

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



INFLUENCIA DEL MICROAMBIENTE SOBRE EL
COMPORTAMIENTO DEL FRIJOL (*Phaseolus
vulgaris* L.) EN 6 ARREGLOS TOPOLOGICOS
DE ASOCIACION CON MAIZ (*Zea mays* L.).

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

ISRAEL CANTU SILVA

MARIN, N. L.

SEPTIEMBRE DE 1982

TL

SB327

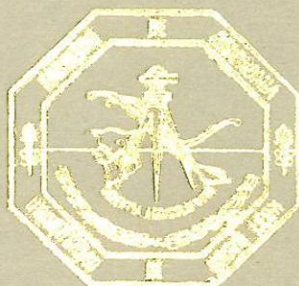
C35

c.1



1080061112

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



INFLUENCIA DEL MICROAMBIENTE SOBRE EL
COMPORTAMIENTO DEL FRIJOL (*Phaseolus
vulgaris* L.) EN 6 ARREGLOS TOPOLOGICOS
DE ASOCIACION CON MAIZ (*Zea mays* L.).

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

ISRAEL CANTU SILVA

MARIN, N. L.

SEPTIEMBRE DE 1982

T/
SB 327
.035



Biblioteca Central
Maza Solidaridad

F. Tesis



UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



T E S I S

INFLUENCIA DEL MICROAMBIENTE SOBRE EL
COMPORTAMIENTO DEL FRIJOL (*Phaseolus
vulgaris* L.) EN 6 ARREGLOS TOPOLOGICOS
DE ASOCIACION CON MAIZ (*Zea mays* L.).

Elaborada por:

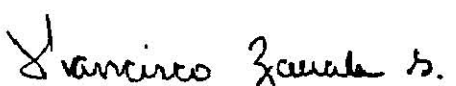
ISRAEL CANTU SILVA

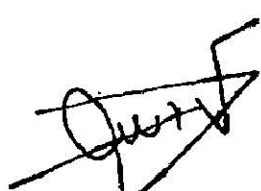
Aceptada y aprobada como requisito par-
cial para optar por el título de:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

COMITE SUPERVISOR DE TESIS


M.C. Gilberto E. Salinas García.
CONSEJERO


M.C. Francisco Zavala García
ASESOR


M.C. Cesareo Guzmán Flores
ASESOR

MARIN, N.L.

SEPTIEMBRE DE 1982

CON CARINO

A MI FAMILIA

MUY ESPECIALMENTE A SULY

A MI ESCUELA Y MIS MAESTROS

Y A TODOS MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

QUE GRACIAS A TODOS Y CADA UNO DE ELLOS FUE POSIBLE LA REALIZACION DEL PRESNTE TRABAJO.

MIS MAS SINCEROS AGADECIMIENTOS

- Al Ing. M.C. Gilberto E. Salinas García por su atinada asesoría y dirección en el presente trabajo.
- A los Ings. M.C. Francisco Zavala García y Cesareo Gúzman -- Flores, por la tenaz revisión realizada en el presente trabajo.
- Al Ing. M.C. Marco Vinicio Gómez Meza por la asesoría brindada durante el desarrollo estadístico del presente trabajo.

A todas las personas (amigos y compañeros) que de una u otra manera participan en la presente investigación, y que por temor a omitir a alguien no se mencionan, sinceramente, mil -- gracias a todos.

- A la Srita. Martha por su ayuda desinteresada en la mecanografía del presente escrito, y así como también a la Srita. Connie por su colaboración

LA AGRICULTURA ES LA INDUSTRIA QUE SE
REFIERE A LA COSECHA DE ENERGIA SOLAR
A TRAVES DE LAS PLANTAS.

SAN PIETRO

CONTENIDO

	PAGINA
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	xi
SUMMARY	xvi
RESUMEN	xvii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Fotosíntesis	3
2.1.1. Ciclo de Calvin (C ₃)	3
2.1.2. Ciclo de Hatch y Slack (C ₄)	4
2.1.3. Algunos factores que influyen sobre la intensidad de la fo- tosíntesis	5
2.1.3.1. Intensidad lumínica	6
2.1.3.2. Calidad de luz	6
2.1.3.3. Transmisión, Absor- ción y Reflexión de luz por la hoja	9
2.1.3.4. Punto de saturación y punto de compensa- ción de luz	11
2.1.3.5. Punto de compensa- ción de CO ₂	12
2.1.3.6. Temperatura	13
2.1.4. Fotorrespiración	14
2.1.5. Maíz una planta C ₄ vs. Frijol una planta C ₃	16
2.2. Respiración	21
2.2.1. Efecto de la temperatura sobre la respiración	21
2.3. Fisiología del Frijol	23
2.3.1. Componentes del rendimiento	23
2.3.2. Efecto de la temperatura sobre:	24

2.3.2.1.	La tasa de absorción de	
	CO ₂	24
2.3.2.2.	La formación y abscisión	
	de flores y vainas.	25
2.3.2.3.	La viabilidad del polen	27
2.3.2.4.	La duración del ciclo del	
	cultivo	27
2.2.3.	Efecto de la luz y/o radiación <u>so</u>	
	lar sobre:	27
2.3.3.1.	La fotosíntesis	27
2.3.3.2.	La tasa de absorción de	
	CO ₂	28
2.3.3.3.	La anatomía, morfología y	
	rendimiento del frijol.	28
2.3.3.4.	La abscisión de flores y	
	vainas.	31
2.4.	Fisiología del Maíz	32
2.4.1.	Componentes del rendimiento.	32
2.4.2.	Arquitectura de planta	32
2.4.3.	Arreglos topológicos y Radiación	
	neta del cultivo	33
2.4.4.	Efectos de la alta luminosidad en	
	el rendimiento del maíz	35
2.5.	Análisis de Crecimiento	36
2.5.1.	Crecimiento en función del tiempo.	36
2.5.2.	Análisis de crecimiento en frijol	38
	2.5.2.1. Etapas de crecimiento	38
	2.5.2.2. Acumulación de materia	
	seca.	40
2.5.3.	Análisis de crecimiento en maíz	40
	2.5.3.1. Fases del crecimiento	40
	2.5.3.2. Area foliar y materia <u>se</u>	
	ca.	41

	PAGINA
2.6. Multicultivos	42
2.6.1. Importancia socio-económica y ecológica	42
2.6.2. Razón de superficie equivalente (RSE)	45
2.6.3. Asociación Maíz-Frijol	46
2.6.3.1. Rendimiento de Maíz-Frijol asociados vs. unicultivos	49
2.6.3.2. Efecto del arreglo espacial y microambiente en las asociaciones	50
2.6.3.3. Plagas y enfermedades en asociación vs. unicultivos	52
2.7. Competencia Intra e Interespecifica	52
2.7.1. Competencia interespecifica Maíz-Frijol	53
2.7.2. Competencia intraespecifica en Maíz	54
3. MATERIALES Y METODOS	55
3.1. Materiales	55
3.1.1. Material genético	55
3.1.2. Material no-genético	57
3.2. Métodos	59
3.2.1. Datos del frijol	62
3.2.2. Datos del maíz	64
3.2.3. Datos ambientales	65
3.2.4. Análisis estadístico	65
3.2.5. Labores culturales y fenómenos de desarrollo de los cultivos a través del ciclo.	68
3.2.6. Factores bióticos y abióticos que se presentaron durante el desarrollo	68

	PAGINA
llo de los cultivos, y el manejo de los mismos	70
4. RESULTADOS	77
4.1. Variables en frijol	77
4.1.1. Variables morfológicas	77
4.1.2. Análisis del crecimiento	78
4.1.3. Rendimiento de grano y sus componen <u>tes</u> tes	81
4.2. Variables en maíz	87
4.2.1. Variables morfológicas	87
4.2.2. Análisis del crecimiento	87
4.2.3. Rendimiento de grano y sus componen <u>tes</u> tes	87
4.3. Variables ambientales	91
4.4. Orientaciones del surcado	99
4.5. Correlaciones en frijol	103
4.6. Correlaciones en maíz	103
4.7. Regresión en frijol	104
4.8. Regresión en maíz	104
4.9. Rendimientos de unicultivos vs. rendimien <u>tos</u> de asociación	105
4.10. Razón de superficie equivalente (RSE)	105
5. DISCUSION	107
6. CONCLUSIONES	119
7. RECOMENDACIONES	123
8. BIBLIOGRAFIA	124
9. APENDICE	135

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
2.1.	Ejemplos de plantas comunes con diferentes tipos fotosintéticos,	20
4.1.	Comparación de medias entre tratamientos para la longitud de la gufa principal - del frijol,	78
4.2.	Comparación de medias entre tratamientos para el peso seco del frijol en el muestreo 1,	79
4.3.	Comparación de medias entre tratamientos para el peso seco del frijol en el muestreo 2,	79
4.4.	Comparación de medias entre tratamientos para el rendimiento por planta en frijol,	86
4.5.	Comparación de medias entre tratamientos para el número de vainas por planta en - frijol,	86
4.6.	Comparación de medias entre tratamientos para altura final del maíz,	88
4.7.	Comparación de medias entre tratamientos para el número de hojas aparecidas en el muestreo 4 en maíz,	88

4.8.	Comparación de medias entre tratamientos para las temperaturas máxima, mínima, mediodía y promedio de la semana 3 (27 días después de la emergencia del frijol)	95
4.9.	Comparación de medias entre tratamientos para las temperaturas máxima, mínima, mañana, mediodía y promedio de la semana 4 (34 días después de la emergencia del frijol).	96
4.10.	Comparación de medias entre tratamientos para las temperaturas máxima, mínima, mediodía y promedio de la semana 5 (41 días después de la emergencia del frijol).	97
4.11.	Resultados de las variables ambientales que presentaron significancia para el factor orientación del surcado.	102
4.12.	Resultados de los tratamientos que presentaron significancia en algunas variables ambientales, para el factor orientación del surcado.	102
4.13.	Comparación del valor de la producción de unicultivos vs. asociaciones	100

CUADRO

PAGINA

5.1.	Representación de los factores negativos (temperatura, granizo, plaga e intensidad lumínica) que se presentaron en los diferentes tratamientos	111
9.1.	Resumen de los resultados de los análisis de varianza efectuados para las variables bajo estudio y su significancia.	136

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
2.1.	Partes escogidas de un corte transversal de una hoja de caña de azúcar.	5
2.2.	Estratificación en un bosque de lluvia tropical, visto en una sección transversal vertical.	8
2.3.	Ubicación de la luz visible en el espectro global de la radiación electromagnética.	8
2.4.	Representación en diagrama de la pérdida de energía en un ecosistema típico de la tierra.	9
2.5.	Influencia de diferentes intensidades lumínicas sobre la velocidad de la fotosíntesis.	12
2.6.	Influencia de la temperatura sobre el rendimiento fotosintético a baja y alta intensidad lumínica.	14
2.7.	Respuesta fotosintética comparativa de las plantas C ₃ y C ₄ a incrementos en la intensidad de la luz y en la temperatura.	19
2.8.	Diagrama de los componentes del rendi-	

	miento y de los procesos fisiológicos y factores del medio involucrados en dichos componentes.	24
2.9.	Curva de crecimiento con su forma característica en "S",	39
3.1.	Variaciones de la temperatura promedio, precipitación y humedad relativa que se presentan en la región de Marín, N.L. (Estación meteorológica de la Facultad de Agronomía U.A.N.L.)	72
3.2.	Representación de los arreglos topológicos realizados en maíz y frijol.	73
3.3.	Dimensiones de la parcela experimental y su división en parcela útil y parcela de muestreos.	74
3.4.	Croquis del experimento y distribución de los tratamientos.	75
3.5.	Representación del tipo de muestreo utilizado en los tratamientos 1, 2 y 4, para llevar a cabo el análisis de acumulación de materia seca.	76

FIGURA	PAGINA
4.1. Curvas de acumulación de materia seca en frijol, a través del ciclo del cultivo.	80
4.2. Curvas de acumulación de materia seca en frijol, a través del ciclo del cultivo para cada uno de los estratos en los tratamientos 1, 2 y 4.	82
4.3. Tasas relativas de crecimiento en frijol, a través del ciclo del cultivo, (Fisher).	83
4.4. Tasas relativas de crecimiento en frijol, a través del ciclo del cultivo, (Radford),	84
4.5. Tasas relativas de crecimiento en frijol, a través del ciclo del cultivo, (Buttery).	85
4.6. Curvas de crecimiento de la altura del maíz, a través del ciclo del cultivo.	89
4.7. Curvas de crecimiento del número de hojas en maíz, a través del ciclo del cultivo.	90

FIGURA		PAGINA
4.8.	Variaciones de la temperatura <u>promedio</u> que se presentaron a través del ciclo de desarrollo de los cultivos,	92
4.9	Variaciones de la temperatura <u>máxima</u> que se presentaron a través del ciclo de desarrollo de los cultivos,	93
4.10,	Variaciones de la temperatura del <u>mediodía</u> que se presentaron a través del ciclo de desarrollo de los cultivos,	94
4.11.	Variaciones de la temperatura <u>mínima</u> que se presentaron a través del ciclo de desarrollo de los cultivos,	98
4.12.	Variaciones de la temperatura de la <u>mañana</u> que se presentaron a través del ciclo de desarrollo de los cultivos,	100
4.13	Variaciones de la temperatura de la <u>tarde</u> que se presentaron a través del ciclo de desarrollo de los cultivos,	101
9.1.	Precipitación vs. Evaporación durante el ciclo de desarrollo de los cultivos. (Estación meteorológica de la Facultad de Agro-	

FIGURA	PAGINA
nomía U.A.N.L.)	140
9.1.a. Temperatura (Máxima, mínima y promedio) y humedad relativa ambiental que se pre- sentó durante el desarrollo de los cul- tivos. (Estación meteorológica de la Facultad de Agronomía U.A.N.L.)	141

SUMMARY

Six topological arrangements were made to study intercropping maize (H-417) and bean (Pinto Americano). The objective of this study was to find an alternative to increase bean production on spring time under the Low Plains of Nuevo León, México environmental conditions.

The maximum, minimum and average temperatures were recorded daily. Also, to analyze temperature fluctuations along the daytime, temperature was recorded in the morning (8:00), at noon (12:00) and in the afternoon (5:00). Corn plants were measured in height, number of leaves, and leaf area during different growth stages to estimate the amount of shadow projected over the bean plants. Accordingly, dry matter accumulation was analyzed on bean plants.

Results indicated that bean increased yields when intercropping with maize. There were no statistical differences among the various associations. Although, sole bean cropping recorded an almost nil production. The positive effect of intercropping was due, probably, to reductions in temperature and light intensity resulted from the protected shadow of corn plants. Corn production was not statistically different for the various treatments. So it may be inferred that these topological arrangements did not affect corn.

RESUMEN

Se estudiaron seis arreglos topológicos de asociación maíz-frijol con el fin de encontrar una alternativa que permita incrementar la producción de frijol durante el ciclo temprano, bajo las condiciones de la zona baja del estado de Nuevo León.

El material genético que se utilizó en el presente trabajo fue el cultivar de frijol Pinto Americano y el híbrido de Maíz H-417.

Se consideraron diariamente, como variables ambientales, la temperatura máxima, mínima y promedio; temperaturas de la mañana (8:00), mediodía (12:00) y tarde (17:00). Se estimó además la altura de la planta, número de hojas y el área foliar del maíz, en diferentes estados de desarrollo, como medidas del sombreado que recibió el frijol contra la fuerte intensidad lumínica y como protección para regular las altas temperaturas que generalmente ocurren en éste ciclo.

Se estimaron los componentes morfológicos del rendimiento económico del frijol y maíz, así como también algunos otros caracteres agronómicos; además, se realizó un análisis de acumulación de materia seca en frijol en base a muestreos realizados durante el ciclo del cultivo.

Los resultados indicaron que en el frijol, se obtiene una mayor producción (Rendimiento económico) cuando éste se cultiva intercalado a 2 surcos o asociado con maíz, mientras que el unicultivo presentó una producción nula. Lo anterior

se debe, aparentemente, a los efectos de la asociación y del arreglo topológico de ésta, que provocan disminuciones en las temperaturas para el caso donde el cultivo se siembra asociado; para el intercalamiento el efecto del arreglo topológico se reflejó principalmente en la protección contra otros factores bióticos y abióticos.

En cuanto al rendimiento económico del maíz y sus componentes, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, por lo cual se infiere que los diferentes arreglos topológicos no afectaron la expresión de éstos caracteres del maíz.

De las características del microambiente formado en cada arreglo topológico, se puede plantear que el sombreo provocado por el maíz propició condiciones favorables para el desarrollo del frijol, principalmente en los arreglos de asociación, al disminuir la temperatura del aire en el estrato donde se desarrollaba el frijol y atenuar la gran intensidad lumínica que se abatía sobre el mismo.

Por último, se puede considerar que la producción del frijol, al asociarlo con maíz, representa una ganancia extra para el agricultor ya que el maíz no sufrió alteraciones significativas en su rendimiento por efecto de la asociación.

1. INTRODUCCION

Fotosintéticamente, el frijol ha sido clasificado como una planta C_3 , cuyos requerimientos ambientales en cuanto a luz y temperatura están bien definidos. Han sido muchos los investigadores que coinciden en señalar que las condiciones favorables para el desarrollo de éste cultivo son aquéllas que presentan bajas temperaturas y bajas intensidades lumínicas, ya que cuando es expuesto a altos niveles de éstos factores, el desarrollo de éste es menor, debido a que presenta el fenómeno de fotorrespiración. (Taylor y Rowley, 1971; Medina, 1977; Ray, 1977; Milthorpe y Moorby, y Evans citados por Lépiz, 1978 y Odum, 1979).

Se considera que de los problemas que se presentan al cultivar frijol en el ciclo temprano en la zona baja del estado de Nuevo León, los más importantes son las altas temperaturas y las altas intensidades lumínicas, que por lo general predominan al final de éste ciclo (Figura 3.1.) y que desafortunadamente coinciden con la etapa reproductiva del cultivo. La influencia nociva de las altas temperaturas puede reflejarse en un incremento en la caída de flores (Smith y Pryor, 1962), actuando de igual forma la alta intensidad lumínica (CIAT citado por Fanjúl, 1978).

Una de las alternativas que se plantean para incrementar la producción del frijol en dicho ciclo, es la de llevar a cabo la asociación maíz-frijol; ya que se sabe que al asociar ambos cultivos, el maíz estará interceptando una gran canti-

dad de luz, provocando de ésta forma un sombreo o protección al frijol que posiblemente se reflejará en una disminución de la temperatura y de la intensidad lumínica, formando de ésta manera un microambiente favorable para el desarrollo del frijol. A su vez, el grado de cobertura que proporcione el maíz, dependerá del arreglo espacial (arreglo topológico) que guarde dicho cultivo en el terreno. Considerando lo anterior, se ensayaron diversos arreglos topológicos como un factor de variación.

En base a las consideraciones y justificaciones que se mencionaron anteriormente, las hipótesis que se plantean en el presente trabajo son:

1. Las condiciones del microambiente formado en cada uno de los arreglos espaciales son diferentes.
2. El desarrollo del frijol y su rendimiento económico (grano), es distinto en los arreglos topológicos de asociación y en el unicultivo.
3. La eficiencia en el crecimiento del frijol se ve afectada por los arreglos topológicos y por el unicultivo
4. El desarrollo del maíz y su rendimiento económico (grano), es distinto en los arreglos topológicos de asociación y en el unicultivo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

El desarrollo de cualquier vegetal superior depende principalmente de tres procesos: fotosíntesis, respiración y nutrición.

2.1. FOTOSÍNTESIS

Es el proceso en el cual los organismos vegetales que contienen clorofila forman, en presencia de luz, sustancias orgánicas a partir de CO_2 y H_2O . Por regla general se origina al mismo tiempo oxígeno libre. La fotosíntesis tiene una posición especial entre los procesos biológicos dependientes de la luz, por utilizarse la energía radiante absorbida para la síntesis de compuestos de mayor contenido energético a partir de sencillos compuestos inorgánicos iniciales (Richter, 1979).

2.1.1. Ciclo de Calvin (C_3)

La fotosíntesis sólo puede efectuarse en la luz y presenta dos aspectos básicos:

1. La conversión de energía lumínica a energía química, y
2. La transformación del CO_2 a compuestos orgánicos, la cual se denomina fijación del CO_2 .

Calvin y sus colaboradores encontraron que el aceptor del CO_2 es el difosfato de ribulosa y el primer compuesto estable que se forma es el ácido fosfoglicérico (PGA) (Ray, 1977). En éste proceso, para reducir el CO_2 , no se requiere de luz y es llamada reacción oscura de la fotosíntesis (Sivori, Montal

di y Caso, 1980).

2.1.2. Ciclo de Hatch y Slack (C_4)

Hatch y Slack citados por Devlin (1980), detectaron una nueva vía metabólica para la incorporación del CO_2 durante la fotosíntesis en algunas gramíneas tropicales que se denominaron plantas C_4 . Experimentos en hojas de maíz, caña de azúcar y otras plantas que carecen de fotorrespiración, en las cuales se emplearon isótopos radiactivos, indican que el producto primario de la fijación del CO_2 no es el ácido fosfoglicérico (PGA) sino el ácido oxalacético, ácido orgánico de 4 carbonos. (Ray, 1977). Igualmente Sivori, Montaldi y Caso (1980), plantearon que en muchas especies de regiones tropicales y subtropicales, el CO_2 no se incorpora directamente a la planta por el ciclo de Calvin, sino que primero entra por un camino metabólico que involucra otro aceptor y un sistema multienzimático diferente, que ha sido denominado ciclo de Hatch y Slack o ciclo del carbono 4. Posteriormente el carbono es liberado y reducido en el ciclo de Calvin.

Las plantas C_4 tienen un tipo de anatomía foliar en extremo diferente, en él se presentan dos tipos de células fotosintéticas (las células del mesófilo y las de la cubierta del haz vascular) cuyos cloroplastos, de manera característica, difieren en tamaño y/o en estructura (Ray, 1977). Así mismo, varios investigadores han encontrado que en los haces vasculares existen dos capas concéntricas que contienen cloroplastos: se trata de una vaina interna de parénqui-

ma y una externa de mesófilo, generalmente separadas por una pared gruesa que suele contener suberina (Figura 2.1.) (Giese, 1975; Medina, 1977 y Odum, 1979). Existen indicaciones de que la fijación de CO_2 en ácidos de cuatro carbonos se efectúa de manera principal en las células de mesófilo, en tanto que la ruta C_3 ocurre principalmente en las células de la cubierta del haz vascular (Ray, 1977).

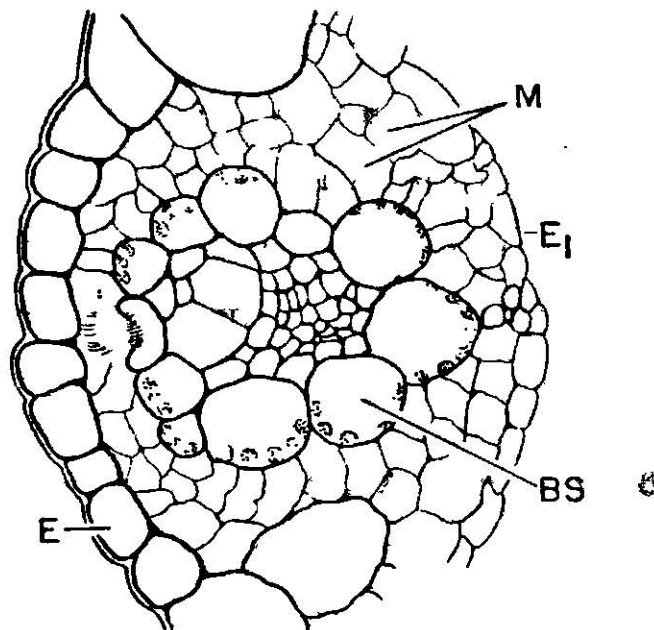


Figura 2.1. Partes escogidas de un corte transversal de una hoja de caña de azúcar. E, célula de la epidermis superior; M, células del mesófilo; BS, célula de la vaina del haz; E₁, epidermis inferior. (Giese, 1975).

2.1.3. Algunos factores que influyen sobre la intensidad de la fotosíntesis.

Los primeros intentos importantes para estudiar la dependencia de la fotosíntesis de los factores externos, fueron hechos por investigadores que estudiaban el concepto de

los tres puntos cardinales, una teoría inicialmente expuesta por Sach en 1860, citado por Devlin (1980). De acuerdo con ésta idea para cada factor relacionado con la fotosíntesis existe un mínimo, óptimo y máximo.

2.1.3.1. Intensidad lumínica. En general, cuando aumenta la intensidad de luz aumenta la fotosíntesis, pero se va produciendo una reducción de la velocidad de ésta, debido a otros factores limitantes o a los efectos destructores de la alta intensidad lumínica (Meyer, Anderson y Böhning, 1970 y Devlin, 1980). Es sabido también, que intensidades luminosas extremadamente altas ejercen efecto inhibitorio sobre la fotosíntesis, produciendo el fenómeno llamado solarización (Meyer, Anderson y Böhning, 1970).

2.1.3.2. Calidad de luz. Meyer, Anderson y Böhning (1970), informaron de una investigación donde se determinaron los efectos de diferentes longitudes de onda sobre la actividad fotosintética. Se midió la intensidad relativa de la fotosíntesis en trigo, con diferentes longitudes de onda de luz de igual intensidad, los resultados indicaron un máximo de actividad fotosintética con longitudes de onda de 655 nm en el rojo y un máximo secundario en los 440 nm en el azul.

La intensidad lumínica varía cuando se presenta el efecto de sombra de unas especies sobre otras o, incluso, la sombra arrojada de unas hojas sobre otras en una planta. Ahora bien, las hojas son casi transparentes a la radiación infrarroja, permitiendo por ello que un sotobosque, por ejem

plo, reciba luz considerablemente más rica en longitud de onda larga. Y, naturalmente, la intensidad de luz que llega al suelo del bosque queda fuertemente disminuída (Devlin, 1980), (Figura 2.2.). Igualmente, en días nublados la intensidad es menor que en días despejados y proporcionalmente más rica en longitud de onda correspondiente al azul y al verde; así como la luz filtrada a través de las copas de los árboles es por lo general proporcionalmente más rica en verdes que la luz solar directa, a causa de la absorción que las hojas efectúan sobre las bandas azul y rojo del espectro (Meyer, Anderson y Böhning, 1970).

Para dar un panorama sobre la gran cantidad de energía lumínica que se abate sobre la tierra y que no es utilizada por las plantas, (la cual por lo general se pierde en forma de calor) basta mencionar la información de Gates (1979), que señala que de la cantidad de luz solar que llega a la tierra sólo un 25% es de una longitud de onda que estimula la fotosíntesis y sólo una fracción de este 25% es utilizada por las plantas verdes (Figura 2.3.). Al respecto se ha informado que en promedio, el 98% de la energía lumínica disponible del sol se pierde y que menos del 2% es captada por las plantas (Emmel, 1975), (Figura 2.4.). Así también Riabchikov (1976) menciona que de la radiación fotosintéticamente activa (la cual no supera el 50% del total), el promedio de consumo de los vegetales es tan solo el 0.5%.

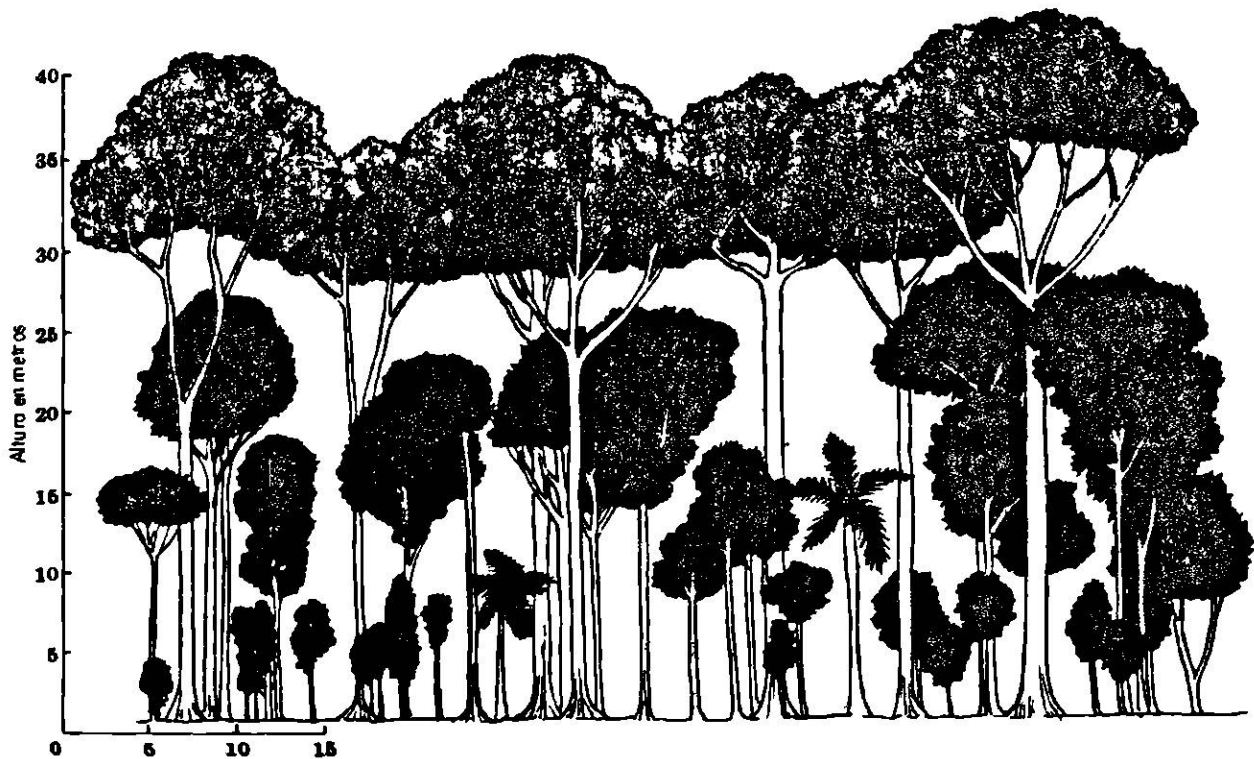


Figura 2.2. Estratificación en un bosque de lluvia tropical, visto en sección transversal vertical. (Emmel, 1975).

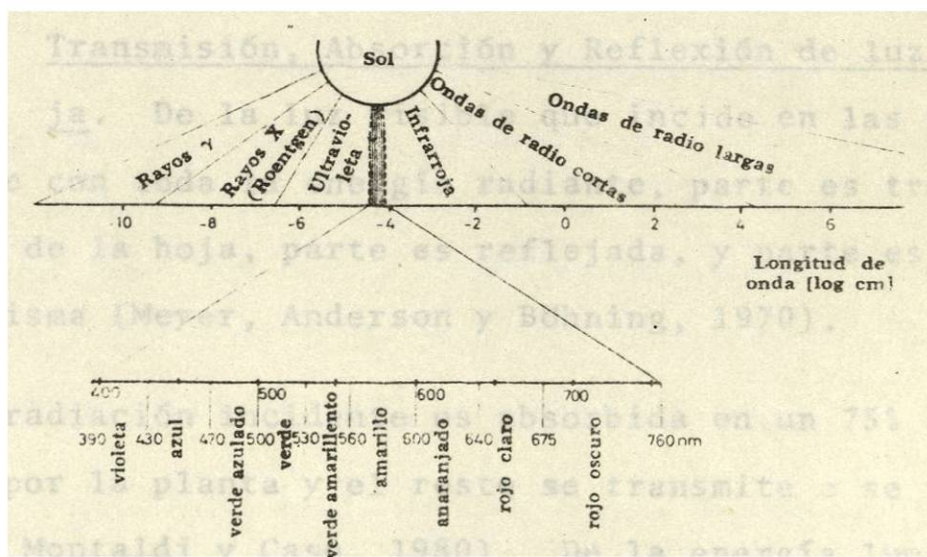


Figura 2.3. Ubicación de la luz visible en el espectro global de la radiación electromagnética. (Richter, 1979).

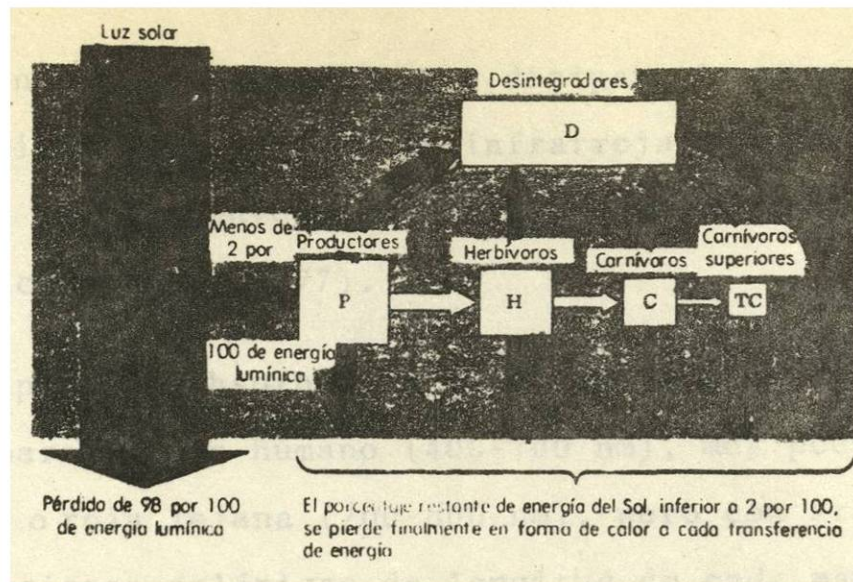


Figura 2.4. Representación en diagrama de la pérdida de energía en un ecosistema típico de la tierra. La luz solar penetra en el sistema desde fuera, y la mayor parte de la energía lumínica lo atraviesa, con una retención de menos del 2 por 100 por la fotosíntesis. (Emmel, 1975).

2.1.3.3. Transmisión, Absorción y Reflexión de luz por la hoja. De la luz visible que incide en las hojas, al igual que con toda la energía radiante, parte es transmitida a través de la hoja, parte es reflejada, y parte es absorbida por la misma (Meyer, Anderson y Böhning, 1970).

La radiación incidente es absorbida en un 75% aproximadamente por la planta y el resto se transmite o se refleja (Sivori, Montaldi y Caso, 1980). De la energía luminosa más la energía térmica (infrarroja) que es absorbida por la hoja, la cual se llama carga de radiación, solo una pequeña fracción es transformada por la fotosíntesis en energía química potencial, el resto se acumula como calor en la hoja. Hay

tres mecanismos principales que disipan el calor de la hoja - (1) la emisión de radiaciones infrarrojas al ambiente (rerradiación), (2) la convección del aire que la rodea y (3) la transpiración (Ray, 1977).

Las plantas absorben la mayor parte (80-90%) de la luz visible para el ojo humano (400-700 nm), muy poco (10-20%) la ultrarroja o roja lejana (700-800 nm), pero con gran intensidad las radiaciones calóricas de longitud de onda mayores de 1000 nm, debido al alto porcentaje de agua de sus tejidos (Sivori, Montaldi y Caso, 1980). Por otra parte Billings y Morris citados por Devlin (1980), encontraron que la cantidad máxima de luz reflejada corresponde aproximadamente a 550 nm y que, a ésta longitud de onda, casi un 15% de la luz incidente es reflejada; a partir de 675 nm se llega a una brusca subida en el porcentaje de reflexión, que alcanza la estabilización a 725 nm aproximadamente. Finalmente, se puede decir que las hojas reflejan en cantidad variable la luz que incide sobre ellas según su longitud de onda, el ángulo de incidencia de los rayos y las características morfológicas que las distinguen (Sivori, Montaldi y Caso, 1980).

La transmisión media de las hojas verdes es aproximadamente de un 10% de la luz blanca incidente libre de infrarrojos (Pokrowski, Seybold citados por Devlin, 1980). En éste sentido, los investigadores han encontrado que la transmisión media de las hojas va del 25% al 35% de luz incidente, incluyendo la radiación infrarroja (Devlin, 1980). En general se

sabe que las hojas son casi transparentes a las radiaciones infrarrojas y de longitud de onda superior (Rabinowitch citado por Devlin, 1980).

2.1.3.4. Punto de saturación y punto de compensación de luz.

El punto de compensación de luz se puede definir como el punto en donde el intercambio neto de CO_2 es nulo a cierta intensidad lumínica (Medina, 1977); o definiéndose también como la intensidad lumínica bajo la cual la cantidad producida de CO_2 , producto de la respiración, es igual a la cantidad de CO_2 fijada por la fotosíntesis. El punto de saturación de luz se define como aquel punto por encima de cierta intensidad lumínica en donde no hay incremento en el flujo neto del CO_2 (Medina, 1977); o bien definiéndose como la intensidad de luz sobre la cual, nuevos incrementos de ésta, no encuentran una respuesta de incremento en la fijación de CO_2 .

Hal y Rao citados por Lépiz (1978), en relación a la intensidad lumínica explican:

- a) Que a bajas intensidades de luz, la tasa fotosintética se incrementa linealmente en proporción de la intensidad lumínica; ésta parte de la curva, se designa como la región de luz limitante.
- b) Que a mayores intensidades de luz, la fotosíntesis se vuelve menos eficiente, hasta que incrementos posteriores en la intensidad no producen efecto sobre la tasa de fotosíntesis; ésta parte de la curva, donde

se hace horizontal, se le designa como región de saturación de luz (Figura 2.5.).

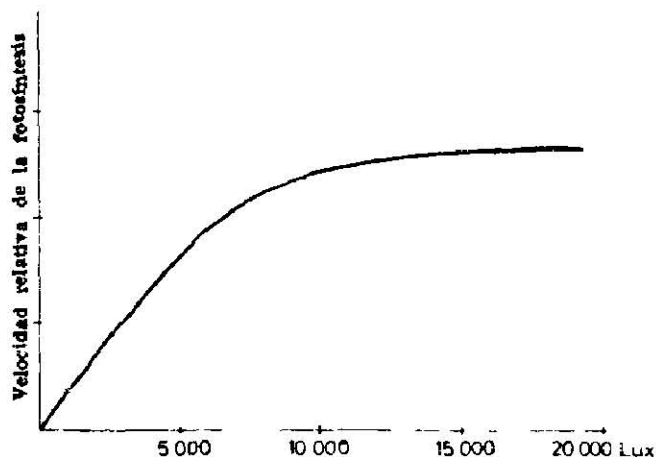


Figura 2.5. Influencia de diferentes intensidades lumínicas sobre la velocidad de la fotosíntesis, (Richter, 1979).

Así también Moss *et al.*, citados por Lépiz (1978), mencionan las plantas umbrófilas y las plantas heliófilas, siendo las primeras las que poseen un punto de compensación menor y alcanzan un punto de saturación a niveles bajos; las segundas tienen un punto de compensación mayor y alcanzan su punto de saturación a niveles altos.

2.1.3.5. Punto de compensación de CO_2 . Al respecto Medina (1977), hace el resumen siguiente:

a) Plantas con bajo punto de compensación de CO_2 :

En éstas plantas, el CO_2 es fijado primariamente por la fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEP-carboxilasa) en las células del mesófilo mediante una reacción que resulta posteriormente en la síntesis de ácido málico y aspártico. Según la especie, predomina uno de los

dos ácidos. Estos son ácidos orgánicos de 4 carbonos por lo cual éstas plantas se han denominado C₄.

b) Plantas con alto punto de compensación de CO₂.

En éstas plantas el CO₂ lo fija la enzima ribulosa-difosfato-carboxilasa (RUDP-carboxilasa) por medio de una reacción de la que resulta la síntesis de ácido fosfoglicérico (PGA). El producto es un ácido orgánico de 3 carbonos, por lo que en la literatura, éstas plantas se denominan C₃.

El aumento de la temperatura puede provocar aumento de los puntos de compensación de luz y del CO₂. Estas correlaciones pueden interpretarse a partir de la interacción de procesos bioquímicos y fotoquímicos, principalmente en los cloroplastos, y también teniendo en cuenta procesos oxidativos asociados a las mitocondrias y a los peroxisomas (Medina, 1977).

2.1.3.6. Temperatura. Sivori, Montaldi y Caso (1980), expresan que el acto fotoquímico de la fotosíntesis no se ve afectado por la temperatura y que la etapa bioquímica es regulada por enzimas, cuya actividad es muy dependiente de la temperatura. A menudo ocurre que, cualquier aumento de la temperatura provoca una aceleración de la fotosíntesis, si ésta no se encuentra limitada por otros factores (Devlin, 1980; Sivori, Montaldi y Caso, 1980), (Figura 2.6.). Este aumento en la fotosíntesis ocurre durante un corto período, aún a temperaturas elevadas (45°), para luego declinar rápidamente. Es decir que además de la temperatura, el factor tiempo de acción

(sobre las enzimas) desempeña un papel importante (Sivori, Montaldi y Caso, 1980). La inactivación de las enzimas por altas temperaturas se cree sea la causa principal de la inhibición de la fotosíntesis (Devlin, 1980). La cual tiene un rango térmico óptimo entre los 10 y 35°C (Meyer, Anderson y Böhning, 1970).

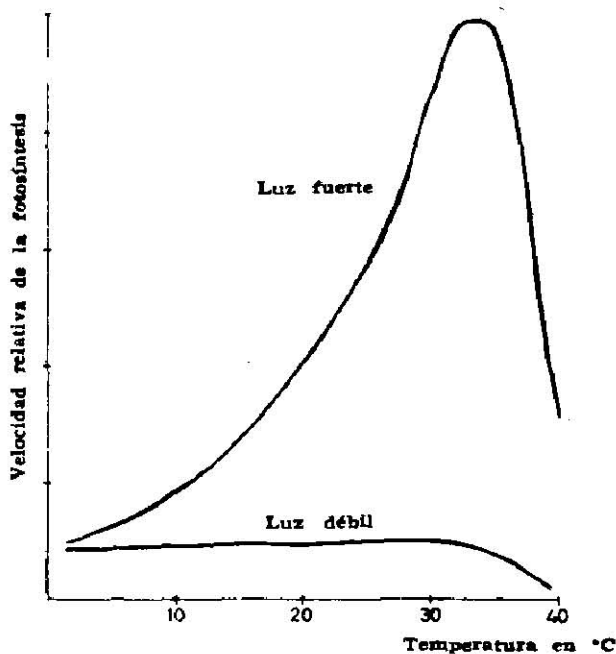


Figura 2.6. Influencia de la temperatura sobre el rendimiento fotosintético a baja y alta intensidad lumínica. (Richter, 1979).

2.1.4. Fotorrespiración:

Es un proceso por el cual algunos vegetales liberan CO_2 y consumen O_2 en presencia de luz. Se diferencia de la respiración oscura en que ocurre sólo a la luz y no aporta energía en cuanto a la formación de compuestos de hidrato de carbono. Para la planta significa una pérdida de carbono y de energía y su función en el metabolismo general no ha sido aún dilucidado (Sivori, Montaldi y Caso, 1980).

Muchas células fotosintéticas poseen un sistema enzimático de oxidasas glicólicas que pueden oxidar el ácido glicólico finalmente hasta CO_2 y se ha demostrado que está contenido en el peroxisoma, resultando que gran parte del ácido glicólico que se forma durante la fotosíntesis pasa con rapidez por un proceso de oxidación-reducción a formar CO_2 y que éste proceso contribuye a un componente de la respiración de las células verdes, estimulado por la luz, que ha sido llamado fotorrespiración (Ray, 1977).

Igualmente Meyer, Anderson y Böhning (1970) explican que éste proceso parece ser el resultado principal o probablemente único del fenómeno de foto-oxidación, en el cual las hojas expuestas a la luz consumen oxígeno. Este fenómeno es muy diferente a la respiración, ya que se lleva a cabo a través del mecanismo fotosintético, siendo su volumen unas 3 ó 4 veces mayor que el de la respiración. Por lo común, períodos cortos de foto-oxidación no son nocivos para las hojas u otros órganos fotosintéticos, pero la continuidad de éste proceso por más de algunas horas ocasiona frecuentemente la decoloración de la clorofila y finalmente la muerte de las células que la padecen.

La diferencia entre plantas con y sin fotorrespiración perceptible puede demostrarse siguiendo el curso de la producción de CO_2 , en la luz y en la obscuridad, rodeando a la planta de aire exento de CO_2 . Puede observarse que plantas, como el maíz, apenas producen CO_2 en la luz cuando están en el aire carente de éste gas, mientras que plantas, como la caraota

(Frijol negro *Phaseolus sp.*) desprenden una cantidad considerable de él. La cantidad de CO_2 producida por fotorrespiración es dependiente de la intensidad de la luz, lo que indica que se trata de la oxidación de un substrato producido durante el metabolismo fotosintético, y además es muy sensible a la temperatura. Observándose entonces que la eficiencia en la fijación de CO_2 en plantas con fotorrespiración, será relativamente menor a temperaturas más altas; mientras que no hay ninguna influencia sensible en las plantas sin fotorrespiración (Medina, 1977). Ray (1977) menciona que hasta un 30% del carbono fijado por fotosíntesis puede ser por éste medio recirculado a CO_2 y la energía que se consumió en su fijación es desperdiciada. Por otra parte, Sivori, Montaldi y Caso (1980), explican que algunos resultados sugieren que la luz azul y la roja lejana estimulan la fotorrespiración, independientemente de la fotosíntesis; y que la fotorrespiración aumenta con el incremento de la temperatura.

2.1.5. Maíz una planta C_4 vs. Frijol una planta C_3 .

El frijol ha sido clasificado como una planta de ruta C_3 y el maíz como una planta de ruta C_4 , basándose en la vía biosintética que sigue el carbono del CO_2 al ser fijado en la planta a través de los cloroplastos.

Al respecto Milthorpe y Moorby, y Evans citados por Lépiz (1978), descubrieron que bajo condiciones de días nublados, fríos y buena concentración de CO_2 , las plantas C_3 presentan ventajas sobre las C_4 ; por otro lado encontraron que

bajo condiciones de alta temperatura y alta luminosidad, las plantas C_4 presentan ventajas sobre las plantas C_3 .

Por otro lado, Taylor y Rowley (1971) evaluaron en plantas C_3 y C_4 el comportamiento de la fotosíntesis bajo condiciones de alta luminosidad constante y cambios de temperatura de 25°C a 10°C , observando que en plantas C_4 cuando la temperatura era disminuída éstas detenían inmediatamente la fotosíntesis y en cambio, en plantas C_3 al bajar la temperatura se notó que la capacidad fotosintética también disminuía, pero muy lentamente.

Ahora bien, se sabe que con alta intensidad lumínica las plantas C_3 presentan fotorrespiración. Dicho proceso se debe a que el carbón del CO_2 fijado durante la fotosíntesis, no es utilizado para la formación de carbohidratos, sino que éste es recirculado (hasta un 30%) nuevamente a CO_2 y con el inconveniente de que la energía que se consumió en su fijación es desperdiciada (Ray, 1977). En cambio, en plantas C_4 se ha comprobado que carecen de fotorrespiración, en consecuencia éstas plantas no desperdician el CO_2 que han fijado por fotosíntesis y por ello tienen mayor eficiencia fotosintética en condiciones de alta intensidad luminosa o de concentraciones bajas de CO_2 (Ray, 1977). (Figura 2.7.).

La importancia del metabolismo fotosintético C_3 y C_4 en las relaciones de competencia entre plantas superiores en condiciones naturales y su distribución en habitats ecológicos específicos, derivan fundamentalmente de las siguientes conside-

raciones:

- a) La carencia de fotorrespiración es causa de que, por lo general, las plantas C_4 posean fotosíntesis neta por unidad de área foliar significativamente mayor. En efecto, si se piensa en plantas cultivadas, resulta que especies C_4 , como maíz, sorgo y caña de azúcar, tienen una capacidad de producción de materia seca muy superior a la de los cultivos con especies C_3 (Medina, 1977).
- b) La mayor capacidad fotosintética de las plantas C_4 y la dependencia de la fotorrespiración de las C_3 , trae como consecuencia que la capacidad competitiva de plantas C_4 en habitats cálidos y áridos sea considerablemente mayor que en las C_3 , debido sobre todo a la mayor eficiencia de las C_4 en la utilización de agua (Walter, Back citados por Medina, 1977 y Medina, 1977).
Las plantas C_4 en condiciones normales de irrigación y nutrición mineral consumen de 275 a 375 litros de agua por cada kilogramo de materia seca producida, mientras que en las mismas condiciones, las C_3 consumen de 500 a 900 litros de agua (Walter, Back citados por Medina, 1977 y Odum, 1979).
- c) El mayor costo de energéticos del metabolismo C_4 , en comparación con el C_3 , lo excluye de habitats sombreados y reduce su ventaja competitiva de habitats fríos, donde la fotorrespiración de las C_3 es relativamente

menos importante (Medina, 1977).

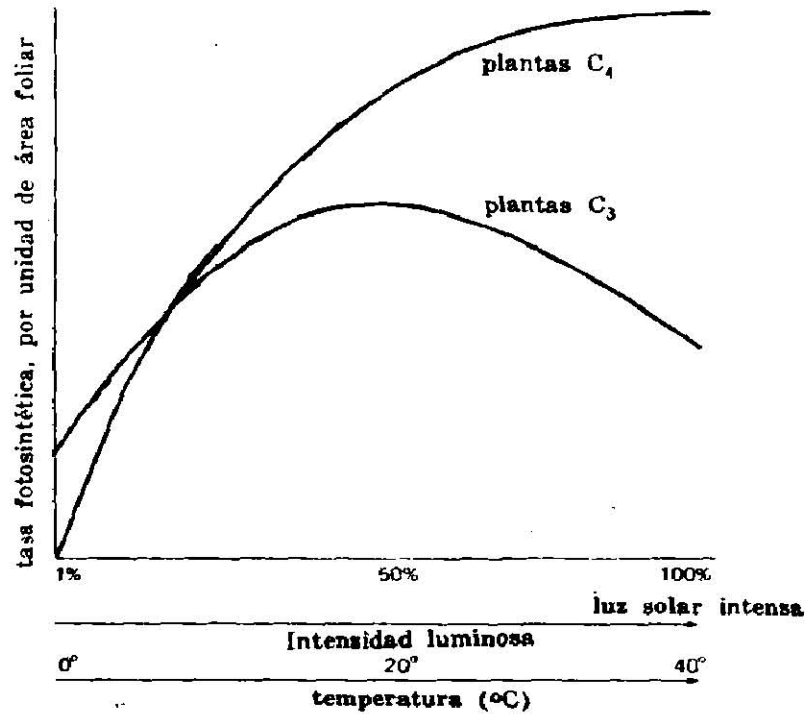


Figura 2.7. Respuesta fotosintética comparativa de las plantas C₃ y C₄ a incrementos en la intensidad de la luz y en la temperatura. (Odum, 1977).

Así también Sivori, Montaldi y Caso (1980), explican que en las especies en las cuales ocurre solamente el ciclo de Calvin (C₃), las cantidades de CO₂ incorporadas varían entre 4 y 20 mg. de CO₂ dm⁻² h⁻¹, mientras que en aquellas donde funcionan los ciclos C₄ y C₃ en forma conjunta, son mucho más altas: 50 a 80 mg. CO₂ dm⁻² h⁻¹. Las primeras reciben el nombre de plantas de baja eficiencia, mientras que las segundas se les llama de alta eficiencia. Las diferencias de intensidad fotosintética entre los dos grupos de plantas se debe a los distintos mecanismos de fijación de CO₂.

Se ha observado que en zonas donde las condiciones hídri

cas son favorables durante todo el año, dominan las especies C_3 , mientras que en las zonas donde se presenta una drástica dosecación al declinar las lluvias, predominan las especies C_4 . Cuanto mayor es el período de precipitación mayor es el número de especies C_3 que sustituyen a las especies C_4 (Medina, 1977).

Sin embargo, no se comprende por que siendo las plantas C_4 más eficientes fotosintéticamente en condiciones de alta intensidad de luz y temperatura, no han desplazado a las formas C_3 cuando conviven con ellas y disponen de agua suficiente. La respuesta a ésta interrogante no es simple, porque no todo el comportamiento ecológico de una especie puede explicarse en función del metabolismo fotosintético; en este sentido se sabe que el margen de tolerancia a las condiciones de luz y temperatura y la adaptación del aparato fotosintético están además determinados genéticamente (Medina, 1977).

Cuadro 2.1. Ejemplos de plantas comunes con diferentes tipos fotosintéticos. (Medina, 1977).

	C_3	C_4
	<i>Allium cepa</i>	<i>Saccharum officinarum</i>
Monocotiledoneas	<i>Triticum aestivum</i>	<i>Zea mays</i>
	<i>Canna indica</i>	<i>Echinochla polystachia</i>
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	<i>Amaranthus viridis</i>
Dicotiledoneas	<i>Nicotiana tabacum</i>	<i>Chenopodium album</i>
	<i>Sesamum indicum</i>	<i>Portulaca oleracea</i>

2.2. RESPIRACION

La respiración es la función fisiológica por la que la célula oxida sustancias con la consiguiente liberación de energía, que es utilizada para efectuar diversos trabajos metabólicos, según el tipo de organismo (Rojas, 1972); dicho proceso es contrario a la fotosíntesis, ya que los productos iniciales de uno son los finales del otro y viceversa.

2.2.1. Efecto de la temperatura sobre la respiración.

A temperaturas próximas a 0°C la intensidad de la respiración se hace muy baja y a medida que aumenta la temperatura, la intensidad de respiración va aumentando (Booner y Galston, 1970 y Devlin, 1980) hasta alcanzar un máximo entre los 30 y los 40°C (Booner y Galston, 1970).

Cuando la temperatura sobrepasa el óptimo, la actividad respiratoria decrece, como resultado de los efectos destructores que las temperaturas superiores ejercen sobre el sistema enzimático de la célula (Bonner y Galston, 1970 y Devlin, 1980).

Así también, Sivori, Montaldi y Caso, (1980) argumentan que la disminución de la intensidad respiratoria a altas temperaturas se explica por la menor actividad de las enzimas y por los cambios en la viscosidad del citoplasma que restringe la solubilización del O₂. El cese del proceso se debe a la desnaturalización de los sistemas enzimáticos dada su naturaleza protéica.

Por cada aumento de la temperatura de 10°C , la velocidad de la respiración puede ser de dos a cinco veces mayor, siempre dentro del intervalo de temperatura indicado anteriormente. (Bonner y Galston, 1970 y Sivori, Montaldi y Caso, 1980)

Cuando se estudia el efecto de la temperatura sobre la respiración, hay que tener en cuenta el factor tiempo de acción. Según parece, a temperaturas superiores de 30°C empiezan a actuar con un efecto adverso una serie de factores que conducen a la desnaturalización de las enzimas que intervienen en la respiración. Puesto que a estas temperaturas la desnaturalización no es inmediata, se producirá un incremento inicial en la intensidad de la respiración. Sin embargo, con el tiempo, acabará presentándose éste efecto adverso y la velocidad de respiración descenderá rápidamente. En general, cuanto más elevada es la temperatura, más corto es el período de tiempo necesario para que la intensidad de respiración se anule (Meyer, Anderson y Böhning, 1970 y Devlin, 1980).

Otras posibilidades para explicar el efecto de la temperatura sobre la respiración son las que plantean Meyer, Anderson y Böhning (1970):

1. Que a mayores temperaturas, el oxígeno no tenga acceso con suficiente rapidéz a las células como para permitir el mantenimiento de la actividad respiratoria.
2. Que a altas temperaturas, el anhídrido carbónico se

acumule en las células, en concentraciones tales que retarden la actividad respiratoria.

3. Que la provisión de material oxidable sea insuficiente para mantener un alto nivel de actividad respiratoria

2.3. FISILOGIA DEL FRIJOL

2.3.1. Componentes del rendimiento

En las plantas cultivadas el rendimiento es la resultante de la interacción entre el genotipo y el medio ambiente, manifestada a través de los procesos fisiológicos; considerándose éste como la expresión fenotípica de interés antropocéntrico, siendo la resultante final de los procesos fisiológicos, que se reflejan en la morfología de la planta. (Kohashi, 1979).

Los componentes del rendimiento en frijol han sido clasificados en dos órdenes:

- a) Los componentes de primer orden o morfológicos que son: número de vainas por planta , número de semillas por vaina y el peso de la semilla. (Pinchinat, 1966 y Duarte y Adams, 1972).
- b) Los componentes de segundo orden o fisiológicos son: número de hojas y tamaño de hojas (Duarte y Adams, 1972).

Otro criterio de clasificación de los componentes del rendimiento del frijol, es el que plantea Kohashi (1979) a

través del siguiente diagrama de flujo: (Figura 2.8.).

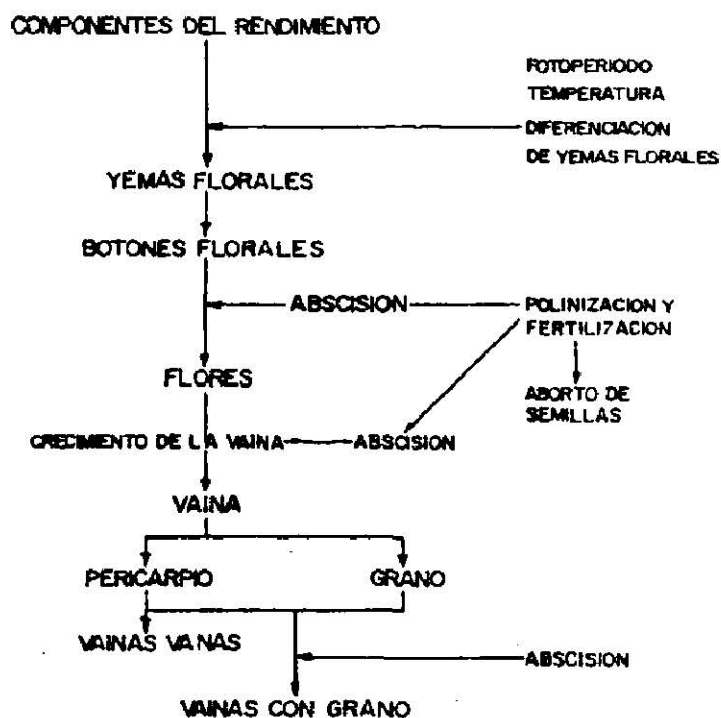


Figura 2.8. Diagrama de los componentes del rendimiento y de los procesos fisiológicos y factores del medio involucrados en dichos componentes. (Kohashi, 1979).

Muchos otros investigadores coinciden en sus resultados, refiriéndose a que los componentes morfológicos o de primer orden son los que más se asociaron o correlacionaron positivamente con el rendimiento. (Camacho, Cárdenas y Orozco citados por Camacho, Duarte y Orozco, 1968; CIAT¹, 1976; Crothers y Westermann, 1976; Tikka *et al.*, 1976 y Fanjúl, 1978).

2.3.2. Efecto de la temperatura sobre:

2.3.2.1. La tasa de absorción de CO₂. En estudios realizados por Izhar y Wallace (1967), encontraron que las bajas temperaturas nocturnas reducían la absorción neta de CO₂ en plan

¹ Centro Internacional de Agricultura Tropical.

tas de frijol de dos semanas de edad. Las plantas que se man tuvieron durante la noche a 10°C mostraron durante varias horas tasas bajas de absorción de CO₂ y luego retornaron gra dualmente a la normal. Al respecto, también se sabe que la absorción de CO₂ por las hojas es un fenómeno de disolución que disminuye cuando la temperatura aumenta, la temperatura óptima de fotosíntesis para las judías es de 27°C (Demolon, 1972).

2.3.2.2. La formación y abscisión de flores y vainas. Los efectos nocivos de las altas temperaturas en la formación y abscisión de flores y vainas se han podido constatar a través de trabajos de investigación. En lo que se refiere a la formación de flores, Mack y Singh (1969) informaron que el porcentaje de formación de flores y el número y peso de vainas de *Phaseolus vulgaris* L. disminuyeron cuando las plantas se sometieron a altas temperaturas durante la floración. Los rendimientos se redujeron 65% en pruebas de invernadero y cam po; además se notó que el contenido de carbohidratos en las hojas disminuyó debido a las altas temperaturas.

En relación con la abscisión, que es la separación de una parte vegetal, como una hoja, una flor, un fruto o un tallo, de la planta madre (Weaver, 1976); la temperatura es un factor que influye en la abscisión de órganos reproductivos. Smith y Pryor (1962) encontraron que en dos de tres variedades estudiadas, las altas temperaturas redujeron el porcentaje de flores que llegaron a vaina y también el número de gra-

nos por vaina, y además las plantas que florecieron durante los días de altas temperaturas, presentaron una alta abscisión de las flores y menos granos por vaina. Así también, Davis citado por Smith y Pryor (1962), encontró que en guisante, el factor temperatura está relacionado con la fijación de flores a vainas y calculó una ecuación de regresión indicando que aproximadamente el 57% de las flores eran fijadas como vainas, siempre y cuando la temperatura no excediera los 75°F (23.8°C); y además que por cada grado arriba de los 75°F se produce una reducción aproximada del 2% en las vainas fijadas. En los mismos estudios de Davis, se encontró que no había una respuesta consistente a los tratamientos de fertilización, atribuyendo ésto, en gran parte, al efecto principal de las altas temperaturas durante el período de floración. En base a lo anterior se podría pensar que el factor temperatura es más importante que el aspecto nutricional en la abscisión de flores.

Además, es importante aclarar que la caída de flores y/o frutos en frijol ocurre en forma regular, como un ajuste de la demanda a la capacidad potencial de la fuente de fotosintatos; encontrándose que el 55% de los órganos reproductivos producidos presentaron abscisión (Fanjúl, 1978). Debido a ésto, se ha hecho énfasis en que la teoría de la fuente y la demanda ha servido para explicar los fenómenos de aborto de semillas y abscisión de órganos reproductivos en leguminosas, como el frijol. (Mojarro y Davila, citados por Fanjúl, 1978).

2.3.2.3. La viabilidad del polen. En estudios realizados sobre la viabilidad del polen y el crecimiento del tubo polínico en los estilos bajo temperaturas altas, se encontró que el "stress" por temperatura no disminuyó la habilidad de los tubos polínicos para crecer en la base de los estilos. Los resultados indican que el daño al polen por temperaturas altas (35°) no impide la habilidad del frijol para la fijación de las vainas (Halterlein, Clayberg y Teare, 1980). Igualmente Farlow, Byth y Kruger (1978), midieron el efecto de las altas temperaturas en la viabilidad del polen, para esto, se sumergieron las flores en agua caliente a 48°C durante intervalos de 7, 14, 38 y 62 horas. Encontrándose que en los tratamientos de 38 y 62 horas no hubo germinación del polen.

2.3.2.4. La duración del ciclo del cultivo. En estudios sobre producción continua de frijol, se observó que el período total entre siembra y cosecha fue altamente afectado por factores meteorológicos, principalmente por la temperatura, la cual tuvo una estrecha correlación negativa con el período de crecimiento. A una temperatura media diaria de 15°C el período entre la siembra y cosecha fue de 70 días, pero a 22°C, este fue de 53. El efecto de la temperatura fue mayor durante la germinación y floración que durante la maduración (Nyujto, 1969).

2.3.3. Efecto de la luz y/o radiación solar sobre:

2.3.3.1. La fotosíntesis. Investigaciones realizadas en dos cultivares de frijol que se sembraron en cámaras con un ambiente controlado, bajo una iluminación de 22000 lux y bajo otra

de 3200 lux, se observó que la fotosíntesis por unidad de área en las hojas sombreadas disminuyó en promedio en un 30%, (Crookston, Treharne y Ozbun, 1975). Dentro de la misma línea de investigación Fattah y Wort (1970), cultivaron plantas de frijol las cuales se desarrollaron en dos niveles de temperatura, 26 y 15°C y tres niveles de radiación 16100, 10700 y 5380 lux; a los 14 días del desarrollo las plantas se asperjaron con Naftenato de Potasio (KNap); el efecto estimulativo del KNap fue evidente en el crecimiento vegetativo y reproductivo del frijol, siendo más marcado en las combinaciones más altas de radiación y temperatura.

2.3.3.2. La tasa de absorción de CO₂. Ozbun, Volk y Jackson (1964), encontraron en frijol que al ser iluminado a 300 bujías/pie, éste factor redujo la tasa de evolución de CO₂ y aceleró la tasa de consumo de O₂, en relación a las tasas medidas en la oscuridad. Al aumentar la intensidad de luz a 1500 bujías/pie, no se modificaron éstas tasas. Al acercarse las hojas a la madurez, las tasas de evolución respiratorio de CO₂ y de consumo de O₂ disminuyeron en la oscuridad. Sin embargo, cuando se midieron a la luz, la tasa de evolución del CO₂ permaneció constante, mientras que la de consumo de O₂ de creció con la madurez.

2.3.3.3. La anatomía, morfología y el rendimiento del frijol. Se ha encontrado que ciertas líneas de frijol del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) al ser evaluadas

en diferentes localidades (ambientes), presentaron diferente hábito de crecimiento, encontrándose casos en donde una misma línea presentó hábito de crecimiento indeterminado guía corta (tipo II) en una localidad, mientras que en otra, presentaba hábito de crecimiento indeterminado trepador (tipo IV) (CIAT, 1974). Esto puede tener relación con los efectos de la calidad de luz sobre la elongación de la guía principal del frijol, al respecto Fletcher y Zalík (1964), encontraron que las plantas tratadas con luz azul fueron las más altas y que las tratadas con luz roja fueron las más pequeñas. Igualmente, Demolon (1972), menciona que el efecto fototrópico en las plantas disminuye con la longitud de onda de la luz incidente, mostrándose la luz violeta mucho más activa que las radiaciones rojas. Así también Down *et al.* citados por Kretchmer *et al.* (1977) informaron que la elongación de cualquiera de los entrenudos en frijol, fue inhibido por luz roja y que ésta inhibición fue reversible al irradiarse las plantas con luz rojo lejano (ultrarrojo). Por otra parte otros investigadores han encontrado lo contrario, ya que mencionan que la elongación del tallo en *Pisum sativum* L. y *P. vulgaris* se aumentó al ser expuestas las plantas a la luz roja (Mertz y Lutz; Rubinstein citados por Kretchmer *et al.*, 1977). En relación a lo anterior y debido a que existen dudas al respecto, Kretchmer *et al.* (1977), realizaron un estudio para determinar si dicha inestabilidad morfológica del frijol era una respuesta fotoperiódica o fotomorfogenética, usaron tres líneas que cambiaron de hábito de crecimiento arbustivo

a trepador indeterminado bajo diferentes ambientes; se usaron fotoperíodos de 12 y 18 horas y éstos no afectaron en el cambio de hábito de crecimiento; pero al aplicarse períodos de 15 min. de luz roja durante el período de oscuridad, un alto porcentaje de plantas empezó a trepar en los dos fotoperíodos. Esto indica que el cambio morfológico se debió a la interrupción con luz roja y no a la duración efectiva de los períodos de oscuridad, determinados por la interrupción; por tanto se deduce que la respuesta es fotomorfogenética más que fotoperiódica. La inestabilidad morfológica ocasionada por la interrupción del período de oscuridad con la luz roja, fue anulada cuando inmediatamente después de la luz roja se irradió con rojo lejano, lo cual sugiere que la inestabilidad morfológica es controlada por el fitocromo. En el mismo sentido, con anterioridad se había planteado que la inestabilidad morfológica en frijol no era debida al fotoperíodo. (Laing citado por Kretschmer, *et al.* (1977). Ahora bien, tomando en cuenta la controversia que existe sobre los efectos que provocan los diferentes tipos de longitud de onda en la elongación de tallo principal del frijol, se cree que esto se debe a que la respuesta de las plantas a las diferentes longitudes de onda de la luz, está determinada por el estado de desarrollo de los entrenudos. (Thomson y Miller, 1963).

En lo que se refiere al sombreado, Escalante (1980) estudió el efecto de éste factor sobre el rendimiento y sus componentes, en una variedad de frijol de guña corta, los grados de sombreado (76, 50 y 0%) se aplicaron al inicio, mediados

y final de floración. El número de vainas con grano por planta y el número de granos normales por vaina fueron afectados significativamente por el sombreado, no así el número de granos normales por planta, el tamaño del grano y el rendimiento. Este último no se vió afectado debido a que los componentes del rendimiento mostraron un mecanismo compensatorio entre ellos, de tal forma que el aumento de uno ocasiona la disminución en otro.

Verbelen y Greef (1979) informaron que tanto en la obscuridad como bajo iluminación, el crecimiento foliar (hoja primordial) en frijol se caracteriza por un crecimiento inicial de las células seguido por división celular intensiva. Las hojas maduras desarrolladas bajo la luz blanca pasan por una fase de agrandamiento celular después que se ha detenido la división celular. Esto aumenta el área superficial de las mismas hasta en 800 veces en comparación con el área laminar del embrión, esta fase de aumento se encuentra casi ausente en plántulas desarrolladas bajo obscuridad. En consecuencia, el área laminar de las hojas ahiladas es sólo 50 veces mayor que la del estado embriónico. Por tanto parece que la luz tiene un efecto dual sobre el desarrollo foliar: activa la división celular e induce la expansión celular.

2.3.3.4. La abscisión de flores y vainas. En investigaciones realizadas en el CIAT, citado por Fanjúl (1978), se demostró que cuando coinciden altas intensidades lumínicas en la etapa

de floración del frijol, éstas afectaban negativamente la velo ci dad de fotosíntesis e incrementaban la abscisión de flores y vainas jóvenes en ciertas líneas de frijol.

2.4. FISILOGIA DEL MAIZ

2.4.1. Componentes del rendimiento

En relación con los caracteres morfológicos del rendimien to del maíz, se ha encontrado que los componentes del rendi- mien to son: longitud, diámetro y número de hileras por mazorca, peso de olote, número de hojas arriba de la mazorca y número total de hojas. (De León, 1976; Cantú, 1977; Muñoz, 1977; Salinas, 1977; Silva, 1977; Bazaldúa, 1978; Salazar, 1979; Bocanegra, 1980; Garza, 1980 y Alarcón, 1981). Así mismo, Eik y Hanway (1966) encontraron que los rendimien to de grano de maíz tendieron a tener una relación lineal con el índice de área fo liar a lo largo del tiempo.

2.4.2. Arquitectura de planta

Loomis *et al.*, (1968) al analizar la estructura del do- sel en plantas con diferentes ángulos de las hojas, encontraron que aproximadamente un 90% de la luz fue interceptada cuando el do- sel se desarrolló completamente; igualmente Lépiz (1978) indicó haber obtenido resultados similares. En éste sentido se ha encontrado que el ascenso de radiación solar interceptada por el do- sel foliar fue el mayor determinante del crecimiento del cultivo durante la etapa vegetativa (Williams *et al.*, 1968). Así mismo, Pendleton *et al.*, (1968) informaron que las

plantas con características genéticas de hoja erecta produjeron un 40% más de grano que las plantas de hojas normales. Por otro lado, Loomis *et al.*, (1968) encontraron que la distribución del área foliar y los ángulos de las hojas variaron con la altura de plantas y la densidad de población.

Se ha encontrado que estratos de hojas, principalmente de hojas erectas durante la emergencia floral, permiten la penetración profunda de la luz dentro del dosel foliar lo cual da altas tasas de crecimiento del cultivo (Williams *et al.*, 1968).

2.4.3. Arreglos topológicos y Radiación neta del cultivo

Colville (1968), al realizar estudios sobre arreglos topológicos en maíz implicando densidades de población, encontró que la humedad relativa aumentaba a medida que aumentaba la densidad de plantas; en cambio, la temperatura del aire, evaporación y temperatura del suelo a 5 cm. de profundidad disminuyeron a medida que se aumentó la densidad de población, la velocidad del viento también se redujo de 170 a 40 cm/seg sin llegar al límite como para crear un déficit de CO_2 para la fotosíntesis. Lo anterior se entiende si consideramos que Hesketh y Musgrave, citados por Colville (1968), informaron que hasta con velocidades de 15 cm/seg del aire es suficiente como para proveer la cantidad de CO_2 para la fotosíntesis.

Así también Denmead, Fritschen y Shaw (1962) han planteado que el balance de energía de un cultivo puede ser expresado de la siguiente manera:

$$R_n = LE + A + S + P + R$$

Donde:

R_n = Radiación neta

LE = Calor latente de evaporación del agua

A = Transferencia de calor sensible (al aire)

S = Es un almacenamiento térmico que representa el almacenaje de calor en el cultivo y el crecimiento

P = Es la energía de la fotosíntesis

R = Es la energía de la respiración.

Al respecto Yao y Shaw (1963), explican que la radiación neta en el dosel de la planta representa la energía aprovechable por evapotranspiración, fotosíntesis, calor de la planta y aire dentro del dosel de la misma.

En relación a lo anterior Denmead, Fritschen y Shaw (1962), al sembrar maíz en un arreglo topológico en donde la distancia entre plantas y surcos fue de 101.6 cm, encontraron que pocos días antes de la floración del cultivo, la primera medida de radiación neta sobre el cultivo fue de 42 %; después de que el maíz desarrolló su máxima área foliar, 25% de la energía de la R_n medida sobre el cultivo fue gastada en el crecimiento y 75% fue gastada dentro del dosel de la planta; concluyendo que el arreglo espacial a 101.6 cm, puede incrementar la energía aprovechable del cultivo para fotosíntesis en un 15 a 20%. Igualmente Yao y Shaw (1963), en un experimento en donde los tratamientos fueron 2 poblaciones de plan-

tas, 3 espaciamentos de surcos y 2 direcciones del surcado, encontraron que la Rn a 6 pulgadas del suelo fue mayor en surcos a 42 pulgadas que en surcos a 21 pulgadas; y que la Rn fue mayor en todos los tratamientos durante la etapa temprana, decreciendo rápidamente con el tiempo.

En este sentido, Demolon (1972) menciona que el clima de una planta es la zona en la que ésta se desarrolla; la cual está comprendida entre dos límites, de los cuales el inferior pertenece al suelo y corresponde a la profundidad alcanzada por las raíces; el otro, que afecta a los órganos aéreos, no pasa de 1.50 m de altura en la mayor parte de nuestros cultivos.

2.4.4. Efectos de la alta luminosidad en el rendimiento del maíz

Pendleton, Peters y Peek (1966), en experimentos donde estudiaron la aplicación de plásticos en el fondo del surco para reflejar la luz, encontraron a través de años que los rendimientos aumentaron en un 12 y 7%, dependiendo de la densidad de población. Igualmente Pendleton, Eglim y Peters (1967), utilizaron una fuente de luz abundante (reflectores) a un lado de donde se desarrollaba el cultivo y dirigida hacia el mismo, encontrando que el rendimiento en grano fue 26% mayor en las áreas con reflector y que el área foliar en ésta fue igual al testigo, deduciendo entonces que las diferencias en rendimiento no se deben a un aumento de área foliar, sino más bien a una más eficiente producción de la fotosíntesis/cm² de la superficie de la hoja. Así también Waggoner,

Moss y Hesketh (1963), plantean que la respuesta de la fotosíntesis en maíz es positiva en relación al incremento de la radiación.

2.5. ANALISIS DEL CRECIMIENTO

2.5.1. Crecimiento en función del tiempo

Cuando una semilla madura se coloca en condiciones convenientes, germina y da lugar a un brote, que crece a continuación hasta transformarse en una planta, este conjunto de procesos recibe, por lo general, el nombre de crecimiento y desarrollo vegetativo. El crecimiento es un incremento irreversible de tamaño, generalmente unido y aunque no de un modo necesario, a un incremento del peso sólido o seco y de la cantidad de protoplasma; es en conclusión un proceso cuantitativo relacionado con el aumento en masa del organismo. La sigmoide del crecimiento de un organismo completo es en realidad una curva resultante de las sigmoides particulares que representan el crecimiento de cada uno de los órganos de aquél (Bonner y Galston, 1970).

Los conceptos y las técnicas del análisis del crecimiento vegetal se deben a Blackman y a sus seguidores en Inglaterra, definiéndose el crecimiento de una planta como el incremento en el tiempo de ciertos parámetros característicos, como tamaño o peso (Medina, 1977). Al respecto, Fisher citado por Watson (1952), encontró que si W_1 y W_2 son los totales de pesos secos en los tiempos T_1 y T_2 respectivamente, el valor

medio de la tasa relativa de crecimiento (TRC) para el intervalo de tiempo $T_2 - T_1$ esta dado por la siguiente fórmula para cualquier forma de curva de crecimiento:

$$TRC = \frac{\text{Log}_e W_2 - \text{Log}_e W_1}{T_2 - T_1}$$

Igualmente Medina (1977) y Tanaka y Yamaguchi (1977), plantearon ésta fórmula en donde aclaran que las unidades son $g \text{ g}^{-1} \text{ sem}^{-1}$, o sea el incremento en gramos de materia orgánica presente en una semana.

Así mismo Radford (1967), propone otra fórmula para medir la tasa relativa de crecimiento (TRC), expresada también en $g \text{ g}^{-1} \text{ sem}^{-1}$:

$$TRC = \frac{W_2 - W_1}{W_1 (T_2 - T_1)}$$

Al respecto sobre técnicas de análisis de crecimiento, Buttery (1969) también plantea una fórmula para medir la tasa relativa de crecimiento de un cultivo (TCC) por unidad de área, expresada de la siguiente manera:

$$TGC = \frac{W_2 - W_1 (\text{número de plantas/m}^2)}{T_2 - T_1}$$

aquí las unidades están dadas en $g \text{ sem}^{-1}$.

Ahora bien, se interpreta que éstas tasas relativas de

crecimiento son índices de la eficiencia que poseen los cultivos para producir materia seca por gramo de materia seca presente, en un período de tiempo definido. Al respecto Tanaka y Yamaguchi citados por Tanaka y Yamaguchi (1977), han definido el concepto de eficiencia de crecimiento (EC) como la proporción de la cantidad de materia seca producida y la cantidad de materiales utilizados para la producción de dicha materia.

Cuando se sigue el crecimiento de una planta o de un órgano determinado en función del tiempo, midiendo el aumento de la materia seca producida o expresando las medidas en porcentaje del máximo, se obtiene, como en muchos otros fenómenos una curva típica en forma de "S" (Figura 2.9.); la cual expresa el hecho de que la velocidad del crecimiento varía sin cesar durante el desarrollo; empieza por crecer, permanece sensiblemente constante durante un tiempo más o menos largo y después disminuye. La curva de crecimiento de una planta anual en función del tiempo es la expresión del ciclo vegetativo y está en relación con las modificaciones que sobrevienen en el desarrollo de la planta y que se traducen generalmente por fenómenos particulares como la floración, el espigamiento, etc. (Demolon, 1972).

2.5.2. Análisis de crecimiento en frijol

2.5.2.1. Etapas de crecimiento. Diaz, Gómez y Escalera (1982), encontraron que el patrón de crecimiento de los genotipos Jampa, selección Delicias #4 y Pinto Americano, fue similar y que

presentaron tres etapas de desarrollo claramente definidas:

1. Etapa de crecimiento vegetativo: En esta etapa sucede sólo el crecimiento del tallo principal y de sus hojas; formando la fase exponencial de la curva sigmoide.
2. Etapa de diferenciación: Se inicia con la liberación de las yemas laterales que darán origen a las ramas de primer orden, y se inicia la diferenciación de los órganos reproductivos y su posterior desarrollo.
3. Etapas de maduración: en ésta se produce de lleno la antesis de las flores con su posterior desarrollo en frutos, continuando en forma simultánea el crecimiento del tallo y de las hojas.

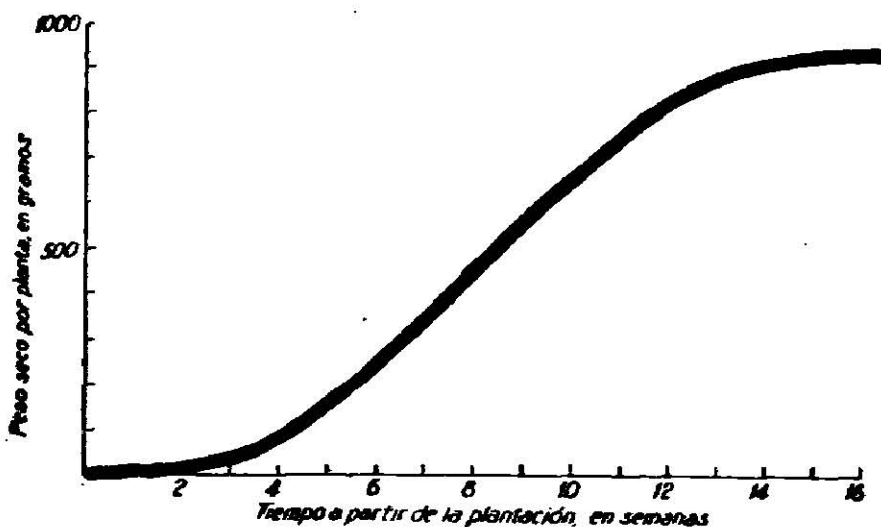


Figura 2.9. La curva de crecimiento tiene una forma característica en "S". En ella se representa el peso seco de la planta en función de su edad. (Bonner y Galston, 1970).

2.5.2.2. Acumulación de materia seca. En frijol, la mayor parte de la materia seca que se acumula en el grano y en el pericarpio de las vainas de una inflorescencia, proviene de la fotosíntesis efectuada en la hoja trifoliada adyacente a dicha inflorescencia (Lucas *et al.* citados por Fanjúl, 1978).

Así mismo, se han estudiado los efectos de la remoción foliar en relación con el aumento de peso seco y al respecto Wien, Sandsted y Wallace (1973) mencionan que la remoción de flores durante 11 días después de la primera floración, dieron como resultado un incremento en las partes vegetativas y no hubo cambio en la razón total de grano seco.

2.5.3. Análisis de crecimiento en maíz.

2.5.3.1. Fases del crecimiento. Tanaka y Yamaguchi (1977), mencionan que el proceso del crecimiento de la planta de maíz puede ser dividido en las siguientes 4 fases:

1. Fase vegetativa inicial: Brotan las hojas y posteriormente se desarrollan en sucesión acrópeta (de abajo hacia arriba). La producción de materia seca es lenta. Esta fase termina al iniciarse ya sea la diferenciación de los órganos reproductivos y/o la elongación de los entrenudos.
2. Fase vegetativa activa: Se desarrollan las hojas, el culmo y el primordio de los órganos reproductivos. Primeramente ocurre un incremento activo del peso de las hojas y posteriormente el culmo. Esta fase ter

mina con la emisión de los estigmas.

3. Fase inicial de llenado de grano: El peso de las hojas y el culmo continúa incrementándose a una velocidad menor. Continúa el aumento en el peso de las espatas y del raquis, y el peso de los granos se incrementa lentamente. Esta puede ser considerada lentamente como una fase transitoria entre la vegetativa y la de llenado del grano.
4. Fase de llenado activo del grano: Se presenta un rápido incremento en el peso de los granos, que va acompañado por un ligero abatimiento del peso en hojas, culmo, espatas y raquis.

2.5.3.2. Area foliar y materia seca. La longitud y la anchura de las hojas, y consecuentemente el área foliar, aumentan desde las hojas inferiores hacia las superiores y alcanzan el máximo en la decima o decimaprimerá hoja, para después decrecer gradualmente. (Tanaka y Yamaguchi, 1977).

Por otra parte, se ha encontrado que debido a la disminución del área foliar se abate el peso del grano y el peso total de la planta. Así mismo, se ha demostrado que los productos de fotosíntesis de las hojas, producidos durante el llenado de grano, representan los componentes principales del rendimiento de grano. (Tanaka y Yamaguchi, 1977).

La importancia de la fotosíntesis en la hoja terminal y su contribución al llenado del grano ha sido demostrado en muchos cereales (Quinlan y Sagar, Stoy, Wardlaw, Tanaka y Yamaguchi citados por Fanjúl, 1978).

Eik y Hanway (1966) mencionan que durante el período de más rápida acumulación de materia seca, la cantidad total de materia seca acumulada por planta en cualquier tiempo fue proporcional a la acumulación diaria del área foliar. Tanaka y Yamaguchi (1977) plantean que la producción de materia seca es la resultante de la fotosíntesis y la respiración.

2.6. MULTICULTIVOS

Se puede decir que un sistema de cultivos múltiples es la producción de más de un cultivo en un año y en un terreno (Hildebrand *et al.*, 1975).

2.6.1. Importancia socioeconómica y ecológica de los multicultivos.

La asociación de cultivos es una práctica de producción muy importante, sobre todo en aquellas regiones donde predomina la agricultura de subsistencia. En México, por ejemplo, la asociación maíz con frijol de guía es muy común, y permite utilizar en forma más completa la humedad del suelo y la energía solar, sobre todo durante la última parte del ciclo de crecimiento del maíz. Además se utiliza la asociación de maíz con calabaza, que representa una forma de utilizar la luz de baja intensidad que incide bajo las hojas del maíz (Laird, 1977).

Se puede considerar, en forma general, que en un agroecosistema un conjunto de factores físicos y biológicos (ambiente) interaccionan con un grupo de individuos de la misma o

diferente especie y del mismo o diferente genotipo, tanto en tiempo como en espacio. Estas interacciones permiten el aprovechamiento del potencial ecológico existente y la expresión de cierto nivel del potencial de esa población, para producir un producto final de interés económico y social (Ortíz, 1977).

Ahora bien, es conveniente mencionar el concepto de niveles de integración que plantea Odum (1979), al respecto él menciona que a medida que los componentes se combinan para producir conjuntos funcionales más grandes, en una serie jerárquica, se originan nuevas propiedades. Así, mientras más se avanza de los sistemas organismo hacia los sistemas población y los ecosistemas, se desarrollan nuevas características que no estaban presentes o no eran evidentes en el nivel inferior adyacente.

Ortíz (1977), hace un planteamiento sobre la producción de alimentos, explicando que en unos casos, se tienen sistemas basados en un razonamiento ecológico pragmático para hacer máximo aprovechamiento de los recursos disponibles, buscando la preservación del sistema. En otros se tienen sistemas de producción que generan graves problemas ecológicos, éstos sistemas aparentemente están basados en una fe ciega del hombre en la capacidad de la tecnología para resolver esos problemas cuando alcancen sus niveles críticos, haciendo sus efectos tolerantes en relación a las ganancias obtenidas a corto plazo. Estas alternativas de producción requieren de un análisis profundo y serio desde el punto de vista ecológico y desde el

punto de vista social. Para éste exámen, es necesario, para el caso de los agroecosistemas tradicionales, la definición de un marco de referencia en relación al tipo de tecnología requerida para las condiciones de un ecosistema dado, antes de desechar violentamente la que se tiene y se aplica en el mismo.

A través de los años, los agricultores han desarrollado muchos sistemas de cultivos que conforman en un grado y otro a las condiciones agrosocio-económicas en que se encuentran laborando. Estos sistemas, en general, son muy eficientes en el uso de los recursos más escasos para el agricultor. En respuesta a ésta escasez y abundancia de recursos, el agricultor pensando en las necesidades de su familia y evitar al máximo posible los riesgos asociados con factores conocidos y desconocidos, ha desarrollado buenos sistemas de cultivos múltiples (Hildebrand *et al.*, 1975). Así también, se ha considerado que éste tipo de sistema de cultivar intensivamente la tierra se debe principalmente a las siguientes razones:

- a) Tradicionalmente el pequeño agricultor ha practicado, aunque sin forma sistemática la combinación de cultivos.
- b) El sistema en forma de multicultivos, procura el incremento de la producción y la productividad de los granos básicos; en especial, el maíz y el frijol que son base de la alimentación del pueblo.
- c) Se han conseguido significativos aumentos en los in-

gresos del agricultor, al intercalar dentro de los granos básicos cultivos hortícolas de alto valor en el mercado.

- d) Se incrementa la demanda de la mano de obra, retribuyéndola generosamente (Chacón y Barabona, 1975).

Debido a las razones anteriores y la ventaja que presenta éste tipo de manejo de los recursos, hacen que éste sistema se base en los siguientes principios:

1. La asociación de más de un cultivo en un terreno en un tiempo, utilizando cultivos de diferentes ciclos vegetativos,
2. El traslape de un cultivo con otro cultivo tratando de utilizar la tierra y la energía solar en una forma más eficiente,
3. Una forma nueva y eficiente de sembrar el maíz que está considerado como el cultivo básico del sistema (Hildebrand *et al.*, 1975).

2.6.2. Razón de superficie equivalente (RSE)

El Instituto Internacional del Arroz (IRRI) ha desarrollado el concepto de "Razón de superficie equivalente" (Land equivalent ratio, LER), para juzgar si una serie de m cultivos deben sembrarse en una asociación de m componentes más bien que en un cultivo. Si el rendimiento total Y_i del i ésimo componente por unidad de área en asociación se expresa como una fracción del rendimiento Y_{ii} del mismo componente creciendo en un cultivo en la misma unidad de área, la razón de

superficie equivalente (RSE) del cultivo asociado estará dada por la suma de las fracciones de todos los componentes (Trenbath, 1976)

$$RSE = \sum_{i=1}^m \frac{Y_i}{Y_{ii}}$$

Si $RSE = 1$, los rendimientos de los diferentes componentes de la asociación se pueden obtener de áreas sembradas en unicultivo, ocupando cada componente una fracción apropiada del área total; en éste caso el rendimiento de la asociación nunca será mayor que el rendimiento del cultivo más productivo de los componentes en cultivo solo. Si $RSE = 1 + X$ en la asociación y X es suficientemente grande, tal incremento puede significar una clara justificación de la asociación (Trenbath, 1976). Al respecto Francis *et al.* (1976), trabajando con asociaciones de maíz y frijol, han encontrado valores de RSE de 1.18 a 1.68; en sus datos, no se encuentran valores menores de 1. Igualmente Aguilar (1978), informó que la RSE fue mayor en las asociaciones respecto a los unicultivos de maíz y frijol.

2.6.3. Asociación maíz-frijol.

Miranda (1967) señaló que en México el área de distribución del maíz silvestre (teocintle) es justamente la misma área de distribución de las poblaciones silvestres de *P. vulgaris*. Además, ambas especies tienen el mismo ciclo vegetativo y cuando éstas crecen juntas, el teocintle sirve de sopor

te al frijol. Considerando lo anterior, Miranda deduce que el sistema, utilizado por los indígenas de asociar ambos cultivos, ha sido copiado de la naturaleza.

Estudios realizados en algunos países de América Latina, indican que la producción total de frijol, es en gran parte obtenido de sistemas asociados (principalmente maíz-frijol). En México el 40% de la producción de frijol se obtiene con este tipo de sistema, en Guatemala un 73%, en Brasil 80% y en Colombia el 90% (Lépez, Gutiérrez y Pinchinat e IICA citados por Francis, 1978).

El sistema de la asociación maíz-frijol se practica en México aproximadamente en un millón de hectáreas bajo diversas condiciones ecológicas, técnicas y culturales, originándose así una gran variación entre lo que es una tecnología tradicional y aquel sistema de producción donde se utiliza la tecnología moderna que permite aprovechar con mayor eficiencia los recursos del agricultor y las variaciones del medio ambiente (Hernández, Gúzman y Arévalo, 1980).

La principal importancia del frijol es tal vez como fuente de proteína; es por eso que se cree, que la estrecha relación del frijol y maíz en la dieta de las culturas de Mesoamérica y los Andes no es accidental. También se ha visto que el análisis cuantitativo del maíz y el frijol han mostrado complementación en los aminoácidos del maíz, zeína, y las globulinas a y b del frijol negro. Las diferentes variedades de frijol

y en ocasiones las diferentes especies tienen, siempre, altos contenidos de lisina y triptofano. El maíz varía su contenido total de proteína pero siempre es deficiente en lisina y triptofano; en vista de lo anterior se ha sugerido que el maíz y el frijol pudieron difundirse libremente dentro de las nuevas áreas de expansión en América Latina. Y así a través del tiempo el hombre muestreó la flora hasta el establecimiento de la agricultura maíz-frijol. (Kaplan, 1965).

El cultivo asociado de maíz y frijol constituye uno de los sistemas más comunes utilizados por los pequeños agricultores en América Latina. Debido a numerosas razones de orden histórico, nutricional, biológico y económico, el pequeño agricultor ha preservado éste sistema con el objeto de minimizar los riesgos y mantener una dieta balanceada y estable para su familia. El frijol en monocultivo presenta mayor rentabilidad dentro de un amplio rango en los precios relativos, si el agricultor es capaz de introducir un paquete tecnológico intensivo, aunque, el riesgo es también mayor en éste sistema. La posibilidad de lograr un ingreso regular con una inversión relativa menor es más alta en la asociación frijol-maíz. Los resultados experimentales confirman que el pequeño agricultor utiliza su sistema actual de cultivo asociado, con el propósito de mantener los costos de producción bajos y una mayor estabilidad de ingreso, y correr un riesgo mínimo (Francis y Sanders, 1978).

En ensayos de diversas combinaciones de densidades de po-

blación maíz-frijol; se encontró que las densidades óptimas, para obtener el mayor beneficio económico, dependen también de los precios relativos de los componentes ya que la relación de precios maíz-frijol varía en el mercado de los diferentes países, 1 : 2 a 1: 6 (CIAT, 1976).

En un estudio de diferentes densidades de siembra en asociación, se encontró que el frijol mostró únicamente cerca de un tercio de la productividad y la eficiencia fotosintética del maíz. Cuando éstos dos cultivos se intercalaron, las tasas de productividad fueron generalmente mayores que el promedio de los dos unicultivos, lo cual indica que la disminución en la tasa de asimilación del frijol debida a la sombra del maíz fue compensada por el aumento de la tasa de asimilación de éste último, gracias al sistema intercalado que reduce el sombreo que las plantas de maíz se hacen entre sí (Alvim y Alvim, 1969).

2.6.3.1. Rendimientos de Maíz-Frijol asociados vs. Unicultivos.

En varios trabajos de asociación se ha encontrado que la práctica de asociar maíz con frijol presenta ventajas, y que los beneficios netos de los dos cultivos es mayor que los del maíz o frijol solos (Mancini y Castillo, 1960; Lepiz, 1971; Moreno, 1972; Willey y Osiru, 1972; Aguilar, 1978 y Campos y Aleman, 1980).

También se ha encontrado que el maíz no es afectado en su rendimiento al asociarse con frijol, produciendo igual que al ser sembrado solo (Andrade, Ramalho y Andrade, 1974; CIAT,

1974; Francis, Prager y Laing, 1978; Francis *et al.*, 1978 y - Santa-Cecilia y Vieira, 1978). Sin embargo, Moreno (1972), - Lépiz (1974) y Campos y Alemán (1980) informaron lo contrario, diciendo que el rendimiento de maíz en asociación es menor que el logrado al sembrarlo solo. Lo cual puede deberse al acame del maíz causado por el peso de las plantas de frijol enredador, de acuerdo a los resultados obtenidos por Lépiz, (1974) y Ramos, Hernández y Kohashi, (1975-1976).

Se ha visto que en éste sistema de asociación, el maíz reduce los rendimientos del frijol en función directa del número de plantas de maíz/ha. y viceversa. (Lépiz, 1971; 1974; 1978; Aguilar, 1978 y Campos y Alemán, 1980).

Moreno (1972) y Martínez (1978) determinaron que el frijol trepador asociado con maíz rinde más que al sembrarlo en unicultivo.

2.6.3.2. Efecto del arreglo espacial y microambiente en las asociaciones. La disposición espacial está condicionada por el nicho ecológico de cada especie, que es sencillamente una forma de vida única de cada una de ellas. El nicho comprende el habitat físico de las especies (ésto es, el lugar en donde los organismos viven) y su estrategia de adaptación (ésto es, la forma en que la especie adquiere energía y subsiste). El orden espacial se manifiesta con frecuencia como una estratificación en un ecosistema (Emmel, 1975). La manipulación

adecuada de la disposición espacial de la plantación de las dos especies en asociación, se hace con el fin de lograr la mejor disponibilidad de luz para cada una de ellas, por lo que debe resultar en mayores rendimientos totales del sistema (CIAT, 1976).

En relación a lo anterior Padilla (1976), evaluó el efecto sobre la producción al usar dos arreglos de surcos, intercalado a un surco y dos surcos, encontrándose que en ninguno hubo efecto sobre el rendimiento del maíz, pero si en las variedades de frijol cuando éstas se plantaron en surcos simples. Así mismo, Lépiz (1978), informó que el mejor arreglo topológico de maíz en la asociación, para un mejor aprovechamiento de la luz solar, es el de sembrar cuatro plantas por mata, espaciadas a 1.60 m en surcos de 0.8 m de separación, y donde el frijol debe sembrarse distribuido entre las matas de maíz. Igualmente, Acevedo (1975) estudió el efecto de la radiación solar y otras condiciones microclimáticas en un cultivo de frijol asociado con maíz; en donde los tratamientos fueron: tres épocas de siembra entre los dos cultivos, tres orientaciones de surcado y tres métodos de siembra, encontrándose que las orientaciones de surcado afectaron principalmente la razón de área foliar y los componentes del rendimiento, produciendo mayores valores las orientaciones E-O y NO-SE. Las condiciones de sombra impuestas por el maíz afectaron la altura de planta de frijol, cuando éste se sembró 20 y 40 días después del maíz.

2.6.3.3. Plagas y enfermedades en asociación vs. Unicultivo.

Por lo general, se ha observado que las enfermedades y plagas infestan más al frijol cuando se siembra solo que asociado. (Lépiz, 1974; Miranda, 1976-1977; Sánchez, 1977; Martínez, 1978 y Campos y Alemán, 1980). Al respecto Lépiz (1974), menciona que la información existente permite afirmar que el ecosistema maíz-frijol asociados, ofrece una mayor estabilidad en los rendimientos que los cultivos solos, ya que se frena, en cierto grado, la multiplicación de plagas y/o enfermedades de una u otra especie, lográndose de esta manera un mejor aprovechamiento de las variaciones del habitat.

En trabajos desarrollados en Colombia (CIAT, 1975), se encontró que al asociar frijol trepador seis días antes o después de sembrar el maíz, éste reducía las infestaciones del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

2.7. COMPETENCIA INTRA E INTERESPECIFICA

La palabra competencia denota una lucha por la misma cosa. A nivel ecológico, la competencia viene a ser importante cuando dos organismos luchan por alguna cosa que no está en cantidad suficiente para ambos. La competencia intraespecífica puede ser muy importante para determinar la clase y el número de organismos en un nicho ecológico, en un lugar determinado (Odum, 1979). En una comunidad heterogénea, las interacciones competitivas entre individuos de la misma o de distintas especies son muy complejas y la supervivencia indivi-

dual o la específica dentro del habitat, es consecuencia de las relaciones de competencia más que de la acción directa de los factores del habitat (Medina, 1977).

La intensidad de las interacciones observadas entre plantas en una asociación, dependen de la proporción de contacto que existe entre las plantas de los diferentes cultivos; aunque frecuentemente, cuando las condiciones de suelo son buenas, la competencia sólo se da por luz. (Trenbath, 1976).

2.7.1. Competencia interespecífica maíz-frijol.

El grado de interacción y la subsecuente reducción en el rendimiento entre cultivos asociados, dependen en parte de la superposición temporal de sus ciclos de crecimiento. Las diferencias físicas entre los cultivos asociados tales como tamaño y despliegue del follaje, el volumen del sistema radical y las densidades relativas de población, también determinan si la interacción afectará por igual a los componentes o bien habrá un cultivo claramente dominante. (Clark, 1978).

Andrade, Ramalho y Andrade (1974), estudiaron los efectos del frijol con maíces de diferentes alturas, los cuales fueron sembrados asociados e intercalados, encontrando que los rendimientos del maíz no fueron afectados por el sistema de cultivo o por la altura de las plantas. El rendimiento por acre del frijol no fue alterado por la altura de las plantas de maíz.

Así también, Santa-Cecilia y Vieira (1978) encontraron

que al asociar maíz, bajo tres densidades de población, con cuatro variedades de frijol de distinto hábito de crecimiento, el frijol de mata no fue afectado por las densidades de maíz, por lo cual concluyeron que es más tolerante a la competencia del maíz. El frijol por su parte no afectó el rendimiento del maíz, es decir que no compitió con él.

Igualmente Clark (1978), al realizar estudios sobre asociación maíz-frijol encontró que la diferencia de altura entre el frijol y el maíz, y la variación de ésta entre los hábitos de crecimiento, ocasionó asociaciones de los cultivos que variaban desde casi-igualdad a dominante represivo. En base a lo anterior se ha mencionado que es importante determinar la época adecuada para la siembra del frijol en relación con el maíz, con el fin de que un cultivo no domine al otro. (CIAT, 1974).

2.7.2. Competencia intraespecífica.

Pendleton y Seif (1962), estudiaron asociaciones entre y dentro de surcos con maíces normales y enanos (braquíticos); encontrando que un surco de maíz enano rindió 30% menos cuando estuvo rodeado por maíces normales, así mismo un surco de maíz normal rindió 6% más cuando estuvo rodeado de maíces enanos. Lo anterior indica que el sombreado de surcos adyacentes puede reducir seriamente el rendimiento y que la luz extra no incrementa grandemente el rendimiento.

3. MATERIALES Y METODOS

El presente experimento se llevó a cabo durante el ciclo temprano de 1981, en los terrenos del campo agrícola experimental de la F.A.U.A.N.L.¹, en el municipio de Marín, N.L., el cual se encuentra ubicado geográficamente en las coordenadas 25°53' latitud Norte y 100°03' longitud Oeste del meridiano de Greenwich, a una elevación de 367 msnm.

El clima de la región según la clasificación de Köppen, modificado por García (1973), es del tipo Bs₁ (h')h x'(e') el cual se define como un clima seco, fuera del límite del clima Bw (muy seco); cálido con temperatura media anual sobre 22°C y temperatura media del mes más frío abajo de 18°C; con lluvias en todos los meses, poco frecuentes pero intensas, la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es muy extrema, siendo mayor de 14°C. Los datos meteorológicos tomados durante 3 años en el Campo Experimental de Marín, se presentan en la Figura 3.1.

3.1. MATERIALES

3.1.1. Materiales Genéticos

Se utilizó el cultivar de frijol Pinto Americano (Pinto fresnillo), el cual tiene como origen la introducción y selección de la variedad E.U. 812-IM (Salinas, 1979). Este cultivar es uno de los más representativos y usados por los agricultores de esta zona.

¹Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Algunas características distintivas observadas por Juárez (1976) en el cultivar de frijol Pinto Americano fueron:

- Hábito de crecimiento indeterminado (guía corta)
- Flores de color blanco
- Semilla pequeña de color café con manchas cremas
- La madurez fisiológica la alcanza a los 75 días
- Peso de 100 semillas = 35.75 g

Otras características observadas por Reyes (1976) fueron:

- Es una variedad resistente a la roya (*Uromyces phaseoli typica*) y medianamente resistente al mildiú (*Erysiphe polygoni*)
- La altura promedio de la planta es de 40.8 cm

En el caso del maíz, se usó el H-417, que es un híbrido de cruza doble obtenido a partir de la variedad San Juan V-401. Este maíz es de porte bajo, tiene una altura de sólo 1.88 m lo cual lo hace muy resistente al acame; su producción es de 7.25 ton/ha y es superior en 27,4% sobre el rendimiento del H-412, que anteriormente se estaba recomendando. Su floración es a los 70 días, sólo 5 a 8 días después que el H-412 y también es medianamente resistente al daño de la cenicilla vellosa (Downy Mildew)².

²PRONASE (Productora Nacional de Semilla)

3.1.2. Material No-Genético

La preparación del terreno se realizó efectuando primeramente la roturación, después el rastreo y posteriormente se cruzó el terreno, finalmente se surcó para la siembra. Además se usó fertilizante (Nitrato de Amonio y 18-46-0) para proporcionar los nutrientes necesarios para satisfacer las necesidades de ambos cultivos.

También se hizo uso de parasiticidas, ya que las condiciones que se presentaron durante el desarrollo de los cultivos así lo requirieron.

El cultivo se estableció bajo condiciones de riego, utilizando el agua de la presa del campo, la cual por su clasificación es considerada como altamente salina, registrándose un promedio de la C.E.³ = 1.095 micromhos/cm a 25°C (Leal, 1980).

Para la toma de datos y ordenamiento de los mismos, se utilizó el siguiente material:

- 1 Brújula
- Mecahilo (50 m)
- Cadena marcada para sembrar
- Marcadores de alambre
- 8 rótulos de madera
- 2 libros de campo
- Cinta plástica de color

³ Conductividad Eléctrica

- 1,000 etiquetas No. 106
- 100 g de cera
- 10 termómetros de máximas y mínimas
- 350 bolsas de papel No. 16
- Estufa de laboratorio
- Balanzas analítica y granataria
- 3 latas de pinturas en aerosol
- 5 cintas de sastre
- Relgas de 10 y 30 cm

3.2. METODOS

La siembra se realizó manualmente y la distribución de la semilla varió, dependiendo del tratamiento. La semilla fue depositada en el fondo del surco, para luego llevar a cabo el aporque.

La fecha de siembra de ambos cultivos fue diferente considerando la diferencia del período vegetativo de cada variedad. Por lo cual, el maíz se sembró primero por poseer un período vegetativo mayor, y 20 días después fue sembrado el frijol; ésto se hizo con la finalidad de tener la máxima cobertura del maíz (período de floración), cuando se presentara la floración del frijol.

Al momento de la siembra del maíz se fertilizó con la fórmula 60-60-0 y en la siembra del frijol se usó la fórmula 90-50-0. Lo cual, corresponde a aplicar la fórmula 120-60-0

al maíz (nitrógeno en 2 partes) y la fórmula 30-50-0 al frijol; lo cual se consideró suficiente para satisfacer las necesidades de ambos cultivos. Cabe mencionar que la distribución espacial del fertilizante fue diferente según el arreglo topológico.

Las densidades de población utilizadas para el maíz y frijol, fueron respectivamente de 41666 y 83333 pl/ha. El espaciamiento entre surcos fué de 0.8 m y el espaciamiento entre plantas varió dependiendo del arreglo topológico. En unicultivo de frijol la distancia entre plantas fué de 15 cm y en unicultivo de maíz fué de 30 cm; esto permitió tener una relación de 2:1 de plantas de frijol y maíz respectivamente, para los demás tratamientos se mantuvo esta relación. Cabe mencionar que las densidades de población de ambos cultivos se mantuvieron constantes, y únicamente lo que varió fué el arreglo espacial de las plantas sobre el terreno. Esta aclaración se debe a que en otros trabajos (Gilles, 1978) en donde se han estudiado arreglos topológicos en asociación, se ha visto que han confundido éste factor y los resultados que obtienen se deben a la acción de la densidad y no únicamente al arreglo topológico.

El experimento constó de seis tratamientos de diferentes arreglos topológicos de ambos cultivos y dos unicultivos de maíz y frijol, sumando un total de ocho tratamientos (Figura 3.2.)

El diseño experimental que se utilizó en el presente tra

bajo fue el de bloques al azar, con 4 repeticiones. En total se tuvieron 32 parcelas experimentales, las cuales ocuparon un área de 1591 m², tomándose en cuenta calles y regaderas. El modelo estadístico correspondiente fué el siguiente (Ostle, 1974):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \beta_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación de una parcela experimental

μ = Es el efecto verdadero de la media poblacional

τ_j = Es el efecto verdadero del joesimo tratamiento

β_i = Es el efecto verdadero del iesimo bloque

ϵ_{ij} = Es el efecto verdadero de la unidad experimental en el iesimo bloque que ésta sujeta al joesimo tratamiento.

La parcela experimental para los tratamientos 1,2,3,5,6 y 7 (Figura 3.2.) fué de 6 surcos, teniendo las siguientes dimensiones: 4.8 m de ancho y 6.6 m de largo, dándonos ésto un área de 31.68 m² en donde hubo 264 plantas de frijol y 132 plantas de maíz (Figura 3.3). En los tratamientos 4 y 8 la parcela fué de 8 y 10 surcos respectivamente, debido a la cantidad de unidades de muestreo necesitadas en el primer caso y para evitar la interacción entre tratamientos adyacentes en el segundo. La parcela útil comprendió 4 surcos del centro de la parcela total, se eliminaron 0.65 m de cabece-
ras; las dimensiones de la parcela fueron de 3.2, m de ancho

por 1.65 m de largo, dándose un área de 5.28 m² en donde hubo 48 plantas de frijol y 24 plantas de maíz. La parcela útil fué igual para todos los tratamientos, (Figura 3.3.). Para el caso de la parcela de muestreos, ésta comprendió el resto de la parcela total, después de eliminar los surcos de protección y 0.65 m de cabeceras al final; en los tratamientos 1, 2, 3, 5 y 6 (Figura 3.2.) la longitud de la parcela fue de 3.2. m de largo, dándonos un área de 11.2 m² en donde hubo 93 plantas de frijol y 46 plantas de maíz (Figuras 3.3). En los tratamientos cuatro y ocho las longitudes fueron de 3.5. m de largo y 4.8 y 6.4 m de ancho respectivamente, con lo cual se tuvieron 140 y 186 plantas de frijol y 70 y 93 plantas de maíz.

De los cuatro bloques o repeticiones, en dos de las repeticiones la orientación del surcado fué de Norte a Sur y en las otras dos la orientación del surcado fué de Este a Oeste (Figura 3.4.). Lo anterior se hizo con la finalidad de cuantificar la influencia de éste factor sobre las variables ambientales consideradas ya que se sabe que la orientación del surcado afecta la radiación solar transmitida sobre la superficie del suelo, siendo mayor cuando los surcos tienen una orientación Este-Oeste y se menciona que ésta mayor penetración de la luz se manifiesta en un ligero incremento en los rendimientos de grano (Tanner *et al.*, citados por Lépiz, 1978). Por otro lado, Yao y Shaw citados por Lépiz (1978), determinaron que la radiación solar a nivel del suelo es mayor cuando los

rayos solares son paralelos a los surcos o cuando la altura del sol es mayor. Sus resultados indican que en la orientación Este-Oeste, los rayos solares alcanzan el suelo desde las 8 hasta las 16 horas, en tanto que en la orientación Norte-Sur, el sol alcanza la superficie del suelo en cantidades considerables, sólo al mediodía.

3.2.1. Datos del frijol.

Se efectuaron muestreos en cada tratamiento para llevar a cabo el análisis de crecimiento, en base a la acumulación de materia seca. Cada muestreo consistió en tomar 10 plantas por unidad experimental. El peso seco de una planta, viene siendo el peso de la planta seca expresado en gramos. Para su determinación se eliminaron las raíces. La parte aérea de la planta se limpió y después se secó en una estufa a 70 u 80°C durante más de 3 días y posteriormente se pesó. (Tanaka y Yamaguchi, 1977).

Para la estimación de las tasas relativas de crecimiento, se usaron las fórmulas planteadas por Fisher (TRCF) (citado por Watson, 1952) y Radford (TRCR) (1967). Además para la tasa de crecimiento del cultivo se utilizó la fórmula propuesta por Buttery (TCC) (1969).

Los muestreos se realizaron cada siete días a partir del 18avo. día después de la emergencia, lográndose efectuar sólo cuatro muestreos, debido a la presencia de una plaga de chicharrita (*Empoasca fabae Harris*) y a la caída de granizo los

cuales alteraron el ciclo de desarrollo del cultivo.

Se realizaron dos tipos de muestreo, los cuales se utilizaron dependiendo del tratamiento que se tratara:

- a) Muestreo estratificado: Este se llevó a cabo en los tratamientos 1,2 y 4 (Figura 3.5.), en los cuales se muestrearon dos estratos diferentes, colectándose 5 plantas en cada estrato.
- b) Muestreo aleatorio simple. Este se llevó a cabo en los tratamientos 3,5, 6y8, en los cuales se colectaron 10 plantas de frijol al azar.

Se cuantificó el rendimiento de grano por planta y los caracteres número de vainas por planta, número de granos por vaina y el peso de grano; siendo estos tres últimos considerados los componentes primarios del rendimiento del frijol.

(Pinchinat, 1966 y Adams y Duarte, 1972).

A la cosecha se tomó una muestra de 40 plantas con competencia completa por parcela, para evaluar el rendimiento individual, así como también algunas otras variables como longitud de vaina, volumen de 100 semillas, vainas vanas por plantas, se millas vanas por vaina y calculándose después los porcentajes de vainas vanas por plantas y de semillas vanas por vaina, que de una u otra forma se cree influyen o determinan el rendimiento.

Para otros caracteres morfológicos, se marcaron 20 plantas de frijol con competencia completa y se les tomó la altura final y el número de nudos totales.

3.2.2. Datos del maíz

Para el caso del maíz, se marcaron 20 plantas con competencia completa y se les midieron los siguientes datos cada siete días:

- a) Area foliar: Para esto se medía el largo y ancho de las hojas aparecidas cada semana, corrigiendo éste dato (debido a que la hoja no es completamente rectangular), con la constante multiplicadora 0.75 planteada por Montgomery en 1911, citado por Francis, Rutger y Palmer (1969). Cabe señalar que para ésta variable sólo se efectuaron dos muestreos, debido a que la granizada ocurrida el 9 de mayo produjo un rasgamiento en la mayor parte de las hojas, dejándolas en un estado que imposibilitó la medición de este carácter.
- b) Altura de planta: Esta se tomó sobre el tallo hasta la última hoja ligulada.
- c) Número de hojas: Para cuantificar el número de hojas que iban apareciendo, se usó pintura para marcar la última hoja ligulada y así diferenciar entre el muestreo anterior y el que se llevaba a cabo.

Estos muestreos fueron tomados a partir del 38avo. día después de la emergencia, lográndose realizar seis muestreos para la altura de planta y el número de hojas.

Para el análisis estadístico del rendimiento individual, se

tomó una muestra de 20 plantas con competencia completa, midiéndose en las mismas las variables diámetro, longitud y número de hileras por mazorca y el peso y volumen de 100 semillas; que se sabe son los componentes primarios del rendimiento en maíz.

(De León, 1976; Cantú, 1977; Muñoz, 1977; Salinas, 1977; Silva, 1977; Bazaldúa, 1978; Salazar, 1979; Bocanegra, 1980; Garza, 1980 y Alarcón, 1981).

3.2.3. Datos ambientales.

En lo que se refiere a las variables ambientales, se registraron diariamente la temperatura máxima, mínima, promedio y las temperaturas de la mañana (8:00), del mediodía (12:00) y de la tarde (17:00). Para esto se usaron termómetros de máximas y mínimas, los cuales se colocaron en cada tratamiento de una misma repetición, siendo estos cambiados al día siguiente a otra repetición y así todos los días hasta completar un ciclo en las 4 repeticiones. Cabe mencionar que la temperatura tomada es la temperatura del aire que se encontraba inmediatamente arriba de la superficie del suelo en donde se estuvo desarrollando el frijol.

3.2.4. Análisis estadístico

El análisis de los datos, se efectuó por computadora usando el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences); calculándose los análisis de varianza para todas las variables consideradas y algunas regresiones y correlaciones entre ellas. Además las variables porcentaje de vainas va-

nas por plantas y porcentaje de semillas vanas por vaina, fueron transformadas utilizando la expresión arco seno $\sqrt{\text{porcentaje}}$, con el fin de normalizarlas y hacer que las medias y varianzas fueran independientes y las varianzas homogéneas. Dicha transformación es recomendada por Steel y Torrie (1960).

Debido a la pérdida de los datos de altura final del maíz en la parcela 1 (tratamiento 4), se procedió a estimarlos por la siguiente fórmula (Reyes, 1978).

$$x_{ij} = \frac{aT + nB - S}{(a-1)(n-1)}$$

Donde:

x_{ij} = Altura promedio de planta de la parcela perdida

a = Número de tratamientos

n = Número de bloque

T = Suma de alturas de las parcelas aprovechables del mismo tratamiento que el de la parcela perdida.

B = Suma de alturas de las parcelas aprovechables en el mismo bloque que el de la parcela perdida

S = Suma de todas las alturas del lote experimental

Para efectuar el análisis de comparación de medias de tratamientos, se usó la prueba de Tukey como estimador de las diferencias mínimas significativas (DMSH). (Reyes, 1978).

$$\text{DMSH} = q(\alpha, x, v) S\bar{x}$$

Donde:

DMSH = Diferencia mínima significativa honesta.

q = Valor de tablas, en donde α es la precisión,

\bar{x} = es el número de medias involucradas y

v = g.l. del error.

$S_{\bar{x}}$ = Error estandar de la media

$$S_{\bar{x}} = \frac{CME}{r}$$

Donde:

CME = Cuadrados medios del error

r = Número de repeticiones

La comparación de las orientaciones del surcado en las repeticiones y los estratos en los tratamientos 1, 2 y 4, se hicieron por medio de una prueba de "t", comparando medias de tratamiento (Steel y Torrie, 1960).

$$T_{cal} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S^2_c \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Donde:

$$S^2_c = \frac{S_1^2 (n_1 - 1) + S_2^2 (n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}$$

El parámetro de Razón de Superficie Esquivalente (RSE), se calculó basándose en la fórmula planteada por Trenbath (1976).

3.2.5. Labores culturales y fenómenos de desarrollo de los -
cultivos a través del ciclo.

<u>Mes</u>	<u>día</u>	<u>Evento</u>
Febrero		
	28	Se fertilizó con la fórmula 60-60-0.
Marzo		
	5	Se regó para sembrar en húmedo.
	9	Siembra de maíz en las repeticio <u>nes</u> II (N-S) y III (E-O).
	13	Siembra por el método de toalla, en manta de 10 m. de largo por 1 m. de ancho ⁴ . (repeticiones I y IV)
	16	Siembra en el campo de la semilla pregerminada. (repeticiones I y IV)
	18	Emergencia del maíz.
	21	Fertilización en maíz (2a. parte de N) con la fórmula 60-0-0 y en frijol con 30-50-0, en las asociaciones se usó 90-50-0.
	26	Riego ligero.
	30	A punto la tierra para sembrar el frijol.
	31	Siembra de frijol.

⁴ Esto se llevó a cabo debido a que el terreno estaba inundado por la intensa precipitación ocurrida el 10 de Marzo.

<u>Mes</u>	<u>día</u>	<u>Evento</u>
Abril	7	Emergencia del frijol.
	8	Aclareo en maíz.
	11	Deshierbe y riego ligero para romper la costra y que emergiera mejor el frijol.
	27	Deshierbe.
	30	Frijol. Inicio de floración.
Mayo	3	Floración del frijol.
	7	Deshierbe.
	24	Floración del maíz.
Junio	2	Cosecha de frijol (solamente las asociaciones).
	6	Cosecha de frijol (intercalamientos).
	23	Frijol floreciendo en unicultivos.
Julio	16	Se cosechó el maíz y en los unicultivos de frijol solo se encontraron hojas secas.

3.2.6. Factores bióticos y abióticos que se presentaron durante el desarrollo de los cultivos, y el manejo de los mismos. (incluyendo a las Figuras 9.1 y 9.1.a.)

<u>Mes</u>	<u>día</u>	<u>Evento</u>
Marzo	23	Presencia de trips (<i>Frankliniella tabaci</i>) en maíz. Se controló físicamente con el riego.
	28	Se observó nuevamente una alta infestación de trips.
	30	Se aplicó Folidol M-50 (Parathion metílico 47%) a una dosis de 25 cc./10 lt. de agua, mezclado con el adherente Inex, en una proporción de 15 cc./10 lt. de agua.
Abril	6	Nueva infestación de trips.
	7	Se aplicó Folidol M-50.
	9	Se observó el primer gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>) en el maíz.
	20	Se encontró una planta de frijol con daño de Rhizoctonia.

<u>Mes</u>	<u>día</u>	<u>Evento</u>
	21	Se realizó un muestreo y se encontró un mayor número de plantas enfermas.
	22	Se aplicó Benlate (50%) en bandas para prevenir o tratar de controlar la Rhizoctonia, a una dosis de 24 gr/15 lt. de agua.
Mayo	9	Fuerte granizada que afectó el área foliar en maíz, y fue imposible seguir midiéndola.
	20	Se detectó grave infestación de chicharrita (<i>Empoasca fabae</i> Harris) en el frijol. Se aplicó Folidol M-50.
	23	Se presentaron fuertes vientos del SO, acamando gran parte de las plantas de maíz.
	24	Se levantaron las plantas acamadas.

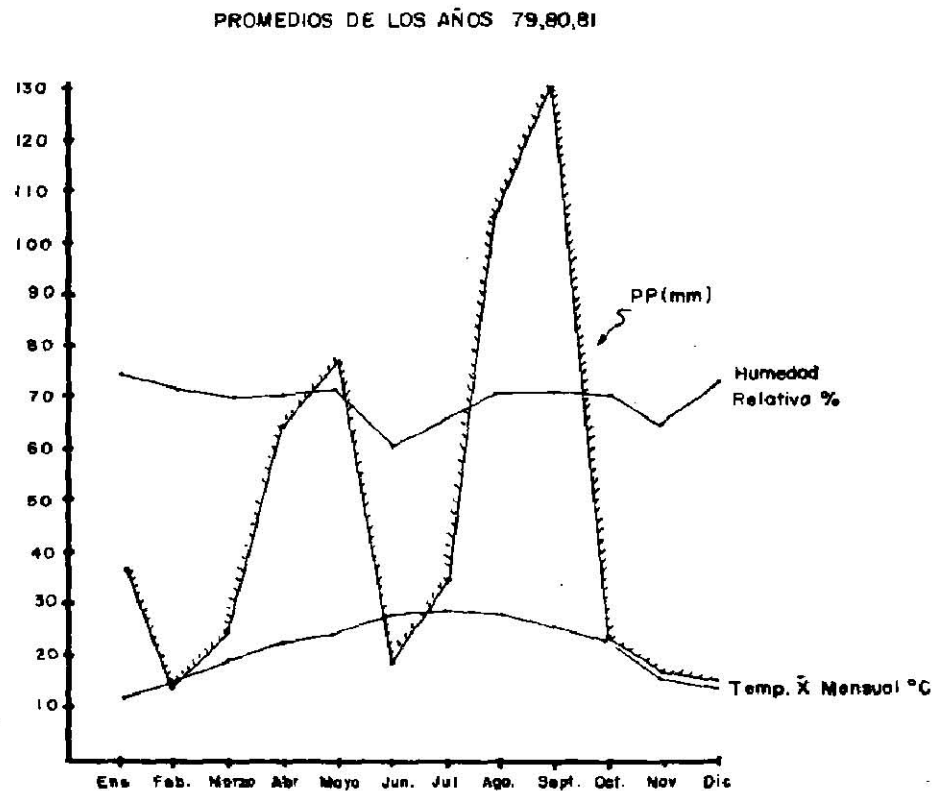


Figura 3.1. Variaciones de la temperatura promedio, precipitación y humedad relativa que se presentan en la región de Marrón, N.L. (Estación meteorológica de la Facultad de Agronomía, U.A.N.L.).

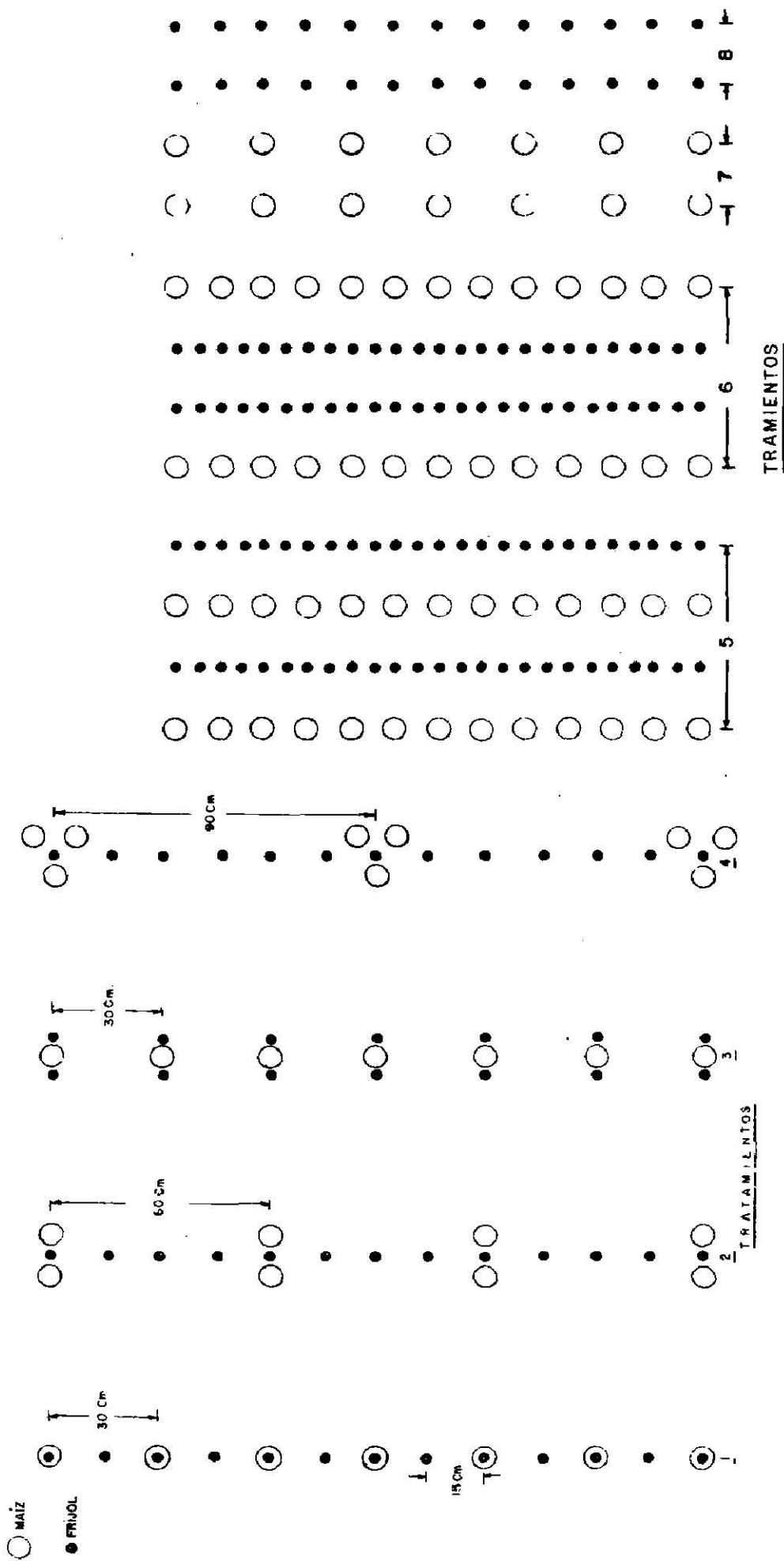


Figura 3.2. Representación de los arreglos topológicos realizados en maíz y frijol.

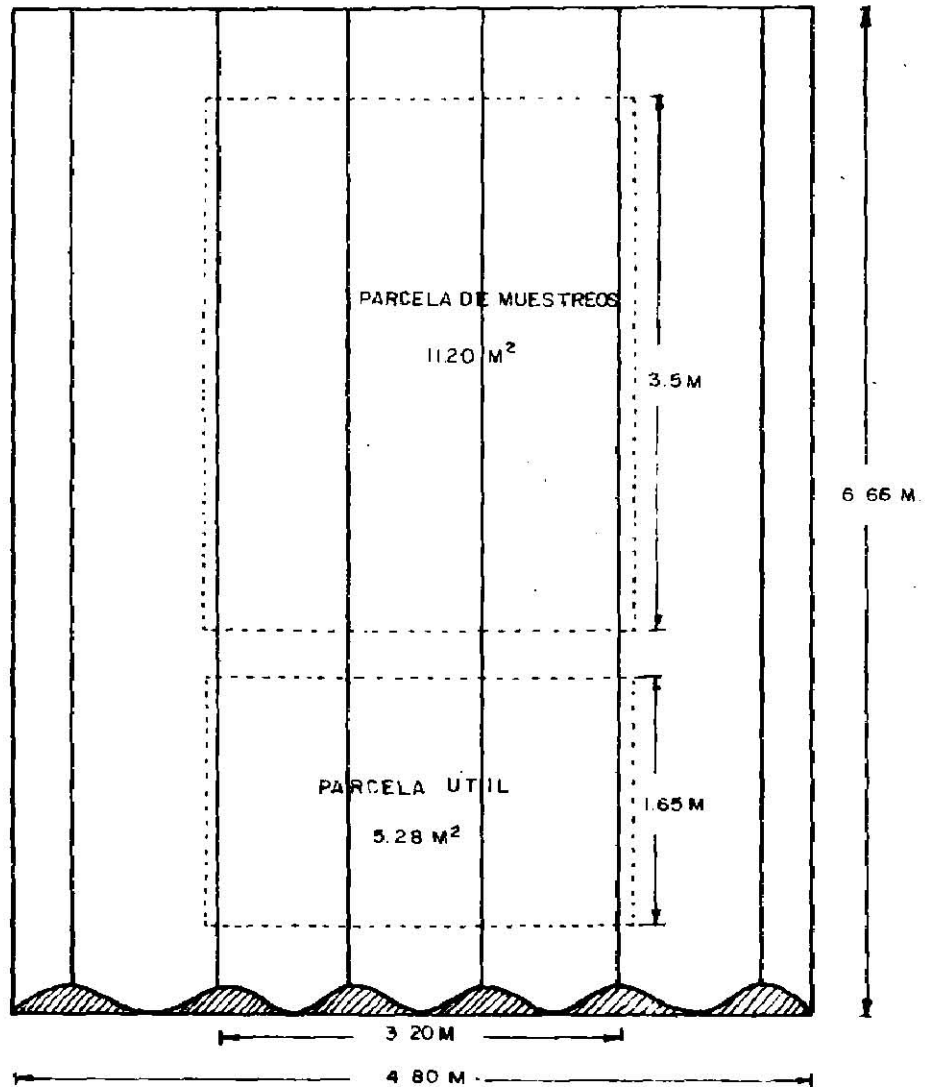


Figura 3.3. Dimensiones de la parcela experimental y su división en parcela útil y parcela de muestreos.

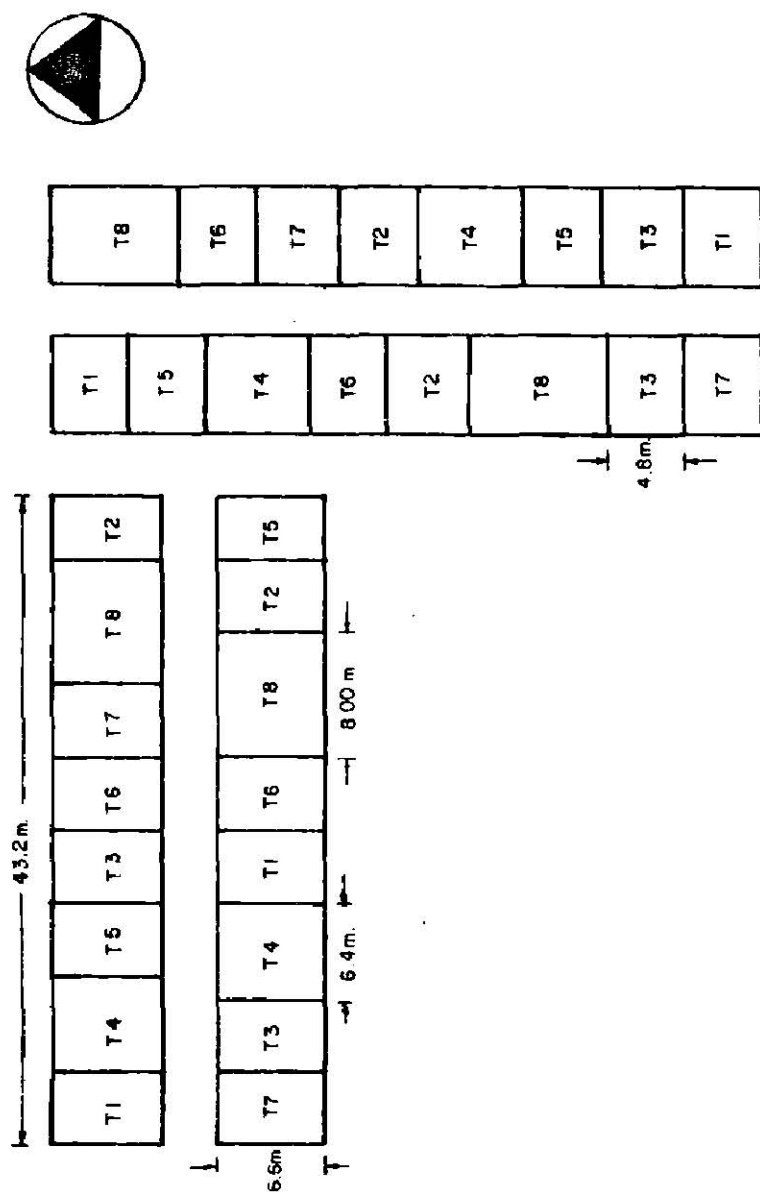


Figura 3.4. Croquis del experimento y distribución de los tratamientos.

TIPOS DE MUESTREO ESTRATIFICADO

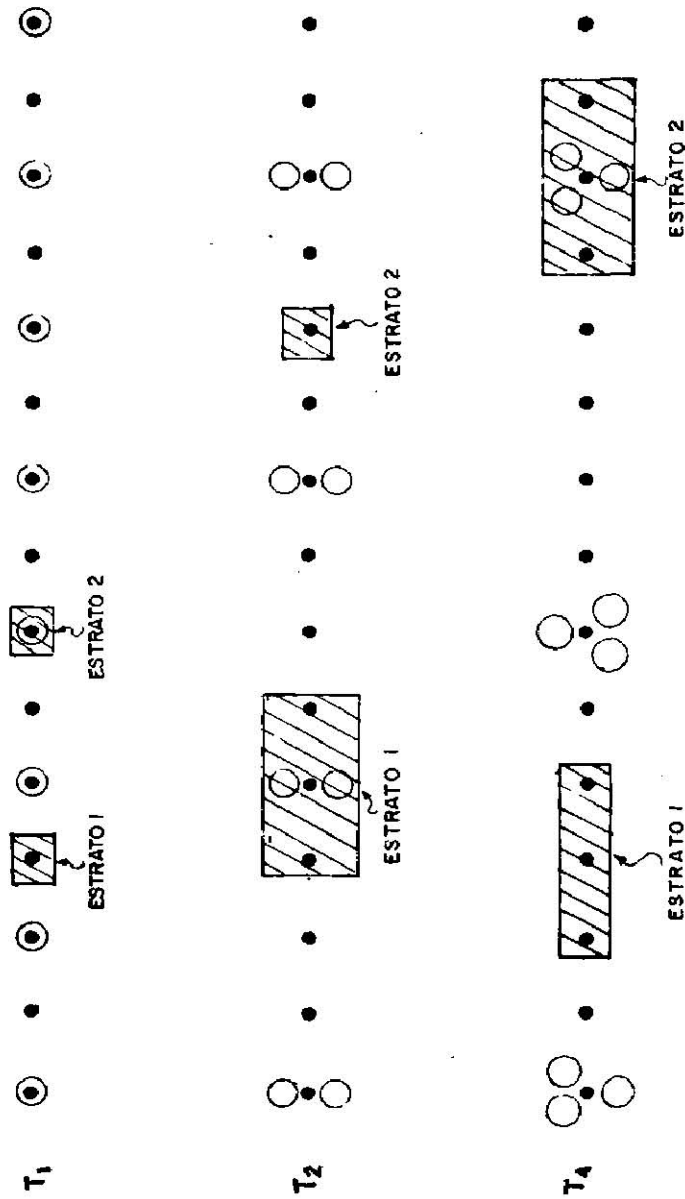


Figura 3.5. Representación del tipo de muestreo utilizando en los tratamientos 1, 2 y 4, para llevar a cabo el análisis de acumulación de materia seca.

4. RESULTADOS

El resumen del análisis de varianza para cada una de las variables de frijol, maíz y ambientales, se presenta en el Cuadro 9.1. del apendice.

Con las variables estudiadas que presentaron significancia en el análisis de varianza se procedió a realizar la comparación de medias, para lo cual se eligió la prueba de Tukey; los resultados para cada variable son presentados por separado. Del mismo modo se presentan las gráficas de crecimiento del frijol, alturas y número de hojas en maíz y las gráficas de las temperaturas registradas en la mañana, mediodía, tarde, máxima, mínima y promedio en cada uno de los tratamientos. Así también las correlaciones del rendimiento de ambos cultivos y las ecuaciones de regresión para dichas variables.

4.1. VARIABLES EN FRIJOL

4.1.1. Variables morfológicas

En las variables morfológicas del frijol, se encontró que sólo la variable longitud de la gufa principal presentó diferencias significativas entre tratamientos, siendo las plantas con gufas más largas las de las asociaciones y las más pequeñas las de los intercalamientos y unicultivos. En el Cuadro 4.1. se presentan los resultados de la comparación de medias para dicha variable.

CUADRO 4.1. Comparación de medias entre tratamientos para la longitud de la gufa principal del frijol.

Tratamientos	Longitud (cm)
T ₁ = Asociación	87.8 a ¹
T ₃ = Asociación	86.54 a
T ₄ = Asociación	78.76 a
T ₂ = Asociación	74.96 a
T ₅ = Intercalamiento 1	56.14 b
T ₆ = Intercalamiento 2	54.08 b
T ₈ = Unicultivo	35.22 b
DMSH (.05)	18.64
C.V.	11.93

¹Letras iguales indican medias estadísticamente similares.
 DMSH = Diferencia mínima significativa honesta.
 C.V. = Coeficiente de Variación.

4.1.2. Análisis del crecimiento

Del análisis de crecimiento en base a la acumulación de materia seca efectuada en frijol, se encontró que únicamente en los dos primeros muestreos hubo diferencias significativas entre tratamientos, los resultados de la comparación de medias se presentan en los Cuadros 4.2.y 4.3.. En la Figura 4.1. se puede observar como los cuatro tratamientos de asociación son los que presentan niveles mayores de acumulación de materia seca, luego le siguen en un nivel inferior y siguiendo la misma tendencia, los tratamientos T₅ y T₆ de intercalamiento y el T₈ de unicultivo, y solamente en el cuarto muestreo se observa un cambio en la tendencia del tratamiento T₂ de asociación, pasando a ocupar un nivel inferior en relación a los demás trata

CUADRO 4.2. Comparación de medias entre tratamientos para el peso seco de frijol en el Muestreo 1.

Tratamientos	Peso Seco (g)	
T ₃ = Asociación	1.27	a ¹
T ₂ = Asociación	1.04	a b
T ₁ = Asociación	1.02	a b
T ₄ = Asociación	1.01	a b
T ₈ = Unicultivo	0.79	a b
T ₅ = Intercalamiento 1	0.73	b
T ₆ = Intercalamiento 2	0.73	b
DMSH (.05)	0.531	
C.V.	24.49	

¹ Letras iguales indican medias estadísticamente similares.
DMSH = Diferencia mínima significativa honesta.
C.V. = Coeficiente de Variación.

CUADRO 4.3. Comparación de medias entre tratamientos para el peso seco del frijol en el Muestreo 2.

Tratamiento	Peso Seco (g)	
T ₃ = Asociación	3.26	a ¹
T ₂ = Asociación	3.14	a
T ₄ = Asociación	3.06	a
T ₁ = Asociación	2.73	a
T ₆ = Intercalamiento 2	2.40	a
T ₈ = Unicultivo	2.02	a
T ₅ = Intercalamiento 1	2.01	a
DMSH (.05)	1.42	
C.V.	23.14	

¹ Letras iguales indican medias estadísticamente similares.
DMSH = Diferencia mínima significativa honesta.
C.V. = Coeficiente de Variación.

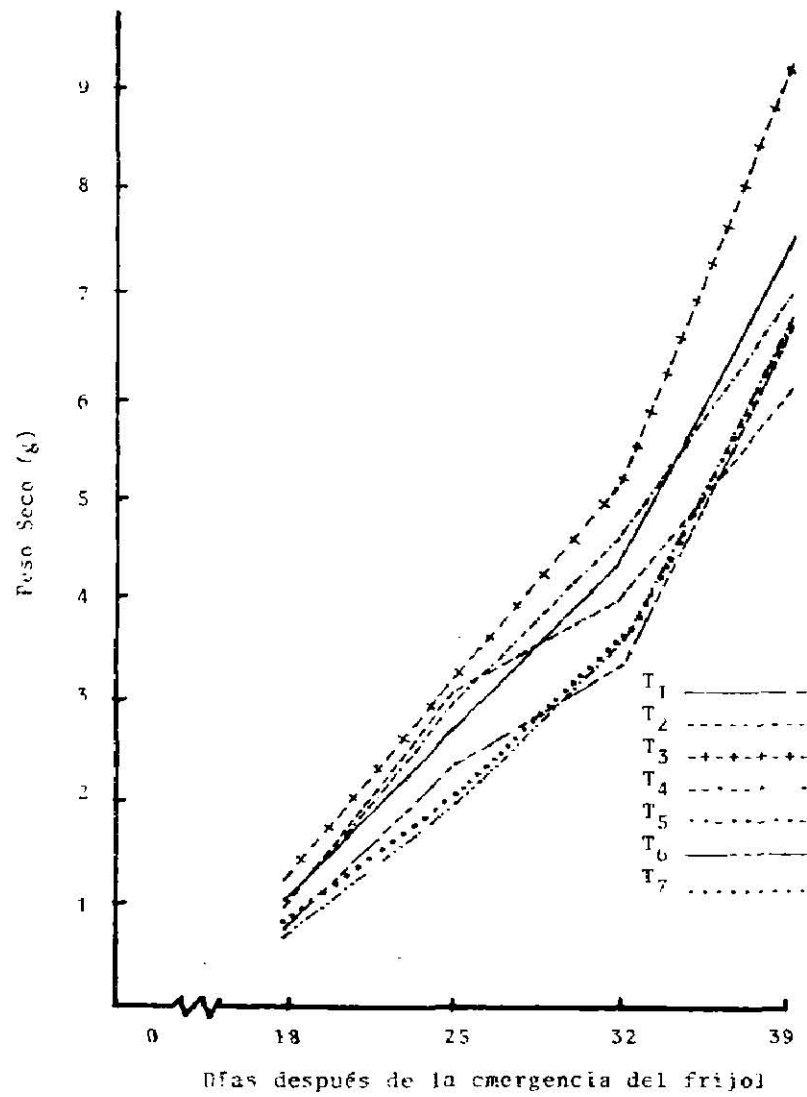


Figura 4.1. Curvas de acumulación de materia seca en frijol, a través del ciclo del cultivo.

mientos. Así mismo se puede observar como la tendencia de las curvas sigue la forma sigmoide, la cual no terminó de formarse debido a la interrupción del ciclo de crecimiento del frijol.

En los tratamientos T_1 , T_2 y T_4 de asociación, al efectuarse el muestreo estratificado para el análisis de acumulación de materia seca en frijol, se encontró que no hubo diferencias significativas entre estratos, reflejándose esto en una misma tendencia que siguen los tres tratamientos en ambos estratos (Figura 4.2.). Además se calcularon las tasas relativas de crecimiento (TRC) utilizando las fórmulas de Fisher, Radford y Buttery, encontrándose que no existieron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto a la eficiencia de producción de materia seca, en ninguna de las tres fórmulas, pudiéndose observar en las Figuras 4.3., 4.4. y 4.5. que todos los tratamientos siguen la misma tendencia.

4.1.3. Rendimiento de grano y sus componentes

En cuanto al rendimiento de grano y sus componentes, únicamente para el rendimiento por planta y la producción de vainas por planta se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos, presentándose la prueba de comparación de medias en los Cuadros 4.4. y 4.5. respectivamente. Los tratamientos de intercalamiento y asociación fueron los mejores, con excepción del T_2 de asociación, para ambas variables. En el tratamiento de unicultivo no se cosechó absolutamente nada,

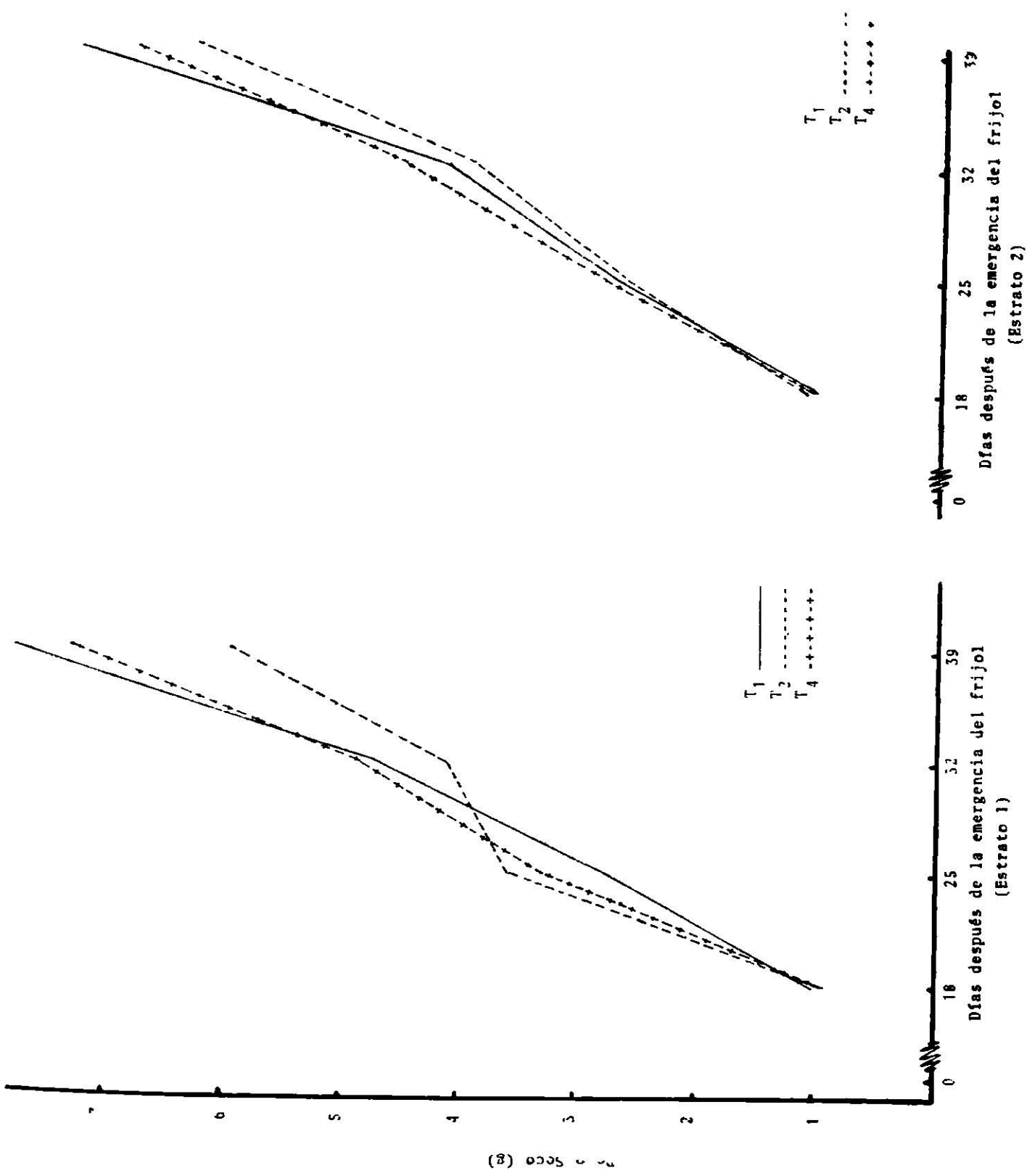


Figura 4.2. Curvas de acumulación de materia seca en frijol, a través del ciclo del cultivo para cada uno de los estratos en los tratamientos 1, 2 y 4.

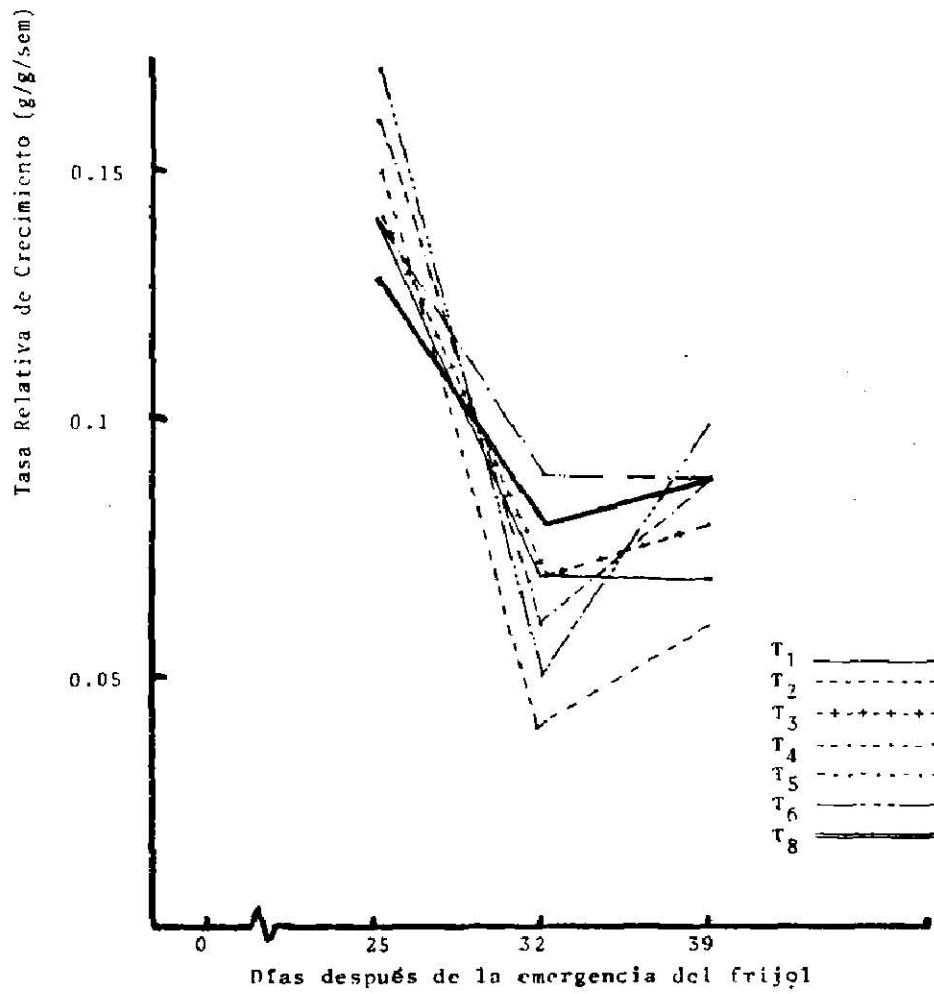
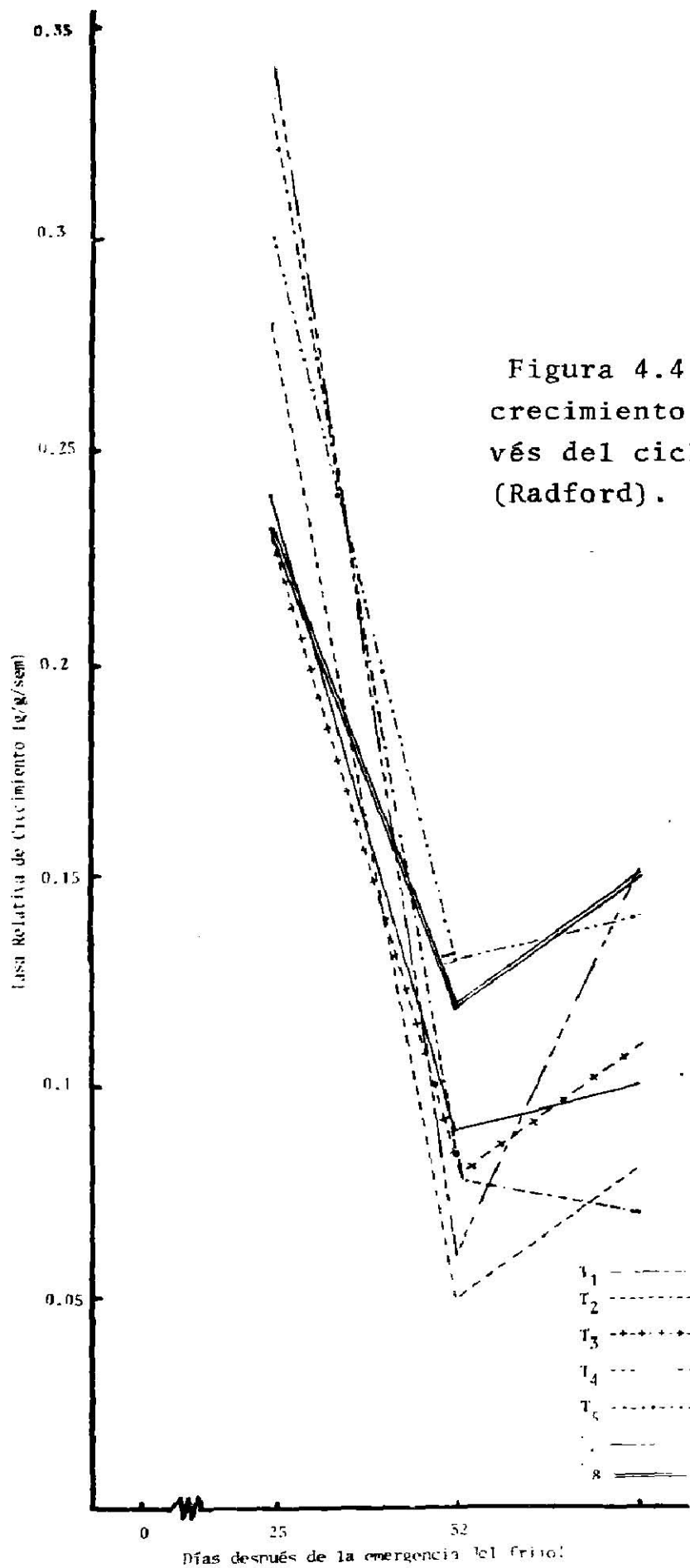


Figura 4.3. Tasas relativas de crecimiento en frijol, a través del ciclo del cultivo. (Fisher).



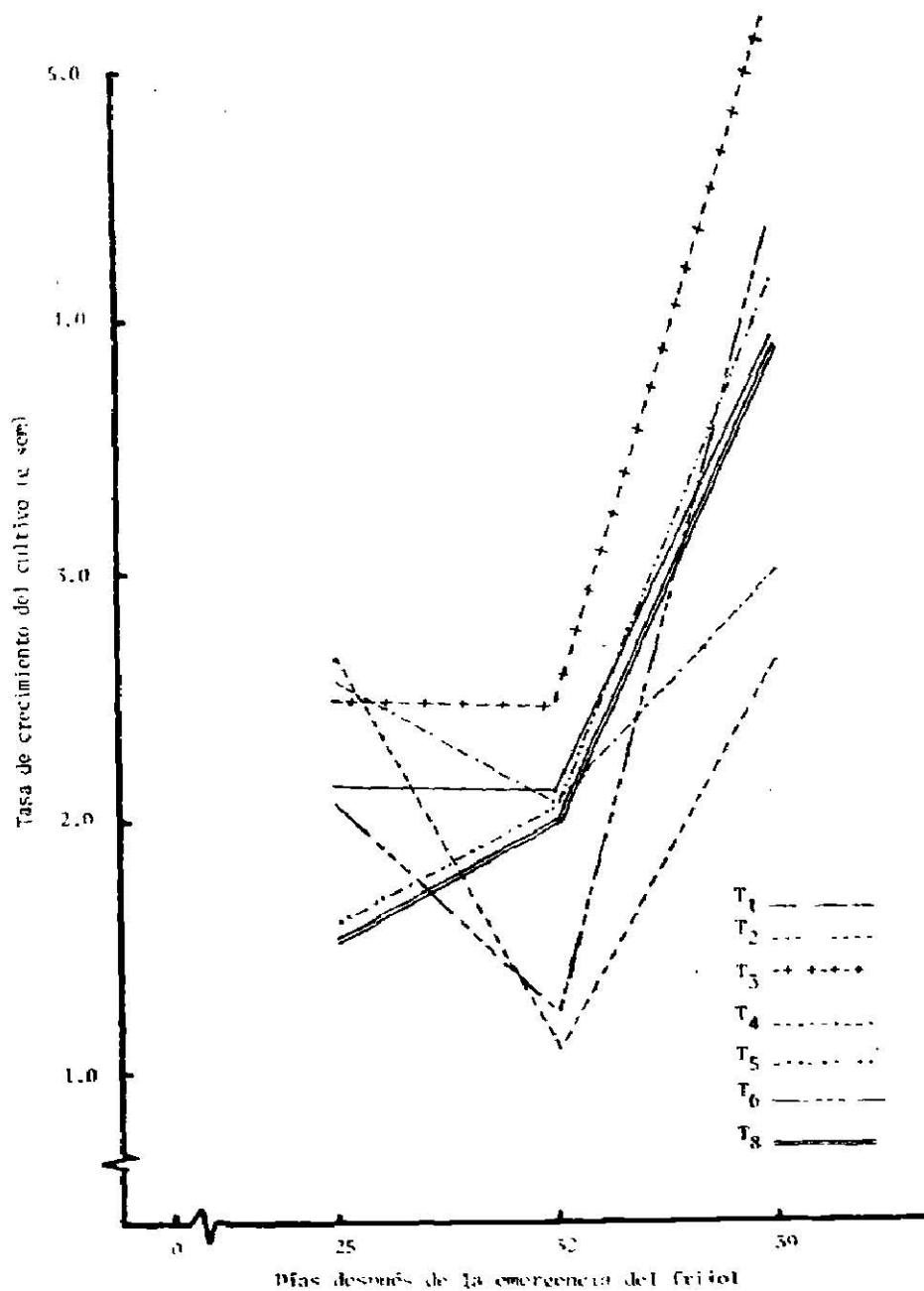


Figura 4.5. Tasas relativas de crecimiento en frijol, a través del ciclo del cultivo. (Buttery).

CUADRO 4.4. Comparación de medias entre tratamientos para el rendimiento por planta en frijol.

Tratamientos	Rendimiento por planta (g)
T ₆ = Intercalamiento 2	2.49 a ¹
T ₁ = Asociación	2.10 a b
T ₃ = Asociación	2.06 a b
T ₅ = Intercalamiento 1	1.57 a b
T ₄ = Asociación	1.41 a b
T ₂ = Asociación	0.92 b
DMSH (.05)	1.47
C.V.	37.56

¹ Letras iguales indican medias estadísticamente similares.

DMSH = Diferencia mínima significativa honesta.

C.V. = Coeficiente de Variación.

NOTA : En el tratamiento 8 de Unicultivo el rendimiento fue cero.

CUADRO 4.5. Comparación de medias entre tratamientos para el número de vainas por planta en frijol.

Tratamientos	número de vainas por planta
T ₆ = Intercalamiento 2	4.18 a ¹
T ₅ = Intercalamiento 1	3.30 a b
T ₃ = Asociación	3.19 a b
T ₁ = Asociación	2.97 a b
T ₄ = Asociación	2.63 a b
T ₂ = Asociación	2.05 b
DMSH (.05)	1.58
C.V.	23.36

¹ Letras iguales indican medias estadísticamente similares.

DMSH = Diferencia mínima significativa honesta.

C.V. = Coeficiente de Variación.

NOTA: El tratamiento 8 de Unicultivo no se incluyó en el Análisis de Varianza.

siendo éste tratamiento el peor de todos.

4.2. VARIABLES EN MAIZ

4.2.1. Variables morfológicas

De las variables analizadas sólo las variables altura final de planta y número de hojas aparecidas en el muestreo cuatro, presentaron diferencias significativas entre tratamientos. En los Cuadros 4.6. y 4.7. se presentan los resultados de las comparaciones de medias para cada variable respectivamente, encontrándose para la variable altura que los tratamientos T_1 , T_2 y T_3 de asociación y el unicultivo fueron los que presentaron las plantas más altas. Para la variable número de hojas, los tratamientos T_3 , T_1 , T_7 , T_2 y T_5 fueron los que presentaron las medias mayores.

4.2.2. Análisis del crecimiento

Del análisis de crecimiento en maíz, en base a la altura de planta y el número de hojas, se puede observar en las Figuras 4.6. y 4.7. como todos los tratamientos siguen la misma tendencia en las curvas, no habiendo diferencias significativas entre tratamientos, excepto como ya se mencionó para la altura final de planta y el número de hojas aparecidas en el muestreo cuatro.

4.2.3. Rendimiento de grano y sus componentes

En cuanto al rendimiento de grano de maíz y sus componen-

CUADRO 4.6. Comparación de medias entre tratamientos para -- altura final del Maíz.

Tratamientos	Altura (cm)	
T ₃ = Asociación	212.0	a ¹
T ₂ = Asociación	204.4	a b
T ₁ = Asociación	202.7	a b
T ₇ = Unicultivo	199.7	a b
T ₄ = Asociación	196.7	b
T ₅ = Intercalamiento 1	193.6	b
T ₆ = Intercalamiento 2	192.0	b
DMSH (.05)	14.41	
C.V.	3.11	

¹ Letras iguales indican medias estadísticamente similares.
 DMSH = Diferencia mínima significativa honesta
 C.V. = Coeficiente de Variación.

CUADRO 4.7. Comparación de medias entre tratamientos para el número de hojas aparecidas en el Muestreo 4 en - Maíz.

Tratamientos	Número de Hojas	
T ₃ = Asociación	3.17	a ¹
T ₁ = Asociación	2.98	a b
T ₇ = Unicultivo	2.97	a b
T ₂ = Asociación	2.93	a b
T ₅ = Intercalamiento 1	2.85	a b
T ₄ = Asociación	2.75	b
T ₆ = Intercalamiento 2	2.66	b
DMSH (.05)	0.372	
C.V.	5.56	

¹ Letras iguales indican medias estadísticamente similares.
 DMSH = Diferencia mínima significativa honesta.
 C.V. = Coeficiente de Variación.

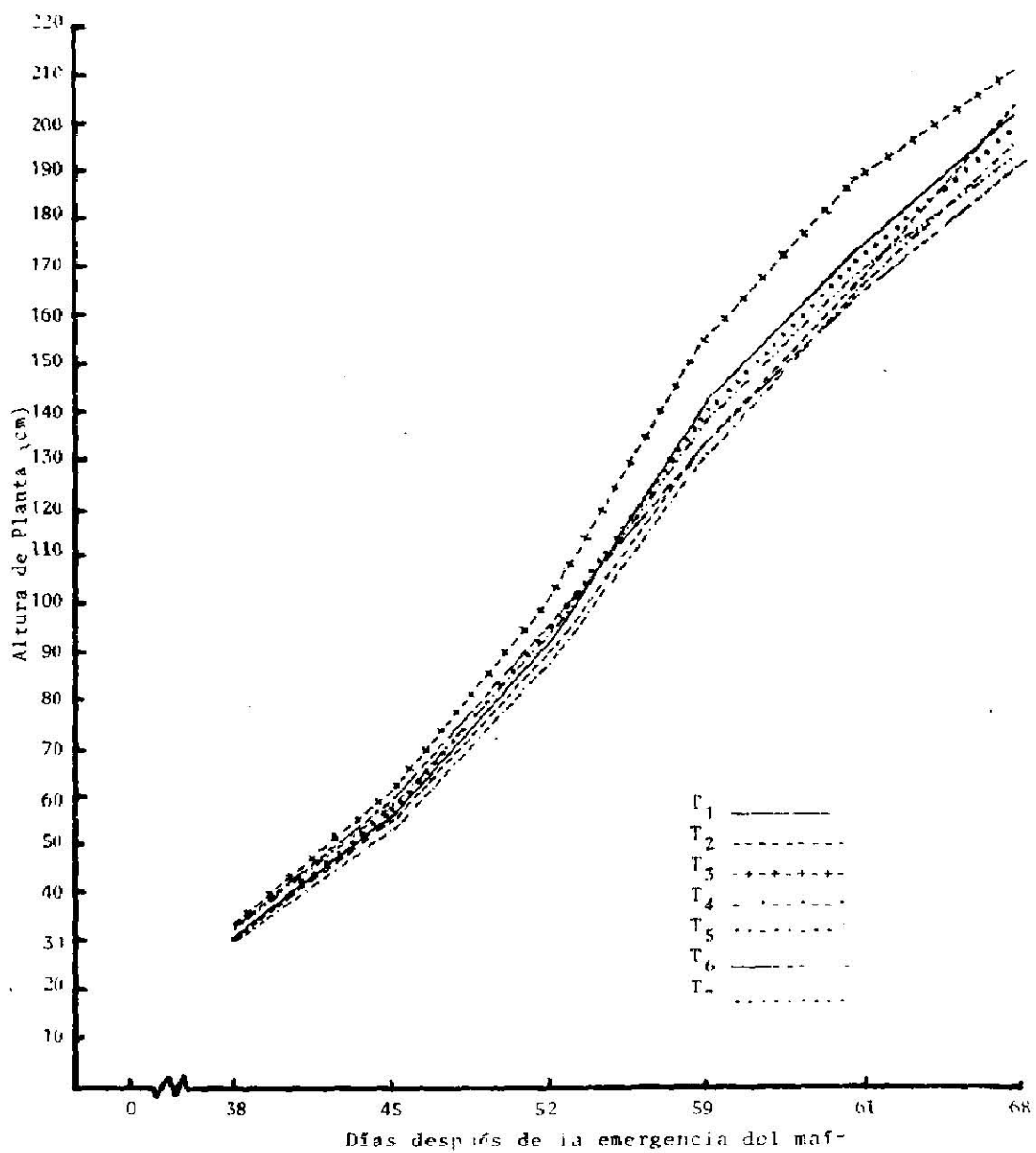


Figura 4.6. Curvas de crecimiento de la altura del maíz, a través del ciclo del cultivo.

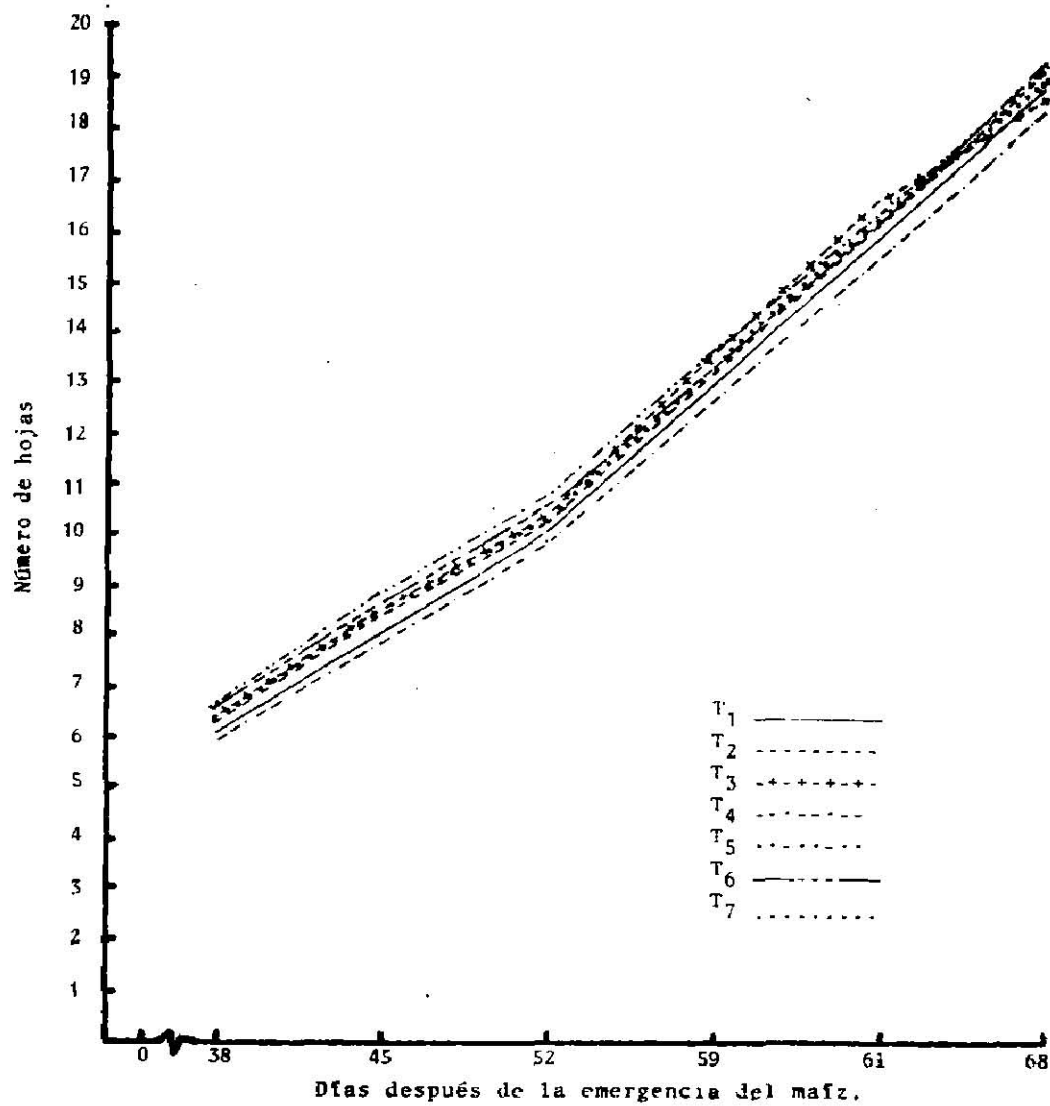


Figura 4,7, Curvas de crecimiento del número de hojas en maíz, a través del ciclo del cultivo.

tes, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, por lo cual se infiere que los diferentes arreglos topológicos no afectaron la expresión de éstos caracteres.

4.3. VARIABLES AMBIENTALES

De las variables temperatura promedio, máxima y del medio día, en las Figuras 4.8., 4.9. y 4.10., se observa claramente que durante las 5 semanas, los tratamientos T_5 y T_6 de intercalamiento y T_8 de unicultivo de frijol, presentaron los niveles más altos de temperatura, mientras que en niveles inferiores se encuentran los cuatro tratamientos de asociación y el unicultivo de maíz. Así también se muestran en los Cuadros 4.8., 4.9. y 4.10. los resultados de la prueba de comparación de medias de las semanas 3, 4 y 5 respectivamente, y así como para cada una de las temperatura.

Para la variable temperatura mínima, ésta presentó el caso contrario a las variables anteriores, ya que se puede observar (Figura 4.11.) que las asociaciones y unicultivo de maíz ocupan los niveles más altos de temperatura, mientras que los niveles inferiores de temperatura se presentaron en los intercalamientos T_5 y T_6 y más marcadamente en el unicultivo de frijol T_8 . En los Cuadros 4.8., 4.9. y 4.10 se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias de las semanas 3, 4 y 5 respectivamente, que fueron en las que se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

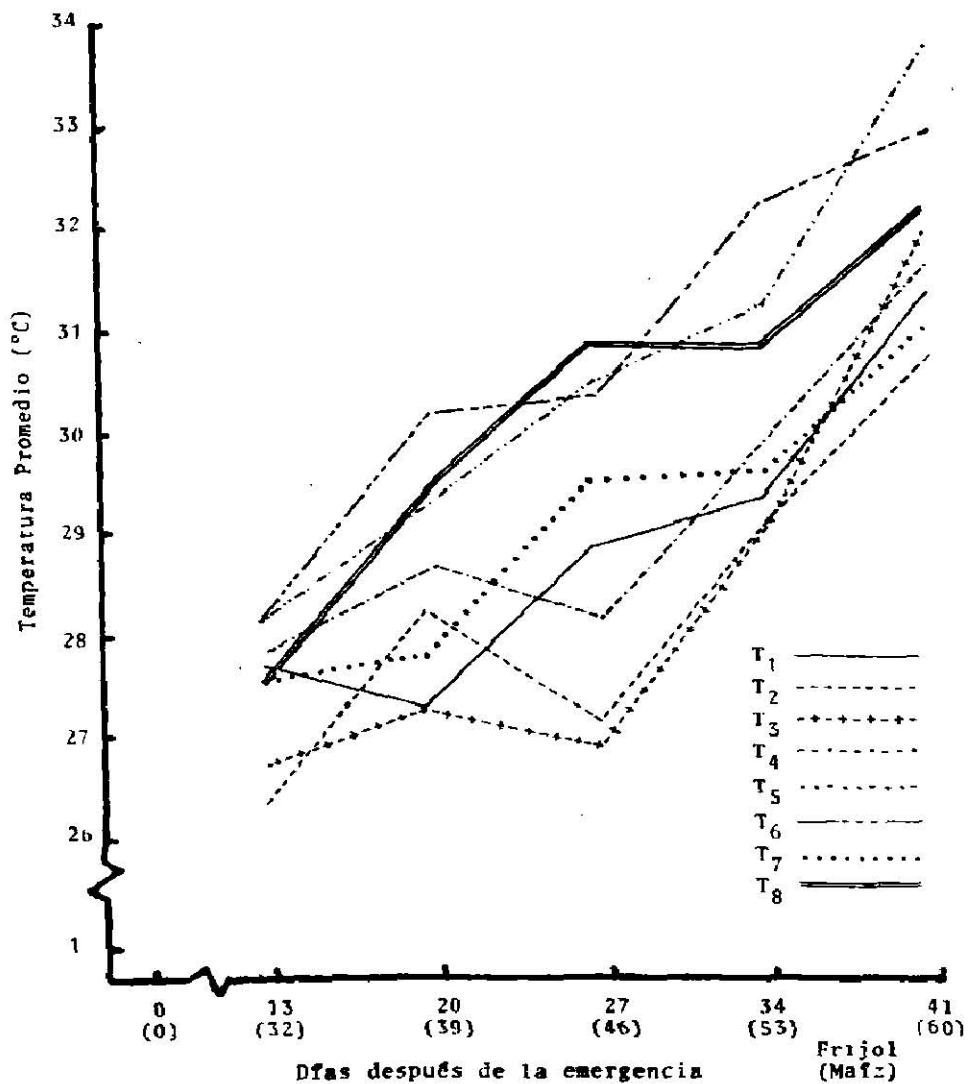


Figura 4.8. Variaciones de la temperatura promedio que se presentaron a través del ciclo de desarrollo de los cultivos.

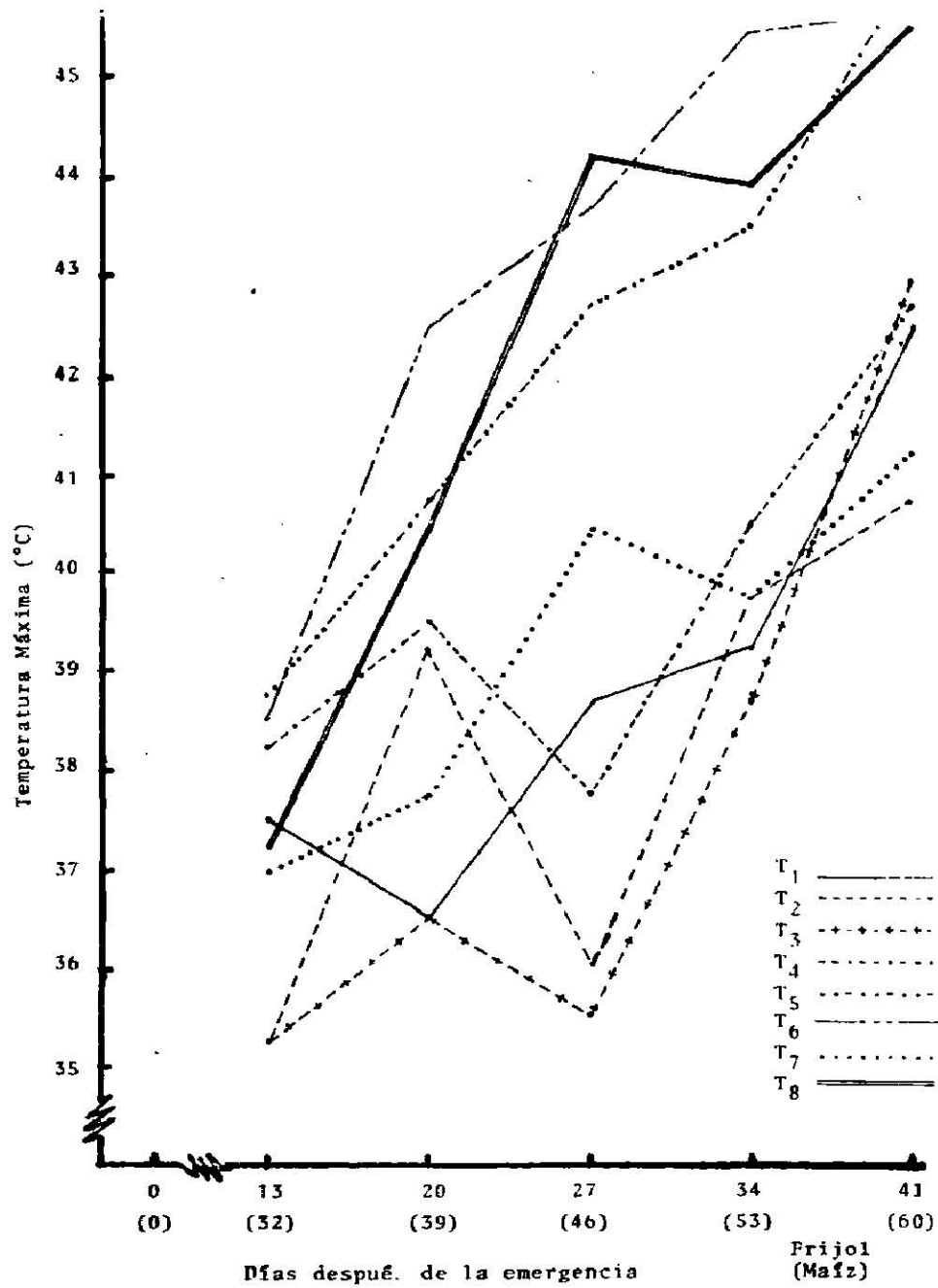


Figura 4.9. Variaciones de la temperatura máxima que se presentaron a través del ciclo de desarrollo de los cultivos.

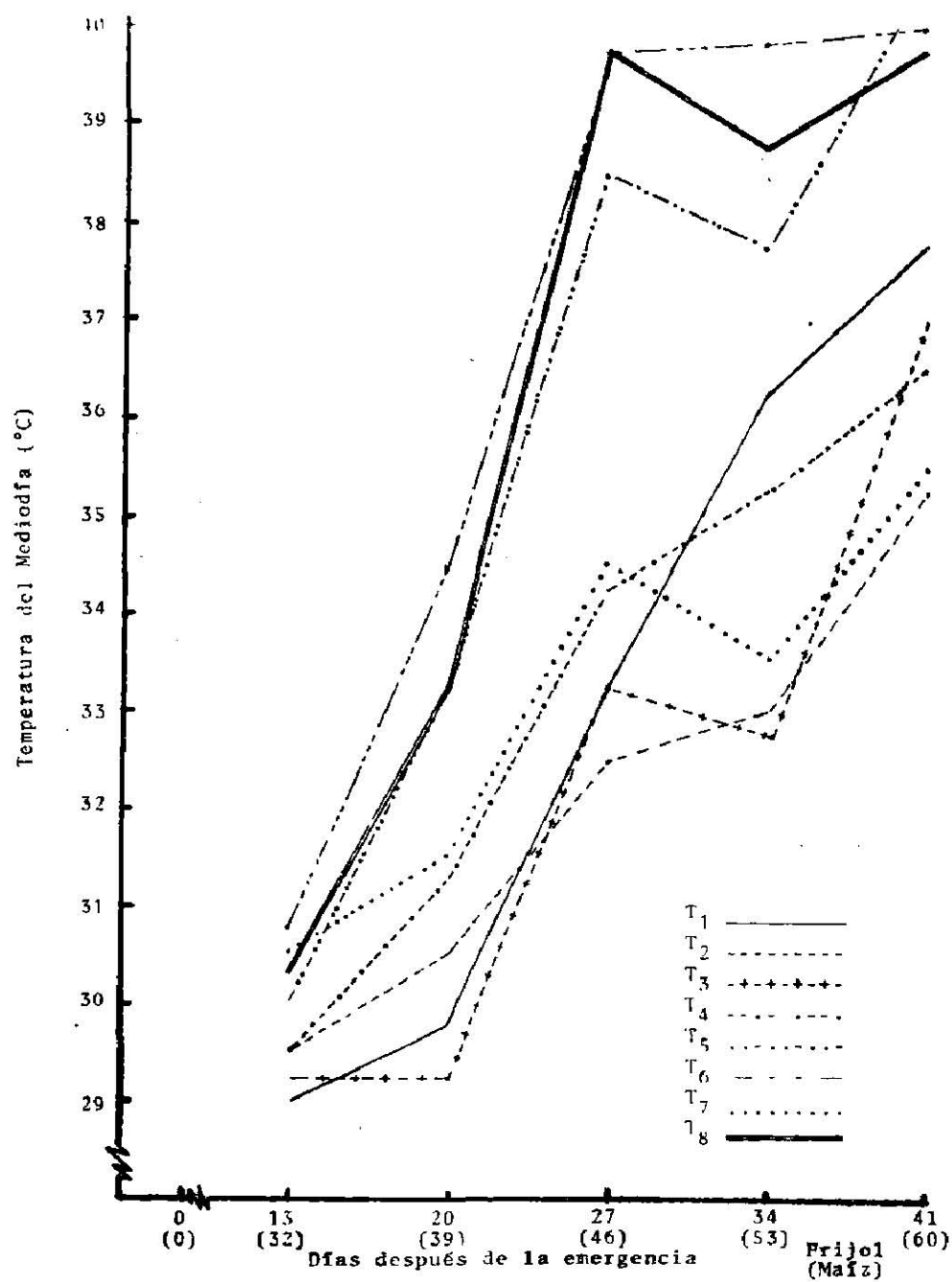


Figura 4.10. Variaciones de la temperatura del mediodía que se presentaron a través del ciclo de desarrollo de los cultivos.

CUADRO 4.8. Comparación de medias entre tratamientos para las temperaturas máxima, mínima, mediodía y promedio de la semana 3 (27 días después de la emergencia del frijol).

Tratamientos	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura mediodía (°C)	Temperatura promedio (°C)
T ₁ = Asociación	38.7 a b ¹	19.7 a	33.2 b	29.2 a b
T ₂ = Asociación	36.0 b	19.0 a b	32.5 b	27.5 b
T ₃ = Asociación	35.5 b	19.0 a b	33.2 b	27.2 b
T ₄ = Asociación	37.7 b	19.2 a	34.2 b	28.5 a b
T ₅ = Intercalamiento 1	42.7 a b	19.0 a b	38.5 a b	30.8 a b
T ₆ = Intercalamiento 2	43.7 a b	17.7 b	39.7 a	30.7 a b
T ₇ = Unicultivo Mazo	40.5 a b	19.2 a	34.5 b	29.8 a b
T ₈ = Unicultivo Frijol	44.2 a	18.2 b	39.7 a	31.2 a
DMSH (.05)	6.4	1.46	4.76	3.41
C.V.	6.73	3.24	5.58	4.86

¹ Letras iguales indican medias estadísticamente similares.

DMSH = Diferencia mínima significativa honesta.

C.V. = Coeficiente de Variación.

CUADRO 4.9. Comparación de medias entre tratamientos para las temperaturas máxima, mínima, mañana, mediodía y promedio de la semana 4 (34 días después de la emergencia del frijol).

Tratamientos	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura mañana (°C)	Temperatura mediodía (°C)	Temperatura promedio (°C)
T ₁ = Asociación	39.2	20.2 a	26.0 b	36.2 a b	29.7 b
T ₂ = Asociación	39.7	19.2 a b	25.7 b	33.0 b	29.5 b
T ₃ = Asociación	38.7	20.2 a	28.5 a b	32.7 b	29.5 b
T ₄ = Asociación	40.5	20.0 a	26.0 b	35.2 a b	30.2 a b
T ₅ = Intercalamiento 1	43.5	19.7 a b	26.5 a b	37.7 a b	31.6 a b
T ₆ = Intercalamiento 2	45.5	19.7 a b	27.0 a b	39.7 a	32.6 a
T ₇ = Unicultivo Maíz	39.7	20.2 a	26.5 b	33.5 a b	30.0 a b
T ₈ = Unicultivo Frijol	44.0	18.5 b	29.2 a	38.7 a b	31.2 a b
DMSH (.05)	5.32	1.35	2.43	6.64	2.68
C.V.	5.39	2.86	3.82	7.76	3.68

¹ Letras iguales indican medias estadísticamente similares.

DMSH = Diferencia mínima significativa honesta.

C.V. = Coeficiente de Variación.

CUADRO 4.10. Comparación de medias entre tratamientos para las temperaturas máxima, mínima, mediodía y promedio de la semana 5 (41 días después de la emergencia del frijol).

Tratamientos	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura mediodía (°C)	Temperatura promedio (°C)
T ₁ = Asociación	42.5 a b ¹	21.0 a b	37.7 a b	31.7 a b
T ₂ = Asociación	40.7 b	21.5 a	35.2 b	31.1 b
T ₃ = Asociación	43.0 a b	21.7 a	37.0 a b	32.3 a b
T ₄ = Asociación	42.7 a b	21.5 a	36.5 a b	32.1 a b
T ₅ = Intercalamiento 1	47.2 a	21.2 a b	40.5 a	34.2 a
T ₆ = Intercalamiento 2	45.7 a b	21.0 a b	40.0 a b	33.3 a b
T ₇ = Unicultivo Maíz	41.2 a b	21.7 a	35.5 b	31.5 a b
T ₈ = Unicultivo Frijol	45.2 a b	20.0 b	39.7 a b	32.6 a b
DMSH (.05)	6.01	1.44	4.98	3.1
C.V.	5.78	2.84	5.53	4.02

¹ Letras iguales indican medidas estadísticamente similares.

DMSH = Diferencia mínima significativa honesta.

C.V. = Coeficiente de Variación.

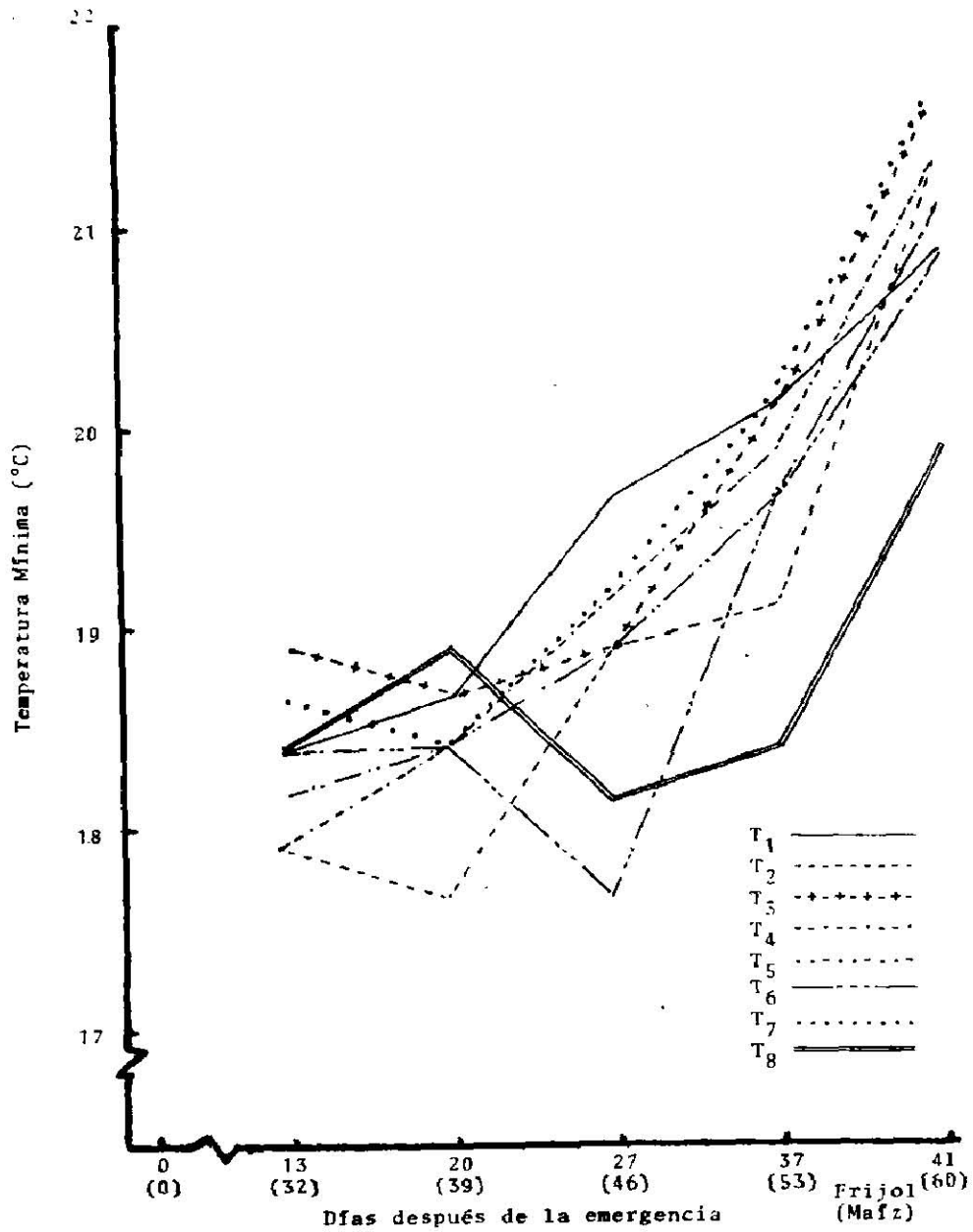


Figura 4.11. Variaciones de la temperatura mínima que se presentaron a través del ciclo de desarrollo de los cultivos.

Para la variable temperatura de la mañana solamente en la semana cuatro se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, pudiéndose observar en la Figura 4.12., que el unicultivo de frijol presentó los niveles más altos de temperatura, siguiéndole luego los intercalamientos y por último las asociaciones. En el Cuadro 4.9. se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias.

Para la variable temperatura de la tarde no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, en la Figura 4.13. se puede notar como ésto se refleja en una misma tendencia que siguen todos los tratamientos.

4.4. ORIENTACIONES DEL SURCADO

Del efecto general de la orientación del surcado, tomando en conjunto todos los tratamientos, las variables ambientales que presentaron significancia para dicho factor se presentan en el cuadro 4.11.

En cuanto al efecto de las orientaciones para cada uno de los tratamientos, se encontró que sólo algunas variables ambientales en los tratamientos T_4 (asociación) y T_5 (intercalamiento) presentaron significancia (Cuadro 4.12). Para los demás tratamientos el factor orientación no afectó a ninguna de las variables ambientales registradas.

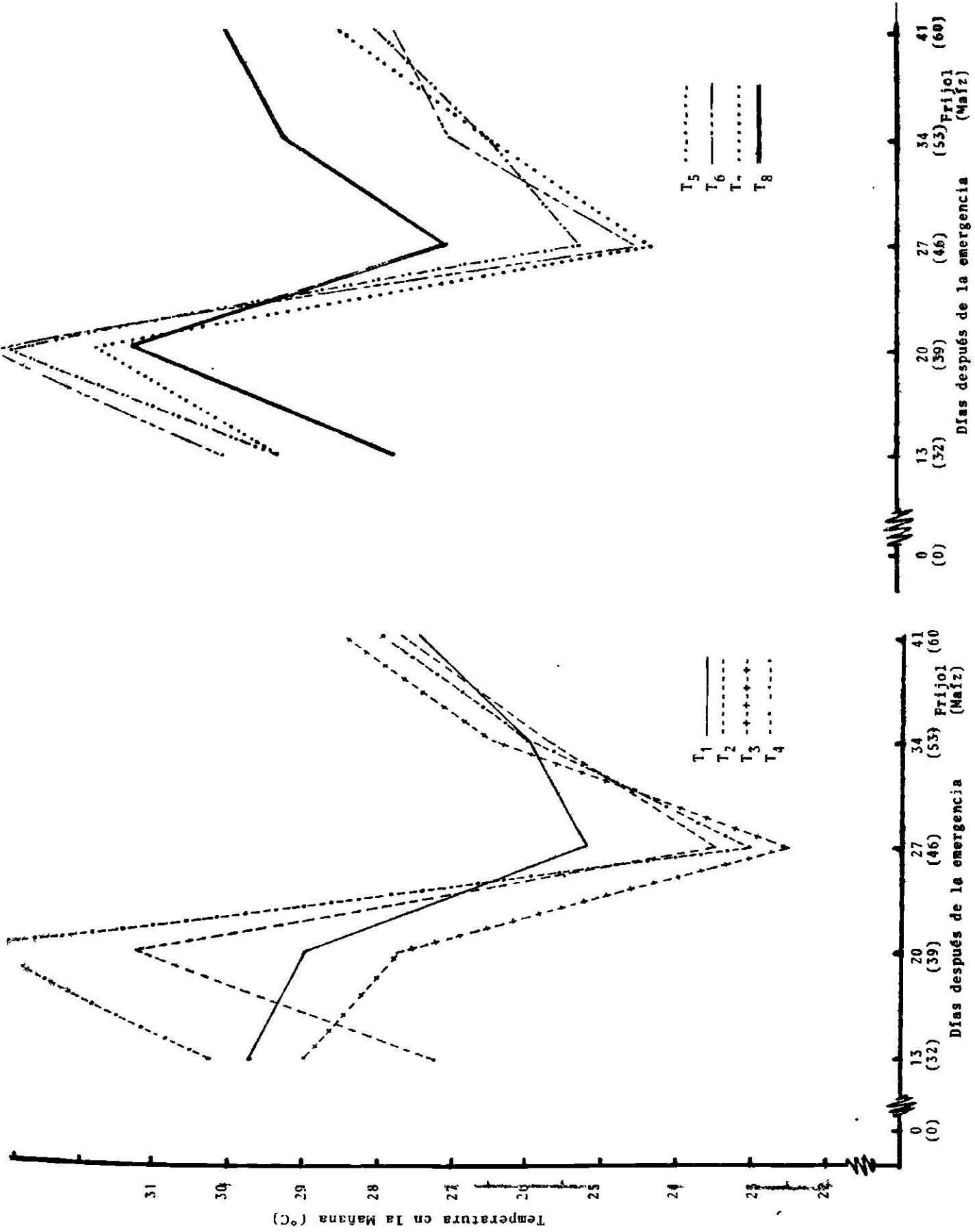


Figura 4.12. Variaciones de la temperatura de la mañana que se presentaron a través del ciclo de desarrollo de los cultivos.

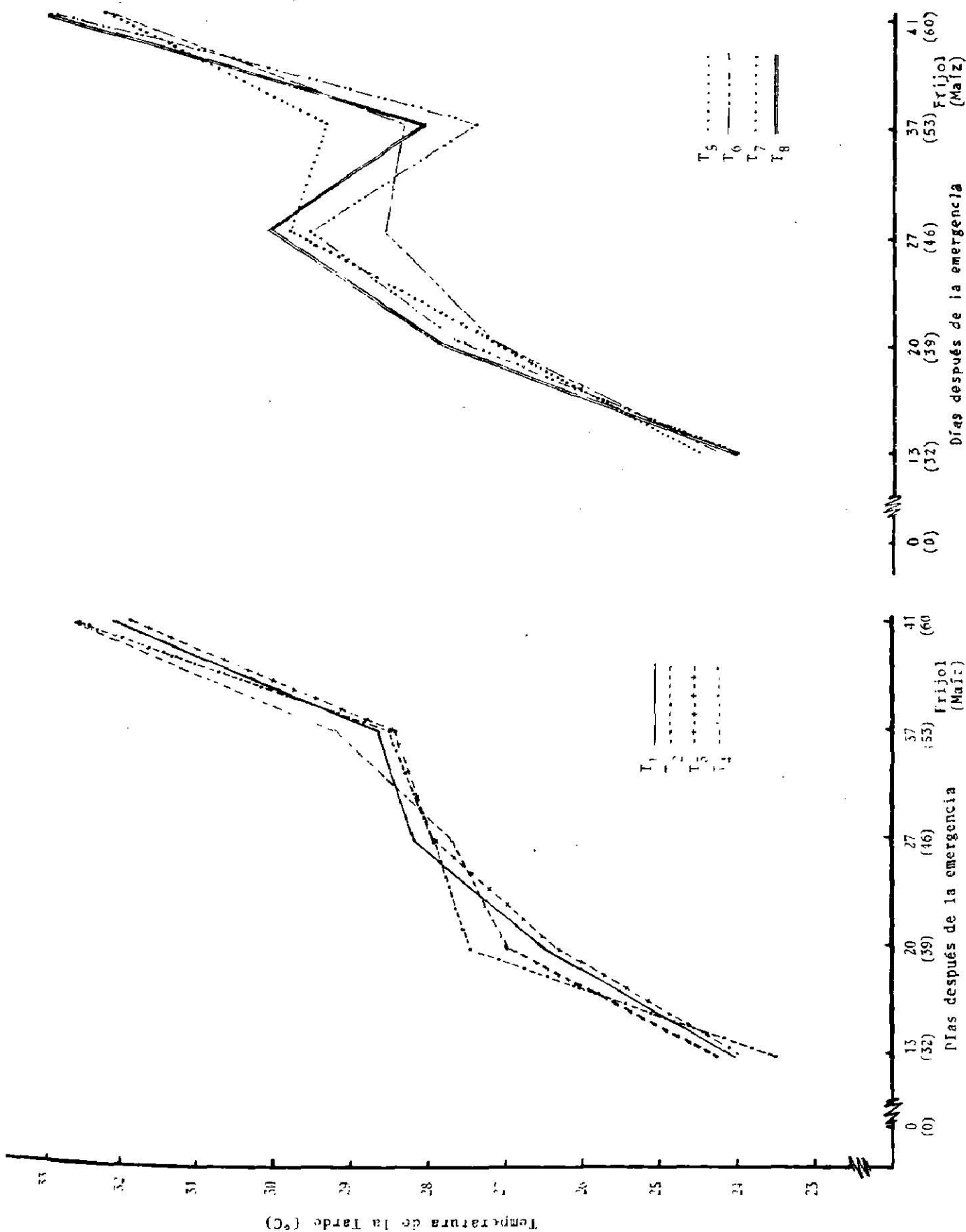


Figura 4.13. Variaciones de la temperatura de la tarde que se presentaron a través del ciclo de desarrollo de los cultivos.

Cuadro 4.11. Resultados de las variables ambientales que presentaron significancia para el factor orientación del surcado.

Variable	Promedio de temperatura °C	
	Norte-Sur	Este-Oeste
TEMPERATURA MINIMA		
Semana 1	18.87	18.00
Semana 3	18.06	19.75
Semana 4	19.18	20.31
TEMPERATURA DE LA MAÑANA		
Semana 3	22.31	26.50
TEMPERATURA DE LA TARDE		
Semana 3	27.81	29.87
Semana 4	29.43	27.75
TEMPERATURA DEL MEDIODIA		
Semana 2	33.56	30.00
TEMPERATURA PROMEDIO		
Semana 1	28.37	27.25
Semana 3	28.31	30.50
Semana 4	29.78	31.34

Cuadro 4.12. Resultados de los tratamientos que presentaron significancia en algunas variables ambientales, para el factor orientación del surcado.

Tratamiento	Promedio de Temperatura °C	
	Norte-Sur	Este-Oeste
T ₄ ASOCIACION		
Temperatura promedio Semana 1	29.00	27.25
Temperatura promedio Semana 3	26.75	30.25
T ₅ INTERCALAMIENTO		
Temperatura máxima Semana 3	38.50	47.00

4.5. CORRELACIONES EN FRIJOL

La variable rendimiento de grano de frijol, se correlacionó positiva y significativamente con las siguientes variables: nudos por planta, longitud de vaina, vainas por planta, semillas por vaina, peso y volumen de 100 semillas; con la acumulación de materia seca en los muestreos 3 y 4 y con la tasa relativa de crecimiento del cultivo (TCC) del último muestreo. En cambio se correlacionó negativamente con semillas vanas por vaina, porcentaje de vainas vanas y porcentaje de semillas vanas. Al considerar las variables del maíz, el rendimiento del frijol se correlacionó negativamente con el área foliar en el muestreo 1, el número de hojas aparecidas en el muestreo 5 y el número total de hojas en el muestreo 5. En cambio, se correlacionó positivamente con el número de hojas aparecidas en el último muestreo.

En cuanto a la correlación del rendimiento de frijol con las variables ambientales, se encontró que las que se correlacionaron positivamente fueron: temperatura máxima en la semana 1 y 2, temperatura promedio, de la mañana y de la tarde en la semana 2.

4.6. CORRELACIONES EN MAÍZ

La variable rendimiento en maíz se correlacionó positivamente y significativamente con las siguientes variables: longitud de mazorca, diámetro de mazorca y altura final de la planta.

4.7. REGRESION EN FRIJOL

En el análisis de regresión múltiple se encontró que las variables que principalmente determinaron el rendimiento del frijol fueron: vainas por planta (1), longitud de vaina (2), volumen de 100 semillas (3), semillas vanas por vaina (4), semillas por vaina (5), vainas vanas por planta (6), nudos por planta (7), peso de 100 semillas (8) y altura final de la planta (9); combinadas en la siguiente ecuación de regresión múltiple:

$$\hat{y}_{ij} = -.73 + 0.5823 (1) + 0.49 (2) + 0.6 (3) - 0.33 (4) - 0.14 (5) + 0.34 (6) + 0.2 (7) + 0.24 (8) + 0.21 (9).$$

la cual determina el 93% de la variabilidad observada en el rendimiento.

4.8. REGRESION EN MAIZ

En el caso del maíz se encontró que las variables que principalmente determinaron el rendimiento fueron: longitud de mazorca (1), altura final de la planta (2), diámetro de la mazorca (3), número de hojas totales (4), número de hileras (5), peso de 100 semillas (6) y volumen de 100 semillas (7); combinadas en la siguiente ecuación de regresión múltiple;

$$\hat{y}_{ij} = -250 + 3.72 (1) + 0.35 (2) + 27.5 (3) + 3.1 (4) + 1.8 (5) - 2.5 (6) + 2.9 (7).$$

la cual determina el 48% de la variabilidad observada en el rendimiento.

4.9. RENDIMIENTOS DE UNICULTIVOS vs. RENDIMIENTOS DE ASOCIACION.

En el cuadro 4.13. se presentan los rendimientos individuales y unitarios para cada cultivo en cada tratamiento, así como el valor de la producción en los diferentes tratamientos; observándose que cualquier tratamiento de asociación es muy superior al unicultivo de frijol, tanto en rendimiento del cultivo como el valor de la producción del mismo. Y que conjuntamente los dos cultivos asociados rinden más económicamente (\$) que el unicultivo del maíz.

4.10. RAZON DE SUPERFICIE EQUIVALENTE (RSE)

No se calculó debido a que el componente unicultivo de frijol (Y_{iiF}) era igual a cero, con lo cual la RSE tendía a ser infinito, para todos los tratamientos de asociación.

$$RSE = \frac{Y_{iM} \text{ (Maíz Asociado)}}{Y_{iiM} \text{ (Maíz Unicultivo)}} + \frac{Y_{iF} \text{ (Frijol Asociado)}}{Y_{iiF} \text{ (Frijol Unicultivo)}}$$

Cuadro 4.13. Comparación del valor de la producción de unicultivos vs. asociaciones.

Tratamiento	Rendimiento Frijol		Rendimiento Maíz		Aportación en pesos del:		
	Individual g/plta.	Unitario kg/ha	Individual g/plta.	Unitario kg/ha	Frijol	Maíz	Maíz+Frijol
T ₁ Asociación	2.10	174.99	69.77	2,907	2,800	19,040	21,840
T ₂ Asociación	0.92	76.66	66.41	2,767	1,226	18,123	19,349
T ₃ Asociación	2.06	171.66	71.83	2,992	2,746	19,597	22,343
T ₄ Asociación	1.41	117.49	64.18	2,674	1,879	17,514	19,393
T ₅ Intercalamiento	1.57	130.83	58.41	2,433	2,093	15,936	18,029
T ₆ Intercalamiento	2.49	207.49	65.98	2,749	3,319	18,005	21,324
T ₇ Unicultivo	—	—	73.19	3,049	—	19,970	—
T ₈ Unicultivo	0.00	0.00	—	—	0.00	—	—

Precios de Garantía 1981

Frijol - 16,000/Ton.

Maíz - 6,500/Ton.

Fuente: CONASUPO (Comisión Nacional de Subsistencia Popular).

5. DISCUSION

El hecho de que sólo en los dos primeros muestreos del análisis de crecimiento del frijol se encontraron diferencias significativas, hace pensar que sólo en la fase de crecimiento exponencial del cultivo (crecimiento y división celular) hubo diferencias entre los tratamientos, no siendo así para los últimos muestreos que corresponderían a la fase de diferenciación y especialización celular.

En los tratamientos 1, 2 y 4 de asociación, en los cuales se llevó a cabo el análisis de crecimiento por estratos, se encontró que no hubo diferencias significativas entre ellos, por lo que se puede inferir que no hubo diferencias importantes entre los microambientes formados. Aunque al respecto, Lépez (1978) informó que en la asociación ocurre una mayor intensidad de luz entre las matas de maíz, que al pie de las mismas; lo cual corresponde a los estratos bajo estudio en el presente trabajo. La divergencia entre los resultados puede deberse al reducido número de observaciones consideradas en las comparación de medias.

En relación a la eficiencia de acumulación de materia seca en frijol o TRC, los resultados indican que los tratamientos no influyeron sobre la expresión de este índice; observándose por lo general que las TRC iniciales eran altas y tendieron a disminuir drásticamente hasta los 32 días después de la emergencia; posteriormente se observó una ligera tendencia a

incrementar la velocidad de crecimiento, coincidiendo esto con el inicio de la floración.

Ahora bien, el análisis de crecimiento del frijol, se interrompió en el cuarto muestreo (39 días después de la emergencia) debido a la presencia de ciertos factores bióticos como la chicharrita (*Empoasca fabae Harris*) y abióticos (granizada 9 de mayo) que alteraron el ciclo de desarrollo del cultivo; observándose un mayor impacto de éste último factor en el unicultivo de frijol. Al respecto Lépiz (1974), encontró que los efectos de granizadas y heladas fueron menores cuando el frijol se asoció con maíz.

Para la variable longitud de la guía principal, se encontró que en las asociaciones el frijol presentaba las guías más largas, siendo más pequeñas las plantas de los intercalamientos y del unicultivo. Igualmente, Acevedo (1975) informó que las condiciones de sombra impuestas por el maíz al frijol afectaron la altura de planta de este último. Lo ocurrido en estos casos se debe tal vez a la calidad de luz que reciban las plantas en asociación, ya que esta llegaba a través de las hojas del maíz a los estratos inferiores en donde se encontraba el frijol. Este comportamiento del frijol, se sabe es debido a una respuesta fotomorfogenética (Kretchmer *et al.*, 1977); así también se puede inferir que ésta diferencia en el crecimiento de las guías, se debe a la elongación de los entrenudos y no al número de nudos, ya que estos últimos fueron similares para todos los tratamientos.

El rendimiento de grano en frijol y sus componentes, fueron diferentes en los arreglos topológicos, siendo los mejores tratamientos los de intercalamiento y asociación. Cabe destacar que el frijol en unicultivo no rindió absolutamente nada, con lo cual se comprobó parcialmente (debido a que el granizo no ocurre en forma regular en este ciclo y en esta región) la hipótesis empírica de los agricultores, la cual se refiere a no sembrar frijol en el ciclo temprano porque no rinde. Al respecto, las estadísticas sobre la producción de frijol durante el ciclo temprano en la zona baja del estado de Nuevo León, indican que en este ciclo se siembra aproximadamente el 1% (57 has) de la superficie total sembrada en el ciclo tardío (5,234 has) (SARH, 1980). Lo anterior se debe a que los agricultores han constatado a través de años la desventaja que implica el cultivar frijol en el ciclo temprano; así mismo, los manuales técnicos no recomiendan el cultivo del frijol en dicho ciclo (SARH, 1982).

Ahora bien, en relación a que los tratamientos de intercalamiento y asociación fueron los que mejores rendimientos obtuvieron, al respecto se pueden plantear los siguientes cuestionamientos:

Los intercalamientos y el unicultivo fueron en general, los tratamientos que registraron las temperaturas más altas y más bajas, sin embargo, mientras el primero fue uno de los más rendidores, el segundo no tuvo rendimiento, en base a esto se podría considerar que el factor temperatura no es limitante de

la producción, sino la alta intensidad lumínica y el efecto negativo del granizo que serían los causantes del rendimiento nulo de unicultivo. Este último factor se puede explicar más ampliamente si se considera la observación de que el efecto destructivo de la granizada fue de consecuencias menores para el intercalamiento, debido a que el surco de maíz espaciado a 15 cm entre plantas formó una barrera en donde fueron interceptados la mayoría de los granizos, no dejándolos llegar hasta el frijol; lo anterior ocurrió gracias a que la orientación del surcado era de dos tipos N-S y E-O; y no coincidió con la dirección del viento y granizo, que provenía del NO.

En el caso donde el tratamiento T_6 de intercalamiento presenta un mayor rendimiento respecto a los tratamientos de asociación, se pueden plantear las observaciones de campo para explicar la cuestión anterior; ya que durante el ataque de chicharrita (*Empoasca fabae Harris*), se observó que en las asociaciones la incidencia de la plaga era mayor, considerándose que se debió al microambiente favorable que presentaban estos tratamientos para el desarrollo y reproducción de la plaga, mientras que en el intercalamiento el ataque e incidencia de la plaga fue menor ya que las condiciones de temperatura eran más altas, y cabe mencionar que este factor biótico (plaga) fue en realidad el causante principal de la alteración del ciclo de cultivo de frijol.

Ahora bien, si tomamos en cuenta que sólo las asociaciones e intercalamientos produjeron rendimientos de grano; se podría

suponer también, que ésto ocurrió debido a que en el unicultivo de frijol, la abscisión de flores y vainas fué mayor debido al efecto conjunto de altas temperaturas y altas intensidades lumínicas, ya que se sabe que estos factores provocan dicho proceso. (Smith y Pryor, 1962 y CIAT citado por Fanjúl, 1978); así como también aceleran el fenómeno de fotorrespiración, el cual pudo haber repercutido en dichos fenómenos. (Medina, 1977; Ray, 1977; Milthrope y Moorby, y Evans citados por Lépez, 1978; Odum, 1979 y Sivori, Montaldi y Caso, 1980). O bien al mayor daño causado por el granizo sobre el unicultivo del frijol.

Lo anteriormente mencionado se puede sintetizar en el siguiente Cuadro:

5.1. Representación de los factores negativos (temperatura, granizo, plaga e intensidad lumínica) que se presentaron en los diferentes tratamientos.

TRATAMIENTOS	Factores Negativos			Intensidad lumínica
	Temperatura	Granizo	Plaga	
Intercalamiento	Δ	-	-	-
Asociaciones	-	Δ	Δ	-
Unicultivo (F)	Δ	ΔΔ	-	Δ

Δ Factor Negativo

ΔΔ Factor Altamente Negativo

Las altas temperaturas diurnas en los intercalamientos, se considera que se debieron a la escasa circulación del aire

y además a los efectos de la alta intensidad lumínica que se presentaba por lo regular durante el mediodía en ambas orientaciones del surcado, siendo ésta menor por las mañanas y tardes; y cabe señalar que estos tratamientos fueron los que presentaron un mayor porcentaje de acame en el maíz.

En relación con la alteración del crecimiento de frijol y su nula producción en unicultivo, se considera que la alta intensidad lumínica y el efecto de la granizada fueron las causas principales. Cabe mencionar que los unicultivos de frijol tal vez presentaron disturbios fisiológicos a causa de los factores anteriormente mencionados; ya que cuando fueron cosechadas las asociaciones, éstos continuaron su período de floración (hasta después de 20 días de cosechadas las asociaciones) y nunca lograron producir grano las plantas.

En lo que se refiere al comportamiento del crecimiento en maíz en los arreglos topológicos de asociación y unicultivos, se puede decir que en todos los tratamientos existió una similitud. Así también para el rendimiento del maíz, el unicultivo es similar a cualquier arreglo topológico de asociación, por lo cual se deduce que el rendimiento de maíz no es afectado por la presencia del frijol, ni por los arreglos topológicos en el terreno. Lo anterior confirma los resultados obtenidos por: CIAT (1974), Andrade, Ramalho y Andrade (1974), Francis, Prager y Laing (1978), Francis *et al.* (1978) y Santa-Cecilia y Vieira (1978). Al respecto, considerando que el maíz (ruta C₄) necesita condiciones de alta temperatura e intensidad lumínica para

su desarrollo normal; estas no fueron afectadas por la competencia con el frijol (ruta C₃), ya que la luminosidad que se abatió sobre el maíz fue suficiente para satisfacer sus necesidades fotosintéticas.

La media general del rendimiento unitario de maíz fue de 2796 kg, el cual pudo haber sido mayor en caso de que no se hubiese presentado la granizada, la cual destruyó el área foliar correspondiente a las hojas que salieron abajo de la mazorca, causando un decremento del rendimiento. Al respecto Tanaka y Yamaguchi (1977), mencionaron que al quitar las hojas por debajo de la mazorca, se ocasionó un ligero abatimiento del rendimiento del grano. Igualmente Schmidt y Colville (1967), informaron que al remover las hojas abajo de la mazorca se redujo un 22% el rendimiento.

Para la variable altura final de planta en maíz, se encontró que el tratamiento T₃ de asociación presentó plantas más altas que los tratamientos T₄ de asociación, T₅ y T₆ de intercalamientos; esto se puede deber a que en estos tratamientos las plantas se encontraban bajo una mayor competencia intraespecífica debido al arreglo espacial que presentaban dichos tratamiento.

En lo que se refiere a las demás variables morfológicas y componentes del rendimiento del maíz, se puede decir que la expresión de dichos caracteres no fue modificada por los arreglos topológicos y la asociación.

En cuanto al valor de la producción, los tratamientos de asociación e intercalamiento fueron los que proporcionaron los mayores valores económicos (aportación en pesos) al ser comparados con el unicultivo de maíz y principalmente con el de frijol, el cual puede llegar a tener incluso un beneficio económico negativo, ya que son necesarios un mínimo de insumos esenciales (semilla y siembra), que no serían recuperados.

Por último, se puede considerar que la producción del frijol, al asociarlo con maíz, representa una ganancia extra para el agricultor, ya que el maíz no sufrió alteraciones significativas en su rendimiento por efecto de la asociación. Santa-Cecilia y Vieira (1978) concluyeron lo mismo, en algunos casos, en su trabajo de investigación.

De las características del microambiente formado en cada arreglo topológico, se puede plantear que el sombreado provocado por el maíz propició condiciones favorables para el desarrollo del frijol, principalmente en los arreglos de asociación, al disminuir la temperatura del aire en el estrato donde se desarrollaba el frijol y atenuar la gran intensidad lumínica que se abatía sobre el mismo. Al respecto, Lépiz (1978) menciona que en la asociación de cultivos maíz-frijol ocurre una mayor intercepción de luz que en las siembras de unicultivo, y que en los estratos inferiores de la asociación ocurre una reducción en la intensidad lumínica.

Demolon (1972) también menciona que la radiación puede

llegar a inhibir el crecimiento foliar y contribuir a reducir la vegetación en terrenos descubiertos; y que la utilización de sombreadores permite en este caso activar el crecimiento.

Ahora bien, para el caso de los tratamientos de intercalamiento se considera que las condiciones microambientales no fueron muy favorables para el desarrollo del frijol, ya que el factor temperatura en este caso presentó niveles muy altos creyéndose que la escasa circulación del aire en estos tratamientos fue la causa principal que provocó dicho efecto.

El rendimiento del frijol se correlacionó positiva y significativamente con el número de hojas de maíz aparecidas en el último muestreo, lo cual indica que el rendimiento del frijol aumenta a medida que aumenta el número de hojas que se encuentran cercanas a la espiga, o bien interpretándose que a mayor sombreado mayor rendimiento en el frijol.

En cuanto al parámetro de razón de superficie equivalente (RSE), se puede decir que fue alto, al grado de no poderse calcular debido a que el componente unicultivo de frijol (Y_{iiF}) fue cero, y al usarlo en la fórmula daba infinito. Lo cual indica que la siembra de ambos cultivos en asociación fue mejor en cuanto a la eficiencia del uso de la tierra.

El efecto de la orientación del surcado sobre las variables ambientales tomando en conjunto todos los tratamientos se manifestó provocando diferencias en la temperatura mínima, de la mañana, de la tarde, del mediodía y promedio, en cuando menos

una de las cinco semanas registradas; no siendo así para la temperatura máxima, la cual según los resultados se comportó similar en ambas orientaciones durante las cinco semanas. Los resultados presentados en el Cuadro 4.11. se pueden interpretar así:

En cuanto a la variable temperatura mínima, ésta presentó significancia en tres de las cinco semanas registradas, registrándose las temperaturas más bajas en la orientación Norte-Sur en las semanas tres y cuatro, esto tal vez se debió a que los vientos de origen polar que inciden en ésta época provienen del norte, los cuales, provocaron los mayores efectos en esta orientación ya que los surcos se encontraban paralelos en dicha dirección. Ahora bien, en la semana uno se presenta el caso contrario, esto tal vez se deba a que las plantas de maíz en esa semana se encontraban muy pequeñas, y la protección que estas pudieron hacer contra el viento no fue considerable, siendo así que las diferencias encontradas se supone se deban a otros factores indeterminados.

Las temperaturas de la mañana y de la tarde en la semana tres tuvieron los valores más altos de temperatura en la orientación en donde los surcos eran paralelos al movimiento del sol en los horizontes (Este-Oeste); y valores menores de temperatura en la orientación donde los surcos eran perpendiculares al movimiento del sol. Se supone que esto ocurrió debido a que los rayos solares durante la mañana y la tarde penetraron hasta el fondo del surco en la orientación Este-Oeste, elevando de este modo la temperatura en ambos casos, mientras que, en la orientación

Norte-Sur en dichos casos los rayos solares fueron interceptados por las plantas de maíz, las cuales formaban una barrera no dejándoles llegar hasta el fondo del surco, disminuyendo así la temperatura en esta orientación.

Para la variable temperatura de la tarde en la semana cuatro, se presentó el caso contrario, lo cual se supone es debido a otros factores indeterminados los cuales no se apreciaron durante la conducción y desarrollo del experimento.

La temperatura del mediodía en la semana dos presentó valores menores en la orientación Este-Oeste, esto se supone se debió a un efecto de latitud, ya que en esta región el cénit del sol al mediodía se encuentra ligeramente hacia el Sur, lo cual repercutió en un ligero sombreo provocado por las plantas de maíz en la parte Norte del fondo del surco, causando de esta forma una disminución de la temperatura. En el caso de la orientación Norte-Sur, no se presentó este fenómeno, registrándose las temperaturas más altas.

Las temperaturas promedio presenta similitud en los resultados con la variable temperatura mínima, para las semanas uno, tres y cuatro, considerándose que están altamente correlacionadas, ya que la segunda es componente de la primera; y si tomamos en cuenta que el otro componente de la temperatura promedio (temperatura máxima) no presentó diferencias significativas, entonces se puede inferir que la variación de la temperatura promedio depende directamente de la variación que presente la temperatura mínima, explicándose de esta forma tal comportamiento y

similitud.

Dentro del análisis de comparación de medias por tratamiento, para el factor orientación del surcado, se encontró que sólo los tratamientos T_4 (asociación) y T_5 (intercalamiento) presentan diferencias significativas para las siguientes variables:

El tratamiento T_4 presentó diferencias significativas en la temperatura promedio en las semanas uno y tres, siendo contrastantes e inversos los resultados de ambas orientaciones en las dos semanas, esto se supone se debió a que las condiciones de ambas semanas fueron diferentes.

Para el tratamiento T_5 la temperatura máxima en la semana tres presentó diferencias significativas, registrándose valores más altos en la orientación Este-Oeste suponiéndose que esto se debió a la falta de circulación del aire en esta orientación debido al arreglo espacial del maíz (15 cm entre planta) que formaba una barrera, en comparación con la orientación Norte-Sur la cual era paralela a los vientos del Norte, provocando esto una disminución de la temperatura en esta orientación.

En vista de los resultados obtenidos se considera que trabajos de este tipo, que están encaminados a mejorar la componente ambiental a través del uso de diferentes arreglos espaciales de los cultivos, son los que finalmente podrán dar alternativas de producción en ciclos de siembra y regiones donde no es posible la producción de ciertos unicultivos, como el caso del presente trabajo.

6. CONCLUSIONES

1. La siembra de frijol en unicultivo en el ciclo temprano, dió como resultado una producción nula.
2. La asociación e intercalamiento de frijol con maíz es una alternativa potencial para incrementar la producción del cultivo de frijol, durante el ciclo temprano en la zona baja del estado de Nuevo León.
3. En la asociación e intercalamiento de maíz-frijol, no se presentó competencia interespecífica por luz, en cambio lo que ocurrió fue una complementación de los cultivos para utilizar mejor el ambiente, llevándose la mejor parte el frijol.
4. Las condiciones microambientales formadas en los cuatro tratamientos de asociación fueron favorables para el desarrollo del frijol.
5. Las condiciones microambientales de temperaturas formadas en los dos arreglos topológicos de intercalamiento fueron negativas para el desarrollo del frijol.
6. Las condiciones microambientales en los unicultivos de frijol fueron negativas para el desarrollo del mismo.
7. La longitud de la guía principal del frijol fue mayor en los arreglos topológicos de asociación y menor en los tratamientos de intercalamiento y unicultivo, lo cual se debió a la elongación de los entrenudos y no al incremento del nú-

mero de éstos.

8. La eficiencia de acumulación de materia seca en frijol fue igual para los arreglos topológicos de asociación y el uni cultivo.
9. El desarrollo de frijol fue diferente en los arreglos topo lógicos de asociación y unicultivo.
10. El crecimiento del frijol en los estratos 1 y 2 de los tra tamientos T_1 , T_2 y T_4 de asociación fue igual.
11. El rendimiento de maíz y sus componentes fueron similares en los diferentes arreglos topológicos de asociación y en el unicultivo.
12. En general, el desarrollo del maíz fue igual en los arreglos topológicos de asociación y en el unicultivo.
13. Las variables de frijol, maíz y ambientales; que se correlacionaron positiva y significativamente con el rendimiento de grano del frijol fueron: nudos por planta, semillas por vaina, peso y volumen de 100 semillas, la acumulación de materia seca en los muestreos 3 y 4 y con la TCC en el último muestreo; número de hojas de maíz aparecidas en el último muestreo, temperatura máxima en las semanas 1 y 2, temperatura promedio, de la mañana y de la tarde en la semana dos.
14. A mayor número de hojas cercanas a la espiga (mayor sombreo),

el rendimiento en frijol tendió a incrementarse.

15. La ecuación de regresión que incluye a las variables: vainas por planta, longitud de la vaina, volumen de 100 semillas, semillas vanas por vaina, semillas por vaina, vainas vanas por planta, nudos por planta, peso de 100 semillas y longitud de la guía principal, explica la variabilidad observada para el rendimiento en un 93%.
16. Las variables de maíz que se correlacionaron positiva y significativamente con el rendimiento de grano en maíz fueron: longitud de mazorca, diámetro de mazorca y altura final de la planta.
17. La ecuación de regresión que incluye a las variables: longitud de mazorca, altura final de la planta, diámetro de la mazorca, número de hojas totales, número de hileras, peso y volumen de 100 semillas, explica la variabilidad observada para el rendimiento en un 48%.
18. La razón de superficie equivalente (RSE) obtenida en las asociaciones e intercalamientos fue mucho mayor que en los unicultivos.
19. El valor de la producción es mayor en los tratamientos de asociación e intercalamiento con respecto a los unicultivos de maíz, y frijol principalmente. Por lo tanto el asociar frijol con maíz representa una ganancia extra para el agricultor.

20. En general, el factor orientación del surcado afectó las condiciones de temperatura bajo las cuales se desarrolló el frijol.

7. RECOMENDACIONES

En cuanto a recomendaciones se refiere, sería muy aventurado tratar de dar una recomendación práctica, ya que para esto se deben de constatar los resultados en varios años; sin embargo, es conveniente mencionar que podría ser factible el incremento de la producción de frijol en el ciclo temprano en la zona baja del estado de Nuevo León, si se cultiva en asociación con maíz, y a la vez se recomienda que se sigan efectuando trabajos sobre esta línea de investigación, en donde se prueben diferentes genotípos, fechas de siembra e imbricación, arreglos espaciales y densidades de ambos cultivos; para que de ésta manera se pueda encontrar la combinación óptima de factores.

8. 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.) In resúmenes analíticos sobre frijol CIAT Vol. IV p. 97.
- Aguilar F., P. 1978. Formulación de recomendaciones para el cultivo de asociación maíz-frijol en el área del plan Puebla. Tesis M.C. Colegio de Post-Graduados, Chapingo. Méx.
- Alarcón L., F. A. 1981. Caracterización agronómica de líneas S₄ e híbridos de cruza simple en maíz, verano 1979, Marín, N.L.. Tesis Ing. Agr. U.A.N.L.
- Alvim, R. y P. de T. Alvim. 1969. Efeito da densidade de plantio no aproveitamento da energia luminosa pelo milho (*Zea mays* L.) e pelo feijao (*Phaseolus vulgaris* L.) em culturas exclusivas e consorciadas. Turrialba 19 (3): 389-393.
- Andrade M. A. de, M.A.P. Ramalho y M.J.B. de Andrade. 1974. Consorciacao de feijoeiro (*Paseolus vulgaris* L.) com cultivares de milho (*Zea mays* L.) de porte diferente. Agros 4 (2): 23-30.
- Bazaldúa R., J.A. 1978. Evaluación de 26 colectas de maíz (*Zea mays* L.) de las zonas bajas del estado de Nuevo León, en Marín, N.L., verano 1977. Tesis Ing. Agr. U.A.N.L.
- Bocanegra P., A. 1980. Evaluación de 26 colectas de maíz (*Zea mays* L.) criollo de la zona baja del estado de Nuevo León en General Terán, N.L., verano 1977. Tesis Ing. Agr. U.A.N.L.
- Bonner, J. y A. W. Galston. 1970. Principios de fisiología vegetal. Trad. Federico Portillo, V ed. Madrid, Aguilar. 485 p.

- Buttery, B.R. 1969. Analysis of the growth of soybeans as affected by plant population and fertilizer. *Canad. J. of Plant Sci.* 49: 675-684.
- Camacho, L.H., R.A. Duarte y S.H. Orozco. 1968. Relación entre el hábito de crecimiento y los componentes del rendimiento en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista I.C.A.* 3 (2): 123-129.
- Campos E., A. y P. Aleman R. 1980. Asociación maíz-frijol. Informe anual CAEAJAL. INIA, SARH, Jalisco, Méx.. 9 p.
- Cantú G, J.L. 1977. Evaluación de 36 colectas de maíz (*Zea mays* L.) criollo de las zonas bajas del estado de Nuevo León, en Gral. Escobedo, N.L., prim. 1976. Tesis Ing. Agr. U.A.N.L.
- Chacón, A.E. y M.A. Barabona. 1975. Granos básicos en multicultivos. El Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Centro Nacional de Tecnología Agrícola, Año, 14 N° 2, pp. 8-19.
- CIAT. 1974. Informe anual. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- _____. 1975. Idem
- _____. 1976. Idem
- Clark, E.A. 1978. Studies on competition between associated bean and maize crops. In resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT, Vol. IV pp. 92-93.
- Colville, W.L. 1968. Influence of plant spacing and population on aspects of the microclimate within corn ecosystems. *Agron. J.* 60: 65-67.
- Crookston, R.K., K.J. Treharne y J.L. Ozbun. 1975. Response of beans to shading. *Crop Sci.* 15 (3): 412-416.
- Crothers, S.E. y D.T. Westermann. 1976. Plant population effects on the seed yield of *Phaseolus vulgaris* L. *Agron. J.* 68 (6): 958-960.

- De León S., C.H. 1976. Evaluación en la localidad de General Escobedo, N.L, de 48 colectas de maíz (*Zea mays* L.) criollo de las partes bajas del estado de Nuevo León, prim. 1976. Tesis Ing. Agr. U.A.N.L.
- Demolon, A. 1972. Crecimiento de los vegetales cultivados. Trad. José Pérez. II ed. Barcelona, Omega. 587 p.
- Denmead, O.T., L.J. Fritschen y R.H. Shaw. 1962. Spacial distribution of net radiation in a corn field. Agron. J. 54: 505-510.
- Devlin, R.M. 1980. Fisiología vegetal. Trad. Xavier Llimona P. III ed., Barcelona, Omega, 517 p.
- Díaz A., P.M., F. Gómez R. y J.P. Escalera A. 1982. Análisis de crecimiento en 3 genotipos de hábito de crecimiento semideterminado de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), creciendo en macetas en la zona de Marín, N.L. ciclo Otoño-Invierno. Tesis Ing. Agr. U.A.N.L.
- Duarte, A.R. y M.W. Adams. 1972. A path coefficient analysis of some yield component interrelation in field beans. (*Phaseolus vulgaris* L.) Crop Sci. 12: 579-582.
- Eik, H. y J.J. Hanway. 1966. Leaf area relation to yield of corn grain. Agron. J. 58: 16-18.
- Emmel, T.C. 1975. Ecología y biología de las poblaciones. Trad. Carlos Gerhard. México, D.F., Interamericana, 198 p.
- Escalante E., J.A.S. 1980. Efecto del sombreado artificial sobre el rendimiento y sus componentes en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Michoacan 12-A-3. Tesis M.C., C.P. Chapingo, Méx..
- Fanjúl P., L. 1978. Análisis del crecimiento de una variedad de *Phaseolus vulgaris* L. de hábito de crecimiento indeterminado y ensayo para el estudio de las relaciones entre la fuente y la demanda de los fotosintatos.

Tesis M.C., C.P. Chapingo, Méx.

Farlow, P.J., D.H. Byth y N.S. Kruger. 1978. The effect of temperature on seed set and in vitro pollen germination in french beans (*Phaseolus vulgaris* L.) In resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT, Vol. V. pp. 35-36.

Fattah, Q.A. y D.J. Wort. 1970. Effect of light and temperature on simulation of vegetative and reproductive growth of bean plants by naphthenates. *Agron. J.* 62 (5) : 576 - 577.

Fletcher, R.A. y S. Zalick. 1964. Effect of light quality on growth and free indolacetic acid content in *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiol.* 39 (3): 328 - 331.

Francis, C.A., J.N. Rutger y F.E. Palmer. 1969. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 9 : 537 - 539

—————, C.A. Flor y S.R. Temple. 1976. Adapting varieties for intercropping systems in the tropics. In Multiple Cropping. American Society of Agronomy. Special publication N° 27. Madison, Wisconsin. 378 p.

—————, M. Prager y D.R. Laing. 1978. Genotype X environment interactions in climbing bean cultivars in monoculture and associated with maize. *Crop Sci.* 18 (2) : 242 - 246.

—————, —————, —————, y C.A. Flor. 1978. Genotype X environment interactions in bush bean cultivars in monoculture and associated with maize. *Crop Sci.* 18 (2) : 237 - 241.

————— y J.H. Sanders. 1978. Economic analysis of bean and maize system: monoculture versus associated cropping. In resúmenes analíticos sobre frijol, CIAT, Vol. V. p. 99.

—————. 1978. Multiple cropping potentials of bean and maize. *Hort. Sci.* 13 (1) : 12 - 17.

- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. II ed., Instituto de Geografía UNAM. México, D.F.. 245 p.
- Garza W, F. 1980. Evaluación de 26 colectas de maíz (*Zea mays* L.) de las zonas bajas del estado de Nuevo León, en Marín, N.L., verano 1977. Tesis Ing. Agr. U.A.N.L. 81 p.
- Gates, D.M. 1979. El flujo de energía en la biosfera. In La energía. Scientific American, II ed. Madrid, Alianza editora, pp. 92-116.
- Giese, A.C. 1975. Fisiología celular y general. Trad. Dr. Roberto Floch, III ed. México, D.F., Interamericana, 729 p.
- Gilles C., J. 1978. Estimación del mejor arreglo espacial en la asociación de maíz y frijol en Apodaca, N.L. Tesis Ing. Agr. ITESM.
- Halterlein, A.J., C.D. Clayberg e I.D. Teare. 1980. Influence of high temperature on pollen grain viability and pollen growth in the styles of *Phaseolus vulgaris* L. In resúmenes analíticos sobre frijol, CIAT. Vol. V. pp. 36-37.
- Hernández V., C., J. Guzmán A. y A. Arévalo V. 1980. Asociación maíz-frijol. Informe anual del CAENGUA, CIAB, INIA, SARH, México. 10 p.
- Hildebrand, P.E., E.C. French, M.A. Barahona, A.E. Chacón y J.L. Bieber, 1975. Manual para la siembra de multicultivos. Sta. Tecla El Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria. 53 p.
- Izhar, S. y D.H. Wallace. 1967. Effect of night temperature on photosynthesis of *Phaseolus vulgaris* L. Crop Sci. 7: 457-460.
- Juárez O., M.G. 1976. Prueba comparativa de adaptación y rendimiento de 36 variedades y líneas experimentales de

- frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Linares, N.L. Tesis Ing. Agr. U.A.N.L.
- Kaplan, L. 1965. Archeology and domestication in American *Phaseolus* (Beans). *Econ. Bot.* 19 (4): 358-368.
- Kohashi S.,J. 1979. Fisiología. In contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Ed. Engleman E.M., C.P., Chapingo, Méx. pp. 39-58.
- Kretchmer, P.J., J.L. Uzbun, S.L. Kaplan, D.R. Laing y D.H. Wallace. 1977. Red and far-red light effects on climbing in *Phaseolus vulgaris* L. *Crop Sci.* 17: 797-799.
- Laird, R.J. 1977. Investigación agronómica para el desarrollo de la agricultura tradicional. C.P., Chapingo, Méx., 175 p.
- Leal C., J.E. 1980. Análisis de la variación estacional de la calidad del agua en el campo agrícola experimental de Marín, N.L. Tesis Ing. Agr. U.A.N.L.
- Lépiz, R.I. 1971. Asociación de cultivos maíz-frijol. *Agr. Téc. en Méx.* 3 (3): 98-101.
- _____. 1974. Asociación de cultivos maíz-frijol. Folleto Técnico N° 58. INIA, SAG, Méx. 46 p.
- _____. 1978. La Asociación maíz-frijol y el aprovechamiento de la luz solar. Tesis de Doctor en Ciencias, C.P. SARH. Chapingo, Mex.
- Loomis, R.S., W.A. Williams, W.G. Duncan, A. Dourat y F. Nuñez A. 1968. Quantitative description of foliage display and light absorption in field communities of corn plants. *Crop Sci.* 8: 352-356.
- Mack, H.J. y J.N. Singh. 1969. Effects of high temperature on yield and carbohydrate composition of bush snap beans. *J. Amer. Soc. Hort.* 94: 60-62.
- Mancini, M.S. y M.A. Castillo D. 1960. Observaciones sobre ensayos preliminares en el cultivo asociado de frijol

de enredadera y maíz. In resúmenes analíticos sobre frijol CIAT, Vol. III, pp. 133-134.

- Martínez R., M. 1978. Efecto de dos plagas en la producción del frijol (*Phaseolus* spp.). Tesis M.C., C.P. Chapingo, Méx.
- Medina, E. 1977. Introducción a la ecofisiología vegetal. Caracas, Venezuela, Programa regional de desarrollo Científico y Tecnológico. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Monografía N° 16. 102 p.
- Meyer, B.S., D.B. Anderson y R.H. Böhring. 1970. Introducción a la fisiología vegetal. Trad. Luis G. y Roberto P. Buenos Aires, Ed. Universitaria de Buenos Aires. 579 p.
- Miranda C., S. 1967. Origen de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común). Agrociencia 1 (2): 99-109.
- _____. 1976-1977. Daño de enfermedades en frijol solo y asociado con maíz. Avances en la Enseñanza y la Investigación. C.P. Chapingo, Méx. p. 69.
- Moreno R., O.H. 1972. Las asociaciones de maíz y frijol, un uso alternativo de la tierra. Tesis M.C., C.P. Chapingo, Méx.
- Muñoz G., R. 1977. Evaluación de 36 variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) colectadas en las partes bajas del estado de Nuevo León, Gral. Terán, N.L. prim. 1976. Tesis Ing. Agr. U.A.N.L.
- Nyujto, S. 1969. A homerseklet hatasa a zoldbab fejlo desere. (Efectos de la temperatura sobre el desarrollo de frijoles). In resúmenes analíticos sobre frijol CIAT Vol. I, pp. 152-153.
- Odum, E.P. 1979. Ecología. Trad. Dr. Miguel A. Murrón, II ed. México, D.F., CECSA, 282 p.
- Ortiz C., J. 1977. Interrelaciones ambientales de los agro-

ecosistemas de México; contribuciones a la enseñanza , investigación y divulgación agrícola. Ed. E. Hernández Xolocotzi. C.P. Chapingo, Méx. pp. 277-289.

- Ostle, B. 1974. Estadística aplicada (Técnicas de la estadística moderna, cuando y donde aplicarlas). Trad. Dago-berto de la Serna V. IV ed. México, D.F. Ed. Limusa, 629 p.
- Ozbun, J.L., R.J. Volk y W.A. Jackson. 1964. Effects of light and darkness on gaseous exchange of bean leaves. *Plant Physiol.* 39 (4): 523-527.
- Padilla Y., A. 1976. Tipo de planta y distribución de surcos en la producción de maíz-frijol asociados. *In* resúmenes analíticos sobre frijol CIAT. Vol. III, p. 134.
- Pendleton, J.W., y R.D. Seif. 1962. Role of height in corn competition. *Crop Sci.* 2 (2); 154-156.
- _____, D.B. Peters y J.W. Peek. 1966. Role of reflected light in the corn ecosystem. *Agron. J.* 58: 73-74.
- _____, D.B. Eglim y D.B. Peters. 1967. Response of *Zea mays* L. to a "light rich" field environment. *Agron. J.* 59: 395-397.
- _____, G.E. Smith, S.R. Winter y T.J. Johnston. 1968. Field investigation of the relationships of leaf angle in corn (*Zea mays* L.) to grain yield and apparent photosynthesis. *Agron. J.* 60: 422-424.
- Pinchinat, A. 1966. La variabilidad de los componentes de rendimiento del frijol. P.C.C.M.C.A. XII Reunión anual, Managua, Nicaragua. pp. 62-63.
- Radford, P.J. 1976. Growth analysis formulae-their use and abuse. *Crop Sci.* 7 (3): 171-175.
- Ramos R., A., E. Hernández X. y J. Kohashi S. 1975-76. Estudio de la tecnología agrícola tradicional en la sierra de Puebla I. Asociación maíz-frijol. *In* avances de la enseñanza y la investigación. C.P. Chapingo, Méx. pp: 11-13.

- Ray, P.M. 1977. La planta viviente. Trad. Marino A., México, D.F., CECSA, 265 p.
- Reyes G., J. 1976. Prueba de adaptación y rendimiento de 49 variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Gral. Escobedo, N.L. Tesis Ing. Agr. U.A.N.L.
- Reyes C., P. 1978. Diseño de experimentos agrícolas. México, D.F. Ed. Trillas. 344 p.
- Riabchikov, A.M. 1976. Estructura y dinámica de la esfera geográfica. Trad. Isabel Alvarez, Moscú, ed. Mir Moscú, 238 p.
- Richter, G. 1979. Fisiología del metabolismo de las plantas. II ed. México, D.F. CECSA. 415 p.
- Rojas G., M. 1972. Fisiología vegetal aplicada. México, D.F. ed. Mc Graw-Hill. 252 p.
- Salazar T., C. 1979. Evaluación de 26 colectas de maíz (*Zea mays* L.) de las zonas bajas del estado de Nuevo León en Gral. Terán, N.L. verano 1977. Tesis Ing. Agr. U.A.N.L. 81 p.
- Salinas G., G.E. 1977. Evaluación de 38 variedades mejoradas de maíz (*Zea mays* L.) en Gral. Escobedo, N.L. prim. 1976. Tesis Ing. Agr. U.A.N.L.
- _____. 1979. El mejoramiento del frijol en México. In Curso de aplicación genotécnica C.P. Chapingo, Méx.
- Sánchez P., S. 1977. El frijol asociado con maíz y su respuesta a la conchuela (*Epilachna varivestis* Muls) y al picudo del ejote (*Apion* spp). Tesis M.C. C.P. Chapingo, Méx. 108 p.
- Santa-Cecilia, F.C. y C. Vieira. 1978. Associated cropping of bean cultivars with different growth habits. Turrialba 28 (1): 19-23.
- SARH. 1980. Producción a nivel municipal de frijol. Secreta

- ría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Representación general en el estado de Nuevo León.
- _____. 1982. Manual de recomendaciones técnicas de cultivos. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Representación general en el estado de Nuevo León. 251 p.
- Schmidt, W.H. y W.L. Colville. 1967. Yield and yield components of *Zea mays* L. as influenced by artificially induced shade. *Crop Sci.* 7: 137-140.
- Silva Z., A. 1977. Evaluación de 36 colectas de maíz (*Zea mays* L.) criollo de las zonas bajas del estado de Nuevo León en Gral. Escobedo, N.L. verano 1976. Tesis Ing. Agr. U.A.N.L.
- Sivori, E.M., E.R. Montaldi y O.H. Caso. 1980. Fisiología vegetal. Buenos Aires, ed. Hemisferio Sur. 681 p.
- Smith, F.L. y R.H. Pryor. 1962. Effect of maximum temperature and age on flowering and seed production in three bean varieties. *Hilgardia* 33: 669-689.
- Snedecor, G.W. y W.G. Cochran. 1971. Métodos estadísticos. Trad. J.A. Reynosa Fuller. México, D.F. CECSA, 703 p.
- Steel, R.G.D. y H.J. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics, with special reference to the biological sciences. New York, Mc. Graw-Hill Book company Inc. 481 p.
- Tanaka, A. y J. Yamaguchi. 1977. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano en maíz. Trad. J. Kohashi S. C.P, Chapingo, Méx. 124 p.
- Taylor, A.O. y J.A. Rowley. 1971. Plants under climatic stress I. low temperature, high light effects on photosynthesis. *Plant Physiol.* 47: 713-718.
- Thomson, B.F. y P.M. Miller. 1963. The role of light in histogenesis and differentiation in the shoot of *Pisum sativum*. III. The internode. *Am. J. Bot.* 50: 219-227.

- Tikka, S.B.S., J.P. Yadavendra, P.C. Bordia y S. Kumar. 1976. A correlation and path coefficient analysis of components of grain yield in *Phaseolus acutifolius* JACQ. Genet. Agr. 30: 241-248.
- Trenbath, B.R. 1976. Plant interactions in mixed crop communities. In multiple cropping. American Society of Agronomy. Special publication N° 27. Madison Wisconsin. 378 p.
- Verbelen, J.P. y de Greef, J.A. 1979. Leaf development of *Phaseolus vulgaris* L. in light and in darkness. Amer. J. Bot. 66 (8): 970-976.
- Waggoner, P.E., D.N. Moss y J.A. Hesketh. 1963. Radiation in the plant environment and photosynthesis. Agron. J. 55: 36-39.
- Watson, D.J. 1952. The physiological basis of variation in yield. Advan. in Agron. 4: 101-144.
- Weaver, R.J. 1976. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Trad. Agustín Contin. México, D.F. Ed. Trillas, 622 p.
- Wien, H.C., R.F. Sandsted y D.H. Wallace. 1973. The influence of flower removal on growth and seed yield of *Phaseolus vulgaris* L. Amer. Soc. Hort. Sci. 98 (1): 45-49.
- Willey, R.W. y D.S.O. Osiru. 1972. Studies on mixture of maize and beans (*Phaseolus vulgaris* L.) with particular reference to plant population J. Agric. Sci. 79: 517-529.
- Williams, W.A., R.S. Loomis, W.G. Duncan, A. Dourat y F. Nuñez A. 1968. Canopy architecture at various population densities and the growth and grain yield of corn. Crop Sci. 8: 303-308.
- Yao, A.Y.M. y R.H. Shaw. 1963. Effect of plant population and planting pattern of corn on the distribution of net radiation. Agron. J. 56: 165-169.

A P E N D I C E

CUADRO 9.1. Resumen de los resultados de los análisis de varianza efectuados para las variables bajo estudio y su significancia.

VARIABLES EN FRIJOL	CUADRADOS MEDIOS		C.V.	MEDIA GENERAL
	TRATAMIENTO	ERROR		
Longitud de la guía principal	1538.813 **	65.117	11.93	67.64
Nudos por planta	1.766 NS	0.739	5.76	14.91
Longitud de vaina	0.418 NS	0.192	4.69	9.34
Vainas por planta	2.033 **	0.508	23.36	3.09
Vainas vanas por planta	2.910 NS	1.114	29.81	3.54
Peso de 100 semillas	10.915 NS	4.901	37.58	5.89
Volumen de 100 semillas	9.200 NS	5.178	10.58	21.50
Porcentaje de vainas vanas por planta	1881.370 NS	1432.610	31.29	120.95
Rendimiento por planta en frijol	1.278 *	0.437	37.56	1.76
Semillas por vaina	0.320 NS	0.226	12.98	3.66
Semillas vanas por vaina	0.103 NS	0.052	18.84	1.21
Porcentaje de semillas vanas por vaina	194.971 NS	81.969	26.45	34.22
Peso seco en frijol M ₁	0.158 *	0.053	24.49	0.94
Peso seco en frijol M ₂	1.100 *	0.379	23.14	2.66
Peso seco en frijol M ₃	1.772 NS	0.676	19.81	4.15
Peso seco en frijol M ₄	4.091 NS	2.715	22.82	7.22
TRCF ₁	0.001 NS	0.002	29.81	0.15
TRCF ₂	0.001 NS	0.001	45.17	0.07
TRCF ₃	0.001 NS	0.001	39.52	0.08
TRCR ₁	0.009 NS	0.022	52.97	0.28
TRCR ₂	0.003 NS	0.003	60.85	0.09
TRCR ₃	0.004 NS	0.004	57.49	0.11
TCC ₁	0.808 NS	0.516	33.25	2.16
TCC ₂	0.978 NS	1.066	55.21	1.87

Continuación del Cuadro 9.1.

TCC ₃	2.779	NS	2.887	44.01	5.86
VARIABLES EN MAÍZ					
Area Foliar M ₁	6954.38	NS	9317.416	11.08	871.18
Area Foliar M ₂	32476.016	NS	23262.26	13.63	1118.28
Area Foliar M ₁ + M ₂	68446.842	NS	50987.646	11.35	1989.46
Rendimiento de grano por planta	101.44	NS	135.715	17.35	67.11
Volumen de 100 semillas	1.786	NS	2.754	6.69	24.79
Longitud de mazorca	1.521	NS	0.699	6.77	12.34
Número de hileras por mazorca	0.250	NS	0.191	3.21	13.58
Diámetro de mazorca	0.017	NS	0.013	2.70	4.21
Peso de 100 semillas	4.992	NS	4.204	7.15	28.65
Altura Maíz M ₁	8.536	NS	7.111	8.18	32.65
Altura Maíz M ₂	33.021	NS	27.510	9.07	57.79
Altura Maíz M ₃	58.494	NS	67.167	8.78	93.25
Altura Maíz M ₄	190.294	NS	78.881	6.34	139.94
Altura Maíz M ₅	280.328	NS	132.97	6.67	172.85
Altura Maíz M ₆	189.805	NS	38.965	3.11	200.20
Número de hojas M ₁	0.306	NS	0.151	6.12	6.34
Número de hojas M ₂	0.029	NS	0.032	8.39	2.13
Número de hojas M ₃	0.01	NS	0.018	7.21	1.86
Número de hojas M ₄	0.113	**	0.026	5.56	2.90
Número de hojas M ₅	0.003	NS	0.057	8.14	2.93
Número de hojas M ₆	0.355	NS	0.287	18.93	2.83
Número de hojas M ₁ + M ₂	0.44	NS	0.182	5.03	8.47
Número de hojas M ₁ + M ₂ + M ₃	0.453	NS	0.231	4.65	10.33
Número de hojas M ₁ + M ₂ + M ₃ + M ₄	0.574	NS	0.324	4.30	13.23
Número de hojas M ₁ + M ₂ + M ₃ + M ₄ + M ₅	0.61	NS	0.449	4.14	16.17
Número de hojas M ₁ + M ₂ + M ₃ + M ₄ + M ₅ + M ₆	0.321	NS	0.22	2.46	119.0

Continuación del Cuadro 9.1.

VARIABLES AMBIENTALES

Semana 1

Temperatura máxima	7.982	NS	3.423	4.97	37.19
Temperatura mínima	0.482	NS	0.756	4.71	18.44
Temperatura mañana	4.432	NS	3.958	6.84	29.06
Temperatura mediodía	1.567	NS	2.662	5.46	29.84
Temperatura tarde	0.339	NS	0.28	2.19	24.06
Temperatura promedio	1.804	NS	0.857	3.32	27.81

Semana 2

Temperatura máxima	18.138	NS	10.734	8.36	39.16
Temperatura mínima	0.531	NS	2.031	7.69	18.53
Temperatura mañana	16.924	NS	12.138	11.11	31.34
Temperatura mediodía	12.96	NS	5.567	7.42	31.78
Temperatura tarde	1.174	NS	1.519	4.52	27.22
Temperatura promedio	4.460	NS	2.135	5.06	28.84

Semana 3

Temperatura máxima	47.281	**	7.222	6.73	39.91
Temperatura mínima	1.567	**	0.376	3.24	18.91
Temperatura mañana	8.353	NS	4.579	8.76	24.41
Temperatura mediodía	37.96	**	3.984	5.58	35.72
Temperatura tarde	4.067	NS	2.21	5.15	28.84
Temperatura promedio	9.549	**	2.049	4.86	29.41

Semana 4

Temperatura máxima	26.214	**	4.988	5.39	41.38
Temperatura mínima	1.50	**	0.321	2.86	19.75
Temperatura mañana	4.911	**	1.042	3.82	26.29
Temperatura mediodía	29.143	**	7.762	7.76	35.88
Temperatura tarde	1.496	NS	1.269	3.94	28.59
Temperatura promedio	5.250	**	1.265	3.68	30.56

Semana 5

Temperatura máxima	20.911	*	6.351	5.78	43.56
Temperatura mínima	1.317	**	0.365	2.84	21.22
Temperatura mañana	2.5	NS	1.583	4.45	26.25
Temperatura mediodía	17.174	**	4.376	5.53	37.78

Continuación del Cuadro 9.1.

Temperatura tarde	0.781 NS	0.722	2.60	32.66
Temperatura promedio	4.204 **	1.698	4.02	32.39

* Significativo

** Altamente Significativo

NS No Significativo

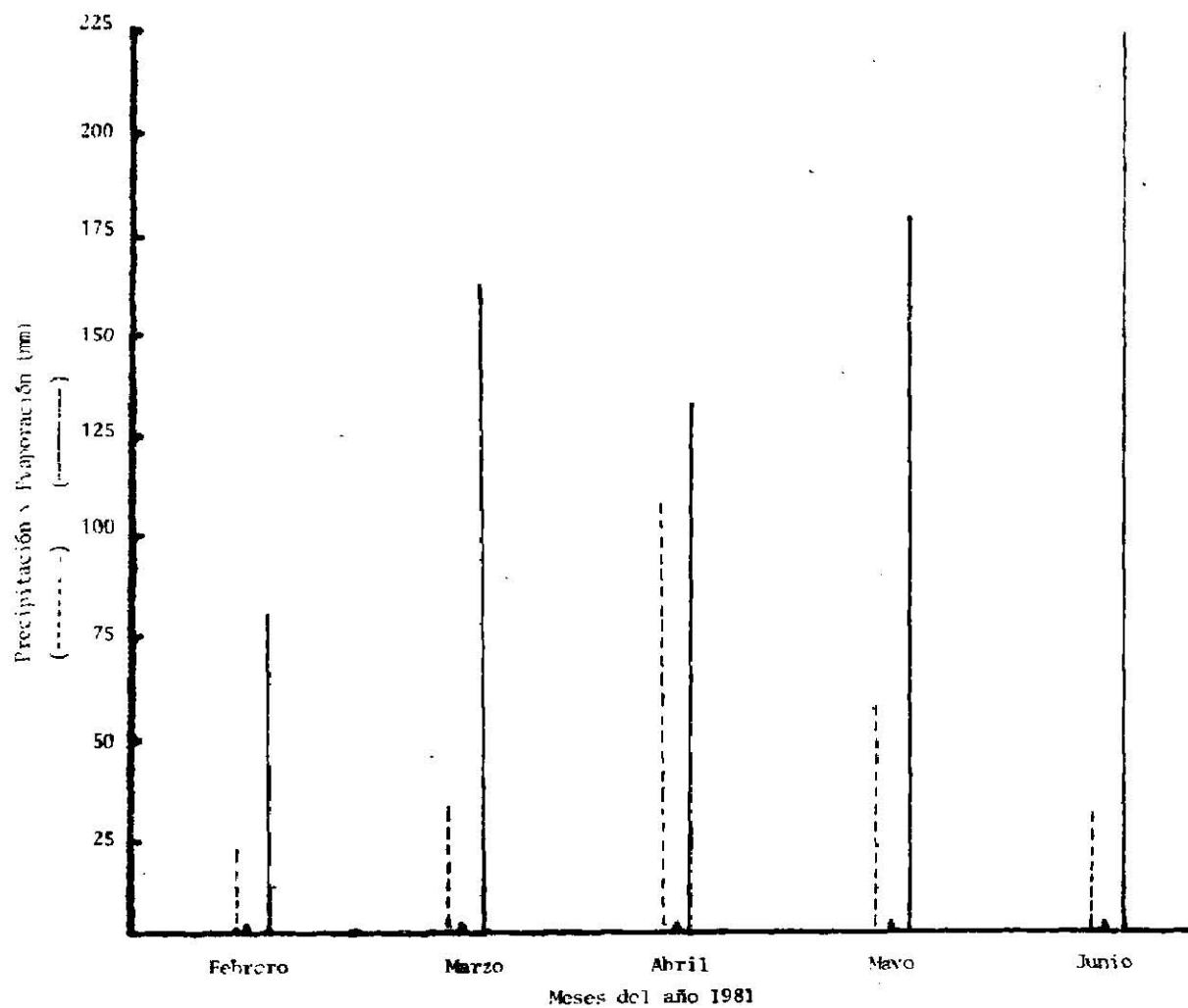


Figura 9.1. Precipitación vs. Evaporación durante el ciclo de desarrollo de los cultivos. (Estación meteorológica de la Facultad de Agronomía U.A.N.L.).

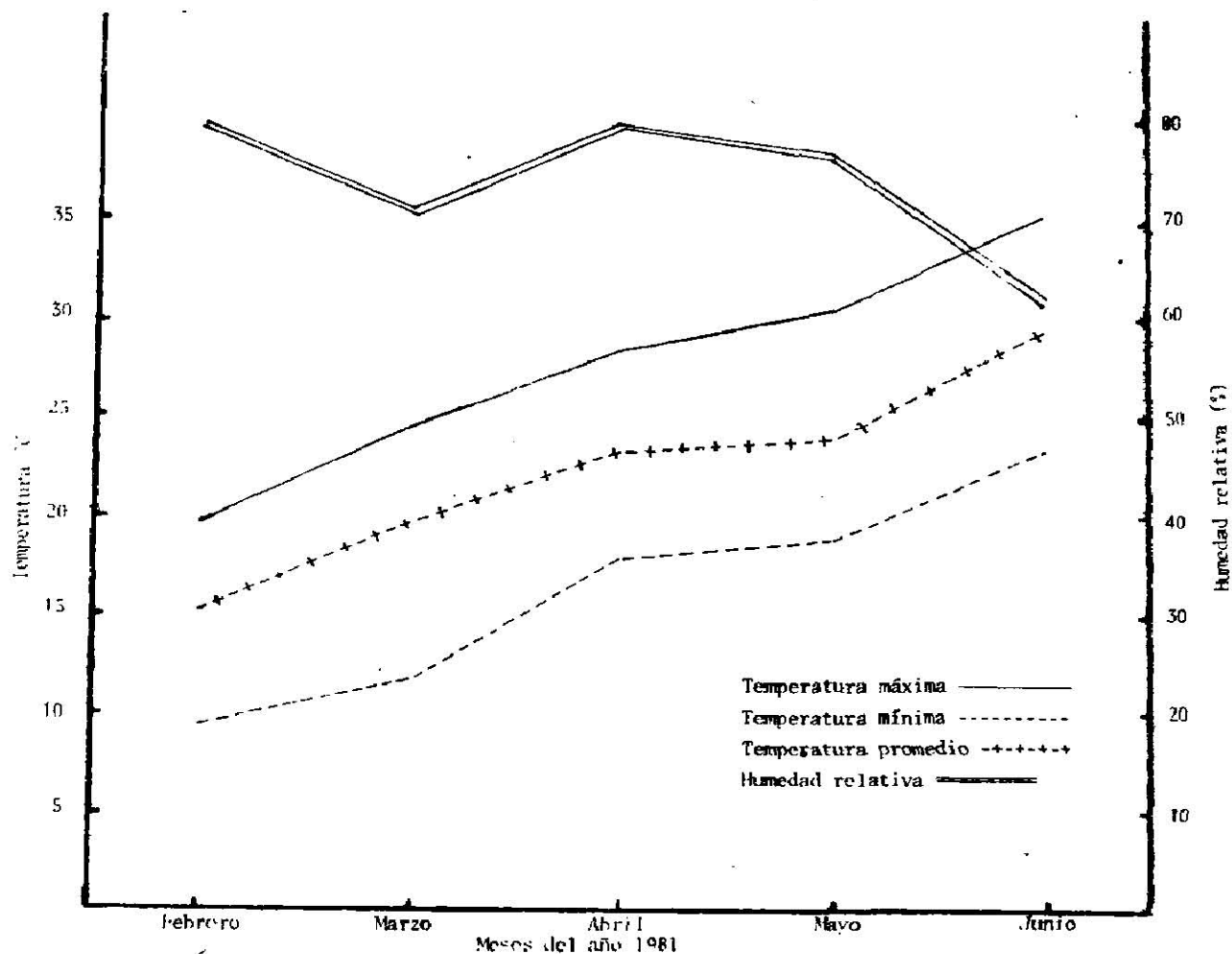


Figura 9.1.a. Temperatura (Máxima, mínima y promedio) y humedad relativa ambiental que se presentó durante el desarrollo de los cultivos, (Estación meteorológica de la Facultad de Agronomía, U.A.N.L.)

