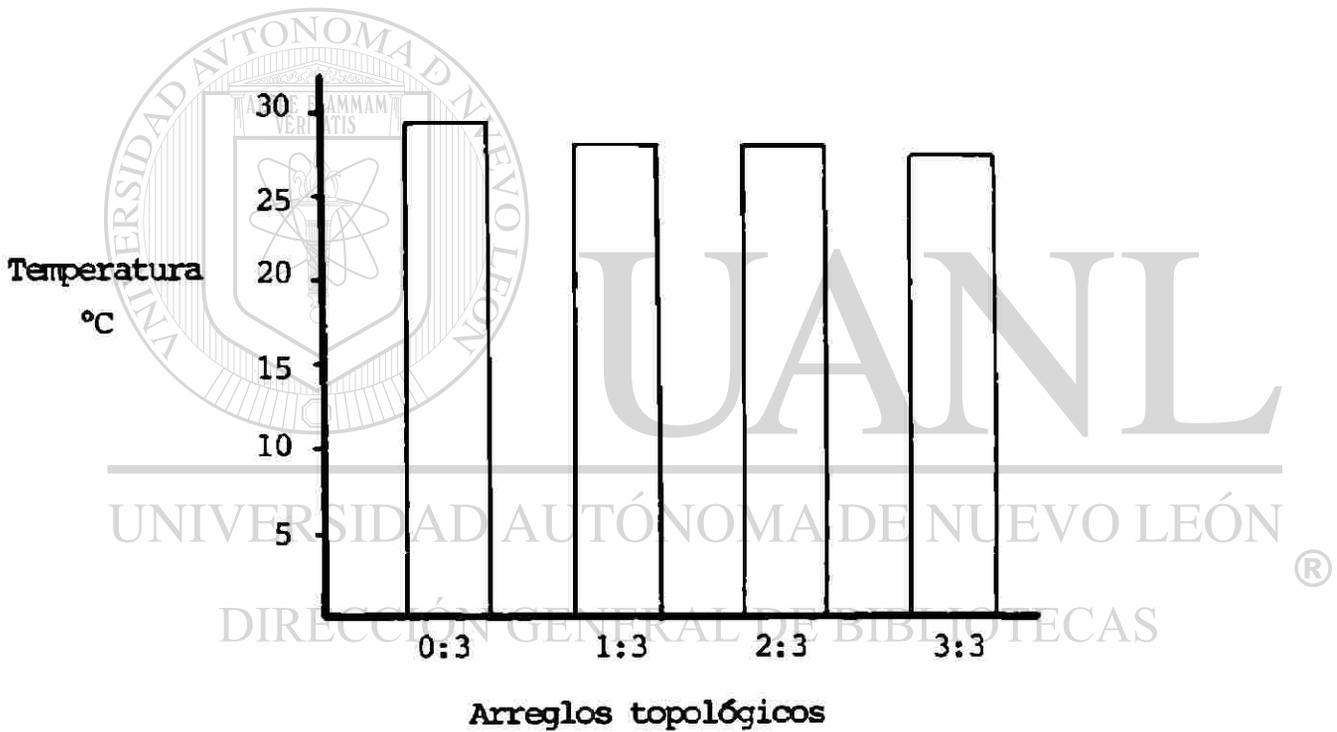


FIGURA 17. Temperatura promedio del suelo durante el período de observación para los arreglos topológicos estudiados.

así una diferencia de  $2.5^{\circ}\text{C}$  entre el intercalamiento 1:3 con respecto al unicultivo y el intercalamiento 3:3 (Figura 16). Mientras las temperaturas mínimas presentaron su valor más bajo en el intercalamiento 3:3 con  $25^{\circ}\text{C}$ , siguiéndole los intercalamientos 1:3, 2:3 y el unicultivo con  $26.5$ ,  $27$  y  $28^{\circ}\text{C}$  respectivamente (Figura 16).

### 5.1.3. Temperatura del suelo

Para la temperatura del suelo se presentaron diferencias significativas estadísticas entre el unicultivo y el resto de los intercalamientos, pero no así entre ellos (Cuadro 7 a del Apéndice). Se presentó una tendencia ascendente de la temperatura del suelo recibida en los diferentes arreglos topológicos, en la medida de que al ir disminuyendo la cobertura la temperatura del suelo iba aumentando, hasta alcanzar su máximo valor en el unicultivo con una temperatura de  $29.5^{\circ}\text{C}$ , obteniéndose de ésta manera un aumento de  $2^{\circ}\text{C}$  entre el intercalamiento 3:3 con respecto al unicultivo (Figura 17).

## 5.2. Efecto de la cobertura sobre las variables morfológicas del frijol

### 5.2.1. Longitud del tallo principal

No se presentaron diferencias significativas en la longitud del tallo principal entre los diferentes arreglos topoló-

gicos (Cuadro 8 a del Apéndice). El rango de longitudes estuvo entre un máximo de 50.7 cm en el intercalamiento 1:3 y un mínimo de 45.7 cm en el intercalamiento 2:3.

Por otra parte, la longitud del tallo principal en cada uno de los intercalamientos, mostró una ligera tendencia a ser mayor en los surcos adyacentes al maíz (surcos 1 y 3), presentando las plantas del surco central de los intercalamientos 2:3 y 3:3 los mismos valores que en el unicultivo. Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre el unicultivo y los intercalamientos, cuando se consideró el surco 2 de estos últimos (Cuadro 8 a del Apéndice).

#### 5.2.2. Ramas.

No se presentaron diferencias estadísticas en el número de ramas de los arreglos topológicos estudiados (Cuadro 9 a del Apéndice), fluctuando dicho número entre un valor máximo de 7.8 en el intercalamiento 1:3 y un mínimo de 7.1 en el intercalamiento 2:3.

Por otra parte, las plantas de los surcos adyacentes al maíz (surcos 1 y 3) fueron los que presentaron el mayor número de ramas. En el caso del surco tres hubo diferencias estadísticas significativas en el intercalamiento 2:3 con respecto a los demás arreglos topológicos (Cuadro 9 a del Apéndice).

Por lo que toca a la longitud de las ramas, no se presentaron diferencias estadísticas significativas de esta variable entre los diferentes arreglos topológicos (Cuadro 10 a del Apéndice). El intercalamiento 1:3 fue el que presentó la mayor longitud de ramas con 16.8 cm, siguiéndole en menor grado el 3:3, 2:3 y 0:3 con longitudes de 15.1, 14.8 y 14.4 cm respectivamente.

En cuanto a la longitud de ramas de las plantas entre los arreglos topológicos de un mismo surco, no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 10 a del Apéndice), observándose una tendencia a la disminución de la longitud de las ramas al aumentar la cobertura.

### 5.2.3. Nudos del tallo principal

Si se presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de nudos del tallo principal entre los diferentes arreglos topológicos (Cuadro 11 a del Apéndice). El rango en el número de nudos estuvo entre un máximo de 12.46 para el intercalamiento 1:3 y un mínimo de 11.20 para el uncultivo (Figura 18). Aunque el efecto de la cobertura de los surcos de maíz en los intercalamientos presentó una tendencia a mostrar una relación inversa hacia el número de nudos del tallo principal del cultivo del frijol, de tal manera que al

aumentar la cantidad de surcos de maíz el número de nudos iba disminuyendo, encontrándose así el mayor número de nudos en el intercalamiento 1:3 y el menor en el 3:3 (Figura 18).

Se encontraron diferencias significativas en el número de nudos del surco uno de los intercalamientos 1:3 y 2:3 en comparación en el 0:3 y 3:3 (Cuadro 11 a del Apéndice). La máxima producción de nudos se presentó en el surco uno del intercalamiento 1:3 con 12.93 nudos y la mínima en el unicultivo con 11.15 nudos (Figura 19).

Por lo que toca a la longitud de los entrenudos del tallo principal no se encontraron diferencias significativas, siendo similar en todos los arreglos topológicos, presentando el intercalamiento 3:3 la máxima longitud con 3.95 cm y el unicultivo la mínima con 3.70 cm.

#### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En cuanto a la longitud de los entrenudos de las plantas entre los arreglos topológicos de un mismo surco, se encontraron diferencias significativas solamente en el surco dos de los intercalamientos con respecto al unicultivo (Cuadro 12 a del Apéndice).

#### 5.2.4. Floración y madurez fisiológica

Las fechas en que se presentó la floración y posterior-

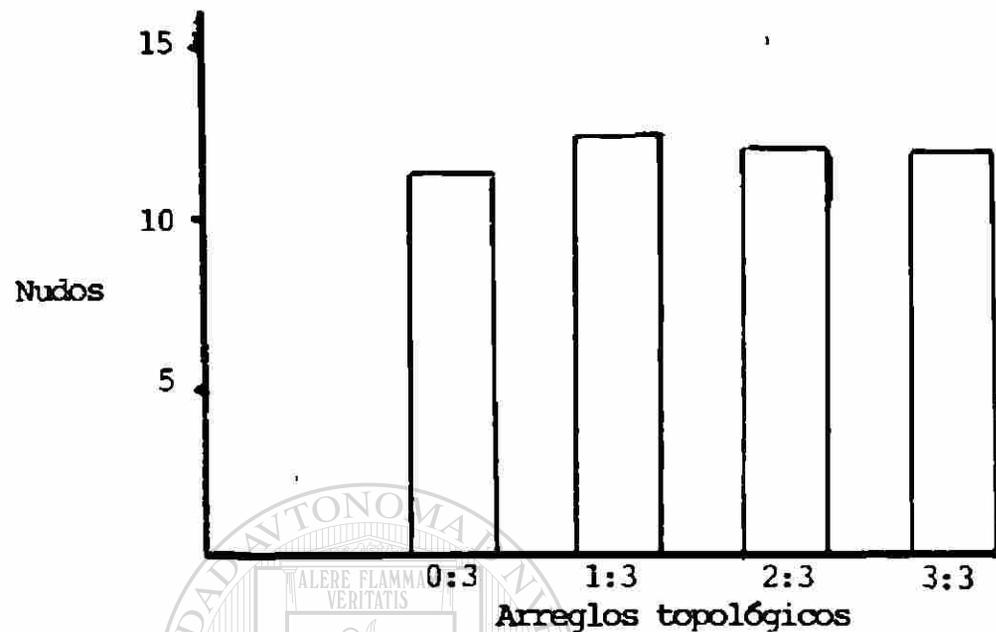


FIGURA 18. Producción de nudos del tallo principal en el frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.

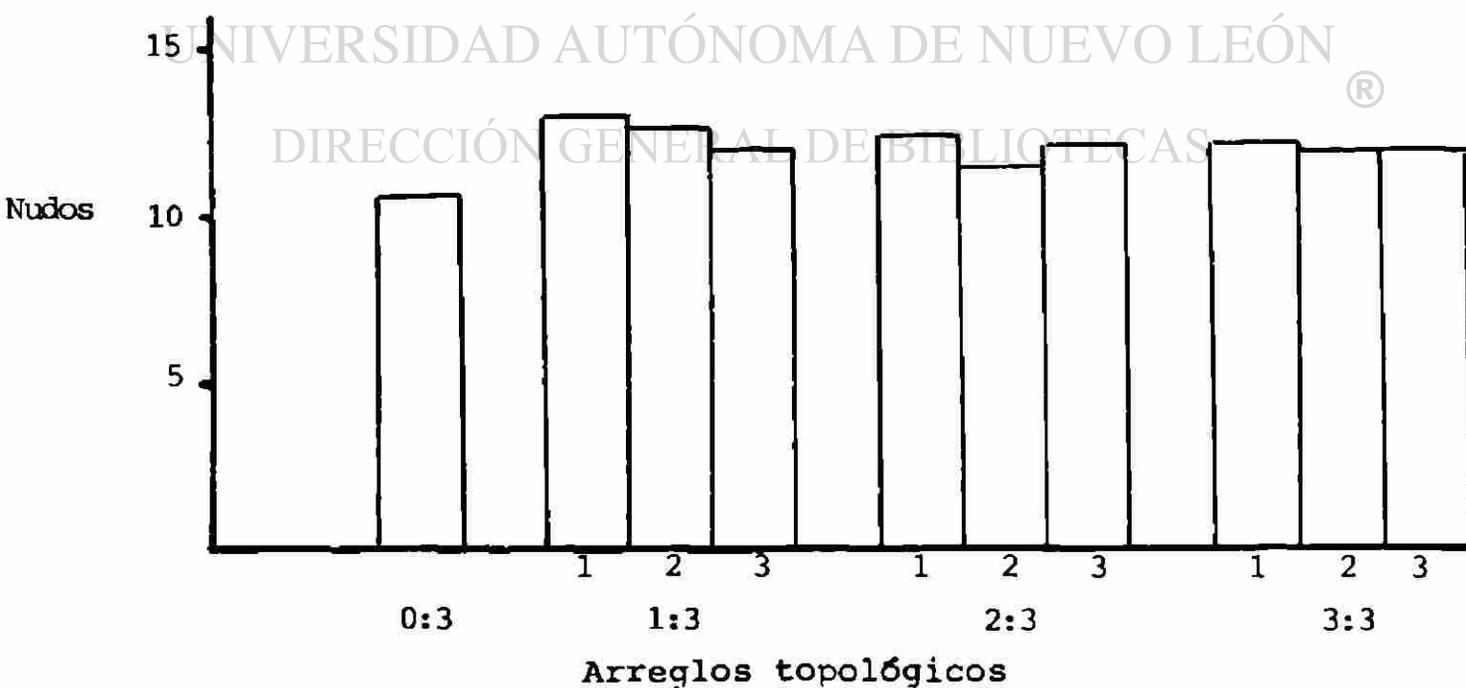


FIGURA 19. Producción de nudos del tallo principal en el frijol Delicias-71 de acuerdo al surco al ser intercalado con maíz.

mente la madurez fisiológica fue a los 59 y 75 días después de la siembra siendo similar en todos los arreglos topológicos (Cuadro 1), de tal manera que no se presentaron diferencias estadísticas significativas en ambos caracteres entre los diferentes arreglos topológicos.

CUADRO 1.- Días a inicio, fin de floración y madurez fisiológica en la variedad de frijol Delicias-71 bajo diferentes intercalamientos con maíz.

Arreglos Topológicos	Días a inicio de floración	Días a fin de floración	Días a madurez fisiológica
0:3	59	76	88
1:3	58	76	87
2:3	59	75	87
3:3	59	75	88

#### 5.2.5. Altura

Durante los primeros 57 días después de la siembra no se encontraron diferencias significativas en la altura, entre los diferentes arreglos topológicos estudiados (Figura 20 y Cuadro 14a del Apéndice).

Las diferencias en la altura se manifestaron después de la floración hasta principios de madurez fisiológica, presentando la mayor altura el intercalamiento 3:3 con 31 cm, mien-

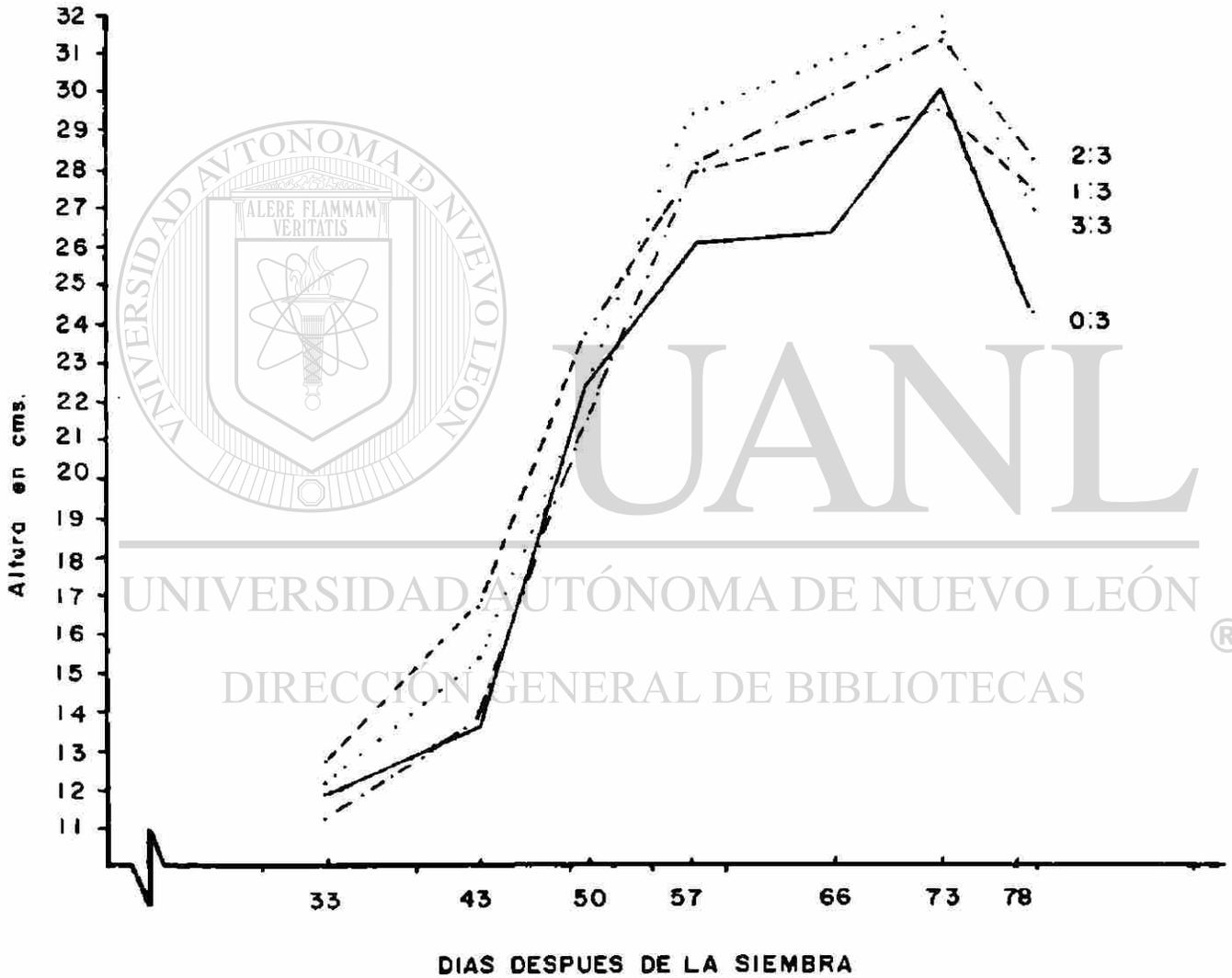


FIGURA 20. Altura del frijol Delicias-71 al ser intercalado con maíz.

tras que la altura más baja correspondió al unicultivo con 26 cm, por lo que respecta a los otros dos intercalamientos 1:3 y 2:3 presentaron alturas de 29 y 30 cm respectivamente. Unicamente se encontraron diferencias entre el unicultivo y el resto de los intercalamientos (Cuadro 14 a del Apéndice).

#### 5.2.6. Vainas normales, vanas y abortadas

El número de vainas totales por planta (normales y vanas) no presentó diferencias significativas entre los arreglos topológicos, encontrándose el mayor número de vainas en el unicultivo con un total de 15.47, disminuyendo éstas conforme se aumentaba el número de surcos de maíz, presentando resultados similares los intercalamientos 2:3 y 3:3. Por lo que así se pudo obtener una disminución de un 25.72% en el número de vainas totales del unicultivo con respecto a los intercalamientos 2:3 y 3:3. En el Cuadro 2 se muestra la relación entre el número de vainas normales, vanas y abortadas en la planta a madurez fisiológica.

Al momento de la cosecha la producción de vainas normales, vanas y abortadas por planta, no presentaron diferencias significativas entre los arreglos topológicos estudiados. Encontrándose para todos los casos que el unicultivo fue el que mostró el mayor número presentando una tendencia a exhibir una

CUADRO 2.- Medias de algunas características agronómicas del frijol Delicias-71 al ser sembrado en intercalamiento con maíz.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	VAINAS TOTALES	SEMILLAS POR VAINAS		100 SEMILLAS		RENDIMIENTO		
		Normales	Abortadas	Peso (g)	Volumen (cc)	Planta (g)	Hectárea (Kg)	
0:3	15.48	3.57	0.620	4.18	15.34	13.66	5.68	1,610.27
1:3	14.64	3.26	0.519	3.78	16.01	14.38	5.51	1,171.58
2:3	11.50	3.15	0.606	3.76	17.07	15.20	5.92	1,006.96
3:3	11.90	3.91	0.541	4.45	17.27	15.18	6.62	937.36

disminución conforme se va aumentando la cobertura entre los intercalamientos, observándose los valores más altos para el intercalamiento 1:3 y los más bajos para el 3:3.

En cuanto a la cantidad de vainas normales, vanas y abortadas por planta entre los arreglos topológicos de un mismo surco, no se encontraron diferencias significativas, observándose que los surcos adyacentes al maíz (1 y 3) presentaron un mayor número.

#### 5.2.7. Semillas normales y abortadas

No se presentaron diferencias significativas en la producción de semillas normales y abortadas por planta para los arreglos topológicos estudiados. Pero se pudo detectar una tendencia de que la intensidad del sombreado redujo la cantidad de semillas normales y abortadas.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Por lo que respecta al número de semillas normales y abortadas por planta entre los arreglos topológicos de un mismo surco, no se presentaron diferencias significativas.

### 5.3. Efecto de la cobertura sobre las variables fisiológicas del frijol

#### 5.3.1. Peso seco total, del tallo y pericarpio por planta

Durante el período de muestreo para el peso seco, el cual

culminó hacia el fin de la floración, no presentó diferencias significativas entre tratamientos. Aunque se observó una tendencia donde los valores más altos correspondieron al unicultivo y los más bajos los intercalamientos 2:3 y 3:3 (Figura 21).

Al momento de la cosecha el peso seco por planta, como el del tallo y el pericarpio, no presentaron diferencias significativas entre los arreglos topológicos estudiados (Cuadro 13 a y 15 a del Apéndice). El unicultivo presentó los máximos valores, observándose que existe una tendencia a disminuir el peso, tanto el total como el del tallo y el pericarpio, conforme el número de surcos de maíz se iba aumentando entre los intercalamientos.

Por lo que respecta al peso seco del tallo y pericarpio por planta entre los arreglos topológicos de un mismo surco, no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 13 a y 15 a del Apéndice), observándose una tendencia a disminuir los pesos secos al ser comparados los mismos surcos entre los tratamientos. Así mismo se pudo observar que entre los intercalamientos, los surcos adyacentes al maíz presentaron los valores más altos.

### 5.3.2. Peso seco y volumen de 100 semillas

Para el peso seco como para el volumen de 100 semillas se

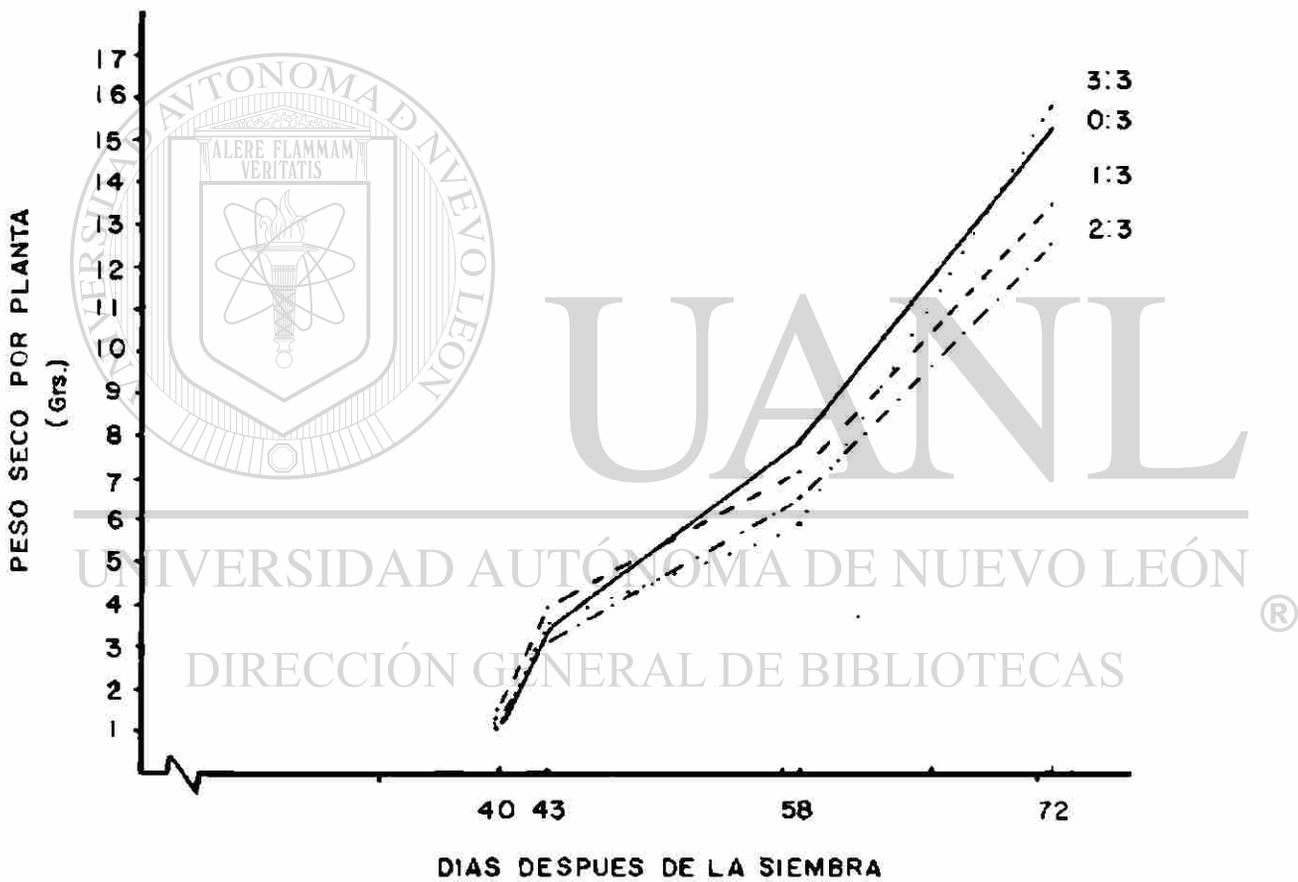


FIGURA 21. Peso seco por planta del frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.

encontraron diferencias significativas entre los arreglos topológicos estudiados (Cuadros 16 a y 17 a del Apéndice). Encontrándose que a medida que la cantidad de surcos de maíz se iba aumentando entre los intercalamientos el peso seco y el volumen de 100 semillas aumentaba en un 12.71 y 11.27% respectivamente al comparar el unicultivo con el intercalamiento 3:3 (Figuras 22 y 23).

Por otra parte, se encontraron diferencias significativas para el peso y volumen de 100 semillas en los surcos dos y tres, para el primero y en los surcos uno y dos para el segundo, donde los mayores promedios correspondientes a los intercalamientos y el menor al unicultivo (Cuadros 16 a y 17 a del Apéndice). Observándose que todos los surcos tuvieron un aumento gradual en su peso y volumen de 100 semillas entre los intercalamientos en la medida que se les proporcionaba un mayor número de surcos de maíz, estabilizándose el aumento en el intercalamiento 3:3. Así mismo se pudo detectar que el surco central presentó los valores más bajos con respecto a los demás surcos entre los intercalamientos a excepción del 2:3 (Figuras 24 y 25).

### 5.3.3. Rendimiento por planta

El rendimiento por planta no presentó diferencias signi-

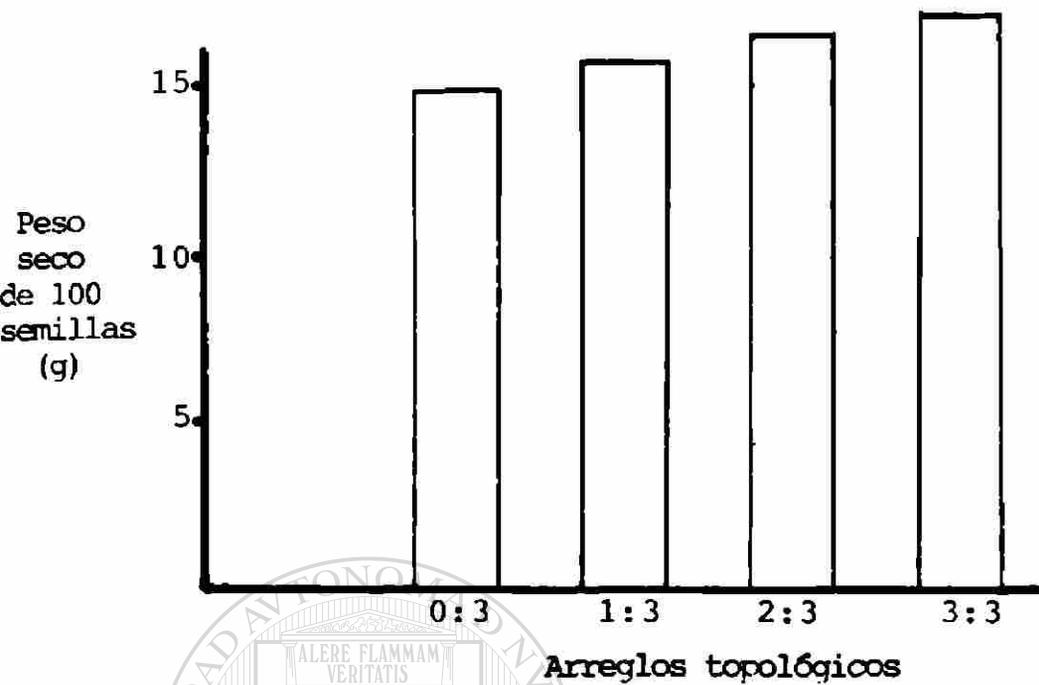


FIGURA 22. Peso seco de 100 semillas normales del frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.

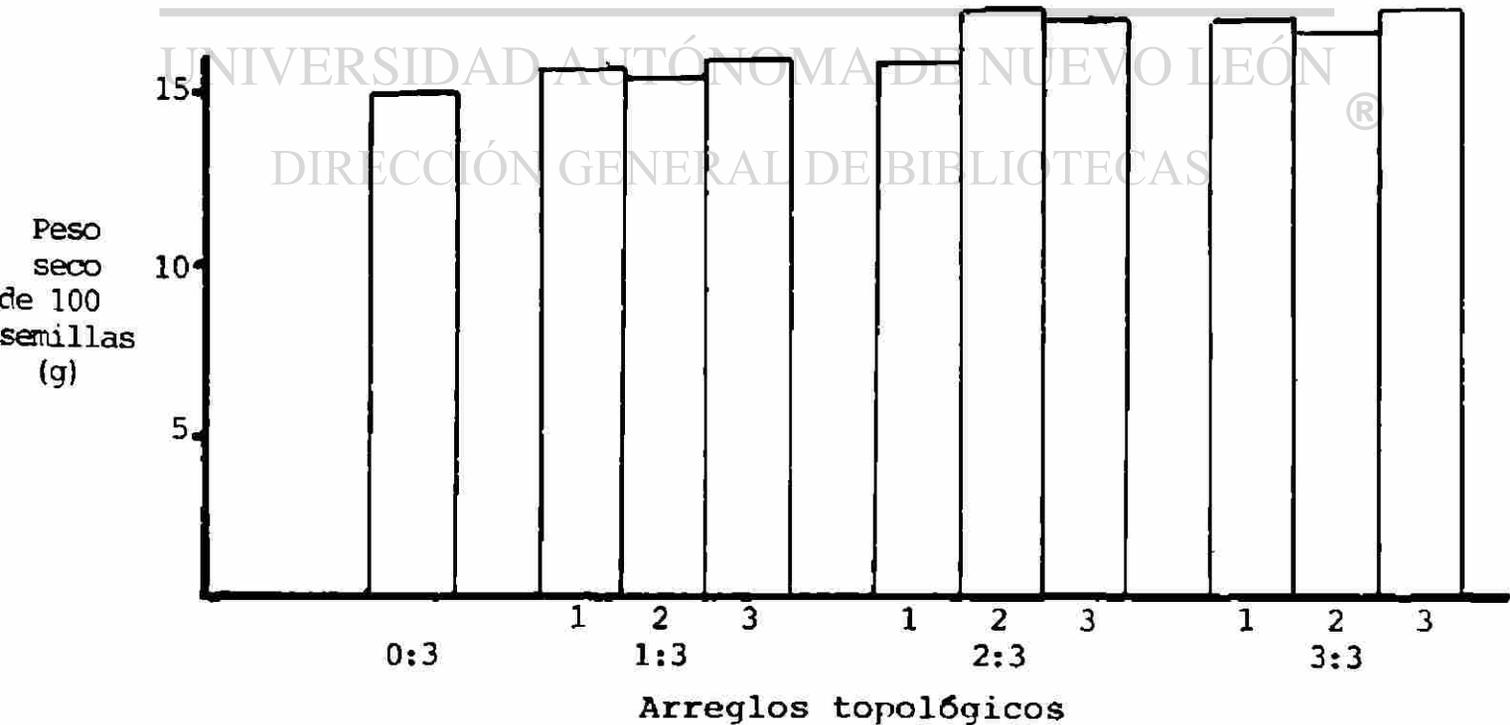


FIGURA 24. Peso seco de 100 semillas normales del frijol Delicias-71, de acuerdo al surco al ser intercalado con maíz.

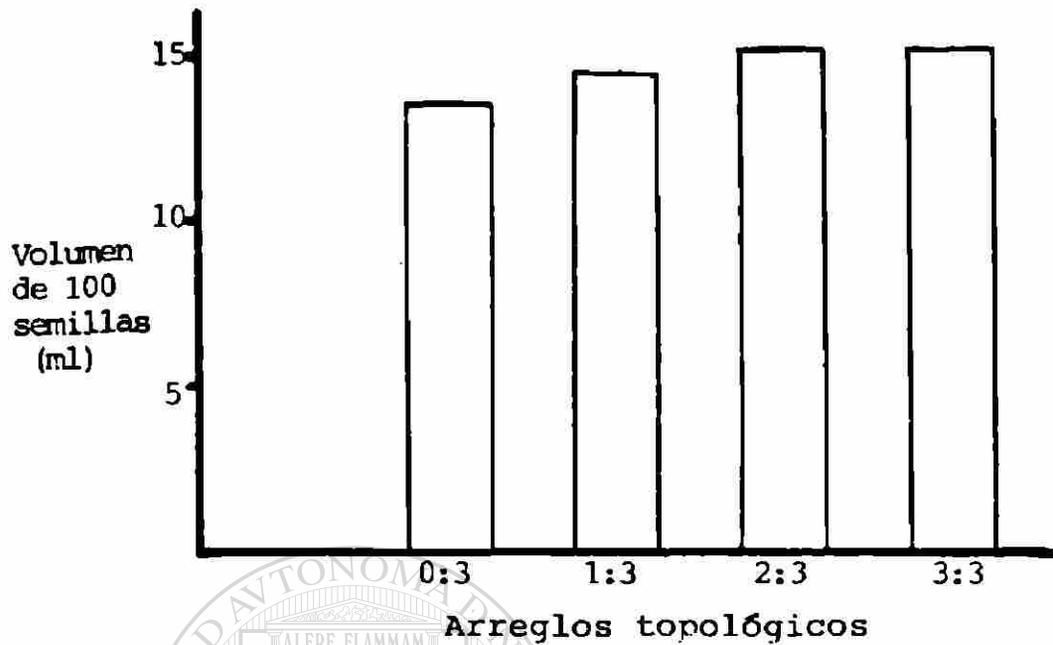


FIGURA 23. Volumen de 100 semillas normales del frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.

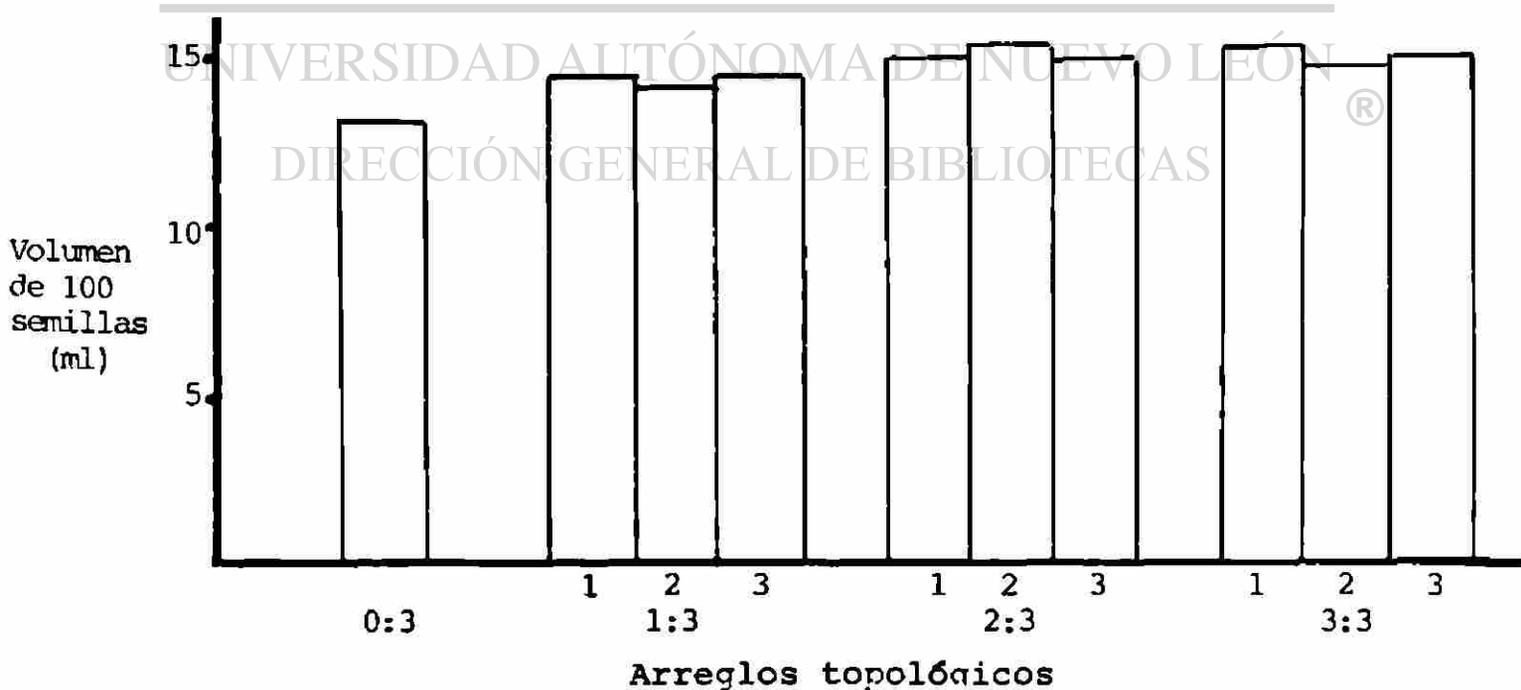


FIGURA 25. Volumen de 100 semillas normales del frijol Delicias-71, de acuerdo al surco al ser intercalado con maíz.

ficativas entre los arreglos topológicos estudiados (Cuadro 18a del Apéndice). El intercalamiento 3:3 fue el que presentó el mayor rendimiento por planta con 6.62 g presentando una tendencia a exhibir una reducción conforme se disminuía el número de surcos de maíz en los intercalamientos, obteniéndose de esta manera una reducción del 16.76% en el rendimiento.

En cuanto al rendimiento por planta entre los arreglos topológicos de un mismo surco, no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 18a del Apéndice), observándose la misma respuesta para todos los surcos.

#### 5.3.4. Índice de cosecha (I.C.)

El índice de cosecha se determinó por el método propuesto por Wallace y Munger (1966). Para esta variable se encontraron diferencias significativas estadísticamente, entre el intercalamiento 1:3 con respecto a los demás arreglos topológicos (Cuadro 19a del Apéndice). Dentro de los intercalamientos, el 3:3 fue el que presentó el mayor índice de cosecha con 0.81, reduciéndose este conforme se disminuía el número de surcos, hasta obtenerse 0.67 para el intercalamiento 1:3 (Figura 26), el unicultivo al igual que el intercalamiento 3:3 presentó el mismo índice de cosecha.

En cuanto al índice de cosecha por planta, entre los

arreglos topológicos del un mismo surco, se encontraron diferencias significativas en el surco uno entre el intercalamiento 1:3 y el resto de los arreglos topológicos (Cuadro 19 a del Apéndice). El máximo índice de cosecha que se presentó en el surco uno fue el unicultivo con 0.81 y el mínimo lo obtuvo el intercalamiento 1:3 con 0.56 (Figura 27).

#### 5.4. Efecto sobre el cultivo del maíz

El cultivo del maíz no fue posible analizarlo estadísticamente, por un severo ataque del coyote (Canis latrans) y probablemente de tejón (Meles meles), así como la presencia del acame al final del ciclo ocasionado por fuertes vientos. El rendimiento se perdió casi en su totalidad.

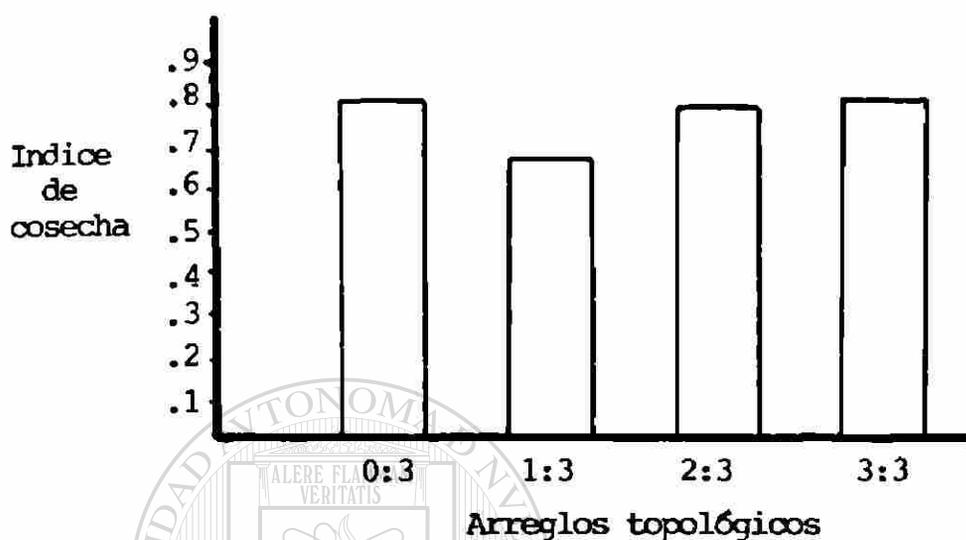


FIGURA 26. Índice de cosecha en el frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.

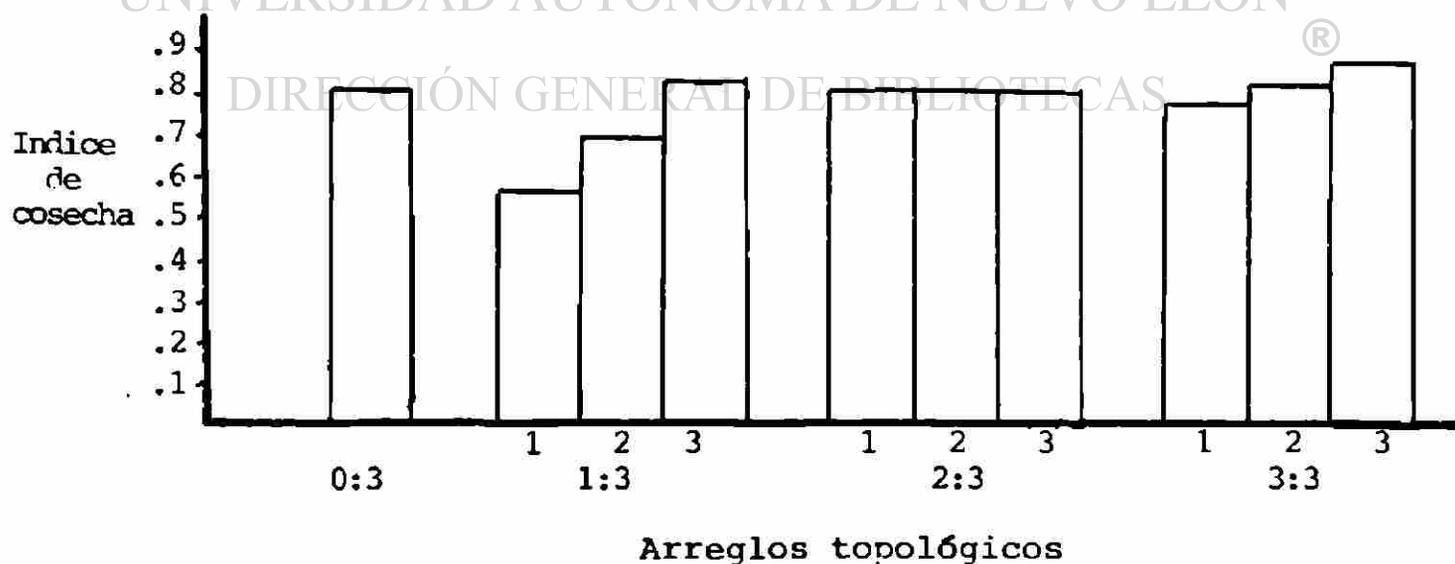


FIGURA 27. Índice de cosecha en el frijol Delicias-71, de acuerdo al surco al ser intercalado con maíz.

## VI. DISCUSION

Se puede decir que en los cultivos intercalados los factores ambientales que prevalecen sobre el cultivo inferior, en este caso el frijol, se modifican en el tiempo y en el espacio, a causa del devenir de las estaciones y al desarrollo del cultivo superior (maíz). Las modificaciones en el tiempo se pueden dividir en tres etapas.

En la primera en la cual no existe aún una considerable interferencia del cultivo superior sobre el inferior; en este caso la luminosidad incidente sobre el segundo cultivo y la temperatura son similares al unicultivo. En el segundo período las condiciones ambientales se modifican gradualmente en la medida que el cultivo superior empieza a interferir sobre el inferior, de tal manera que las luminosidades incidentes disminuyen en el segundo cultivo y es de esperarse que la calidad de la misma también se modifica, así como lo afirma Allen et al. (1976). La tercera etapa se presenta cuando el cultivo superior llega a su máximo tamaño, se empiezan a presentar condiciones ambientales constantes dentro de la parcela, sucediendo lo mismo con la luz y la temperatura durante un período de tiempo coincidente con el intervalo requerido para que concluya el ciclo del cultivo inferior.

En el presente caso, como era de esperarse, se encontró la máxima luminosidad acumulada en el unicultivo, ya que no contaba con ninguna cobertura, mientras que en los intercalamientos, a pesar de que no se encontraron diferencias significativas entre ellos, el 1:3 fue el que presentó la máxima cantidad luminosa y la mínima el intercalamiento 2:3, presentando valores intermedios el intercalamiento 3:3 (Figura 5), siendo la mayor cantidad de surcos de maíz en los intercalamientos el que ocasionó más interferencia de la intensidad luminosa.

Las ligeras diferencias detectadas entre los intercalamientos 2:3 y 3:3, posiblemente se debió a errores de lectura en el radiómetro, ya que se presentaban deslizamientos de los valores observados ocasionados por las fluctuaciones de la radiación en el dosel inferior, siendo éstas afectadas por la presencia de viento y al paso repentino de nubes o probablemente se debió a que después de aumentar de dos a tres surcos de maíz no se tenga efecto sobre una mayor intercepción de luz.

Por lo que toca a la intensidad de luz recibida en los diferentes puntos muestreados, se pudo detectar que en la medida que se encontraban hacia el centro de la parcela, la in-

tensidad luminosa aumentaba (Figura 6). Esto se debe a que los puntos más cercanos al maíz tuvieron lógicamente una cobertura más densa, por lo tanto, mayor intercepción de luz y no así los puntos más alejados hacia el centro de la parcela experimental. Cabe mencionar que entre los intercalamientos a nivel de parcela no se encontraron diferencias, pero sí de éstos con el unicultivo. En relación a los puntos muestreados se presentaron diferencias únicamente en el punto uno de los intercalamientos en el período vespertino, esto posiblemente se debió a la orientación de los surcos.

Las temperaturas, aunque en menor grado también varían, sobre todo la máxima temperatura incidente en los períodos dos y tres, la cual es mayor en el unicultivo y en el intercalamiento 3:3 (Figuras 12, 14 y 16). Esto se debió a que en el primer caso, el unicultivo estuvo expuesto a la intensidad luminosa directamente, por lo que su temperatura fue mayor; en el segundo caso, se piensa que se debió a que la temperatura del aire generalmente aumentaba con la profundidad de los estratos inferiores del dosel vegetal, así como a su escasa circulación, esto reafirma lo señalado por Lemon, citado por Allen, et al. (1976); los resultados observados corroboran también a los obtenidos por Cantú (1982), en su estudio de arreglos topológicos, en el cual encuentra las temperaturas mayo-

res en el unicultivo y en los intercalamientos, mientras las menores las obtiene en las asociaciones de maíz y frijol.

Las temperaturas del suelo que prevalecieron en la porción central de los arreglos topológicos estudiados, no mostró cambios significativos entre los intercalamientos, pero sí de estos hacia el unicultivo, presentando una tendencia a exhibir una disminución conforme se aumentaba la cobertura del cultivo superior sobre el cultivo inferior, alcanzando así a disminuir la temperatura del suelo en el período tres en  $5.3^{\circ}\text{C}$  en el intercalamiento 1:3 y de  $6.2^{\circ}\text{C}$  en el intercalamiento 3:3 con relación al unicultivo (Figura 17). Esto puede ser debido a que el intercalamiento 3:3 por presentar el mayor número de surcos de maíz, provocó una mayor cobertura (sombreado) a los surcos de frijol, ocasionando con esto una mayor intercepción de la intensidad luminosa hacia los surcos del cultivo inferior, causando por lo tanto una menor temperatura en la superficie del suelo. Esto coincide con lo señalado por Lépiz (1978) quien menciona que hay una mayor intensidad de luz entre matas que al pie de las mismas.

La temperatura del suelo estuvo relacionada directamente con la intensidad luminosa recibida, ya que mostraron el mismo comportamiento, por lo que a mayor intensidad de luz incidente

mayor fue la temperatura del suelo.

Para este conjunto de variables ambientales (intensidad luminosa, temperatura ambiental y del suelo) se presentó una tendencia a disminuir entre los intercalamientos, en la medida que se aumentaba la cantidad de surcos de maíz, observándose se que el aumento de dos a tres surcos no produjo efecto sobre la intensidad luminosa y la temperatura del suelo y en cuanto a la temperatura ambiental después del aumento de dos a tres surcos su efecto fue inverso al esperado. Por lo que con esto se puede llegar a concluir que el efecto de los intercalamientos sobre las variables ambientales estudiadas, presentaron sus mejores condiciones en el intercalamiento 1:3.

Los resultados obtenidos sugieren la aceptación parcial de la hipótesis planteada en lo que respecta a las condiciones microclimáticas, principalmente intensidad luminosa y temperatura ambiental del cultivo inferior en los intercalamientos, siendo menores estos con respecto al unicultivo.

En los resultados obtenidos no se detectaron diferencias significativas para las variables morfológicas estudiadas, con excepción de la altura y la cantidad de nudos. Para la cantidad de vainas y semillas, tanto normales vanas como abortadas por planta, se observó una relación directamente propor

cional a la cobertura; es decir, cuando se incrementó la producción de vainas normales también se incrementó la de semillas abortadas. Esto posiblemente se debió al efecto provocado por la mayor intensidad luminosa y altas temperaturas presentadas en el unicultivo, ocasionando con ello una mayor abscisión de flores y vainas debido al efecto conjunto de ambas variables o posiblemente se deba a que ocurre un ajuste de la demanda a la capacidad potencial de la fuente de fotosíntatos.

Estos resultados coinciden con los obtenidos en la variedad Michoacán 12-A-3 por Martínez (1982) y Escalante (1980); por lo que se puede sugerir que el microclima reinante en los intercalamientos, provocado por las diferentes coberturas, no afectó a varios componentes del rendimiento, ya que presentaron la misma respuesta estadística.

Sin embargo, se notó una tendencia general a un posible mecanismo de compensación entre los componentes que hacen que el rendimiento no se vea afectado, puesto que el aumento de uno conlleva a la disminución de otro. Esto reafirma lo señalado por Adams (1967) quien menciona que las plantas, particularmente aquellas que se encuentran en condiciones de estrés, pueden tener rendimiento estable, siempre y cuando haya un me

canismo de compensación entre sus componentes.

En cuanto a la altura de planta del frijol durante la primera etapa de desarrollo del cultivo no se presentaron diferencias significativas, debido a que todavía no había una interferencia del cultivo superior sobre el inferior, con respecto a luminosidad y temperatura del aire. En cambio, a medida que el cultivo superior interfiere sobre el inferior, provocando el sombreado, la altura se vió modificada, presentando la altura mayor el intercalamiento 3:3 y la menor el unicultivo (Figura 20). Esto es posible que se deba a la clásica respuesta fotomorfogenética como lo menciona Hendricks y Borthwick, citados por Allen, et al. (1976), Ray (1975), Noggle y Fritz (1976) y Salisbury (1978). Estos resultados también fueron observados por Acevedo (1972) y Cantú (1982).

Para el caso de la cantidad de nudos, longitud de los entrenudos, así como para la longitud del tallo principal, su respuesta fue similar entre estos y aunque solamente se encontraron diferencias en la primera variable, se pudo notar una tendencia a presentar mayores valores en los intercalamientos que en el unicultivo (Figuras 18 y 19). Lo anterior se debió posiblemente al efecto del sombreado, el cual ocasionó la respuesta fotomorfogénica por lo que se puede inferir que las di

ferencias en el crecimiento se debieron a la cantidad de nudos y no a la longitud de éstos. Estos resultados coinciden con los observados por Martínez (1982) y Ramírez (1981).

Por lo que se refiere a la cantidad de ramas primarias, así como a la longitud de las mismas no se encontraron diferencias significativas, observándose los valores más altos en el intercalamiento 1:3, siguiéndole el unicultivo y posteriormente el resto de los intercalamientos. Parece ser que el proporcionar el sombreado de un surco de maíz se aumentan las ramas y sus longitudes, ya que con esto se reduce en cierto grado la luminosidad y temperatura, pero al aumentar en mayor grado la cobertura de sombreado, el número de ramas primarias y sus longitudes disminuyen (Figuras 28 y 29). Lo anterior lleva a concluir que el aumento en demasía de la cobertura provoca una menor producción de ramas primarias y sus longitudes (Díaz, 1974; Bennet, et al., 1977; Escalante, 1980; Ramírez, 1981 y Martínez, 1982).

Por otra parte en el caso de los componentes fisiológicos del rendimiento (peso seco del tallo, del pericarpio y total por planta) no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, se manifestó una tendencia en la que las plantas que recibieron menor cobertura presentaron el mismo peso seco

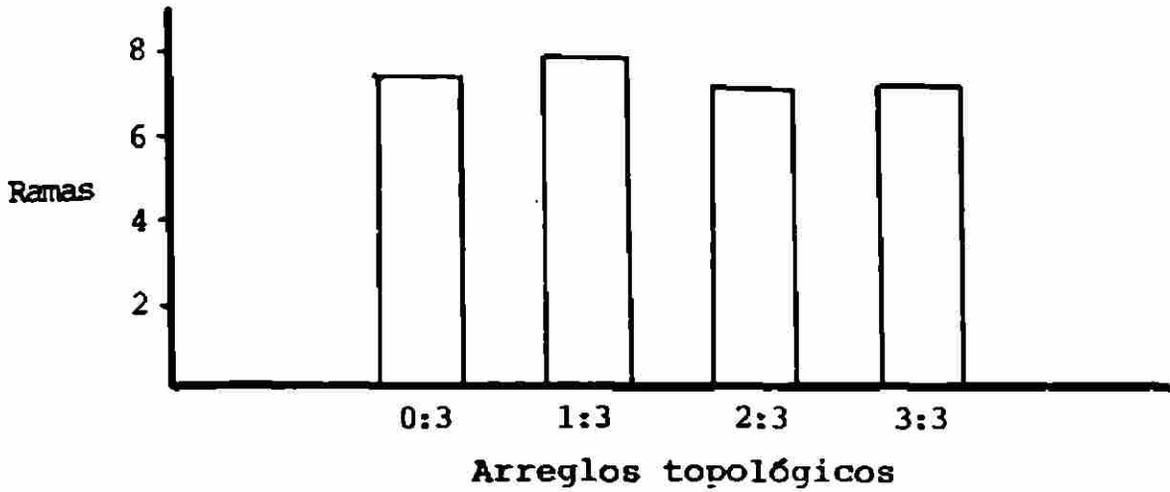
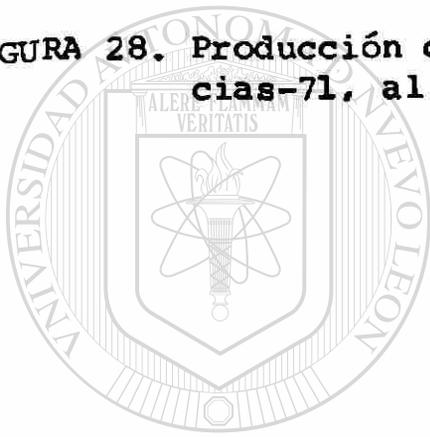


FIGURA 28. Producción de ramas primarias en el frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FIGURA 29. Producción de ramas primarias en el frijol Delicias-71, de acuerdo al surco al ser intercalado con maíz.

del tallo y pericarpio que el unicultivo, pero cuando se aumentó ésta, dichos pesos secos se abatieron (Figuras 30, 31 y 32); estos resultados coinciden con los obtenidos por Martínez (1982).

Para las variables morfológicas (altura del dosel, cantidad y longitud de nudos y ramas) y fisiológicas (peso seco del tallo y pericarpio) no se encontraron diferencias, con excepción de la altura del dosel y la cantidad de nudos para los arreglos topológicos bajo estudio, mostrando las características más deseables el intercalamiento 1:3.

Los resultados obtenidos en las diferentes variables, tanto morfológicas como fisiológicas, sugieren el rechazo de la hipótesis de que la siembra de frijol (Cv. Delicias-71) bajo intercalamiento con maíz en las condiciones de verano en Marín, N.L., favorece la producción de materia seca por planta modificando algunos componentes del rendimiento. Observándose para este caso que existe una tendencia a ser favorecidos dichos componentes cuando son sembrados bajo las condiciones ambientales mencionadas.

En el caso del peso de 100 semillas normales y su volumen, se presentó una tendencia en la cual a medida que se iba disminuyendo la cobertura, el peso y el volumen se reduce has

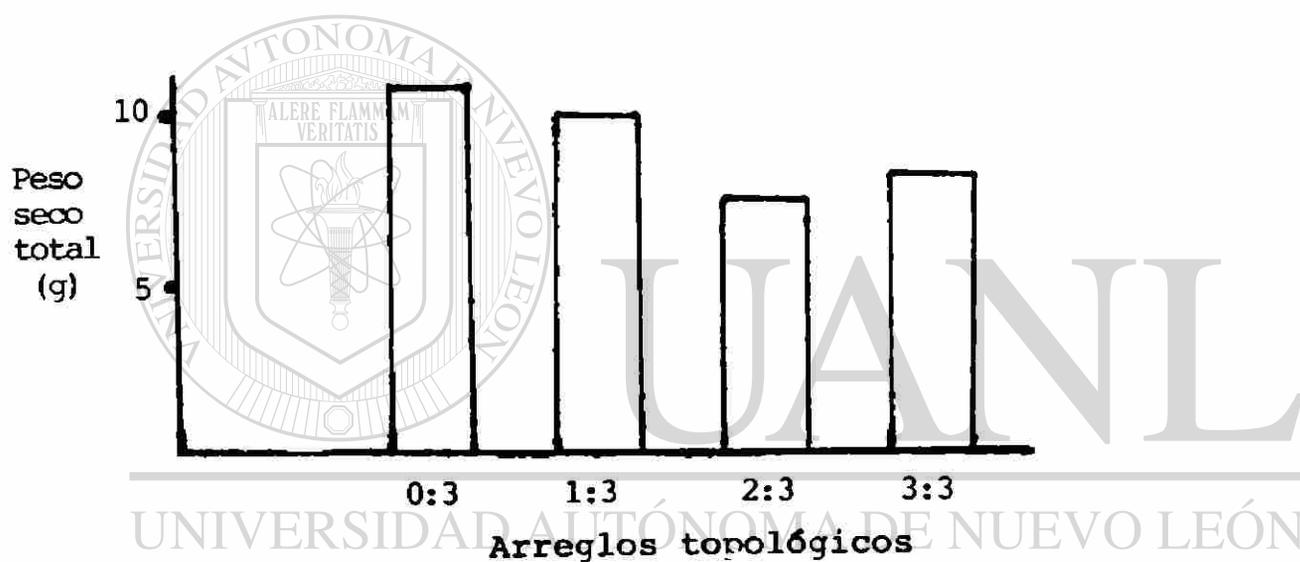
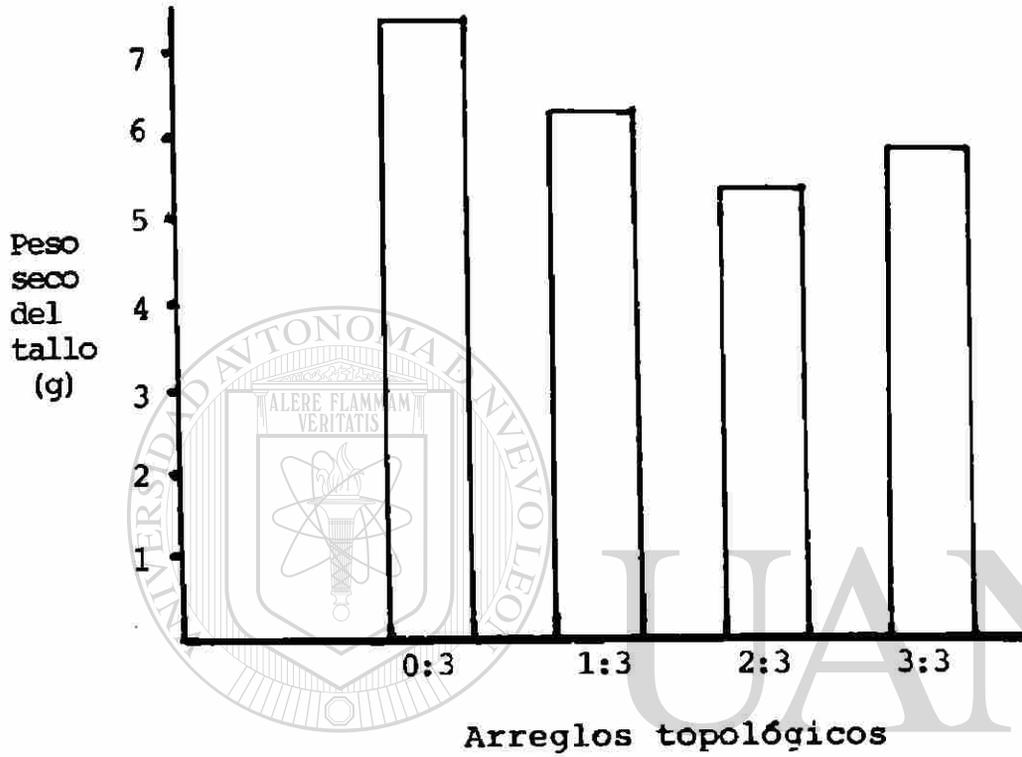


FIGURA 30. Peso seco por planta en madurez comercial del frijol Delicias-71, al ser interlacado con maíz.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

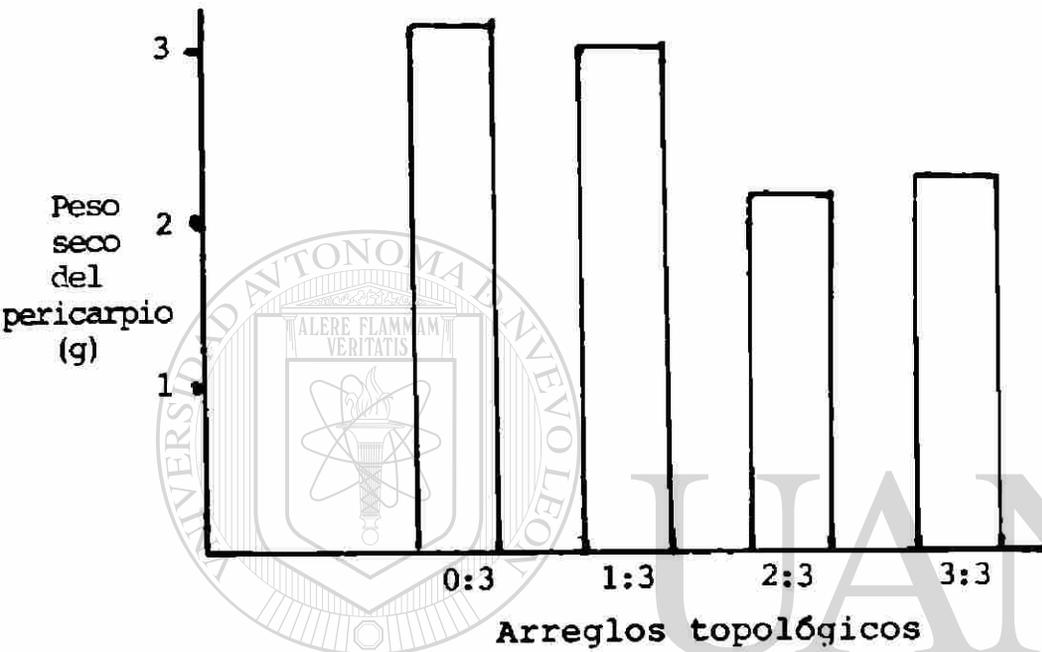


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

FIGURA 31. Peso seco del tallo por planta en madurez comercial del frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.



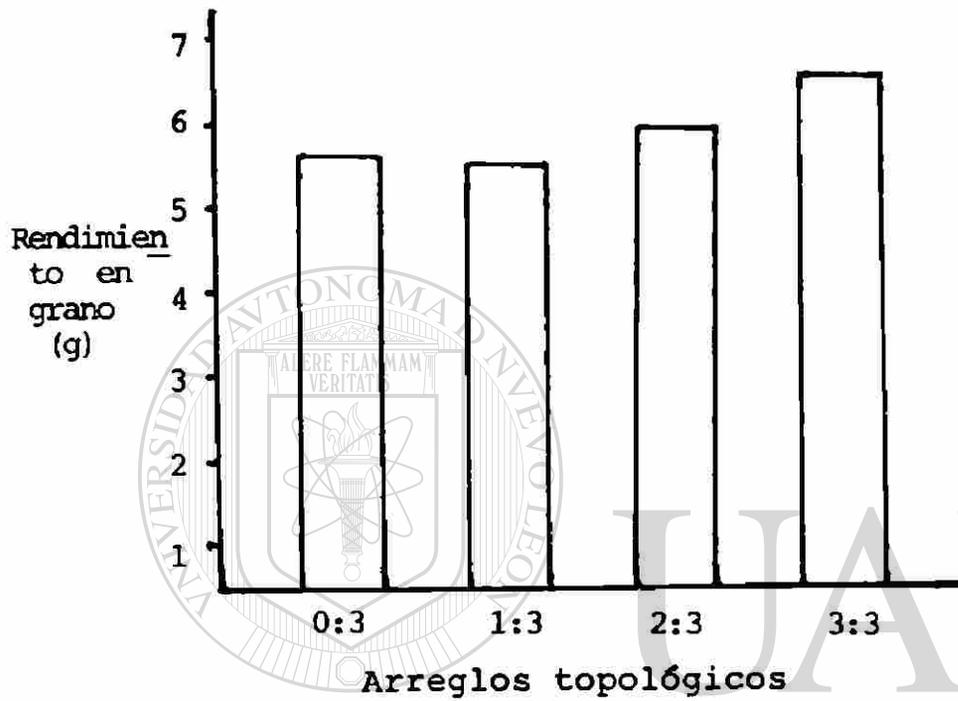
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FIGURA 32. Peso seco del pericarpio por planta en madurez comercial del frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.

ta alcanzar los valores más bajos en el unicultivo (Figuras 22 y 23). Esto indica que las plantas con mayor cobertura traslocan más fotosintatos hacia la semilla que el unicultivo, coincidiendo con los resultados obtenidos por Martínez (1982) en la variedad Flor de Mayo (X-16441).

Los resultados de el índice de cosecha sugieren que las plantas que crecieron bajo intercalamiento, exhibieron una mayor eficiencia de traslocación de fotosintatos hacia el grano, a medida que la cantidad de surcos de maíz se incrementaron; es decir, que existió una mayor acumulación de materia seca en el grano en las plantas que crecieron con mayor cobertura (Figura 26).

El rendimiento en grano del cultivo inferior no se vio afectado por la cobertura recibida; no obstante, se encontró una tendencia que sugiere que a medida que el sombreado fue más intenso se obtuvo mayor rendimiento de semillas normales por planta (Figura 33); posiblemente esto viene a confirmar que las plantas  $C_3$  tienen un punto de fotosaturación más bajo, de tal manera que fotosintetizan a un nivel tal que el rendimiento de grano se mantiene más o menos estable. Lo anterior parece comprobarse por el comportamiento de los componentes del rendimiento, ya que algunos de ellos mos



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

FIGURA 33. Rendimiento por planta del frijol Delicias-71, al ser intercalado con maíz.

traron cambios significativos por efecto del sombreado, lo cual no llegó a reflejarse en un cambio significativo del rendimiento. Además es necesario mencionar que las bajas intensidades luminosas y las bajas temperaturas que se presentaron en los intercalamientos pudieron favorecer la disminución de la fotorrespiración, compensando este hecho una posible baja de la tasa fotosintética por efecto de la disminución del factor temperatura. Estos resultados corroboran a los obtenidos por Ramírez (1981) y Martínez (1982) en sus respectivos estudios.

Así también, se pudo observar que cuando el frijol se cultivó bajo intercalamiento con maíz, se obtuvo el menor rendimiento por hectárea, aunque el rendimiento por planta fue ligeramente mayor al obtenido en el sistema de unicultivo. Lo anterior se debió a que el área ocupada con frijol en una hectárea de unicultivo fue mayor a la ocupada en los intercalamientos. Sin embargo, antes de seleccionar un determinado arreglo topológico, es conveniente considerar que en los intercalamientos maíz-frijol se obtiene además una producción extra de maíz.

El hecho de no haber encontrado diferencias significativas entre los intercalamientos estudiados para las variables

ambientales, morfológicas y fisiológicas, con excepción de la cantidad de nudos, altura, peso seco de 100 semillas y volumen de las mismas, posiblemente se debió al tamaño de la parcela, ya que al ser demasiada pequeña no se lograron las condiciones ambientales representativas de una siembra comercial. Además, es recomendable el uso de un radiómetro de mayor capacidad y precisión en la intensidad luminosa. Igualmente, para la observación de la temperatura ambiental, es más conveniente el uso de un termopar que los termómetros de máxima y mínima.

Según los resultados obtenidos se sugiere seguir efectuando trabajos sobre esta línea de investigación, aconsejándose la utilización de aparatos de mayor precisión, así como también un mayor control del error experimental, ya que puede ser factible un incremento en la producción de frijol en el ciclo de verano en Marín, N.L.

## VII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos para el frijol (Phaseolus vulgaris L.) Cv. Delicias-71, sembrado bajo condiciones de intercalamiento con maíz, en el ciclo de verano de 1983 en Marín, N.L., se deducen las siguientes conclusiones:

1. La siembra de frijol bajo intercalamiento con maíz disminuye la intensidad luminosa, temperatura ambiental de la parcela y del suelo de la misma; modificando con ello el microclima dentro de la parcela.

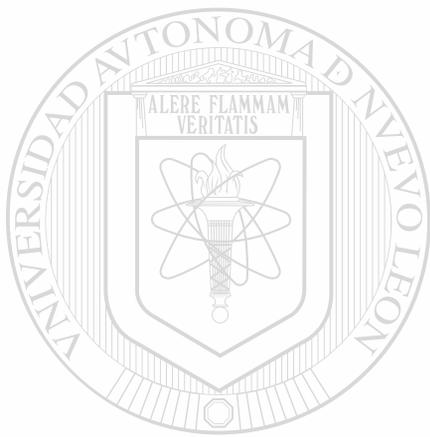
2. Entre los intercalamientos estudiados, no se presentaron diferencias significativas en el microclima formado por estos.

3. La mayor temperatura ambiental la presentó el único cultivo y el intercalamiento 3:3.

4. El frijol presenta un mecanismo de compensación entre los componentes del rendimiento.

5. Los principales componentes del rendimiento que fueron modificados positivamente por efecto de la cobertura del maíz son: cantidad de nudos, altura de planta, peso seco de 100 semillas y volumen de las mismas. Por lo que el efecto de

la cobertura provocada por los intercalamientos, no es limitante en el rendimiento de grano del frijol.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## VIII. BIBLIOGRAFIA

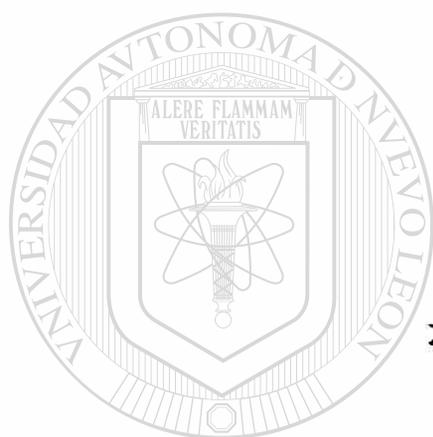
- Acevedo S., F.J. 1975. Influencia de la radiación solar y otros componentes del microclima sobre el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.) asociado con maíz (Zea mays L.). Tesis Mag. Sc. Universidad de Costa Rica.
- Adams, M.W. 1967. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field bean, Phaseolus vulgaris L. Crop. Sci. 7:505-510.
- Allen, L.H. Jr., T.R. Sinclair, and E.R. Lemon. 1976. Radiation and microclimate relationships in multiple cropping systems. In Multiple Cropping. Ed. Stelly, M. America Society of Agronomy. Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Special publication No. 27. Madison Wisconsin. pp. 171-179.
- Anderws, D.J. and A.H. Kassam. 1976. The importance of the multiple cropping. In Multiple Cropping. Ed. Stelly, M. America Society of Agronomy. Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Special publication No. 27. Madison Wisconsin. pp. 1-9.
- Bennet, J.P., W.W. Adams and C. Burga. 1977. Pod yield component variation and intercorrelation in Phaseolus vulgaris L. as effected by planting density. Crop. Sci. 17:73-75.
- Berry, J. and O. Bjorkman. 1980. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 31:491-543.
- Black, C.C. 1971. Ecological implications of dividing plants into grups with distinct photosynthetic production capacities. Advences in Ecological Research. 7:87-114.
- Cantú S., I. 1982. Influencia del microambiente sobre el comportamiento del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en 6 arreglos topologicos de asociación con maíz (Zea mays L.) Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. Marín, N.L. México.
- Chollet, R. and W.L. Ogren. 1975. Regulation of photorespiration in C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> species. The Botanical Review 41:138-180.

- Daubenmire, R.F. 1974. Plants and environment. Third Edition. A Textbook of Autecology. John Wiley & Sons. pp. 76-84, 202-221.
- Demolon, A. 1972. Crecimiento de los vegetales cultivados. Trad. al Español: José Pérez. Segunda Edición. Editorial Omega. Barcelona, España. pp. 33-42.
- Devlin, R.M. 1980. Fisiología vegetal. Tercera edición. Trad. al Español: Xavier Llimona. Ediciones Omega. Barcelona, España. pp. 245-258.
- Díaz M., F. 1974. Estudio preliminar sobre algunos componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en cuatro variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Ehleringer, J.R. 1979. Photosynthesis and photorespiration: biochemistry physiology and ecological implications. Hort. Science. 14(3):217-222.
- El-Sharkawy, M.A. and J.D. Kesketh. 1965. Effects of temperature and water deficit on leaf photosynthesis rates of different species. Crop. Sci. 4:514-518.
- El-Sharkawy, M.A. 1964. Photosynthesis among species in relation to characteristics of leaf anatomy and CO<sub>2</sub> diffusion resistances. Crop. Sci. 5:517-521.
- Escalante E., J.A.S. 1980. Efecto del sombreado artificial sobre el rendimiento y sus componentes en frijol (Phaseolus vulgaris L.) var. Michoacán 12-A-3. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Etherington, J.R. 1975. Environment and plant ecology. John Wiley & Sons. pp. 30-34, 144-149.
- Evans, L.T. 1975. The physiological basis of crop yield. In Crop Physiology. Ed. L.T. Evans. Cambridge, University Press. pp. 327-355.
- Galform, H. 1974. Fotosíntesis. Primera edición. Editorial CECSA. México. pp. 55-66.

- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 246.
- Garrett, M.K. 1981. Photorespiration ¿Key to better crops? Department of Agricultural and Food Chemistry Queen's University, Belfast, Ireland. No. 172.
- Gómez R., B. 1976. Ensayo preliminar del efecto del sombreado en post-floración sobre los componentes del rendimiento en frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Profesional. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Morelos, México.
- Hall, D.O. and K.K. Rao. 1977. Photosynthesis. Second Edition. Studies in Biology No. 37. Edward Arnold Publishers Ltd. p. 71.
- Hatch, M.D. 1976. The C<sub>4</sub> pathway of photosynthesis: mechanism and function. In CO<sub>2</sub> metabolism and plant productivity. Edited by R.H. Burris and C.C. Black, University Park Press. pp. 59-81.
- Kohashi S., J. 1979. Fisiología del frijol. In Contribuciones al conocimiento del frijol (Phaseolus) en México. Editor E. Mark Engleman. Rama de Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp. 39-58.
- Laetsch, W.M. 1974. The C<sub>4</sub> Syndrome: A structural analysis. Ann. Rev. Plant Physiol. 25:27-52.
- Lépiz I., R. 1978. La asociación maíz-frijol y el aprovechamiento de la luz solar. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Martínez A., R.S. 1982. Ensayo preliminar en tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) de distinto hábito de crecimiento en su respuesta al sombreado artificial. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Miller E., V. 1967. Fisiología vegetal. Primera edición. Ed. UTHEA. México. pp. 72-74.

- Milthorpe, F.L. and J. Moorby. 1974. An introduction to crop physiology. Cambridge University Press. pp. 71-91.
- Miranda C., S. y J.R. González. 1978. Efecto de la intensidad luminosa en Cucurbita spp. cuando se asocia con maíz. In Avances en la enseñanza y la investigación 1977-1978. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. p. 117.
- Moss, D.N. 1976. Studies on increasing photosynthesis in crop plant. In  $\text{CO}_2$  metabolism and plant productivity. Edited by R.H. Burris and C.C. Black, University Park Press. pp. 31-41.
- Noggle, G.R. and G.J. Fritz. 1976. Introductory plant physiology. Prentice-Hall, Inc. pp. 201-231, 157-162.
- Ogren, W.L. 1976. Search for higher plants with modifications of the reductive pentose phosphate pathway of  $\text{CO}_2$  assimilation. In  $\text{CO}_2$  metabolism and plant productivity. Edited by R.H. Burris and C.C. Black University Park Press. pp. 22-27.
- Ramírez V., 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 M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 
- Ray, P.M. 1975. La planta viviente. Primera edición en Español de la Segunda en Inglés. Ed. CECSA., México. pp. 205-231.
- Salinas G., G.E. 1982. Comportamiento de variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en unicultivo y en asociación con maíz (Zea mays L.). Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Salisbury, F.B. and C. Ross. 1978. Plant physiology. Second Edition Wadsworth Publishing Company Inc. pp. 43-58, 162-173.
- Schrader, L.E. 1976.  $\text{CO}_2$  metabolism and productivity in  $\text{C}_3$  plants: An Assessment. In  $\text{CO}_2$  metabolism and plant productivity. Edited by R.H. Burris and C.C. Black, University Park Press. pp. 385-397.

- Sinch, M., W.L. Ogren and J.M. Midholm. 1974. Photosynthetic characteristics of several  $C_3$  and  $C_4$  plant species grown under different light intensities. *Crop Sci.* 14:563-566.
- Sivori, E.M., E.R. Montaldi y O.H. Caso. 1980. *Fisiología Vegetal*. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp. 65-81, 650-656.
- Tanner, C.B., A.E. Paterson and J.R. Leve. 1960. Radiation energy exchange in a corn field. *Agron. J.* 52:373-379.
- Toala, O.A. 1976. Influencia del microclima sobre el comportamiento fisiológico y el rendimiento del frijol común y de costa asociado con maíz, yuca y plátano. Tesis Mag. Sc. University de Costa Rica.
- Wallace, D.H., J.L. Ozbun and H.M. Munger. 1972. Physiological basis for yield differences. II. Variation in dry matter distribution among aerial organs for several dry bean varieties. *Crop. Sci.* 6:503-506.
- Wallace, D.H. and H.M. Munger. 1966. Studies of the physiological basis for yield differences II. Variations in dry matter distribution among serial organs for several dry bean varieties. *Crop. Sci.* 6(6):503-507.
- Whittingham, C.P. 1976. *El mecanismo de la fotosíntesis*. H. Blume Ediciones. pp. 43-58.
- Willey, R.W. and S.O. Osiru. 1972. Studies on mixture of maize and beans (*Phaseolus vulgaris* L.) with particular reference to plant population. *Journal of Agricultural Science.* 79:517-529.
- Yao A., Y.M. and R.H. Shaw. 1963. Effect of plant population and planting pattern of corn on the distribution of radiation. *Agron. J.* 55:165-169.



**XI. APENDICE**

UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

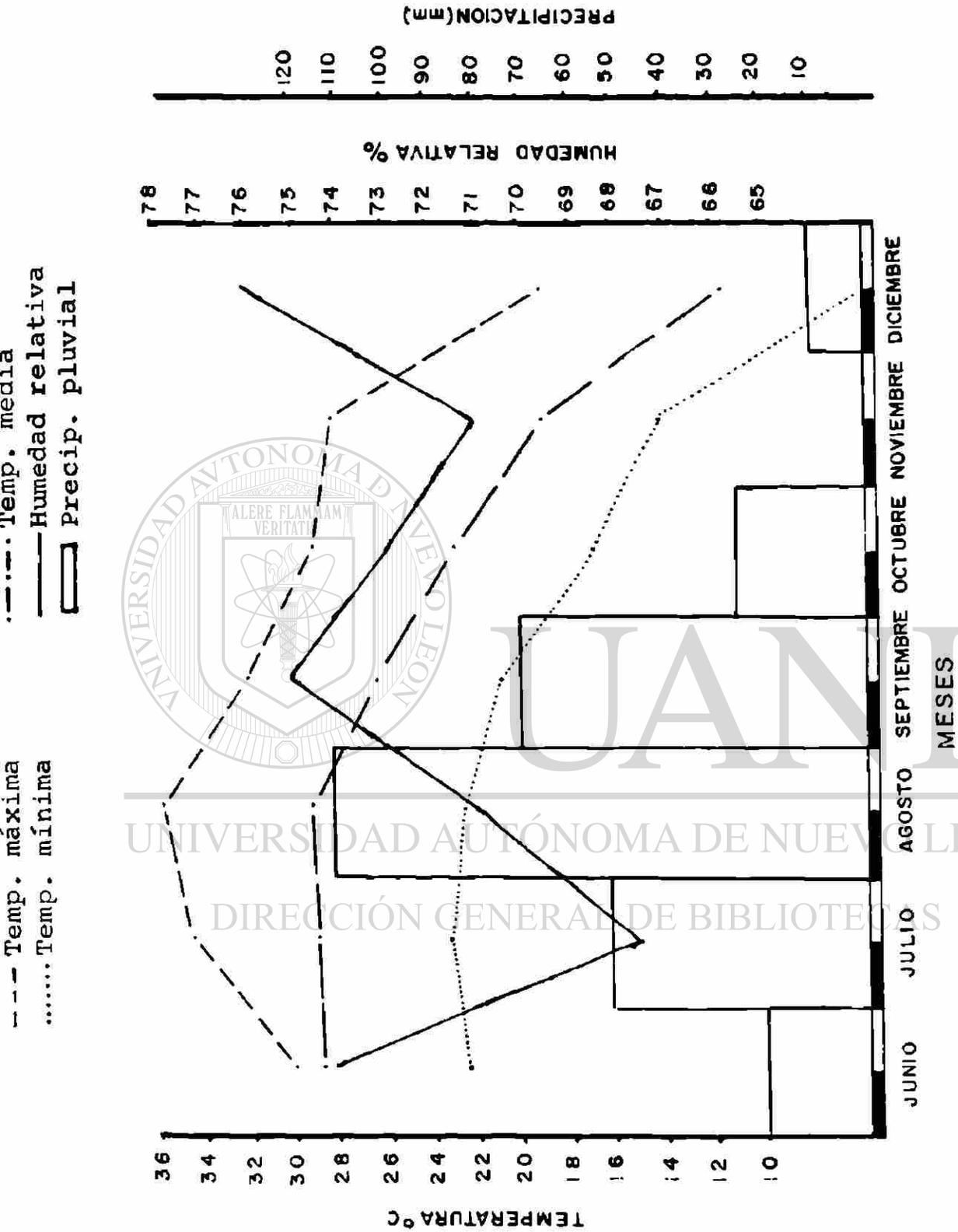


FIGURA 1a. Datos promedio de las temperaturas máxima, media y mínima, humedad relativa y precipitación pluvial en los meses de Junio a Diciembre de 1983. Marín, N.L.

CUADRO 1 a .- Análisis físico-químico del suelo del lote experimental situado en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. Marín, N.L., 1983.

DETERMINACION	ANALISIS	CLASIFICACION AGRONOMICA
Color (Escala Munsell)	Seco 10 y R 6/2 Húmedo 10 y R 5/3	Gris cafésáceo claro Café
Reacción (Relación suelo-agua 1:2)	pH 8.5	Moderadamente alcalino
Textura (Método del Hidrómetro)	Arena 24% Limo 24% Arcilla 52%	Arcillo
Materia Orgánica (Método Walkley y Black)	2.277 %	Medio
Nitrógeno total (Método Kjeldahl)	0.12 %	Medianamente pobre
Fósforo aprovechable (Método Olsen)	1.0 ppm	Bajo
Potasio aprovechable (Método Peech y English)	72 Kg/ha	Muy pobre
Sales solubles totales (Puente Wheatstone)	Cond. Elec. 2.0 mmhos/cm a 25°C.	No salino

CUADRO 2 a. Comparación de medias de las intensidades de luz totales (período matutino y vespertino) recibidas por los tratamientos.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Intensidades luminosas en Lux			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Promedio
0:3	50.00 a*	50.00 a	50.00 b	50.00 a
1:3	22.10 b	24.58 b	28.04 b	24.91 b
2:3	17.86 c	22.08 b	24.11 b	21.35 b
3:3	17.70 c	22.22 b	26.68 b	22.20 b
Tukey 0.05	3.20	3.87	6.00	4.07
C.V. (%)**	6.33	6.95	9.89	7.32

CUADRO 3 a. Comparación de medias de las intensidades de luz recibidas por los tratamientos durante el período matutino.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Intensidades luminosas en Lux			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Promedio
0:3	50.00 a*	50.00 a	50.00 a	50.00 a
1:3	20.03 b	24.32 b	27.61 b	23.99 b
2:3	18.02 b	23.12 b	26.42 b	22.52 b
3:3	17.22 b	22.43 b	25.98 b	21.88 b
Tukey 0.05	4.33	4.28	5.13	4.40
C.V. (%)**	8.76	7.61	8.41	7.92

\* = Letras iguales indican que las medias son iguales a un nivel de significancia del 0.05

\*\* = Coeficiente de variación.

CUADRO 4 a. Comparación de medias de las intensidades de luz recibidas por los tratamientos durante el período vespertino.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Intensidades luminosas en Lux			Promedio
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	
0:3	50.00 a*	50.00 a	50.00 a	50.00 a
1:3	24.17 b	24.84 b	28.47 b	25.83 b
2:3	17.70 c	21.05 b	21.80 b	20.18 b
3:3	18.19 c	22.01 b	27.38 b	22.53 b
Tukey 0.05	3.65	4.46	8.07	4.86
C.V. (%)**	7.06	8.07	13.47	8.73

CUADRO 5 a. Comparación de medias de la temperatura máxima recibida matutina y vespertina en conjunto por los tratamientos en el período dos.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Temperatura máxima en °C.	
	Matutino	Vespertino
0:3	38.70 a*	36.84 a
1:3	35.00 b	33.54 b
2:3	37.80 a	34.48 b
3:3	36.76 a	36.68 a
Tukey 0.05	2.50	2.26
C.V. (%)**	3.59	3.40

\* = Letras iguales indican que las medias son iguales a un nivel de significancia del 0.05.

\*\* = Coeficiente de variación.

CUADRO 6 a. Comparación de medias de la temperatura máxima recibida matutina y vespertina en conjunto por los tratamientos en el período tres.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Temperatura máxima en °C.	
	Matutino	Vespertino
0:3	32.90	34.42 a*
1:3	31.96	32.52 b
2:3	30.12	32.86 b
3:3	32.82	34.98 a
Tukey 0.05	N.S.**	1.95
C.V. (%)***	5.49	3.09

CUADRO 7 a. Comparación de medias de la temperatura del suelo recibida por los tratamientos en los períodos (1, 2 y 3).

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Temperatura del suelo en °C.			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Promedio
0:3	27.42	31.56 a*	34.30 a	29.76 a
1:3	26.34	29.52 b	28.64 a	28.17 b
2:3	26.28	29.18 b	28.06 b	27.84 b
3:3	25.94	28.36 b	28.12 b	27.47 b
Tukey 0.05	N.S.**	1.22	1.71	1.18
C.V. (%)***	3.14	2.19	3.17	2.23

\* = Letras iguales indican que las medias son iguales a un nivel de significancia del 0.05.

\*\* = No significativo en el análisis de varianza.

\*\*\* = Coeficiente de variación.

CUADRO 8 a. Longitud del tallo principal del frijol (Phaseolus vulgaris) Cv. Delicias-71 bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Longitud del tallo principal/planta			
	Surco 1	Sucro 2	Sucro 3	Promedio
0:3	48.97	41.06 b*	47.05	45.70
1:3	54.04	52.15 a	45.82	50.67
2:3	47.57	44.71 a	46.80	46.36
3:3	47.15	45.74 a	46.60	46.52
Tukey 0.05	N.S.**	10.69	N.S.	N.S.
C.V. (%)***	18.56	12.40	17.06	11.12

CUADRO 9 a. Ramas primarias por planta del frijol (Phaseolus vulgaris) Cv. Delicias-71 bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Número de ramas primarias por planta			
	Surco 1	Sucro 2	Sucro 3	Promedio
0:3	7.43	7.25	7.75 a*	7.48
1:3	7.71	7.73	8.12 a	7.85
2:3	7.33	7.13	7.66 b	7.17
3:3	7.33	6.66	7.75 a	7.22
Tukey 0.05	N.S.**	N.S.	0.92	N.S.
C.V. (%)***	11.25	11.58	6.41	7.27

\* = Letras iguales indican que las medias son iguales a un nivel de significancia del 0.05.

\*\* = No significativo en el análisis de varianza.

\*\*\* = Coeficiente de variación.

CUADRO 10 a. Longitud de ramas primarias del frijol (*Phaseolus vulgaris*) Cv. Delicias-71 bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Longitud de ramas primarias/planta			
	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Promedio
0:3	14.99	14.87	16.39	15.43
1:3	17.64	17.71	15.39	16.89
2:3	16.93	13.21	13.28	14.88
3:3	14.72	16.75	13.95	15.12
Tukey 0.05	N.S.*	N.S.	N.S.	N.S.
C.V. (%)***	20.88	21.19	19.70	15.38

CUADRO 11 a. Cantidad de nudos del tallo principal del frijol (*Phaseolus vulgaris*) Cv. Delicias-71 bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Número de nudos/planta			
	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Promedio
0:3	11.15 b**	10.72	11.72	11.20 b
1:3	12.93 a	12.70	11.73	12.46 a
2:3	12.26 a	11.20	12.00	11.82 b
3:3	11.86 b	11.80	11.80	11.82 b
Tukey 0.05	1.46	N.S.*	N.S.	1.09
C.V. (%)***	6.61	10.20	5.32	4.93

\* = No significativo en el análisis de varianza

\*\* = Letras iguales indican que las medias son iguales a un nivel de significancia del 0.05.

\*\*\* = Coeficiente de variación.

CUADRO 12 a. Longitud de entrenudos del tallo principal del frijol (*Phaseolus vulgaris*) Cv. Delicias-71 bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Longitud de entrenudos por planta			
	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Promedio
0:3	44.08	36.02 b*	47.77	41.62
1:3	50.50	49.47 a	45.12	48.36
2:3	45.26	42.54 a	44.35	44.05
3:3	48.66	48.54 a	43.06	46.75
Tukey 0.05	N.S.**	13.29	N.S.	N.S.
C.V. (%)***	13.79	16.03	17.88	11.42

CUADRO 13 a. Peso seco del tallo por planta del frijol (*Phaseolus vulgaris*) Cv. Delicias-71 bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Peso seco del tallo/planta			
	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Promedio
0:3	8.31	7.46	6.87	7.55
1:3	6.89	5.88	6.59	6.46
2:3	6.24	4.74	5.44	5.47
3:3	6.18	6.38	4.95	5.84
Tukey 0.05	N.S.**	N.S.	N.S.	N.S.
C.V. (%)***	36.14	26.79	30.27	25.82

\* = Letras iguales indican que las medias son iguales a un nivel de significancia del 0.05

\*\* = No significativo en el análisis de varianza

\*\*\* = Coeficiente de variación.

CUADRO 14 a. Alturas del dosel vegetal del frijol entre los 33 y 78 días después de la siembra bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Días después de la siembra						
	33	43	50	57	66	73	78
0:3	11.9	13.8	22.3	26.1	26.5 b*	30.2	24.5
1:3	12.7	16.8	23.9	27.9	29.0 a	29.6	27.5
2:3	11.2	13.8	21.6	28.2	30.1 a	31.4	28.4
3:3	12.3	15.4	22.4	29.5	30.9 a	32.0	27.1
Tukey 0.05	N.S.**	N.S.	N.S.	N.S.	4.8	N.S.	N.S.
C.V. (%)***	17.66	19.85	17.60	16.84	8.92	7.94	8.77

\* = Letras iguales indican que las medias son iguales a un nivel de significancia del 0.05

\*\* = No significativo en el análisis de varianza.

\*\*\* = Coeficiente de variación.

CUADRO 15 a. Peso seco del pericarpio por planta del frijol (*Phaseolus vulgaris*) Cv. Delicias-71 bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Peso seco del pericarpio/planta			
	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Promedio
0:3	3.92	3.15	3.26	3.44
1:3	3.19	3.34	3.02	3.18
2:3	2.60	2.14	2.34	2.36
3:3	2.44	2.63	2.10	2.39
Tukey 0.05	N.S.**	N.S.	N.S.	N.S.
C.V. (%)***	43.17	48.70	30.08	34.28

CUADRO 16 a. Comparación de medias del peso seco de 100 semillas normales bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Peso seco de 100 semillas normales (g)			
	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Promedio
0:3	15.08	15.14 b*	15.80 b	15.34 b
1:3	16.16	15.66 a	16.22 a	16.01 a
2:3	16.34	17.54 a	17.34 a	17.07 a
3:3	17.32	16.96 a	17.60 a	17.29 a
Tukey 0.05	N.S.**	1.97	1.75	1.41
C.V. (%)***	9.66	6.44	5.59	7.95

\* = Letras iguales indican que las medias son iguales a un nivel de significancia del 0.05.

\*\* = No significativo en el análisis de varianza

\*\*\* = Coeficiente de variación.

CUADRO 17 a. Comparación de medias del volumen de 100 semillas normales bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Volumen de 100 semillas normales (cc)			
	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Promedio
0:3	13.32 b*	13.54 b	14.12	13.66 b
1:3	14.68 a	13.96 a	14.52	14.38 a
2:3	15.04 a	15.30 a	15.28	15.20 a
3:3	15.42 a	14.88 a	15.26	15.18 a
Tukey 0.05	1.81	1.96	N.S.**	1.37
C.V. (%)***	6.62	7.27	6.33	8.70

CUADRO 18 a. Rendimiento en grano por planta del frijol (Phaseolus vulgaris) Cv. Delicias-71 en los diferentes surcos bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Rendimiento por planta <sup>(R)</sup>			
	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Promedio
0:3	5.34	5.61	6.10	5.68
1:3	4.24	5.90	6.40	5.51
2:3	5.34	6.24	6.19	5.92
3:3	5.86	6.89	7.10	6.62
Tukey 0.05	N.S.**	N.S.	N.S.	N.S.
C.V. (%)***	30.15	21.23	21.37	19.83

\* = Letras iguales indican que las medias son iguales a un nivel de significancia del 0.05.

\*\* = No significativo en el análisis de varianza.

\*\*\* = Coeficiente de variación.

CUADRO 17 a. Comparación de medias del volumen de 100 semillas normales bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Volumen de 100 semillas normales (cc)			
	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Promedio
0:3	13.32 b*	13.54 b	14.12	13.66 b
1:3	14.68 a	13.96 a	14.52	14.38 a
2:3	15.04 a	15.30 a	15.28	15.20 a
3:3	15.42 a	14.88 a	15.26	15.18 a
Tukey 0.05	1.81	1.96	N.S.**	1.37
C.V. (%)***	6.62	7.27	6.33	8.70

CUADRO 18 a. Rendimiento en grano por planta del frijol (*Phaseolus vulgaris*) Cv. Delicias-71 en los diferentes surcos bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Rendimiento por planta <sup>®</sup>			
	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Promedio
0:3	5.34	5.61	6.10	5.68
1:3	4.24	5.90	6.40	5.51
2:3	5.34	6.24	6.19	5.92
3:3	5.86	6.89	7.10	6.62
Tukey 0.05	N.S.**	N.S.	N.S.	N.S.
C.V. (%)***	30.15	21.23	21.37	19.83

\* = Letras iguales indican que las medias son iguales a un nivel de significancia del 0.05.

\*\* = No significativo en el análisis de varianza.

\*\*\* = Coeficiente de variación.

CUADRO 19 a. Comparación de medias del índice de cosecha del frijol (Phaseolus vulgaris) Cv. Delicias-71 bajo diferentes arreglos topológicos con maíz.

ARREGLOS TOPOLOGICOS	Índice de cosecha			
	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Promedio
0:3	0.81 a*	0.76	0.87	0.81 a
1:3	0.56 b	0.69	0.82	0.67 b
2:3	0.80 a	0.80	0.79	0.79 a
3:3	0.76 a	0.81	0.86	0.81 a
Tukey 0.05	0.23	N.S.**	N.S.	0.15
C.V. (%)***	16.73	12.48	12.04	10.86

- \* = Letras iguales indican que las medias son iguales a un nivel de significancia del 0.05.  
 \*\* = No significativo en el análisis de varianza.  
 \*\*\* = Coeficiente de variación.

