

*Fernando*



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
UNAM

FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

"ANALISIS DE CRECIMIENTO Y BALANCE HIDRICO DE  
*Phaseolus coccineus* L. SUBESPECIE *darwinianus*  
Hernández X. Y Miranda C., EN MONOCULTIVO  
Y ASOCIACION CON MAIZ, EN EL MUNICIPIO DE  
NAUZONTLA, PUEBLA, MEXICO"

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
MAESTRIA EN CIENCIAS

(BIOLOGIA)

P R E S E N T A

DAVID MARTINEZ MORENO

DIRECTOR DE TESIS: Dr. ALEJANDRO EMILIO CASTELLANOS VILLEGAS

000 213289

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## *D e d i c a t o r i a*

*A la memoria de mi madre Francisca, mi hermana Herminia y mi sobrina Elizabeth.*

*A mi padre Erasto Martínez Garduño.*

*A mis hermanos: Rodolfo, Daniel, Luis, Ma. de la Luz y Virginia.*

*A mis sobrinos: Mariana, Sonia, Juan Carlos, Ricardo, Ruht, Elizabeth, Gustavo, Noemi, Adriana, Hugo, Maricela, Jaqueline, Roxana, Jorge, Gloria, Isabel, Imelda, Liliana, Mauricio, Julio, Francisca, Mónica, María, Victoria, Erasto, Raymundo, Gregorio, Daniel, Rodolfo. A Roberto Salas Ríos por su ayuda moral.*

*En especial a Rosa María Martínez Ferreira quien me ha brindado la paciencia, el cariño, pero en especial el amor durante todos estos años.*

*Gracias.*

## A G R A D E C I M I E N T O S

Deseo agradecer a las siguientes personas su colaboración a lo largo de este trabajo:

Al Dr. *Alejandro Castellanos* por su asesoría durante la realización del proyecto.

A la Dra. *Alma Delfina Orozco Segovia*, a la Dra. *Margarita Collazo Ortega*, Al Dr. *Alfonso Octavio Delgado Salinas*, Al Dr. *Alfonso Larqué Saavedra*, Al Dr. *Robert Bye* y al Dr. *Emmanuel Rincón Saucedo* por la revisión, el tiempo y las acertadas críticas y correcciones al manuscrito.

A las siguientes Instituciones que proporcionaron el apoyo económico y logístico para la realización de las distintas etapas de este trabajo:

U.S. Agency for International Development (AID) Grant  
**No. 936-5542.01-523-8.085.**

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)  
**Clave P220CCOR892331.**

Dirección General Asuntos para Personal Académico, U.N.A.M.  
**Clave IN201689.**

Instituto de Biología, U.N.A.M.

Jardín Botánico Exterior, U.N.A.M.

Centro de Ecología, U.N.A.M.

En especial, al laboratorio de Fisiología del Crecimiento del Centro de Ecología, a cargo del Dr. *Emmanuel Rincón* por las facilidades que me otorgó durante el tiempo que estuve realizando este trabajo, también deseo agradecer al Dr. *Carlos Vázquez* el préstamo del porómetro, bomba

de presión y medidor de área foliar. Así mismo, agradezco al Dr. *Robert Bye* por su apoyo financiero y logístico en la realización de este estudio.

Deseo agradecer en especial al M. en C. *Miguel Ángel Martínez Alfaro* por sus críticas, correcciones sugerencias al manuscrito y su apoyo financiero, así mismo, al M. en C. *Tomás Nava* por sus acertadas sugerencias, recomendaciones y crítica al trabajo.

Al Biólogo *Francisco Basurto Peña* su apoyo, sugerencias y paciencia en todos los momentos que hemos convivido, así como a su valiosa ayuda en el campo, pero sobre todo por los momentos de solidaridad y amistad.

Al Lic. *Raymundo García Alcántara* y a la Srta. *Ma. de la Luz Salas Hernández* por su asesoría bibliográfica.

Al biólogo *Jorge Saldívar Sandoval* y a la Srta. *Claudia Vázquez* por la elaboración de tablas, edición final de la tesis en computadora y por la asesoría en computo.

A mis compañeros, amigos y colegas, *Myrna Mendoza, Virginia Evangelista, Araceli Díaz, Cristina Mapes, Genoveva Villalobos, Enriqueta Martínez, Alfredo Wong, Mario Sousa Peña* y a todos aquellos que de alguna manera participaron e influyeron en este trabajo.

Al señor *José Velazco* por la ayuda incondicional en la zona de estudio.

A los señores *Vicente Olivares* y *Rodolfina Bonilla* por las atenciones, amistad y amabilidad que siempre hemos recibido por parte de ellos.

A las señoritas *Lili* y *Cota*, así como a *Juan Olivares* quienes nos han brindado su amistad y respeto.

A *Juan Carlos Álvarez Martínez* y *Juan Ramiro* ayudantes incansables.

A la gente de Nautzontla de quienes hemos recibido la sabiduría en el manejo de las plantas.

**En especial a esos nobles seres de los cuales dependemos, Las plantas.**

## INDICE

	Página
+ LISTA DE TABLAS	i
+ LISTA DE FIGURAS	ii
+ RESUMEN	vi
+ INTRODUCCION	1
+ OBJETIVOS	3
+ LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	2
+ ESPECIES DE ESTUDIO <i>Phaseolus coccineus</i> subespecie <i>darwinianus</i> Y <i>Zea mays</i> L.	4
+ SIEMBRA EXPERIMENTAL Y TOMA DE DATOS	5
+ PARAMETROS AMBIENTALES	7
+ <b>CAPITULO I.</b> Fenología y crecimiento de <i>Phaseolus</i> <i>coccineus</i> L. <i>darwinianus</i> Hernández X Y MIRANDA C., EN UN AGROECOSISTEMA DE CULTIVO ASOCIADO A MAIZ, EN EL MUNICIPIO DE NAUZONTLA, PUEBLA	9
+ INTRODUCCION	9
+ MATERIAL Y METODOS	12
+ PORCENTAJE DE EMERGENCIA EN FRIJOL Y MAIZ	12
+ FENOLOGIA	12
+ ANALISIS DE CRECIMIENTO	12
+ RESULTADOS Y DISCUSION	14
* PORCENTAJE DE EMERGENCIA EN FRIJOL Y MAIZ EN MONOCULTIVO Y CULTIVO ASOCIADO	14
* FENOLOGIA DEL FRIJOL Y MAIZ EN MONOCULTIVO Y ASOCIADOS EN NAUZONTLA, PUEBLA	14
* ASIGNACION EN PESO SECO DE CADA UNA DE LAS PARTES PRINCIPALES DE FRIJOL Y MAIZ, EN MONOCULTIVO Y ASOCIADOS	17
* ASIGNACION PORCENTUAL DE BIOMASA DE LOS DIFERENTES ORGANOS DE FRIJOL Y MAIZ EN MONOCULTIVO Y ASOCIADOS.	21
* ANALISIS DE CRECIMIENTO DE FRIJOL Y MAIZ EN MONOCULTIVO Y ASOCIADOS	24
+ CONCLUSIONES	29
+ <b>CAPITULO II.</b> COMPORTAMIENTO DE POTENCIAL HIDRICO DIURNO Y AJUSTE OSMOTICO EN <i>Phaseolus</i> <i>coccineus</i> ssp. <i>darwinianus</i> EN MONOCULTIVO Y ASOCIADO <i>Zea mays</i> L.	33
+ INTRODUCCION	33
* POTENCIAL HIDRICO	33
+ MATERIAL Y METODOS	37

* POTENCIAL HIDRICO	37
* CURVAS DE PRESION/VOLUMEN	38
+ RESULTADOS	39
* POTENCIALES DIURNOS	39
* CURVAS PRESION/VOLUMEN	45
+ DISCUSION	45
+ CONCLUSIONES	48
+ <b>CAPITULO III. TRANSPIRACION Y CONDUCTANCIA</b>	49
ESTOMATICA DE <i>Phaseolus coccineus</i> subespecie <i>darwinianus</i> Y	
<i>Zea mays</i> EN MONOCULTIVO Y ASOCIADOS, DURANTE SU	
CICLO DE CRECIMIENTO	
+ INTRODUCCION	49
+ MATERIAL Y METODOS	53
+ RESULTADOS	54
+ DISCUSION	65
+ CONCLUSIONES	69
+ CONCLUSIONES GENERALES	71
+ BIBLIOGRAFIA	75
+ ANEXOS	82
+ GLOSARIO	90

## L I S T A D E T A B L A S

### **TABLA 1.**

Distribución de materia seca en las diferentes estructuras principales en *Phaseolus vulgaris* L. y *Zea mays* L. obtenidas por diferentes autores.

### **TABLA 2.**

Peso seco total (g) promedio y error estandar ( $\pm$ ) de cada una de las estructuras principales en *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO y ASOCIADOS a *Zea mays* durante su ciclo anual de crecimiento en Nauzontla, Puebla durante 1990. (n= 5 en cada cosecha).

### **TABLA 3.**

Peso seco total (g) promedio y error estandar ( $\pm$ ) de cada una de las partes principales de *Zea mays* L. en MONOCULTIVO y ASOCIADO a frijol durante su ciclo anual de crecimiento en Nauzontla, Puebla y en 1990. (n= 5, en cada cosecha).

### **TABLA 4.**

Registros en conductancia para algunas especies C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> obtenidas por diversos autores.

### **TABLA 5.**

Resultados de conductancia y transpiración del ANDEVA Tukey (0.05) entre *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO y ASOCIADO a maíz en Nauzontla, Puebla durante 1991.

## LISTA DE FIGURAS

### Figura 1.

Ubicación del Municipio de Nauzontla, donde se realizó el presente estudio durante 1990.

### Figura 2.

Registro promedio mensual de temperatura (°C), humedad relativa (%) y precipitación pluvial (mm) durante 1990-1991 en Nauzontla, Puebla, obtenidos con un Termo-Higrógrafo colocado en la zona de estudio.

### Figura 3.

Emergencia de las plantúlas de frijol y maíz en MONOCULTIVO y ASOCIADAS, en campo en Nauzontla, Puebla durante 1990 y 1991. (Abreviaturas: FM= Frijol en MONOCULTIVO, FA= Frijol ASOCIADO, MM= Maíz en MONOCULTIVO y MA= Maíz ASOCIADO).

### Figura 4A.

Fenología de estructuras reproductivas y labores agrícolas de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (1) y ASOCIADO (2) a maíz en Nauzontla, Puebla durante 1990.

### Figura 4B.

Fenología de estructuras vegetativas y labores agrícolas de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (1) y ASOCIADO (2) a maíz en Nauzontla, Puebla durante 1990.

### Figura 5.

Fenología y labores agrícolas de *Zea mays* L. en MONOCULTIVO en Nauzontla, Puebla durante 1990.

### Figura 6.

Asignación porcentual de biomasa y labores agrícolas de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a *Zea mays* en Nauzontla, Puebla durante 1990.

**Figura 7.** Asignación porcentual de biomasa y labores agrícolas de *Zea mays* L. en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a frijol en Nauzontla, Puebla durante 1990.

**Figura 8.**

Comparación de la tasa de crecimiento relativo (A), cociente de área foliar (B) y tasa de asimilación neta (C) en *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO y ASOCIADO a *Zea mays* L. a lo largo de su crecimiento en Nauzontla, Puebla durante 1990. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

**Figura 9.**

Comparación de la tasa de crecimiento relativo (A), cociente de área foliar (B) y tasa de asimilación neta (C) en *Zea mays* L. en MONOCULTIVO y ASOCIADO a *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* a lo largo de su crecimiento en Nauzontla, Puebla durante 1990. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

**figura 10.**

Potencial hídrico diurno en abril, julio y agosto en *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a *Zea mays* en Nauzontla, Puebla durante 1990. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

**Figura 11.**

Potencial hídrico diurno en abril, julio y septiembre en *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a *Zea mays* en Nauzontla, Puebla durante 1991. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

**Figura 12.**

Potencial hídrico mensual a las 6:00 y 14:00 horas a lo largo del ciclo anual de crecimiento de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a *Zea mays* en Nauzontla, Puebla durante 1990. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

**Figura 13.**

Potencial hídrico mensual a las 8:00 y 14:00 horas a lo largo del ciclo anual de crecimiento de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a *Zea mays* en Nauzontla, Puebla durante 1991. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

**Figura 14.**

Curvas presión/volumen en hojas de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO durante los meses de mayo de 1989 y abril y mayo de 1990 en Nauzontla, Puebla.

**Figura 15.**

Conductancia y transpiración diurna en *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A y B) y ASOCIADO (C y D) a maíz en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla durante 1990. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

**Figura 16.** Conductancia diurna de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a maíz en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla durante los meses de abril y junio de 1991. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

**Figura 17.**

Conductancia diurna de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a maíz en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla durante los meses de agosto y octubre 1991. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

**Figura 18.**

Transpiración diurna de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a maíz en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla durante los meses de abril y junio de 1991. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

**Figura 19.**

Transpiración diurna de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a maíz en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla durante los meses de agosto y octubre de 1991. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

**Figura 20.**

Radiación fotosintéticamente activa, temperatura y humedad relativa en la camara de la hoja en las mediciones diurnas de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A y B) y ASOCIADO (C y D) a maíz en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla durante los meses de abril y mayo de 1990. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

**Figura 21.**

Conductancia y transpiración diurna de *Zea mays* L. en MONOCULTIVO (A y B) y ASOCIADO (C y D) a frijol en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla durante abril y mayo de 1990. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

**Figura 22.**

Conductancia y transpiración diurnas de *Zea mays* L. en MONOCULTIVO (A y B) y ASOCIADO (C y D) a frijol en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla durante los meses de abril y mayo de 1991. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

**Figura 23.**

Radiación fotosintéticamente activa, temperatura y humedad relativa en la camara de la hoja en las mediciones diurnas de *Zea mays* L. en MONOCULTIVO (A y B ) y ASOCIADO (C y D) a frijol en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla durante los meses de abril y mayo de 1990. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

## R E S U M E N

En la asociación maíz-frijol la competencia por algún recurso limitante (luz, nutrientes, humedad relativa, bióxido de carbono en la atmósfera y agua) repercute en la productividad de el cultivo que se encuentra en desventaja, que en este caso es el frijol, pues todas las prácticas agrícolas se realizan de acuerdo a las necesidades de crecimiento y producción del maíz, tal es el caso de la asociación de *Phaseolus coccineus* subespecie *darwinianus* y *Zea mays* en el Municipio de Nauzontla, Puebla.

Puesto que aún existe poca información, acerca del comportamiento fisiológico que tiene el maíz y el frijol en MONOCULTIVO y ASOCIACION a lo largo de su ciclo anual de crecimiento y bajo condiciones de campo, se plantearon los siguientes objetivos: 1) Analizar la fenología y crecimiento de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO y ASOCIADO a maíz; 2) Determinar el comportamiento del potencial hídrico diurno y ajuste osmótico; y, 3) Evaluar el comportamiento de la transpiración y conductancia estomática del frijol y maíz bajo MONOCULTIVO y ASOCIACION.

El porcentaje de germinación de frijol ASOCIADO tuvo una disminución del 32% con respecto al MONOCULTIVO durante 1990 y una reducción del 4% en 1991, mientras que en maíz ASOCIADO con respecto al MONOCULTIVO durante los dos años presento una divergencia de 9 y 16 % para 1990 y 1991 respectivamente.

Los registros fenológicos demostraron que el frijol en MONOCULTIVO presento un estadio reproductivo precoz con respecto al ASOCIADO alcanzando su máxima producción de botones y flores a los 178 días después de la siembra contra 218 días en frijol ASOCIADO. En maíz el estadio reproductivo es similar en ambos tratamientos y comienza después de los 114 días de sembradas las semillas.

La asignación en peso seco de biomasa total al final del ciclo anual de crecimiento fue dos veces mayor en MONOCULTIVO que en ASOCIADO, mientras que en maíz el mayor peso seco de biomasa lo presentaron las plantas en MONOCULTIVO al inicio del último tercio (141 días) del ciclo y en plantas ASOCIADAS fue al final del ciclo (218 días).

En cuanto a la asignación porcentual de los diferentes órganos, el frijol ASOCIADO presentó diferencias significativas (Tukey 0.05) en raíz con respecto al MONOCULTIVO y en cuanto a flores y frutos hubo diferencias significativas de las plantas de frijol en MONOCULTIVO con respecto al ASOCIADO. En cuanto al maíz la asignación porcentual fue similar en ambos tratamientos y solo se encontraron diferencias significativas en biomasa de la espiga (Tukey 0.05) entre ambos tratamientos.

El análisis de crecimiento realizado por el método de Hunt y Parsons (1981) en frijol en MONOCULTIVO y ASOCIADO, mostró que la tasa de crecimiento relativo (TCR) es igual y el máximo crecimiento fue a los 84 días después de la siembra, mientras que el cociente de área foliar (CAF) y tasa de asimilación neta

(TAN) en plantas en MONOCULTIVO fue diferente significativamente hacia el final del segundo tercio del ciclo anual de crecimiento.

En maíz la TCR fue mayor en plantas bajo MONOCULTIVO presentando diferencias significativas con respecto a las ASOCIADAS, el CAF fue mayor en las plantas ASOCIADAS con respecto a las de MONOCULTIVO siendo diferentes significativamente y la TAN fue mayor al inicio en ASOCIADAS con respecto a las de MONOCULTIVO, mientras que en las de MONOCULTIVO fue mayor este evento en el segundo tercio del ciclo anual de crecimiento.

Los resultados de potencial hídrico diurno en frijol en MONOCULTIVO y ASOCIADO durante 1990 y 1991 mostraron diferencias significativas (Tukey 0.05) entre abril, julio, agosto y septiembre, no encontrándose ajuste osmótico en las hojas de las plantas de frijol en MONOCULTIVO durante mayo de 1989 y abril y mayo de 1990.

Los valores de conductancia y transpiración de frijol en MONOCULTIVO y ASOCIADO a maíz, presentaron diferencias significativas a lo largo de su ciclo anual de crecimiento, registrándose los valores más elevados en el tratamiento de MONOCULTIVO. En cuanto a los factores microclimáticos (radiación fotosintéticamente activa y temperatura) no hubo diferencias significativas entre tratamientos para la misma fecha pero sí las hubo entre meses, presentándose el mismo comportamiento durante 1991 para los mismos periodos.

En el maíz los valores de conductancia y transpiración durante 1990 y 1991 presentaron diferencias significativas en los tratamientos de MONOCULTIVO y ASOCIADO a frijol registrándose valores elevados en hojas de maíz en MONOCULTIVO.

En base a los resultados se concluyó que bajo condiciones de este experimento, arreglo topológico y labores agrícolas, la primera etapa en el ciclo anual de crecimiento de frijol en MONOCULTIVO y ASOCIADO a maíz, este último fue el más afectado, por efecto de la asociación. Los resultados de peso seco, asignación de biomasa, potencial hídrico, conductancia y transpiración así lo demuestran.

## INTRODUCCION

**D**urante muchos años se ha despertado un gran interés por los sistemas de producción agrícolas tradicionales reconociendo el valor que representa la tecnología autóctona, desarrollada durante siglos y basada en prácticas empíricas y experiencias acumuladas. En el manejo tradicional de cultivos en gran porción de Mesoamérica ha sido práctica común desde épocas prehispánicas la siembra de dos o más especies asociadas en el mismo sitio (Hernández X., 1985).

En la asociación maíz-frijol el maíz tiene prioridad sobre el frijol, ya que las prácticas agrícolas (fertilización, control de arvenses, plagas y enfermedades) se realizan de acuerdo a las necesidades de crecimiento y producción del maíz. En este sistema por lo tanto, es posible que el frijol no alcance su máxima productividad (Acosta y Kohashi-Shibata, 1988) por el efecto competitivo que el maíz produce en él, pues en las asociaciones se generan efectos de competencia por algún recurso limitante (luz, nutrimentos, humedad relativa, bióxido de carbono en la atmósfera y agua) entre las especies (Harper, 1977). De ahí que la competencia, esto es, el proceso por medio del cual dos plantas o dos poblaciones de plantas interactúan de tal manera que al menos una ejerce un efecto negativo en la otra, sea por algún factor determinante en la asociación de cultivos mixtos (Grime, 1982; Keddy, 1989, Vandermer, 1989).

Sin embargo, y a pesar de la aparente disminución en la productividad de los cultivares individuales bajo condiciones de asociación, se han señalado un número considerable de estudios sobre aspectos biológicos, ecológicos y económicos ventajosos que son determinantes en la continuación de este tipo de asociación milenaria, leguminosa-gramínea, en particular frijol-maíz (Francis, 1986).

Algunos factores que han sido investigados en la mayoría de los estudios sobre la asociación maíz-frijol y cuyo fin ha sido la búsqueda de condiciones óptimas en dicha asociación, reduciendo el efecto de competencia y así obtener con ello un incremento mucho mayor de granos han sido: el análisis de crecimiento, potencial hídrico y la conductancia estomática entre otras. En este trabajo se evaluaron algunos de esos factores en una región donde *Phaseolus coccineus* L. subespecie *darwinianus* Hernández X. y Miranda C. ha sido cultivado junto con el maíz desde hace siglos, y además se contempla el manejo que el campesino hace empíricamente de este tipo de asociación, tratando de encontrar en ellos una explicación al comportamiento fisiológico de ambas especies.

Puesto que aún existe poca información acerca del comportamiento fisiológico que tiene el frijol y el maíz en monocultivo y asociación bajo condiciones de campo, se planteó la presente investigación con los siguientes objetivos:

**Falta página**

**N°** 2

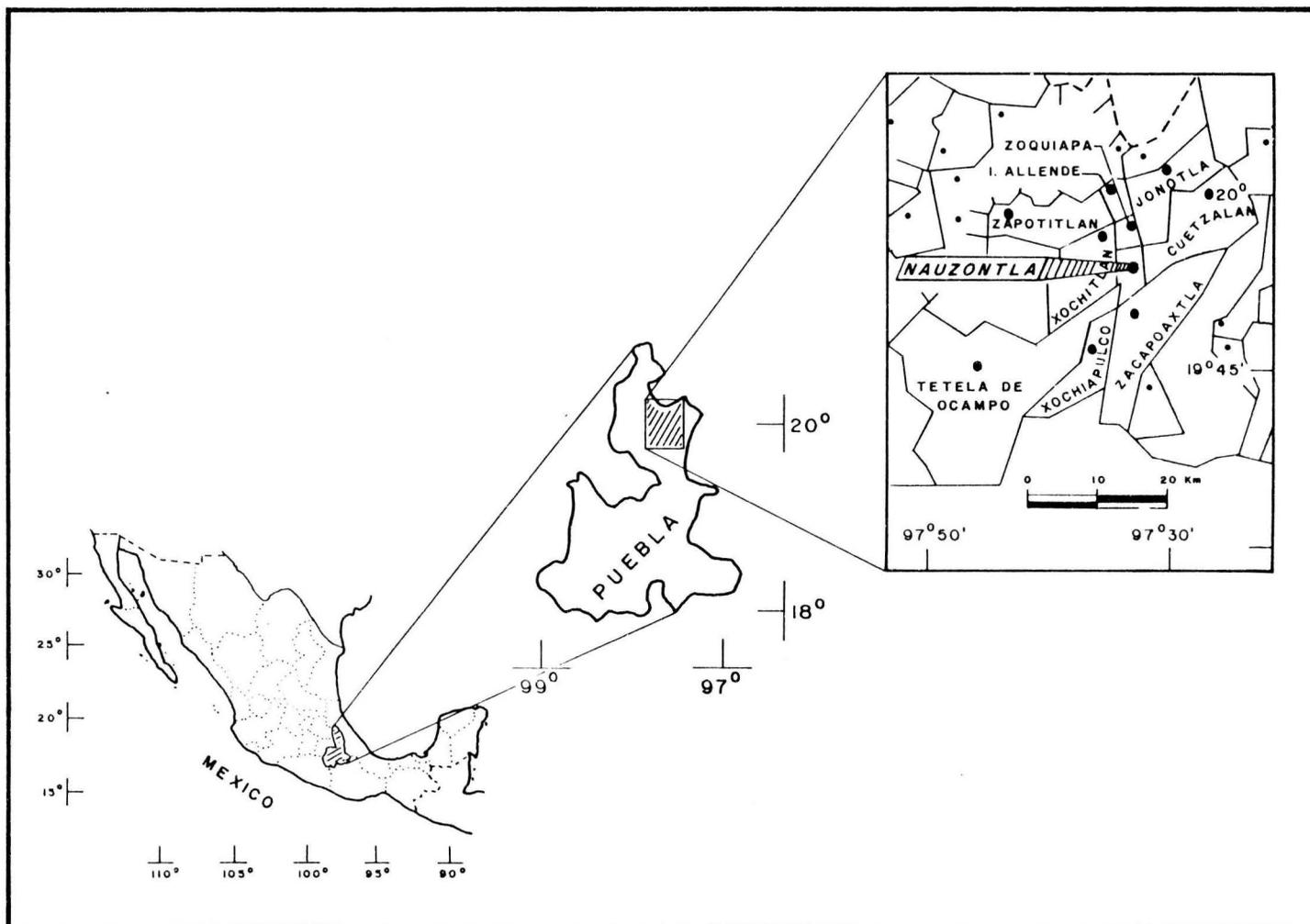


Fig 1: Ubicación del Municipio de Nauzontla donde se realizó el presente estudio.

## ESPECIES DE ESTUDIO

### *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* y *Zea mays* L.

La taxonomía del género *Phaseolus* ha presentado una gran problemática en su manejo, de ahí la gran sinonimia que presenta actualmente (Piper, 1926; Miranda, 1976; Delgado, 1985).

El complejo *Phaseolus coccineus* no es ajeno a esta problemática causada muy probablemente por su larga relación con el hombre (Hernández X. *et al.*, 1976), ya que los registros arqueológicos demuestran que la domesticación de *Phaseolus coccineus* data desde hace 2200 años (Kaplan, 1965), aunque el primer registro de este frijol quedó establecido por Kaplan y McNeish (1960) entre 5500 y 7000 años A.C. (Delgado, 1988).

Delgado (1985), reconoce cinco subespecies dentro del complejo *coccineus*; 1) *formosus* (Kunth) Maré., Masch. et Stain.; 2) *griseus* (Piper) Delgado; 3) *glabellus* (Piper) Delgado; 4) *coccineus*; y, 5) *darwinianus* Hernández X. y Miranda C.

La última subespecie, *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus*, que es utilizada en este estudio, ha presentado una gran sinonimia,

*Phaseolus flavescens* Piper: Colombia

*Phaseolus harmsianus* Diels: Ecuador

*Phaseolus dumosus* MacFadyen: Jamaica

*Phaseolus polyanthus* Greenman

*Phaseolus polyanthus* subespecie *polyanthus* (Greenm.) Maré., Masch. et Stain. Veracruz, México

*Phaseolus leucanthus* Piper: Veracruz, México

Este taxón ocurre como un cultivar o como una adventicia desde Hidalgo, México, hasta Perú, principalmente en bosques de montaña húmedo o subhúmedo, con un rango altitudinal de 1200 a 2700 msnm. Mientras que su contraparte silvestre según Schmit y Debouck (1991) se encuentra en la parte central y suroeste de Guatemala entre los 1500 y 1900 msnm.

Con base en los caracteres morfológicos, *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* se distingue de otras especies por tener raíces elongadas no tuberosas, hojas firmes

membranosas, las flores blancas o lila-purpúreas, con longitud de corola de 1.5 a 2.5 cm, el estigma es introrso o apical, las bracteolas lanceoladas o falcadas en la punta, las vainas comunmente indehiscentes, raramente desarrollando más de 6 semillas. Las semillas presentan un hilo orbicular y epihilo caduco, siendo de color crema claro a crema oscuro y su tamaño va de 0.8 a 1.7 cm de longitud por 0.7 a 1.0 cm de ancho. El número de cromosomas es  $2n= 22$ . La germinación es epígea, y la época de floración en México y América Central de junio a enero (Delgado, 1985). El hábito de crecimiento es indeterminado, trepador y de guía larga, correspondiente al tipo IV de la nomenclatura del Centro de Investigaciones en Agricultura Tropical (CIAT) para hábito de crecimiento (Hidalgo, 1991).

Por lo que respecta a *Zea mays* L. la raza que se utiliza en la región es Tuxpeño (com. per. R. Ortega Paczka) con infiltración de Arrocillo y Cónico (Fernández, 1977; Guadarrama, 1984). El empleo en la siembra de una u otra combinación en la región de Nauzontla es de acuerdo a las preferencias del agricultor, ya que las tres razas de maíz confluyen en esa altitud propiciando así las hibridaciones. Así tenemos que la raza Tuxpeño se encuentra desde el nivel del mar y hasta los 1800 msnm (Fernández, 1977; Guadarrama, 1984; Evangelista y Mendoza, 1987), la raza Arrocillo se presenta desde los 1800 hasta los 2300 msnm, mientras que la raza Cónico se localiza principalmente de los 2300 hasta los 2500 msnm (Fernández, 1977).

Al respecto Fernández (1977) encontró que en la región de Zacapoaxtla, Puebla, se presenta una gran cantidad de hibridaciones entre Arrocillo y Cónico en las partes altas (sobre los 1900 msnm), presentándose infiltraciones de Tuxpeño conforme se va descendiendo.

## SIEMBRA EXPERIMENTAL Y TOMA DE DATOS

Para la realización de este trabajo se rentó una parcela con un área de 2925 m<sup>2</sup>, en ella fueron seleccionados tres cuadrantes de 390 m<sup>2</sup> cada uno, procediéndose a la siembra de los distintos tratamientos siguiendo el sistema tradicional de la zona, el diseño experimental utilizado fue único y al azar sin repetición en los tratamientos.

En la parcela experimental las semillas empleadas para los distintos tratamientos fueron: *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO y ASOCIADO a maíz. Para el tratamiento de MONOCULTIVO se utilizaron varas de *Alnus firmifolia* de 3-4 metros como soporte, llamándose a este tipo de sostén "espaldera muerta"; mientras que las semillas de maíz utilizadas en los tratamientos de MONOCULTIVO y ASOCIACION a frijol pertenecen a la Raza Tuxpeño.

Las semillas de ambos tratamientos se sembraron tomando en cuenta que la densidad de siembra en la región es de 10,000 plantas por hectárea, a una distancia entre planta y entre surco de 1m<sup>2</sup>, siendo una densidad de siembra media, así es que el día 26 de enero de 1990 se procedió a la siembra de las semillas a la manera tradicional de la zona, esto es, las semillas se colocaron a una distancia de 90-100 cm con la finalidad de disminuir el efecto de vecindad entre ellas, pues Rocha (1984) en un estudio con *Phaseolus vulgaris* "flor de mayo X-16441" de hábito indeterminado no encontró diferencias significativas por efecto de la densidad. Sin embargo, Ramos *et al.* (1985) trabajando con *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* asociado a *Zea mays* encontraron que a densidades de 14,000 plantas por hectárea (el doble de las plantas utilizadas por los agricultores de la zona), produjo acame reduciendo de esta manera el rendimiento del maíz. También se emplearon, arado de madera jalado por caballos (arado de vertedera) y herramientas manuales (azadón de jalar, machete, gancho de madera, palo sembrador, espeque con o sin punta de metal, ver glosario) y aplicando sulfato de amonio 20-0-0 y superfosfato de calcio 0-24.5-0 como fertilizantes. El fertilizante se mezcló 1:1 y se agregó de 30 a 50 g por planta después de la primera escarda o "labra".

Para la realización de las labores agrícolas se siguió un calendario agrícola que para la zona de estudio fue elaborado por Basurto *et al.* (en prensa) con datos levantados mediante visitas de 1988 a 1990, y comentarios de campesinos de la región. Es importante mencionar el valor del calendario agrícola, pues este refleja el cúmulo de conocimiento empírico que ha desarrollado el grupo étnico de la región, para adecuar las prácticas culturales que se realizan desde la siembra hasta la cosecha de maíz y frijol, dependiendo del ciclo de desarrollo de la especie, con las condiciones del medio en el sitio. Por ejemplo, es común que haya quienes siembran en forma temprana (a mediados de enero) con la finalidad de levantar la cosecha más rápido que la mayoría de los demás agricultores y obtener con éllo buenos dividendos económicos. Esta práctica representa riesgos más altos, pues una helada en febrero o marzo pueden eliminar las plantas. Ahora bien, si la siembra se retrasa cada uno de los eventos (vegetativo y reproductivo) en las plantas también será demorado y es también probable que una helada temprana pueda terminar con las mismas, perdiéndose así la cosecha final.

Las labores de siembra se iniciaron con la roturación o "barbecho" realizada con arado o con azadón, luego de la cual se procedió a la siembra con espeque o palo sembrador poniendo cuatro semillas de maíz y una de frijol por punto y a una distancia entre puntos y entre surcos de 90 a 100 cm. En el caso del cultivo en estudio se procedió a aclarar las plantúlas de maíz en monocultivo y asociadas a frijol manualmente dejando solo una planta por punto. El cultivo después de la primera escarda o "labra" recibe una ó dos escardas más espaciadas entre 20-30 días llamadas "medias tierras" y/o "aterradura o segunda" durante la cual se "aporca" el maíz (ver glosario).

## PARAMETROS AMBIENTALES

En este estudio se determinaron la temperatura y humedad relativa del aire, con un Termo-Higrógrafo (Wilh. Lambrecht KG, 34 Gottingen) colocado en un armazón de madera a una altura de 150 cm y protegido de los rayos solares y la lluvia. El papel registrador se cambio cada 30 días aproximadamente. De los datos registrados se tomó en cuenta el valor máximo y mínimo diurno diariamente, se sumaron y dividieron por el número de días correspondiente al mes de registro, obteniendo de esta forma el valor medio mensual de temperatura así como de humedad relativa (figura 2).

La precipitación pluvial fue registrada mediante la colocación de un bote cuadrado con un área de  $900 \text{ cm}^2$  y 34 cm de profundidad, poniendo aceite en la base interna del bote para evitar la evaporación, midiendo los registros cada 30 días aproximadamente. La precipitación fue medida introduciendo al bote un flexometro(Stanley) y se registró en mm/mes (figura 2).

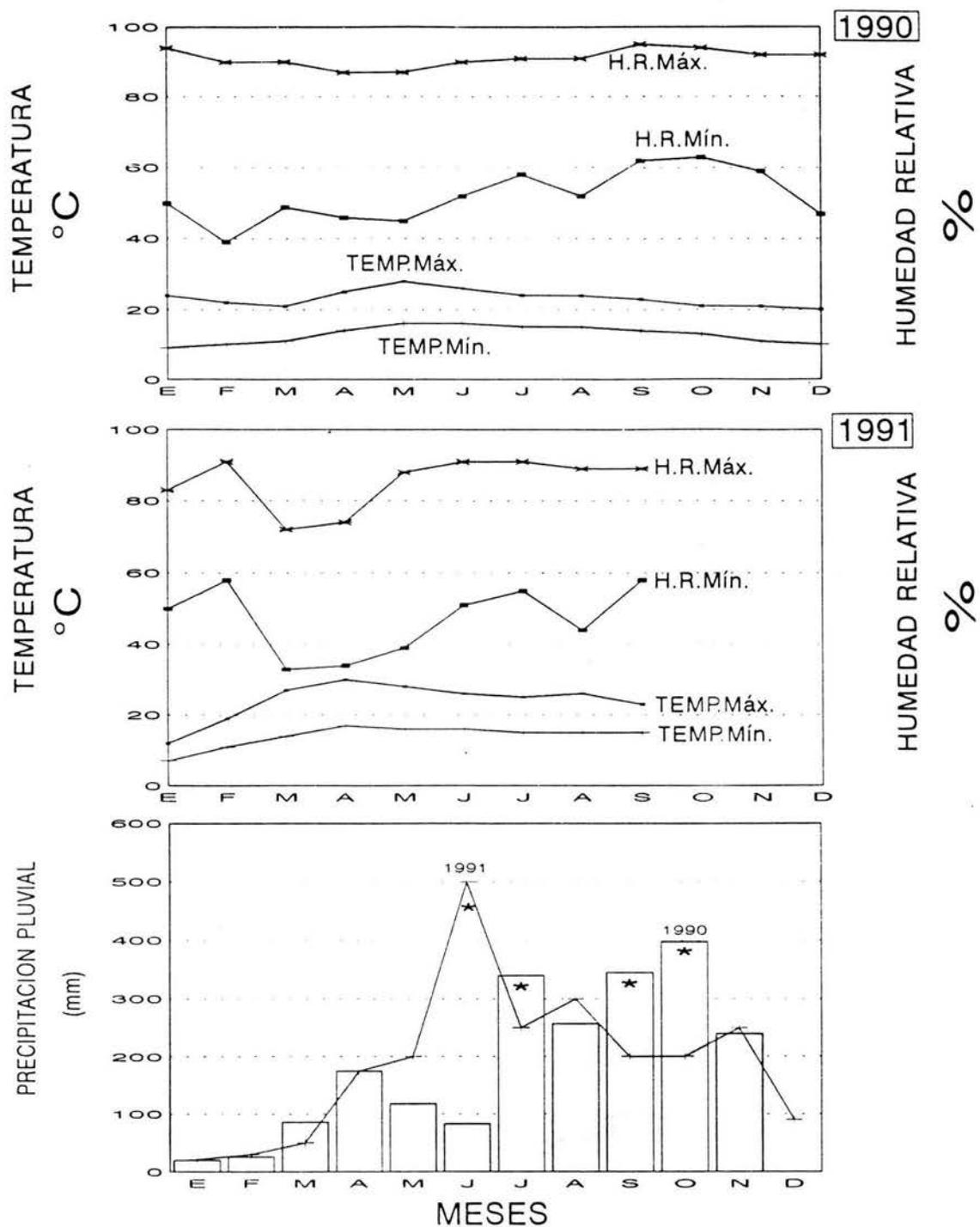


Figura 2. Registros promedio de temperatura (°C), humedad relativa (%) y precipitación pluvial en (mm) durante 1990-1991 en Nauzotla, Puebla, obtenidos con un Termo-Higrógrafo colocado en la zona de estudio. (\*= registro mayor del que aparece en la figura)

## CAPITULO I

---

Fenología y crecimiento de *Phaseolus coccineus* L. ssp. *darwinianus* Hernández X. y Miranda C., en un agrosistema de cultivo asociado a maíz, en el Municipio de Nauzontla, Puebla.

---

### INTRODUCCION

La fenología es definida por Larcher (1980) como el estudio de los diferentes cambios visibles durante el ciclo de vida (fenofases) de la planta individual y a través del año, como son el crecimiento y alargamiento de hojas, floración, producción de frutos, etc. Las observaciones fenológicas proporcionan información valiosa acerca de la biología de la especie y sus determinantes ambientales que en el caso de especies cultivadas por el hombre ha sido uno de los elementos más importantes para su manejo.

Uno de los aspectos que ha recibido mayor atención ha sido el referente a la densidad de siembra de cada uno de los componentes sobre el rendimiento. De esta forma es que algunos autores señalan el efecto favorable en el rendimiento para la especie sembrada en mayor proporción (Linton, 1948 y Romero, 1964 citados por Lépez, 1974). Esta relación, sin embargo, no es unívoca por lo que se presume que otros factores (luz, temperatura, humedad relativa y agua) estén involucrados.

Lépez (1978), con fundamento a los resultados obtenidos por diferentes investigadores, recomienda que el maíz y el frijol tipo semiguía se deben sembrar a densidades altas de plantas por hectárea. Otros tipos de plantas pueden presentar diferencias en su relación de rendimiento-densidad. En el caso de frijol de guía, su cultivo se efectúa utilizando diferentes densidades dependiendo del cultivar o raza que se trate. Así, Ramos *et al* (1985) al sembrar 14,000 plantas por hectárea de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* encontró una reducción en el rendimiento de maíz. Por otro lado, Larios y Tahiuit (1983) encontraron que *Phaseolus vulgaris* L. "Negro 150", de hábito de crecimiento indeterminado, presentó su mayor producción a densidades medias, concluyendo que a densidades grandes y bajas afectan negativamente el rendimiento de la especie acompañante (que en este caso fue el maíz).

La TABLA 1 muestra el porcentaje de asignación en cada una de las estructuras principales del frijol común y maíz obtenido por diferentes investigadores, donde se observa que el mayor rendimiento en frijol y maíz se obtiene en monocultivo y no en asociados. Lo anterior sugiere que la producción en asociación sólo es mayor cuando se considera la producción total por unidad de terreno (tasa equivalente de terreno, LER), esto es, el rendimiento obtenido para ambas especies por unidad de terreno con respecto a la cantidad de terreno que se requeriría para obtener el mismo rendimiento si las especies estuvieran en monocultivo (Francis, 1986).

Tabla 1. Distribución de materia seca en las diferentes estructuras principales de *Phaseolus vulgaris* L. y *Zea mays* L., obtenidas por diferentes autores

<b><i>Phaseolus vulgaris</i> L.</b>					
NO ASOCIADO	RAIZ	TALLO	HOJAS	ESTRUCTURAS REPRODUCTIVAS	AUTOR(ES)
MATERIA SECA					
%		20.86	13.49	65.65	Ramírez, 1981
g/m <sup>2</sup>	37.69	301.11	399.53	684.84	Acosta, 1985
%	2.64	21.15	28.07	48.12	Acosta, 1985
%		15.30	21.30	63.40	Chávez, 1987
%		37.80	26.70	35.50	Chávez, 1987
%		17.80	22.30	59.80	Chávez, 1987
%		21.10	34.10	44.10	Escalante <i>et al.</i> : en Kohashi, 1990
ASOCIADO					
%		16.00	13.76	70.60	Ramírez, 1981
g/m <sup>2</sup>	25.11	196.24	290.66	504.71	Acosta, 1985
%	2.46	19.30	28.58	49.64	Acosta, 1985
<b><i>Zea mays</i> L.</b>					
NO ASOCIADO					
g/m <sup>2</sup>	63.25	323.75	260.78	769.86	Acosta, 1985
%	4.46	22.83	18.39	54.30	Acosta, 1985
%		22.00	39.50	33.80	Chávez, 1987
%		17.50	36.30	46.20	Chávez, 1987
%		19.60	34.00	46.40	Chávez, 1987
ASOCIADO					
g/m <sup>2</sup>	52.94	272.34	195.88	408.00	Acosta, 1985
%	5.69	29.31	21.08	43.91	Acosta, 1985
%		30.00	36.50	34.70	Chávez, 1987
%		19.70	38.40	41.90	Chávez, 1987
%		19.30	41.30	39.40	Chávez, 1987

Los estudios de análisis de crecimiento en frijol, esto es, de los cambios irreversibles de tamaño y forma a través del tiempo, pueden ser empleados para evaluar la formación y acumulación de biomasa de las distintas estructuras (raíz, tallo, hojas, botones, flores y frutos) como respuesta a las condiciones medioambientales y de densidad producto de la asociación (Tanaka y Yamaguchi, 1977; Hunt, 1990).

Existen pocos estudios en los que se ha aplicado el análisis de crecimiento, para estudiar el efecto sobre el crecimiento y rendimiento del frijol de hábito de crecimiento indeterminado, dentro de la asociación de maíz y frijol. Reta y Kohashi-Shibata (1988) encontraron tasas de asimilación neta (TAN) 40% menores en frijol asociado (  $0.14 \text{ g/cm}^2$  ) comparadas con su respectivo monocultivo (  $0.23 \text{ g/cm}^2$  ). Resultados similares fueron encontrados en la tasa de crecimiento relativo (TCR), la cual fue menor en asociación (  $0.024 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$  ) que en monocultivo (  $0.04 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$  ). Estos autores sugieren que los resultados se debieron a la presencia de cambios en el índice de área foliar (IAF) en el frijol durante su etapa vegetativa. En el caso del frijol asociado, el IAF fue mayor en los estratos inferiores y centrales del dosel, lo que redujo el nivel de flujo fotónico necesario para saturación en el 78% del área foliar del dosel, mientras que en monocultivo esto ocurrió en solo el 37% del dosel.

Autores como Flor y Francis 1975 (en Albarrán, 1983), indican que en un cultivo de asociación maíz-frijol existe una situación de competencia por agua, luz y nutrimentos, y una complementación en soporte y fijación de nitrógeno, señalando que el principio rector en cultivos asociados debe ser el de minimizar la competencia y maximizar la complementación.

Del análisis de la literatura es evidente que la mayoría de estudios de frijol en asociación se han llevado a cabo en una sola especie (*Phaseolus vulgaris* L.) (Bibliografías Nacionales, 1989). Sin embargo, la mayoría de estudios se han centrado en el efecto que los factores ambientales como luz, agua y nutrimentos tienen en el crecimiento y por lo tanto en el rendimiento de las especies en asociación.

En el presente trabajo, se analiza como los eventos culturales (labores agrícolas) y factores ambientales afectan las fases de crecimiento y rendimiento anuales de las especies en asociación, tomando como patrón de sistema de cultivo tradicional (maíz-frijol) en la región de Nauzontla, Puebla.

## **MATERIAL Y METODOS**

### **PORCENTAJE DE EMERGENCIA EN FRIJOL Y MAIZ**

El porcentaje de emergencia en frijol y maíz se obtuvo mediante el conteo de plantúlas en cada tratamiento y durante 1990 y 1991.

### **FENOLOGIA**

La fenología en plantas de frijol se registró cada 30 días aproximadamente y durante todo el ciclo de vida (febrero-octubre) y en plantas de maíz solo se tomaron los registros de maíz en monocultivo debido a que por observaciones directas el maíz asociado presentó el mismo patrón fenológico. La evaluación de las distintas estructuras se hizo por presencia-ausencia sobre 30 plantas seleccionadas al azar y marcadas al inicio del estudio, obteniéndose de esta forma el porcentaje.

### **ANALISIS DE CRECIMIENTO**

Para el análisis de crecimiento de frijol y maíz en monocultivo y asociados se realizaron nueve cosechas a los 21, 49, 84, 114, 141, 178, 218, 241 y 266 días después de la siembra de las semillas, las fechas de la cosecha de las plantas fue seleccionada aproximadamente cada mes. En cada muestreo se cosecharon cinco plantas seleccionadas al azar, en cada uno de los tratamientos. Una vez seleccionadas las plantas, estas fueron colectadas con todo y raíz y colocadas en bolsas de polietileno negras (80 x 60 cm) y trasladadas al laboratorio en las siguientes 24 horas.

Una vez en el laboratorio el material colectado era colocado en un cuarto frío a 4 °C de temperatura para posteriormente separar cada una de sus partes, raíz, tallo, hojas, inflorescencias, botones, flores y frutos. Al separar las partes principales de cada planta se hicieron conteos de cada una de ellas, se midió cada individuo colectado desde la base hasta su extremo distal, determinando así la longitud máxima (no se incluyen estos resultados). Cada parte cosechada fue colocada en una estufa a 85 °C de temperatura y durante 72 horas para su secado y posterior obtención de peso seco con una balanza semianálitica Sartorius (L610D). El peso seco de cada una de las estructuras fue analizado por medio del análisis de varianza y mediante la prueba de Tukey por dos vías con un nivel de significancia del 95 % (ver ANEXO A y A'). El peso seco de cada estructura principal y de cada individuo cosechado fue transformado en porcentaje, realizando una corrección mediante el arco-seno en cada registro de las distintas estructuras y analizando estos registros por medio del

análisis de varianza y mediante la prueba de Tukey por dos vías, con un nivel de significancia del 95 % (ver ANEXO D y E).

Las hojas separadas de cada individuo de frijol y maíz, fueron puestas en bolsas de polietileno translúcidas y colocadas en el cuarto frío para posteriormente medir su área, utilizando un medidor de área foliar (Delta-T) para las hojas de frijol y un medidor de área foliar Li-cor Modelo LI-3000 (Licor, Inc. USA) para las hojas de maíz. Posteriormente éstas fueron colocadas en bolsas de papel para su secado (en la misma estufa señalada arriba) y posterior obtención del peso seco.

Así mismo, el peso seco se utilizó para efectuar el análisis de crecimiento de los individuos de ambas especies. Los principales componentes utilizados en el análisis de crecimiento fueron:

Tasa de crecimiento relativo (TCR), que representa la velocidad de incremento en peso presente en la planta (Hunt, 1990) y descrita mediante las siguientes ecuaciones:

$$TCR = \frac{1}{W} \frac{dW}{dt} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{g g}^{-1}\text{d}^{-1})$$

donde W = representa el peso de la planta en el tiempo t

El cociente de área foliar (CAF) que corresponde a un índice definido como la proporción del área foliar con respecto al peso total del individuo, esto es,

$$CAF = \frac{A_f}{W} \quad (\text{m}^2 \text{g}^{-1})$$

donde  $A_f$  = área foliar

Tasa de asimilación neta (TAN), se refiere a la ganancia de área foliar por área foliar a través del tiempo, siendo un índice de eficiencia fotosintética y expresada como:

$$TAN = \frac{1}{A_f} \frac{dW}{dt} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{A_2 - A_1} \quad (\text{g m}^{-2}\text{d}^{-1})$$

A= área de las hojas

t= tiempo

lnW= logaritmo natural de peso seco

lnA= logaritmo natural del área de la hoja

El cálculo de las ecuaciones anteriores y su análisis se efectuó utilizando el programa desarrollado por Hunt y Parsons (1981) (ver ANEXO B).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### PORCENTAJE DE EMERGENCIA EN FRIJOL Y MAIZ EN MONOCULTIVO Y CULTIVO ASOCIADO.

En la figura 3 se muestran las diferencias encontradas durante la emergencia de plántulas en los distintos tratamientos de frijol y maíz en el agroecosistema (ver glosario) durante los años de 1990 y 1991. En ella se puede observar que el frijol ASOCIADO tuvo durante 1990 una disminución del 32% con respecto al frijol en MONOCULTIVO reduciéndose la emergencia de este frijol en un 4 % en 1991.

Otra diferencia clara es la emergencia que presentó el maíz ASOCIADO con respecto al MONOCULTIVO durante los dos años, con una divergencia de 9 y 16 % para 1990 y 1991 respectivamente. Las causas de estas diferencias observadas entre los tratamientos de frijol durante la emergencia en ambos años, no pudieron determinarse en forma precisa, aunque por observaciones realizadas, un evento que pudo haber contribuido a tales divergencias, es la depredación de las semillas por el pájaro *Dives dives* (Tordo) (Peterson y Chalif, 1973), esto es, al sembrarse semillas de maíz y frijol juntas, los pájaros se acercan a los agujeros donde son colocadas ambas semillas y las sacan llegando a comer solo las semillas de maíz, por lo que, la semilla de frijol queda fuera del agujero y de esta manera, aún cuando emerge la plántula no es registrada debido a que no está asociada a maíz alguno y se piensa que es una plántula que emergió de una semilla que cayó al momento de la colecta de la cosecha anterior y por lo tanto se pierde el registro.

### FENOLOGIA DEL FRIJOL Y MAIZ EN MONOCULTIVO Y ASOCIADOS EN NAUZONTLA, PUEBLA.

En la figura 4A se presentan los registros fenológicos de las diferentes variedades de frijol, relacionando estos con las labores agrícolas. En la misma figura se puede ver que el frijol en MONOCULTIVO (1) tiene un estadio reproductivo precoz con respecto al ASOCIADO (2), pues a los 84 días de sembrados, de los 30 individuos 3 presentaban flores y 6 botones, mientras que el ASOCIADO no presentó estadios reproductivos en esta fecha. La producción máxima de botones y flores ocurrió a los 178 días en el frijol en MONOCULTIVO y a los 218 en el ASOCIADO, probablemente debido a que el frijol al no estar asociado a maíz y con la anterior eliminación de arvenses por la aterradura aplicada a la parcela, responde favorablemente a los cambios ambientales como temperatura y luz, pues, estamos hablando del inicio de verano (días más largos) aunado con el principio de la época

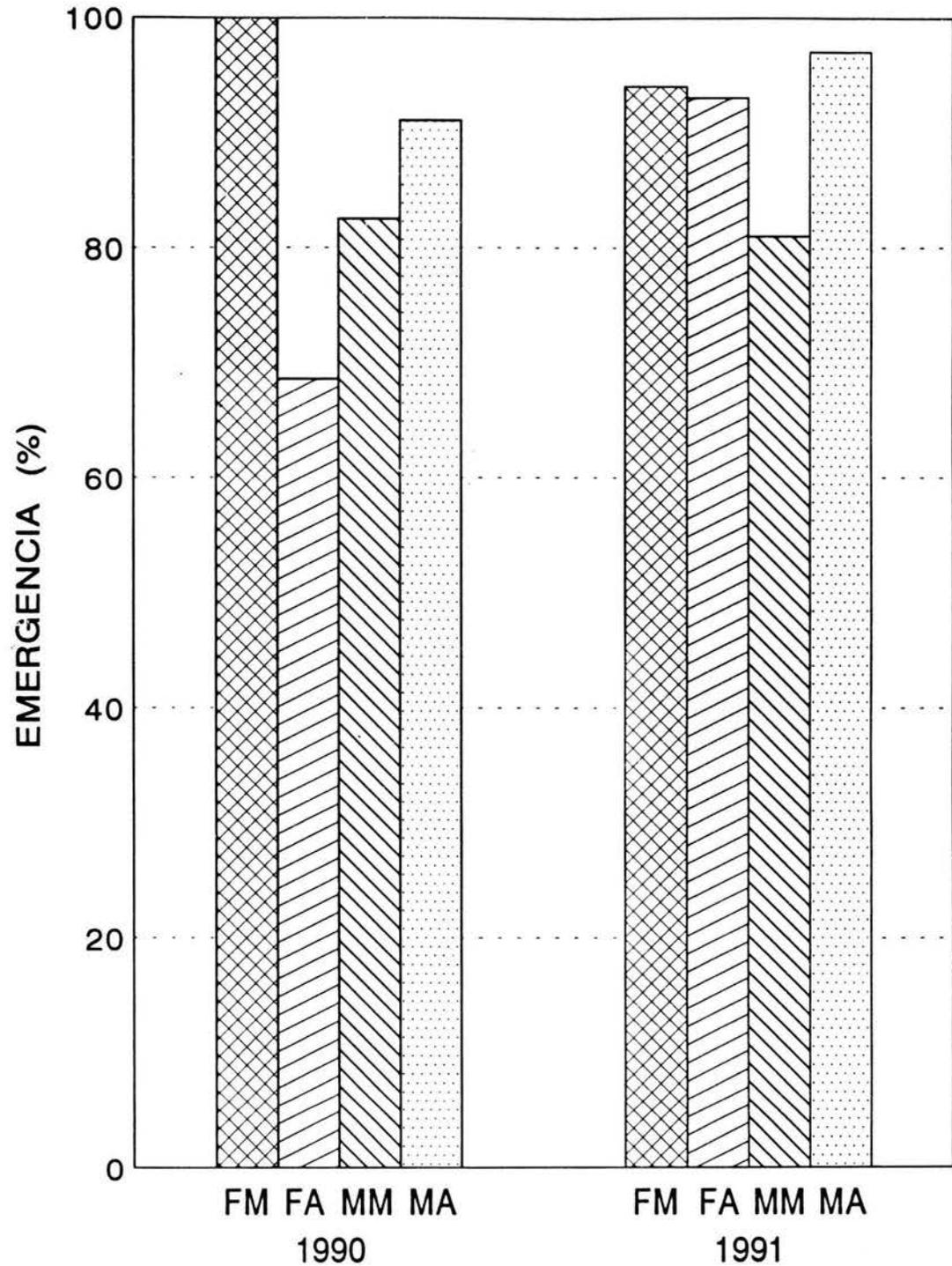


Figura 3. Emergencia de las plántulas de frijol y maíz en MONOCULTIVO y ASOCIADAS, en campo en Nauzontla, Puebla durante 1990 y 1991. (Abreviaturas: FM=Frijol en MONOCULTIVO, FA= Frijol ASOCIADO, MM= Maíz en MONOCULTIVO y MA= Maíz ASOCIADO).

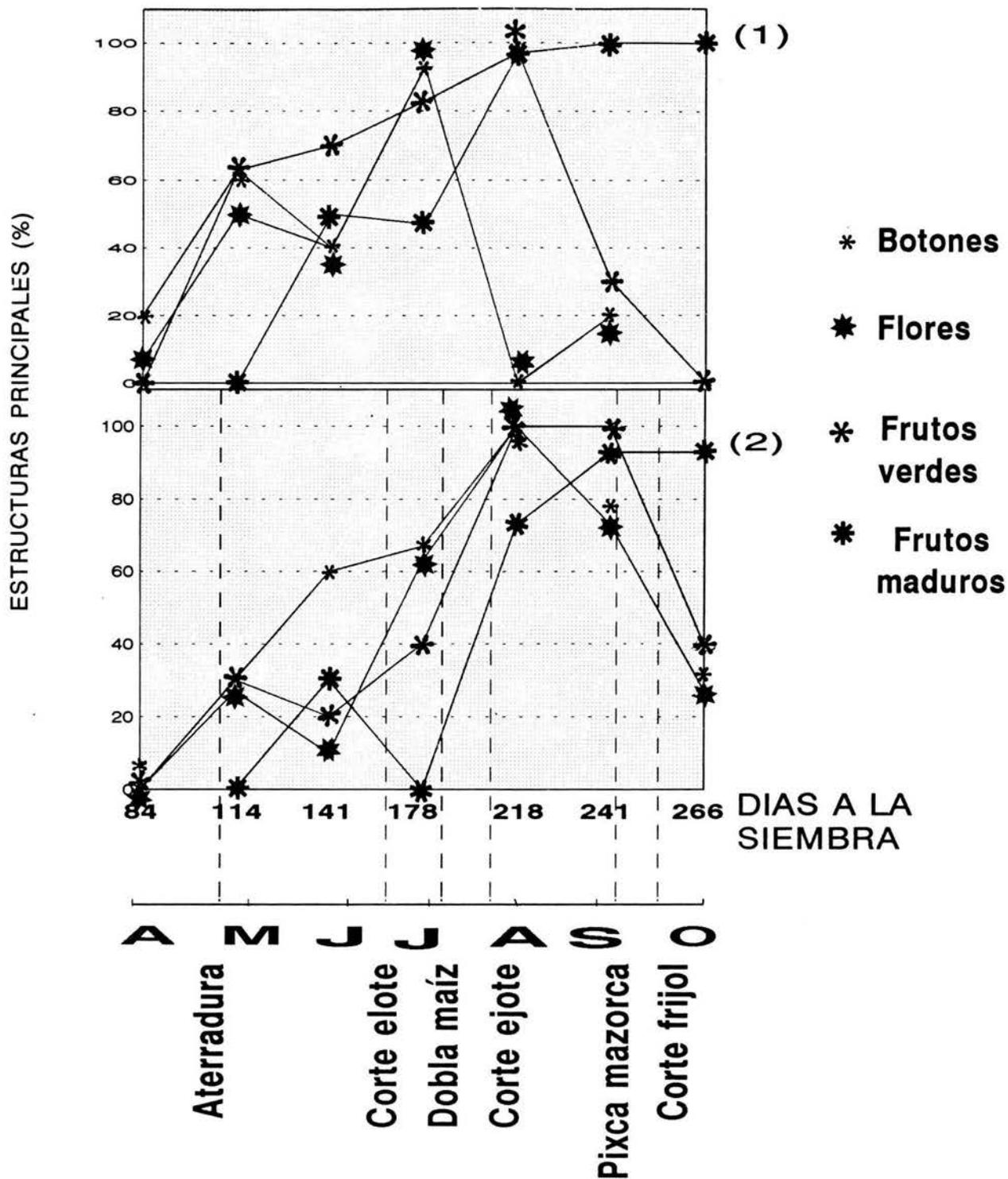


Figura 4A. Fenología de estructuras reproductivas y labores agrícolas de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en sus tratamientos de MONOCULTIVO (1) y ASOCIADO (2) a maíz en Nauzontla, Puebla durante 1990.

lluviosa. Este evento, en el ASOCIADO pudo deberse al efecto competitivo que el maíz produce en él, pues, como se observa en la figura el evento anterior a este máximo de botones y flores es la dobla del maíz.

Muy notoria es la presencia en el frijol ASOCIADO de dos picos en la producción de frutos maduros, aparentemente por la presencia más definida de un doble período en la floración, menos acentuado en el frijol en MONOCULTIVO, que quizá se deba al efecto que la temperatura provoca en estas fechas, además del efecto competitivo por agua que el maíz produce en ellos, debido a que en esta época en el maíz da comienzo la etapa reproductiva (figura 5).

En cuanto a las fenofases que describen al crecimiento vegetativo (figura 4B), los individuos de frijol en MONOCULTIVO (1) iniciaron la pérdida de hojas en etapa más temprana (días) que en el ASOCIADO (2), quién lo realizó 30-40 días después, probablemente debido al efecto competitivo que el maíz produce en el frijol en etapas tempranas, alargando así su etapa vegetativa para poder de esta forma llegar a completar su periodo reproductivo hasta el final.

A diferencia de lo observado en el frijol, individuos de maíz en MONOCULTIVO o ASOCIADO presentaron un patrón fenológico muy similar (figura 5). El crecimiento vegetativo alcanzó su máximo entre los 84 y 114 días cuando se aplican la media tierra y aterradura, antes de iniciar la producción de espigas. En la misma figura se puede observar que el estadio reproductivo, propiamente comenzó después de los 114 días, fecha en la que se llevó a cabo la aterradura (eliminación de arvenses) y dio inicio la temporada de lluvias (no volviendo a dar ninguna labor a la parcela), mientras que la maduración de los frutos inició desde los 141 días y hasta los 250 días que es cuando se efectuó la cosecha en este estudio.

#### **ASIGNACION EN PESO SECO DE CADA UNA DE LAS PARTES PRINCIPALES DE FRIJOL Y MAIZ, EN MONOCULTIVO Y ASOCIADOS.**

La TABLA 2, muestra la distribución de pesos secos durante el ciclo anual de crecimiento para *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO y ASOCIADO en 1990.

En la TABLA se observa que el valor máximo de peso seco total en frutos de las plantas de frijol en MONOCULTIVO se presenta a los 241 días (295 g) no coincidiendo con el máximo de área foliar, aunque aún es elevada en esta fecha comparándola con la registrada para las plantas de frijol ASOCIADAS, quienes la presentan a los 218 días coincidiendo con el máximo de peso seco total en frutos (148.2 g), esta diferencia puede deberse quizá a que las plantas de frijol ASOCIADAS aún no han completado su desarrollo por el efecto competitivo por el recurso agua que el maíz les produce en etapas tempranas de su crecimiento, pues como se puede ver en la tabla, ambas plantas de los distintos tratamientos presentan estructuras

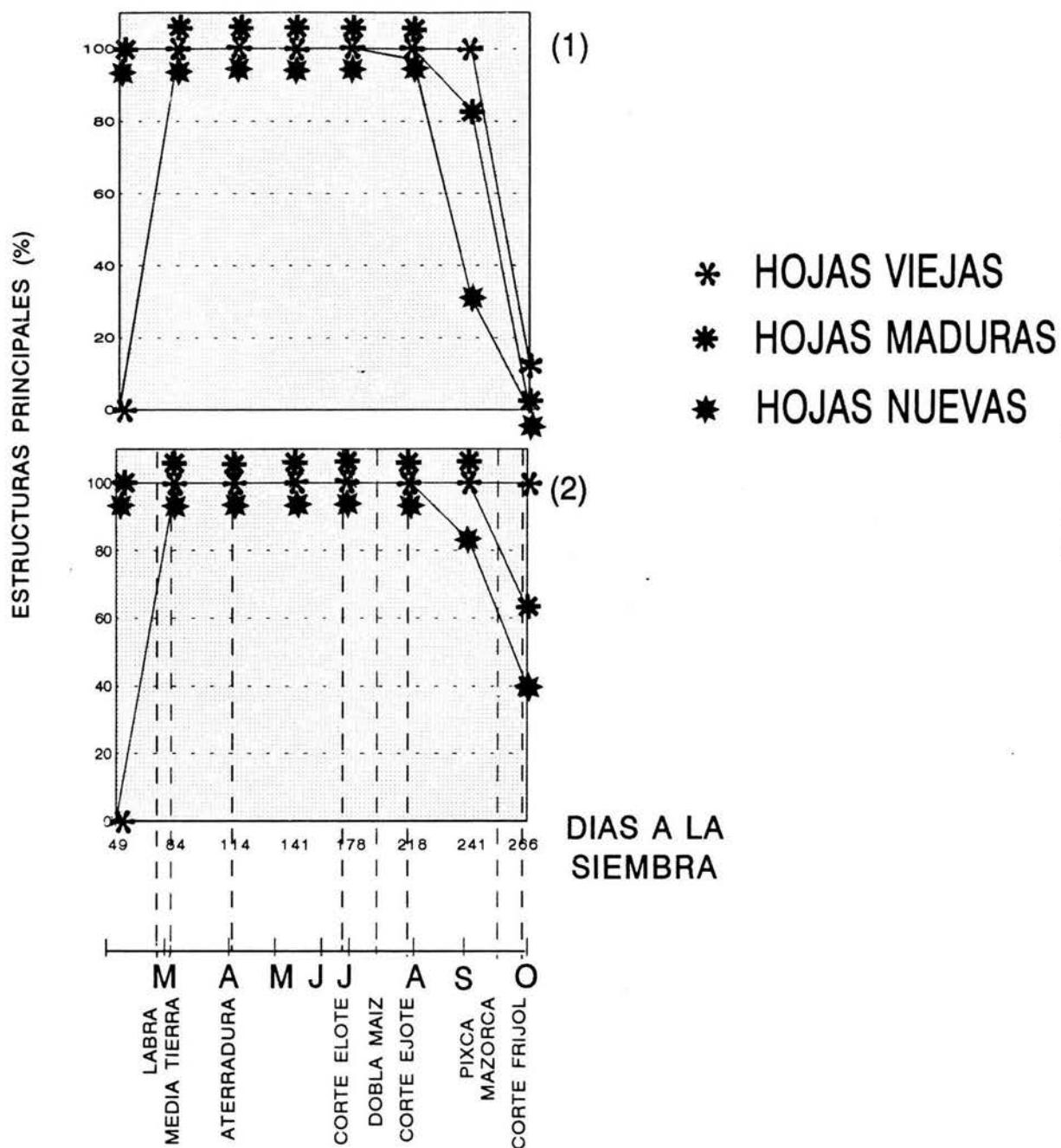


Figura 4B. Fenología de estructuras vegetativas y labores agrícolas de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en sus tratamientos de MONOCULTIVO (1) y ASOCIADO (2) en Nauzontla, Puebla durante 1990.

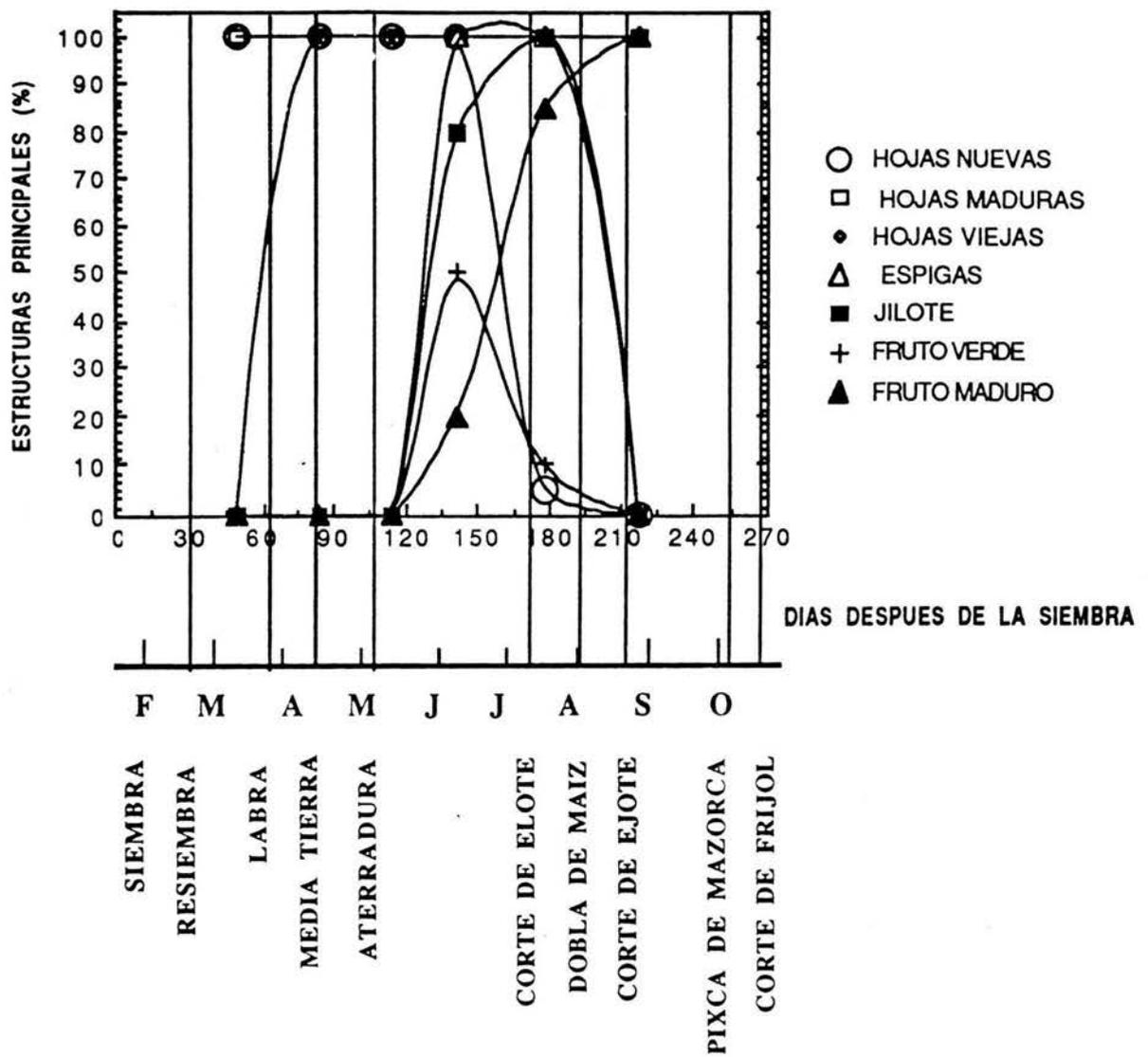


Figura 5. Fenología y labores agrícolas de *Zea mays* L. en MONOCULTIVO en Nauzontla, Puebla durante 1990.

DIAS	RAIZ		TALLO		HOJAS		INFLORESCENCIA		BOTON Y FLOR		FRUTOS		AREA FOLIAR		PESO SECO TOTAL	
	(g)	EE	(g)	EE	(g)	EE	(g)	EE	(g)	EE	(g)	EE	m <sup>2</sup>	(g)	EE	
<b>FRIJOL MONOCULTIVO</b>																
21	0.07 ± 0.00251		0.33 ± 0.0099		0.08 ± 0.0031		0 ± 0		0 ± 0		0 ± 0		0.0066 ± 0.0003		0.4742 ± 0.0276	
49	0.35	0.00669	0.35	0.0147	0.63	0.0276	0	0	0	0	0	0	0.19	0.0006	1.3282	0.0455
84	0.78	0.024	2.04	0.1748	3.02	0.2551	0.1564	0.0228	0.5934	0.0864	0	0	0.1085	0.0095	5.9966	0.4674
114	3.30	0.12133	102.0	0.6343	12.9	0.8809	1.488	0.1887	0.28	0.024	1.1	0.1286	0.4061	0.0269	29.2376	2.0062
141	4.60	0.10198	212.0	0.8773	30.2	0.6369	0.4	0.0063	8.44	0.7449	8.6	1.0151	0.7309	0.0221	73.44	12.952
178	10.80	0.57061	68.8	6.4232	41.8	3.3277	9.8	0.8256	13.84	1.0593	10.2	1.736	1.9865	0.1581	155.24	9.7564
218	20.00	0.54772	98.0	4.5782	50.4	2.1694	19.4	0.7579	0	0	41.0	1.4283	2.3952	0.1031	228.8	10.835
241	21.00	0.73485	95.0	2.2804	28.0	1.1225	18.0	0.5099	0	0	133.0	3.6	1.3889	0.0556	295.0	5.1769
266	20.00	0.44721	84.0	3.7336	0	0	15.0	0.3162	0	0	104.0	4.8518	0	0	223.0	9.2033
<b>FRIJOL ASOCIADO</b>																
21	0.23	0.00061	0.2	0.0087	0.05	0.003	0	0	0	0	0	0	0.0034	0.0003	0.2664	0.0064
49	0.28	0.00483	0.14	0.0036	0.24	0.0056	0	0	0	0	0	0	0.007	0.0001	0.6494	0.0086
84	0.34	0.0049	0.72	0.0117	0.99	0.0197	0.001	0.0002	0	0	0	0	0.0339	0.0009	2.051	0.0296
114	2.42	0.2475	6.24	0.3576	6.76	0.3523	0.1824	0.0135	0.0174	0.0022	0.12	0.0024	0.3348	0.0188	15.6318	0.8648
141	4.6	0.10198	15.8	0.6431	12.2	0.397	0.2	0.0179	0.04	0.008	0.02	0.004	0.2967	0.0195	32.86	1.0484
178	7.2	0.19391	232.0	1.1089	29.8	1.7623	11.0	0.4899	4.8	0.4261	2.0	0.4	0.9086	0.0547	78.0	2.9196
218	15.0	0	442.0	1.9849	36.0	1.3191	16.0	0.2	11.0	0.2	28.0	0.5099	1.101	0.0409	148.2	3.6469
241	13.0	0.24295	36.0	1.3191	22.0	0.8124	8.0	0.5099	0	0	46.0	1.7146	0.2774	0.0131	125.0	3.2094
266	13.0	0.4	33.0	1.077	9.0	0.6633	8.0	0.2449	0	0	36.0	2.5494	0.145	0.011	98.0	2.6758

TABLA 2. Peso seco total (g) promedio y error estandar (±) de cada una de las estructuras principales de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO y ASOCIADOS a *Zea mays* durante su ciclo anual de crecimiento en Nauzonitla, Puebla durante 1990. (n = 5 en cada cosecha)

reproductivas en la misma fecha, pero solo las plantas de frijol ASOCIADAS a maíz se ven más dañadas en este evento, lo cual hace que la producción de las demás estructuras reproductivas se vean afectadas en su desarrollo, como lo demostró el análisis de varianza (Tukey 0.05, ANEXO A) en las distintas estructuras de las plantas de frijol en MONOCULTIVO y ASOCIADAS a maíz, donde, la raíz, las flores y los frutos presentaron diferencias significativas.

En la TABLA 3 se puede observar que el peso seco total máximo en maíz en MONOCULTIVO se presentó a los 141 días (804.6 g) coincidiendo con el máximo de área foliar ( 1.774 m<sup>2</sup> ), mientras que en maíz ASOCIADO el máximo de peso seco total fue a los 218 días (744.2 g) no coincidiendo con su máxima área foliar ( 2.079 m<sup>2</sup> ), no siendo esta diferencia significativa entre ambos tratamientos, pues al aplicar el análisis de varianza ( Tukey 0.05, ANEXO A' ) este sólo mostró que la única diferencia entre ambos tratamientos de maíz se presentó en espiga, lo que nos hace pensar que los resultados obtenidos solo reflejan la capacidad competitiva que el maíz presenta en la etapa temprana, cuando el recurso agua es limitante, pues como se observa en la tabla, es al inicio del ciclo cuando el peso seco en la raíz de las plantas de maíz ASOCIADO es mayor con respecto a las raíces de las plantas en MONOCULTIVO, así tenemos entonces, que al final del ciclo es cuando ambos maíces presentan el máximo peso seco en frutos (debo aclarar que la diferencia que aparece, tal vez no es significativa, debido a que se tomó en cuenta el peso seco del ote).

#### **ASIGNACION PORCENTUAL DE BIOMASA DE LOS DIFERENTES ORGANOS DE FRIJOL Y MAIZ EN MONOCULTIVO Y ASOCIADOS.**

En la figura 6, es de notarse que el frijol ASOCIADO asigna una gran cantidad de biomasa a la raíz al inicio del crecimiento (50 %), no presentando diferencias significativas (Tukey 0.05 (ANEXO D)) aún, cuando los registros de estas plantas de frijol presentaron un 17 % de biomasa en raíz al inicio de su crecimiento.

Después de la media tierra (84 días), las plantas de frijol ASOCIADO mostraron un aumento del 10 % en biomasa del tallo, mientras que en MONOCULTIVO aumentó a partir de los 141 días y hasta los 178 días, aproximadamente 57 días después, debido a la pérdida de hojas al final del crecimiento. Sin embargo, ambos tratamientos mantienen una gran proporción de biomasa en tallo, no llegando a ser significativas las diferencias (ANEXO D).

En lo que respecta al porcentaje de biomasa en hojas, las plantas de ambos tratamientos de frijol no presentaron diferencias significativas (ANEXO D), aún cuando al tiempo de corte de frijol (266 días) la presencia de hojas es nula en las plantas en MONOCULTIVO.

MONOCULTIVO	RAIZ		TALLO		HOJAS		ESPIGA		AREA		PESO SECO		TOTAL	
DIAS	g	EE	g	EE	g	EE	g	EE	g	EE	m <sup>2</sup>	EE	g	EE
21	0.21	± 0.004	0.04	± 0.001	0.04	± 0.002	0	± 0	0	± 0	0.005	± 0.001	0.295	± 0.005
49	0.77	0.026	0.72	0.026	1.20	0.033	0	0	0	0	0.044	0.001	2.697	0.081
84	2.92	0.102	7.28	0.295	12.8	0.519	0	0	0	0	0.408	0.017	23.02	0.904
114	8.24	0.220	49	1.880	40.7	1.511	0.34	0.068	0	0	0.950	0.035	98.32	3.349
141	109	2.691	439	9.124	177	4.155	13.4	0.634	66.2	3.420	1.774	0.039	804.6	13.962
178	90	3.988	282	9.352	149	5.034	15	0.316	128	8.959	1.570	0.037	664	24.756
218	58	4.082	188	14.33	84	6.280	5	0.447	237	10.053	1.097	0.046	572	34.428
<b>ASOCIADO</b>														
49	0.84	0.024	0.37	0.025	0.69	0.041	0	0	0	0	0.029	0.001	1.916	0.061
84	3.52	0.174	6.98	0.392	11.74	0.558	0	0	0	0	0.345	0.014	22.24	1.116
114	22.7	1.626	112.2	7.929	85.44	2.869	4	0.8	0	0	1.751	0.047	234.38	13.14
141	100	6.173	279.8	10.846	104	3.993	15	0.316	49	4.609	1.956	0.048	547.8	20.776
178	87	4.589	219	8.357	145	2.408	18	0.245	148	2.781	2.701	0.038	617	19.58
218	96.2	2.634	211	7.618	106	3.308	9	0.2	322	20.911	2.079	0.053	744.2	32.533

Tabla 3. Peso total (g) promedio y error estandar ( $\pm$ ) de cada una de las estructuras principales en *Zea mays* L. en MONOCULTIVO y ASOCIADO a frijol durante su ciclo anual de crecimiento en Nauzontla, Puebla durante 1990. (n=5, en cada cosecha)

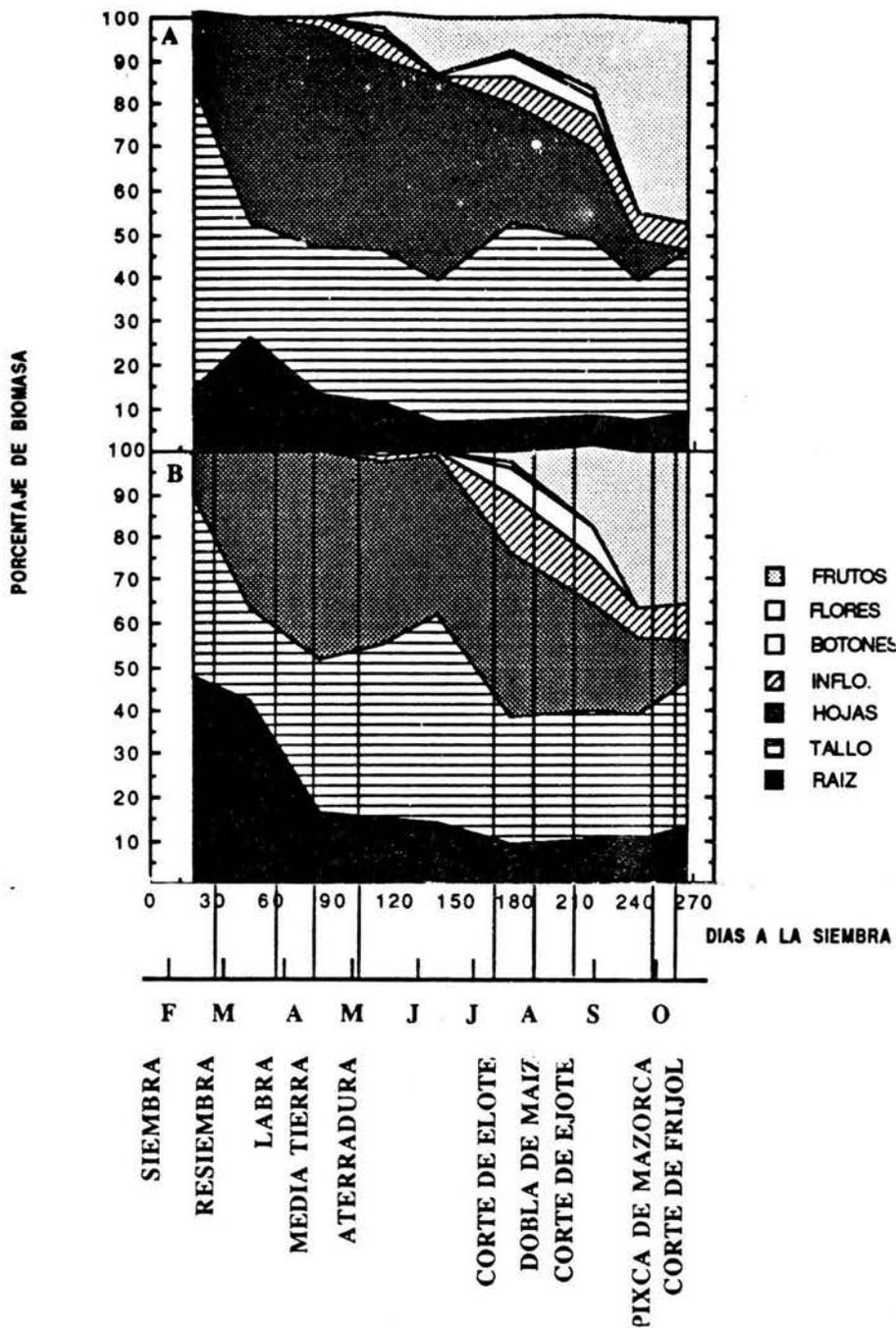


Figura 6. Asignación porcentual de biomasa y labores agrícolas de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a *Zea mays* en Nauzontla, Puebla durante 1990.

Durante la etapa reproductiva el frijol en MONOCULTIVO, muestra una gran precocidad con respecto al frijol ASOCIADO pues, esta etapa comienza casi cuando se aplica la labra (60 días), llegando a presentar diferencias significativas en biomasa solo en inflorescencias, flores y frutos (Tukey 0.05, ANEXO D).

La asignación en porcentaje de peso seco en maíz en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO a frijol (B), fue muy similar en ambos tratamientos y sólo se encontraron diferencias significativas en biomasa porcentual de espiga (Tukey 0.05) entre ambos (ANEXO E y figura 7).

En el caso del maíz ASOCIADO, los registros de estructuras principales se iniciaron a los 49 días aunque, parecen haber tenido en su inicio el mismo patrón del MONOCULTIVO.

Durante todo el período de crecimiento ambos tratamientos presentan un patrón muy similar, excepto al final del crecimiento cuando el maíz ASOCIADO manifestó un incremento del 12 % en espigas, con una diferencia significativa (Tukey 0.05, ANEXO E) con respecto al maíz en MONOCULTIVO.

Por último, la biomasa en frutos tanto en el maíz en MONOCULTIVO y ASOCIADO fue de 40 % al final del crecimiento, no habiendo diferencias significativas (ANEXO E) entre ambos tratamientos.

## **ANALISIS DE CRECIMIENTO DE FRIJOL Y MAIZ EN MONOCULTIVO Y ASOCIADOS.**

En la figura 8, se presentan los resultados gráficos del análisis de crecimiento realizados por el método estadístico de Hunt y Parsons (1981) a lo largo del ciclo anual de crecimiento de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO y ASOCIADO (ver ANEXO C, donde se exhiben los resultados obtenidos del programa). En la figura 8 (A), se muestra que en los frijoles en MONOCULTIVO y ASOCIADOS las tasas de crecimiento relativo (TCR) son iguales, presentando el máximo crecimiento en forma temprana (84 días) posterior a la media tierra.

En la comparación del cociente de área foliar por unidad de peso seco total a lo largo del ciclo anual de crecimiento (B) se puede ver que el tratamiento de frijol en MONOCULTIVO al inicio de su crecimiento, presenta un patrón mayor en su cociente de área foliar con respecto a las plantas de frijol ASOCIADO, provocado quizá por el efecto competitivo que el maíz le impone, pues, presenta un mayor cociente de área foliar (figura 9 B). Otra diferencia muy notoria, se presenta a partir de los 114 días (posterior a la aterradura) donde se incrementa el cociente de área foliar en los dos frijoles, presentando su máximo a los 178 días, que es la época lluviosa. Este mayor cociente de área foliar coincide con la mitad del verano, para posteriormente disminuir a los 218 días, que aún cuando es el período donde las

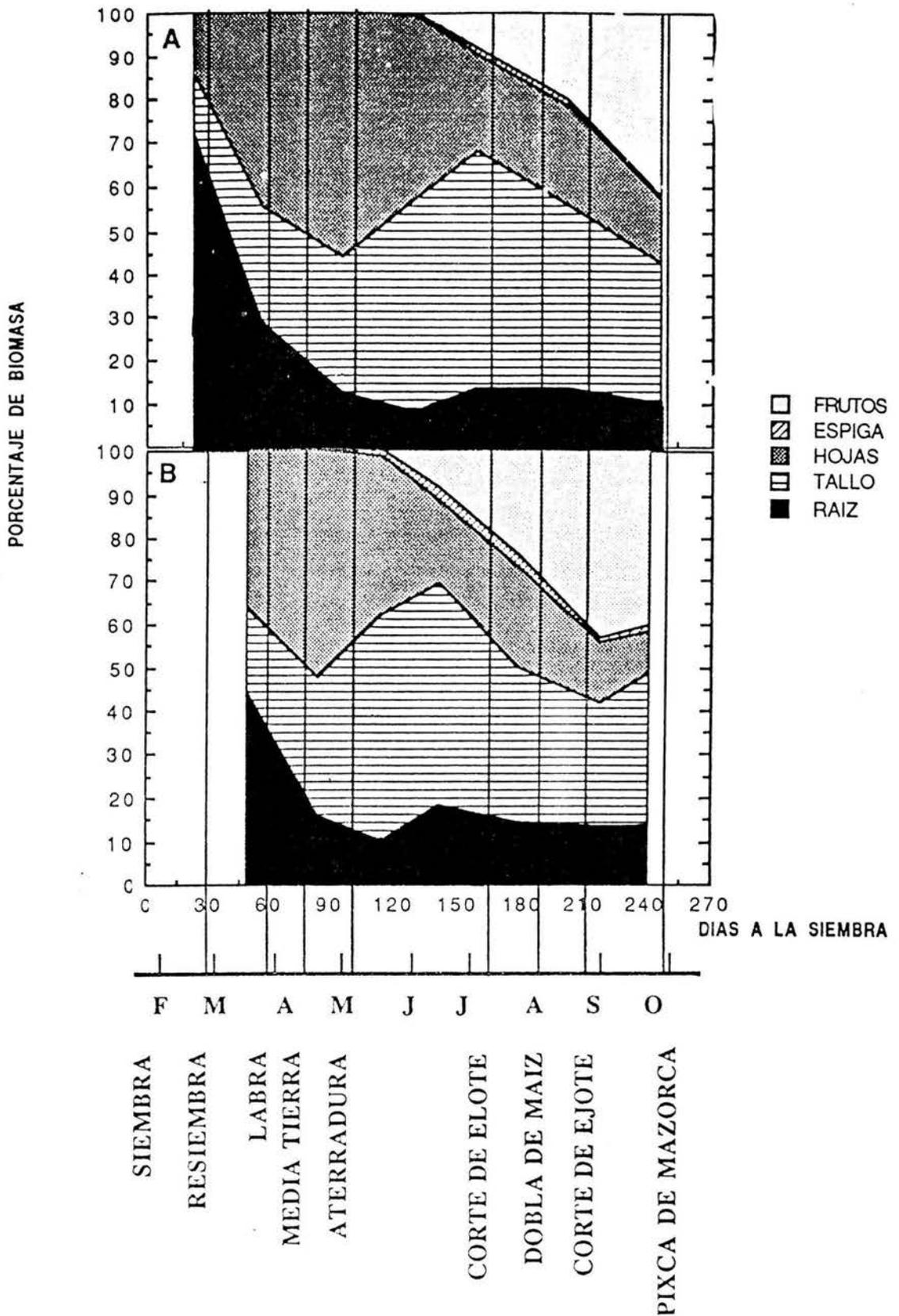


Figura 7. Asignación porcentual de biomasa y labores agrícolas de *Zea mays* L. en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a frijol en Nauzontla, Puebla durante 1990.

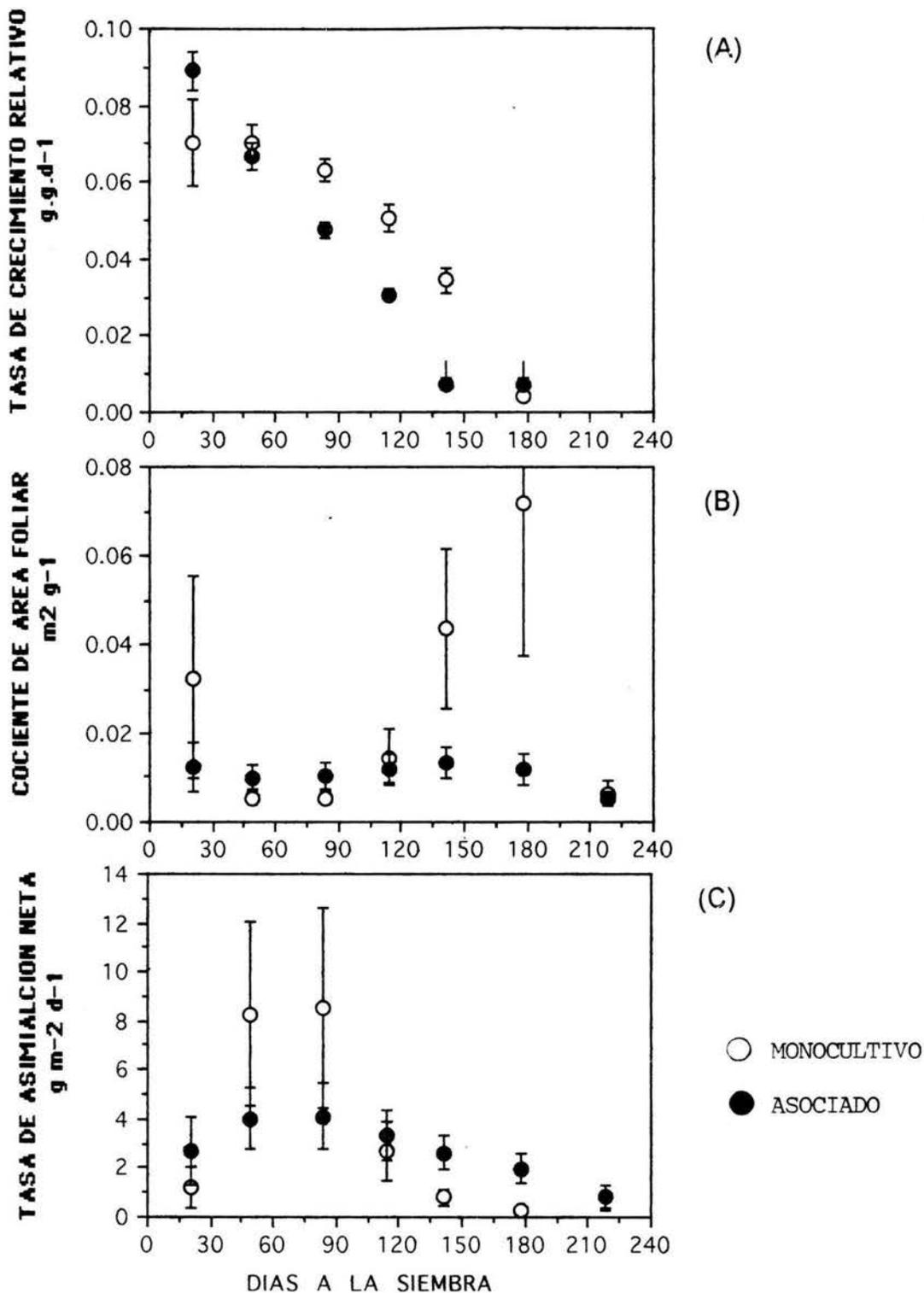


Figura 8. Comparación de la tasa de crecimiento relativo (A), cociente de área foliar (B) y tasa de asignación neta (C) en *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO y ASOCIADO a *Zea mays* a lo largo de su crecimiento en Nauzontla, Puebla durante 1990. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar.)

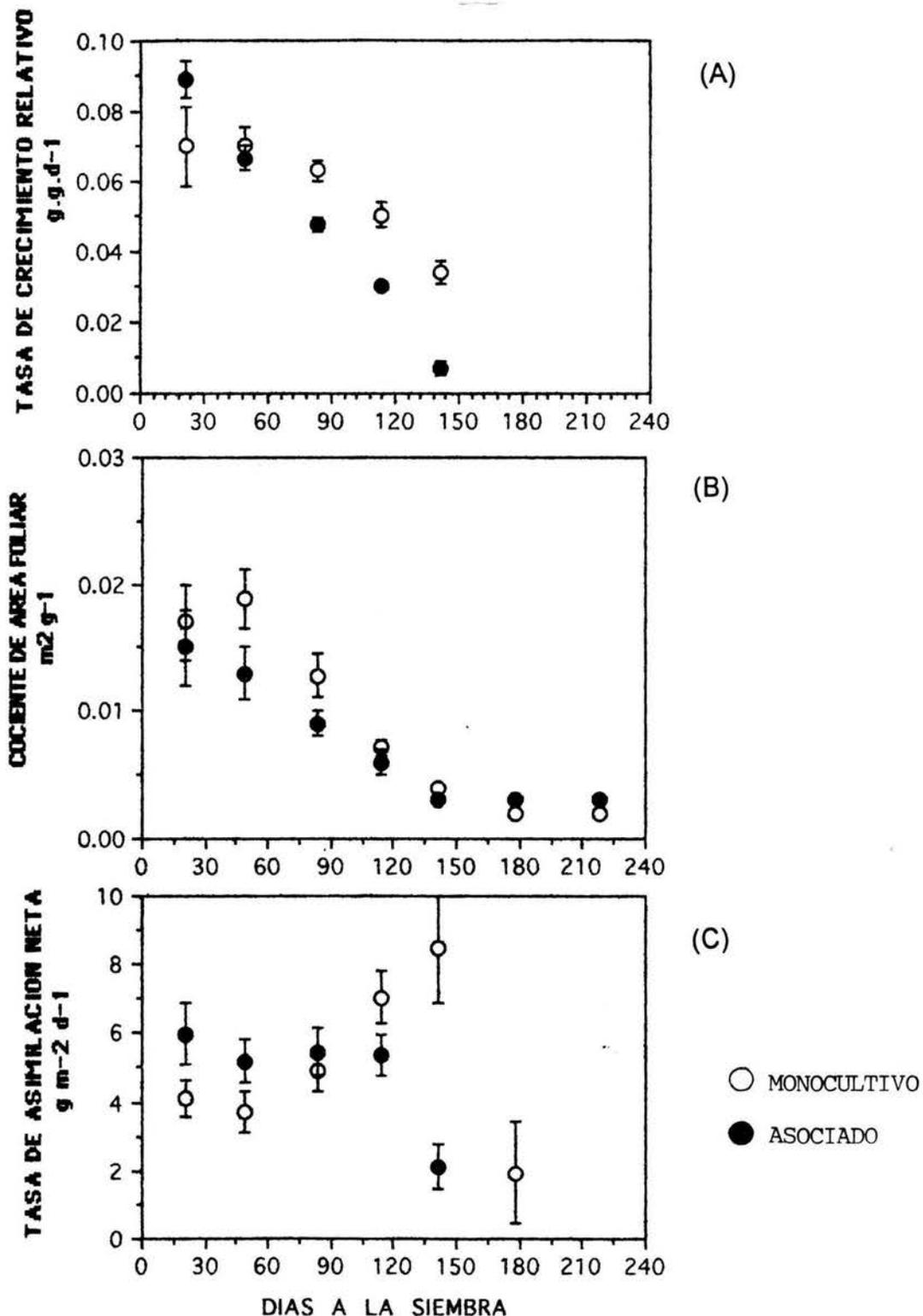


Figura 9. Comparación de la tasa de crecimiento relativo (A), cociente de área foliar (B) y tasa de asignación neta (C) en *Zea mays* en MONOCULTIVO y ASOCIADO a *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* a lo largo de su crecimiento en Nauzontla, Puebla durante 1990. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar.)

lluvias se encuentran en pleno, también es la mitad del otoño y los días son más cortos.

La figura 8 (C) muestra que el frijol en MONOCULTIVO manifiesta tasas de asimilación neta mayores durante el primer tercio del crecimiento, con respecto al ASOCIADO, demostrando que en este período presenta mayor eficiencia en la captación de luz y elaboración de fotosintatos. En el ASOCIADO, durante este período, aún cuando es su máxima tasa de asimilación neta, es mucho menor que en el MONOCULTIVO. Una de las razones puede ser el efecto competitivo, posiblemente por luz con el maíz.

En el segundo tercio del crecimiento, el frijol en MONOCULTIVO presentó una tasa de asimilación neta muy baja, debido posiblemente a que las hojas son menos eficientes en la captación de luz y elaboración de fotosintatos, pues es este período donde la etapa reproductiva presenta su mayor incremento (TABLA 2). Por lo que respecta al frijol ASOCIADO, demuestra ser más eficiente en la elaboración de fotosintatos.

El análisis de crecimiento del maíz (figura 9), muestra que la tasa de crecimiento relativo (A) (ver también ANEXO C) en los individuos de maíz en MONOCULTIVO es menor al inicio de su crecimiento comparándolo con los ASOCIADOS a frijol, pero se incrementa a los 84 días, justo cuando se acaba de aplicar la media tierra, llegando a ser mayor la tasa de crecimiento hasta el final de su ciclo.

Por lo que respecta al cociente de área foliar (B), se puede ver claramente la diferencia entre los individuos de maíz ASOCIADOS y en MONOCULTIVO, en la misma figura los individuos ASOCIADOS presentan un área foliar mayor desde el inicio de su ciclo de crecimiento, debido posiblemente al efecto competitivo por luz, producto de la asociación con los individuos de frijol, mientras que en los individuos en MONOCULTIVO el cociente se mantiene bajo, a lo largo del ciclo anual de crecimiento debido a que no tienen ningún competidor por luz.

La tasa de asimilación neta (C), muestra que al inicio del crecimiento el maíz ASOCIADO es más eficiente en la producción de fotosintatos, producto del estímulo competitivo con el frijol. Ya para el segundo tercio, el maíz en MONOCULTIVO es más eficiente en la producción de fotosintatos que el ASOCIADO, el cual se ve afectado por el frijol. Además, se puede ver también que a los 120 días el maíz en MONOCULTIVO muestra un incremento en la producción de fotosintatos debido a la labra, media tierra y aterradura, prácticas todas ellas con el fin de remover especies arvenses que pueden en determinado momento competir intensamente con el maíz, como lo encontró Navia (1972) y Kohashi-Shibata y Flores (1982). Hay que recordar que las prácticas se realizan para favorecer al maíz (Acosta y Kohashi-Shibata, 1988).

## CONCLUSIONES

La liberación de diferentes recursos por las prácticas agrícolas es señalada por Hernández X. y Ramos (1977), quienes mencionan que solo hasta el momento de la dobla del maíz, se liberan recursos (agua, luz y nutrimentos) que son aprovechados íntegramente por los frijoles. Esto es muy similar a lo encontrado en los resultados fenológicos y de análisis de crecimiento, lo que parece señalar que las prácticas de cultivo generalizadas en cultivos mixtos, se realizan para favorecer las necesidades del maíz (Acosta y Kohashi-Shibata, 1988).

Dentro del calendario agrícola la fecha de siembra, la labra, media tierra y aterradura son eventos de suma importancia desde el punto de vista fisiológico y competitivo, ya que dichas labores se efectúan con la finalidad de remover las especies arvenses, que pueden incrementar la competencia por recursos e impedir que las especies cultivadas se desarrollen plenamente. Algunos estudios han demostrado el efecto de la competencia de arvenses en cultivos de frijol, disminuyendo diversos recursos como luz, agua, nutrimentos, minerales y espacio, como en el caso del acahualillo (*Simsia amplexicaulis*) (Navia, 1972; Kohashi-Shibata y Flores, 1982).

Un aspecto importante que tuvo que haberse definido en el proceso de realizar un cultivo mixto, fue la selección de especies por los campesinos. En este trabajo el maíz y frijol creciendo en condiciones de monocultivo, presentan sus etapas reproductivas desfasadas, iniciando en abril antes de la época de lluvia, pero prolongándose y logrando la maduración hasta octubre en frijol, mientras que en maíz, esta etapa inicia alrededor de junio y finaliza con la maduración de frutos precedida por la dobla en agosto.

Existen grandes diferencias durante las fenofases en *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* debido a que todas las etapas del desarrollo se ven reducidas y retrasadas en el ASOCIADO con respecto al MONOCULTIVO. Aunque al inicio del ciclo de vida del frijol ASOCIADO y en MONOCULTIVO la fase reproductiva es anterior a la del maíz, en el ASOCIADO dicha etapa de reproducción se alarga aún más. Es posible que este cambio fenológico este asociado con el efecto competitivo que el maíz ejerce en el frijol.

Este desfase original, en etapa reproductiva, entre estas especies permite que la competencia por los recursos limitantes en esos momentos sea probablemente débil, dando lugar a que ambas persistan bajo las mismas condiciones (Vandermer, 1989). Este pudo ser uno de los factores principales que determinaron que estas especies en particular, hayan sido seleccionadas en base a experiencias empíricas para coexistir bajo las condiciones ambientales prevalecientes en dicha

región. Es probable que este desfase fenológico sea lo que Ramos *et al.* (1985) denominaron, compatibilidad fenotípica entre las especies de la asociación maíz-frijol, aunque no proveen una definición para su denominación.

El párrafo anterior demuestra que no es la liberación de recursos exclusivamente, la responsable del desfase en los eventos reproductivos del maíz y frijol en asociación, como es señalado por Hernández X. y Ramos (1977), quienes mencionan que al momento de la dobla del maíz, el frijol incrementa al máximo la floración y fructificación. Las observaciones fenológicas efectuadas en este estudio, demuestran que este fenómeno es de carácter visual, ya que la floración y fructificación dan comienzo en el frijol, antes de la dobla del maíz, solo que estas estructuras se encuentran en la parte media de la planta donde por su número y ubicación no son conspicuas sino hasta después del doblado del maíz, que es cuando la mayoría de inflorescencias con flores y frutos ya desarrollados son visibles. Estas observaciones son el origen de lo que éstos autores han descrito como un rápido incremento en el desarrollo reproductivo del frijol (Hernández X. y Ramos, 1977).

La comparación de los datos de la TABLA 2, muestran que la competencia del maíz afectó la productividad biológica (biomasa total) y rendimiento del frijol ASOCIADO. Estos datos son similares a los de Ramírez (1981) quien señala, que en la asociación el frijol *Phaseolus vulgaris* "canario 107" semiguía disminuyó en productividad y rendimiento. Por otro lado, Acosta (1985), señala que el frijol *Phaseolus vulgaris* "negro 150" indeterminado se vió menos afectado por el maíz, pues sus registros de peso seco en la semilla muestran que el frijol presentó mayor rendimiento que el maíz.

En el maíz, expresando la asignación de biomasa en forma porcentual no se muestra diferencia para ambos tratamientos, excepto en las espigas; pero si la comparación se realiza en base al peso seco total, se puede ver que la mayor biomasa en peso seco se obtuvo en maíz ASOCIADO.

Las diferencias en productividad se mostraron también al observar la biomasa de raíz, pues el frijol en MONOCULTIVO presentó un incremento mayor al final del ciclo anual. Estos datos concuerdan con lo encontrado por Acosta (1985) para *Phaseolus vulgaris*, donde la biomasa de raíz en frijol fue mayor en monocultivo que en asociación. Es importante señalar, sin embargo, que en este estudio el frijol ASOCIADO mostró al inicio un mayor incremento en peso seco de raíz siendo una diferencia significativa, lo que hace pensar en una mayor complejidad de los eventos competitivos durante la asociación.

En cuanto al porcentaje, en la asignación de biomasa en estructuras reproductivas en frijol y maíz ASOCIADOS y en MONOCULTIVO (figuras 6 y 7) no refleja las diferencias reales encontradas por efecto de la asociación. Pero en las TABLAS 2 y 3, se muestra realmente que las diferencias en productividad biológica y rendimiento a

lo largo del ciclo de vida del frijol y maíz en MONOCULTIVO y ASOCIADOS son notorias, pues el que mayor disimilitudes presenta es el frijol ASOCIADO, mientras que en el maíz solo al inicio del ciclo se presentan dichas discrepancias. Estos resultados no concuerdan con lo encontrado por Acosta (1985) y Chavéz (1987), quienes obtuvieron un mayor peso seco total en maíz en monocultivo al final del desarrollo. Los resultados encontrados aquí son similares a lo encontrado por Acosta (1985) para frijol al final de su desarrollo.

Aún cuando no se notan diferencias en porcentaje de biomasa en frutos, sí existen dichas discrepancias. Esto se puede ver en los registros de peso seco, donde el frijol ASOCIADO tiene un rendimiento muy por debajo del frijol en MONOCULTIVO. Tal parece que en la asociación maíz-frijol, es el maíz el mayor beneficiado, pues los datos entre maíz ASOCIADO y en MONOCULTIVO demuestran esta tendencia, no concordando con lo obtenido por Acosta (1985), quien encontró que el maíz en MONOCULTIVO presentó el mayor peso seco en semillas. Los resultados de este trabajo si concuerdan con lo registrado para frijol "negro 150" en MONOCULTIVO y asociado a maíz, aunque con peso seco menor que el encontrado por él, para el mismo patrón de comportamiento en rendimiento. Estos resultados demuestran que el maíz es el más beneficiado dentro de la asociación, muy probablemente debido a que las prácticas agrícolas son dirigidas con respecto al ciclo biológico del maíz y no del frijol.

Por último, lo anterior puede quizás sustentarse con base a los resultados del análisis de crecimiento mediante el programa de Hunt y Parsons (figuras 8 y 9), donde puede verse que en el frijol en MONOCULTIVO la tasa de crecimiento es muy parecida al ASOCIADO a lo largo de su ciclo biológico, con un aumento en el área foliar, lo que indica que la demanda de fotosintatos es muy elevada, siendo translocados a estructuras vegetativas y reproductivas.

En el maíz ASOCIADO se presentó una tasa de crecimiento relativo mayor a los 21 días después de la siembra, una tasa de área foliar mayor y un incremento en la tasa de asimilación neta al inicio de su crecimiento. Al comparar estos resultados con los del frijol se encontró que ambas especies se encuentran desfasadas en su crecimiento, lo que significa que el desarrollo del dosel se efectúa a diferentes fechas. Por lo tanto, en la asociación maíz-frijol es probable que sea el maíz el que más beneficio obtenga, pues los datos tomados en ambas especies así lo demuestran. Aunque el maíz en MONOCULTIVO eleva su tasa de asimilación neta a partir de los 49 días y hasta alcanzar su máximo valor a los 141 días, debido probablemente a la aplicación de las labores agrícolas (labra, media tierra y aterradura).

Otro factor de importancia es la densidad de siembra, la cual causa una disminución en el rendimiento de la especie en desventaja, aunque en este trabajo no fue observado este factor, debido a que las plantas fueron colocadas a un metro de distancia entre ellas y entre surcos, disminuyendo el efecto de competencia entre

plantas vecinas por agua, pero no de las arvenses, aunque hay que recordar, que las labores agrícolas llevadas a cabo en este agrosistema, tienen la finalidad de eliminar las especies arvenses y favorecer al maíz desde el punto de vista fisiológico y competitivo, como lo menciona Acosta (1985), y en este agrosistema la última labor que se aplica es la aterradura.

Tal vez, la selección empírica de las especies como maíz-frijol sembradas desde épocas muy antiguas, se debe a las necesidades de alimentación de la población teniendo como resultado de esta selección el desfase fenológico, principalmente en la fase reproductiva donde el frijol en MONOCULTIVO y ASOCIADO la presentan anterior al maíz, aunque la reproducción en el monocultivo se alarga, pero aún más en el ASOCIADO, debido al efecto que el maíz ejerce en él, aunado con la baja humedad y alta temperatura durante este periodo, y no es la liberación de recursos cuando el maíz es doblado, la responsable del desfase de los eventos reproductivos como lo señalan Hernández X. y Ramos (1977), siendo este fenómeno de carácter visual más que de un incremento rápido en su desarrollo reproductivo, y probablemente sea lo que Ramos *et al.* (1985) denominaron compatibilidad fenotípica, la cual reduce la competencia por recursos limitantes.

Pero los registros de biomasa total demuestran que en la asociación maíz-frijol, es posible que algún recurso en la primera etapa del ciclo biológico, como el agua (la cuál se discutirá más adelante) propicie un estado de competencia entre ambos, pues las dos especies son afectadas en su productividad biológica, repercutiendo mayormente en el frijol por efecto del maíz, debido a que la mayor biomasa en peso seco se obtuvo en el maíz ASOCIADO y no en el MONOCULTIVO. Además, tomando en cuenta los datos del análisis de crecimiento, es el frijol ASOCIADO el que presenta una dinámica de crecimiento ligeramente mayor debido probablemente a un tipo de estimulación por efecto de la asociación con el maíz. Es probable también que los factores ambientales adversos en esa etapa, provoquen un retraso en el incremento en área foliar que repercute en la elaboración de fotosintatos que pueden ser utilizados en la producción de frutos, afectando con ello su productividad biológica.

## CAPITULO II

---

### COMPORTAMIENTO DE POTENCIAL HIDRICO DIURNO Y AJUSTE OSMOTICO EN *Phaseolus coccineus ssp. darwinianus* EN MONOCULTIVO Y ASOCIADO A *Zea mays* L.

---

#### INTRODUCCION

En la asociación de plantas los factores ambientales (luz, agua, temperatura y nutrimentos) definen en parte, que se generen patrones de crecimiento y productividad diferentes en las especies u organismos. El agua es un factor importante y la carencia o abundancia de ella, determina grandemente la distribución de la vegetación global (Schulze, 1986).

Hale y Orcutt (1987) mencionan que el agua abarca del 85 al 90 % del peso de muchas plantas herbáceas. En plantas superiores, el agua es absorbida por las raíces desde el suelo y es conducida a las ramas como resultado de los gradientes de potencial hídrico desarrollados desde la raíz hasta las hojas. El estudio de las relaciones hídricas en plantas se ha incrementado en los últimos años debido al avance tecnológico en los instrumentos empleados para la medición del contenido de agua y potencial hídrico de las plantas (Kramer, 1974, 1990).

En la mayoría de las plantas, las hojas son estimadores sensibles de la falta de agua; su contenido hídrico es muy dinámico y varía con la edad, hora del día, ángulo de exposición y localización en la planta, es por ello que el contenido hídrico de una planta es medido en terminos de potencial.

**POTENCIAL HIDRICO** ( $\psi_w$ ). Es un parámetro que valora la actividad del agua en el interior de la planta y por lo mismo se expresa en términos de energía potencial del agua (Gardner, 1965, citado en Begg y Turner, 1976) o como potencial químico del agua (a).

Las unidades en que se mide pueden ser de presión (Begg y Turner, 1976): Atmosferas, bares, Pascales ( $1 \text{ bar} = 1 \times 10^6 \text{ dinas cm}^{-2} = 10^5 \text{ Nm}^{-2} = 0.987 \text{ atmosferas} = 1017 \text{ cm de H}_2\text{O} = 75 \text{ cm Hg} = 14.5 \text{ lb in}^{-2} = 10^5 \text{ Pa} = 100 \text{ JK}^{-1}$ ), cuando la actividad química se expresa en función de la fracción molar del agua  $\Psi = a/r$ . Jones (1983) menciona que la unidad usada en el potencial de agua es el Pascal y que normalmente el potencial de agua es expresado en Megapascuales (MPa) siendo  $1 \text{ MPa} = 10 \text{ bares}$ .

Los componentes más importantes del  $\Psi_w$  según Begg y Turner (1976) y Hale y Orcoult (1987) son:

$$\Psi_w = \pi + P + M + G + I$$

donde:

$\pi$  = Potencial osmótico, generado por la solución de partículas y moléculas o iones dentro de las células, y es más bajo en relación al número de partículas en solución con respecto al agua pura.

$P$  = Potencial de presión, generado por la presión del agua que actúa sobre la pared celular.

$M$  = Potencial mátrico, debido a las fuerzas de capilaridad, esto es, la adherencia del agua en la interfase de las superficies.

$G$  = Potencial gravitacional, por efecto de la gravedad.

$I$  = Factor de interacción de los componentes anteriores.

Generalmente, los componentes de potencial de agua usados son los dos primeros ( $\pi$  y  $P$ ), ya que  $G$  se considera insignificante,  $M$  es difícil de estimar (con valores cercanos a cero en un tejido vegetal) y el papel de la interacción de todos ellos es prácticamente desconocido.

Las plantas presentan un potencial osmótico dado por la cantidad de solutos en el interior de las células bajo condiciones estables, el cual puede ser modificado por algún factor ambiental (estrés hídrico principalmente) y como respuesta, estas pueden realizar ajuste osmótico, que consiste en un incremento en la concentración de solutos dentro de las células como respuesta a la falta de agua (Jones, 1983). Turner (1979; citado en Parsons, 1987) menciona que los estudios sobre el estatus hídrico de las plantas se han incrementado debido al uso del método de la cámara de presión y de análisis de curvas presión/volumen para medir los potenciales hídricos, osmótico y de turgencia.

Al revisar la Literatura no se encontró información sobre relaciones hídricas en *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus*, pero sí se reportan trabajos en otras especies

cultivadas, así tenemos que Sánchez-Díaz y Kramer (1971) obtuvieron un potencial hídrico en hojas de plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) y maíz (*Zea mays* L.) sometidas a estrés hídrico de -1.28 MPa en ambas especies, pero con diferencias en su déficit de saturación de agua, siendo del 16% para el sorgo y del 45% para el maíz, por lo cual concluyen que las hojas de sorgo presentan una resistencia mayor a la sequía. Jones y Turner (1978) al trabajar con plantas de *Sorghum bicolor* bajo sequía y riego encontraron que las hojas de plantas bajo riego presentaron un ajuste osmótico a -0.7 MPa y las hojas de plantas en sequía de -1.1 y -1.3 MPa con alta presión de turgencia y acompañadas con un contenido de agua del 70%.

Brown *et al.* (1976) reportan un ajuste osmótico en hojas de plantas de algodón condicionadas a sequía de -0.7 MPa para el mantenimiento de la turgencia.

O'Toole y Cruz (1980) descubrieron en hojas de plantas de *Oryza sativa* sujetas a estrés de agua y en dos cultivares "Kinandang Patong" e "IR28" que el potencial hídrico registrado fue de -0.1 y -0.5 MPa antes del amanecer, y de -1.1 y -2.3 MPa a las 13:00 horas respectivamente, a los 29 días de haber iniciado el tratamiento, llegando a concluir que las plantas de "Kinandang Patong" se encuentran mejor adaptadas a tierras altas y es probable que el alto potencial hídrico registrado se deba a que poseen un sistema radical superior al de las plantas "IR28" para la absorción de agua permitiendo que durante la noche se rehidraten más eficientemente.

Westgate y Grant (1989) obtuvieron en hojas de plantas sometidas a sequía severa un potencial hídrico de -2.85 MPa, incrementando con ello el potencial osmótico.

En trigo (*Triticum* L. *aestivum*), Simmelsgaard (1976), reporta un ajuste osmótico en hojas bajo estrés de agua de -0.15 MPa; además, indica que el efecto de condicionamiento se considera aditivo. Cutler y Rains (1978) encontraron un ajuste osmótico en hojas de trigo condicionadas a sequía y riego, colectadas antes del amanecer, un potencial de agua de -2.3 y -1.9 MPa a una presión de turgencia máxima respectivamente; ellos concluyen que el bajo potencial de agua tuvo como resultado un aumento en la acumulación de solutos y el ajuste osmótico fue de -0.3 a -0.4 MPa para el mantenimiento de la turgencia. Munns *et al.* (1979) señalan que la capacidad de ajuste osmótico en hojas de trigo al tercer día de haber sido sometidas a sequía se presentó entre -1.2 a -4.0 MPa.

Pardossi *et al.* (1991) registraron en hojas de plantas de tomate, berenjena y frijol un potencial osmótico con un contenido de agua total de -0.80, -0.83 y -0.77 MPa y con ajuste osmótico a una turgencia máxima de -1.03, -1.05 y -1.05 MPa respectivamente y con un contenido relativo de agua del 80%. Ellos concluyen que el ajuste osmótico en plantas con suspensión de riego es bajo y que la pérdida de turgencia ocurre a potenciales de agua de -1.0 a -1.2 MPa dependiendo de la especie, tratamiento de estrés y experimento que se realice.

Villarreal y Larqué-Saavedra (1983), estudiaron bajo condiciones de invernadero la presencia de ajuste osmótico en hojas de plantas de *Phaseolus vulgaris* cultivar "Cacahuate- 72" y "Michoacán 12-A-3". Las plantas fueron sometidas a riego y sequía en ambos cultivares, registrándose a los 29 días de iniciado el tratamiento un potencial de agua de -0.46 y -1.2 MPa en hojas de "Cacahuate" en riego y sequía respectivamente. Mientras que en las hojas de "Michoacán 12-A-3" fue alto debido posiblemente a los nublados continuos que contribuyeron a que las plantas se recuperaran, pero a los 36 y 39 días el potencial de agua fue de -1.3 MPa en hojas de plantas con sequía y de -0.1 y -0.55 MPa en las de riego. En cuanto al potencial osmótico, la diferencia entre hojas de plantas con riego y sequía fue de -0.15 MPa en "Cacahuate" y de -0.33 MPa en "Michoacán 12-A-3", determinándose que aún cuando el potencial de agua fue muy parecido en hojas de plantas bajo sequía en ambos cultivares, las plantas de "Michoacán 12-A-3" presentaron una mayor capacidad de ajuste osmótico debido al desarrollo más lento del estrés en dicho cultivar.

Marhart (1985), al estudiar el comportamiento de las relaciones hídricas entre *Phaseolus vulgaris* (frijol común) y *Phaseolus acutifolius* (tepari) al someterlas a riego mínimo, encontró potenciales hídricos de -1.3 a -1.8 MPa para las hojas de frijol común y -0.8 a -1.0 MPa en hojas de tepari, concluyendo que las hojas de frijol tepari presentan una mayor sensibilidad a la falta de agua, pues el potencial hídrico se correlacionó con el cierre de estomas.

En plantas de *Zea mays* sometidas a estrés hídrico y en etapa reproductiva Westgate y Grant (1989) obtuvieron sus hojas un potencial hídrico de -0.5 a -1.75 MPa, mientras que en hojas y tallos de plantas con riego, el potencial fue de -0.55 y -0.35 MPa respectivamente; pero cuando se suspendió el riego el potencial bajó a -2.4 y -1.4 MPa al sexto día, registrándose con ello un incremento del 35 % en el contenido de solutos con la finalidad de mantener la turgencia del ovario a bajos potenciales hídricos.

Petrie y Hall (1992 I, 1992, II y 1992, III) registraron un potencial hídrico de -0.2 y -0.5 MPa en las hojas de las plantas de *Vigna unguiculata* y *Pennisetum americanum* respectivamente antes del amanecer y al décimo día de haber sido sometidas a sequía. El potencial hídrico en las hojas de *Pennisetum* disminuyó a -1.0 MPa hasta el día 24, durante este periodo, conforme la sequía aumentaba no se registró el mismo comportamiento en las hojas de *Vigna*, las cuales se mantuvieron en -0.2 MPa a lo largo del periodo de sequía. Ellos concluyen que el potencial hídrico tan bajo encontrado en las hojas de *Pennisetum*, antes del amanecer, se debe a que las plantas no están en equilibrio con el potencial de agua del suelo, principalmente en la zona de la raíz llegando con ello a afectar el área foliar de las plantas, pues los registros de área foliar obtenidos el día 24 después de haber sido sometidas a sequía así lo demuestran, ya que el día 11 el área fue de 431 cm<sup>2</sup> y para el día 24 bajo a 298 cm<sup>2</sup>.

En base a lo anterior y debido a que no se han llevado a cabo estudios sobre el comportamiento de las relaciones hídricas y ajuste osmótico bajo condiciones de ASOCIACION de frijol *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus*, se realizó el presente trabajo con el objeto de determinar el comportamiento del potencial hídrico y potencial osmótico en plantas de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO y ASOCIADO a *Zea mays* en campo, bajo condiciones de temporal y a lo largo de su ciclo anual de crecimiento.

Lo anterior pretende responder las siguientes preguntas: ¿en la asociación maíz-frijol, existe competencia por agua durante el desarrollo de ambas especies? y ¿cómo, la carencia o abundancia de la misma, disminuye o aumenta la producción de semillas al final del ciclo anual de crecimiento, principalmente en frijol?.

## MATERIAL Y METODOS

Los parámetros ambientales medidos fueron descritos al inicio de este trabajo (ver página 7), por lo que solo se describirá la toma de parámetros fisiológicos. Los tratamientos de campo son los mismos que se mencionaron con anterioridad (ver página 5).

### POTENCIAL HIDRICO

Los registros de potencial hídrico en hojas de plantas de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO y ASOCIADAS a *Zea mays* fueron tomados en un periodo diurno de 6:00 a 18:00 horas, durante todo su ciclo anual de crecimiento en 1990, y para 1991 los registros se obtuvieron en un periodo diurno de 8:00 a 18:00 horas en ambos tratamientos.

Para la obtención de los datos se utilizó la bomba de presión o de Scholander (PMS) según la técnica mencionada por Wilson *et al.* (1979) y Turner (1981), procediendo de la siguiente manera:

Se colectaron tres hojas de frijol a una altura aproximada de 150 cm, para cada tratamiento y se pusieron en bolsas de polietileno negras (30 x 20 cm) metiéndolas en una hielera con el fin de reducir su transpiración y pérdida de agua antes de su medición. Cada hoja fue colocada dentro de la cámara de presión y se dejó una sección del pecíolo fuera de ella, asegurándose que quedara bien sellada con plastilina elástica (Plastitak), posteriormente se cerró la cámara y se aumentó la presión a una velocidad aproximada de  $0.01 \text{ MPas}^{-1}$ , aplicándose nitrógeno gaseoso para impulsar la columna de agua en el pecíolo de la hoja hacia afuera.

Las lecturas se hicieron utilizando una lupa. En el momento en que se observó una gota de agua en la sección del corte del pecíolo que quedó fuera de la cámara, registrando la presión alcanzada en el manómetro. Después se liberó la presión de la cámara y se continuó con el mismo procedimiento para las demás hojas muestreadas durante todo el periodo diurno. Una vez obtenidos los datos se procedió a su examen por medio del análisis de varianza (Tukey 0.05).

Las mediciones diurnas se registraron cada dos horas y en el caso del maíz no se registraron datos por cuestiones técnicas. Este procedimiento se efectuó una vez durante cada mes y en todo su ciclo de crecimiento anual.

### **CURVAS DE PRESION/VOLUMEN**

La relación entre el contenido de agua y el potencial de agua en el tejido de las hojas de las plantas y sus componentes que son el potencial osmótico y la turgencia total, son registrados por medio de las técnicas del Psicrómetro (obtención del punto de condensación) y de la cámara de presión o de Scholander (obtención de presión/volumen) con la finalidad de registrar como las plantas responden al estrés de agua (Wilson *et al.*, 1979).

En este estudio se empleó la técnica de la cámara de presión y para la obtención del registro de curvas presión/volumen se procedió a utilizar la técnica mencionada por Wilson *et al.* (1979) que consiste en:

- 1) Se corta la hoja debajo del agua y se deja rehidratándose encerrada en una bolsa durante la noche.
- 2) Al siguiente día temprano la hoja se pesa y se inserta inmediatamente en la bomba de presión para tomar el registro del exudado del xilema.
- 3) Se deja unos minutos la hoja al ambiente con la finalidad de que la presión del agua en el interior de los vasos y células vuelva a equilibrarse con la cantidad de agua de su entorno, posteriormente se vuelve a pesar y colocar en la bomba de presión para el siguiente registro.

Las curvas se realizaron únicamente en hojas de frijol en MONOCULTIVO y los registros fueron utilizados para obtener el punto en el cual realizan ajuste osmótico mediante una regresión lineal.

## RESULTADOS

### POTENCIALES DIURNOS

Los resultados de potencial hídrico diurno en *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO y ASOCIADO a maíz durante 1990, mostraron diferencias significativas (Tukey 0.05) al compararse entre los meses de abril, julio y agosto (figura 10A y 10B), la comparación de estos meses se realizó en base a la cantidad de agua que cae en ellos (figura 2), pues es abril un mes con escasa precipitación, mientras que en julio ya dió inicio la temporada de lluvias, en agosto y septiembre es donde se registraron los índices de precipitación más elevados, además de que en estas fechas se dobla el maíz.

En la Figura 10, se observa que las plantas de frijol en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a maíz, presentaron una disminución del potencial hídrico a las 6:00 horas, siendo más bajos en agosto para las plantas en MONOCULTIVO y en abril para las ASOCIADAS a maíz, mientras que a las 12:00 horas en el mes de agosto se registraron valores muy bajos en potencial hídrico para ambos tratamientos con una recuperación a partir de las 14:00 horas y hasta las 18:00 horas.

Durante 1991, las plantas de frijol en los tratamientos de MONOCULTIVO y ASOCIADO a maíz (Figura 11 A y B respectivamente) presentaron valores de potencial hídrico diurno muy bajos durante abril, siendo significativamente diferentes con respecto a los de julio y septiembre (Tukey 0.05).

El potencial hídrico en las plantas de frijol ASOCIADO a maíz y en MONOCULTIVO durante julio presentan valores similares pero con patrones diferentes, ya que las hojas de frijol en MONOCULTIVO se recuperan a partir de las 14:00 horas, mientras que las de frijol ASOCIADO muestran un menor potencial hídrico en el mes de septiembre, debido probablemente al efecto competitivo que el maíz ejerce en las plantas, pues siendo el mes en que da principio la temporada de lluvias y donde se esperarí a un potencial hídrico mas elevado en ambas, tal vez la diferencia en el patrón se debe al estadio fenológico de las plantas, ya que en esta época las plantas de frijol en MONOCULTIVO presentan una etapa reproductiva muy activa, mientras que en las que se encuentran ASOCIADAS a maíz en este periodo se observan las estructuras disminuidas considerablemente (figura 4(1)), esto se puede comprobar al mirar el peso seco de las estructuras (TABLA 2), donde en las de frijol ASOCIADAS a maíz se registraron valores inferiores con respecto a las plantas en MONOCULTIVO, estas diferencias en las plantas de frijol ASOCIADO se deben a la presión competitiva que las plantas de maíz ejercen en las de frijol por agua, puesto que en el maíz las estructuras reproductivas se encuentran en su máxima actividad (figura 5),

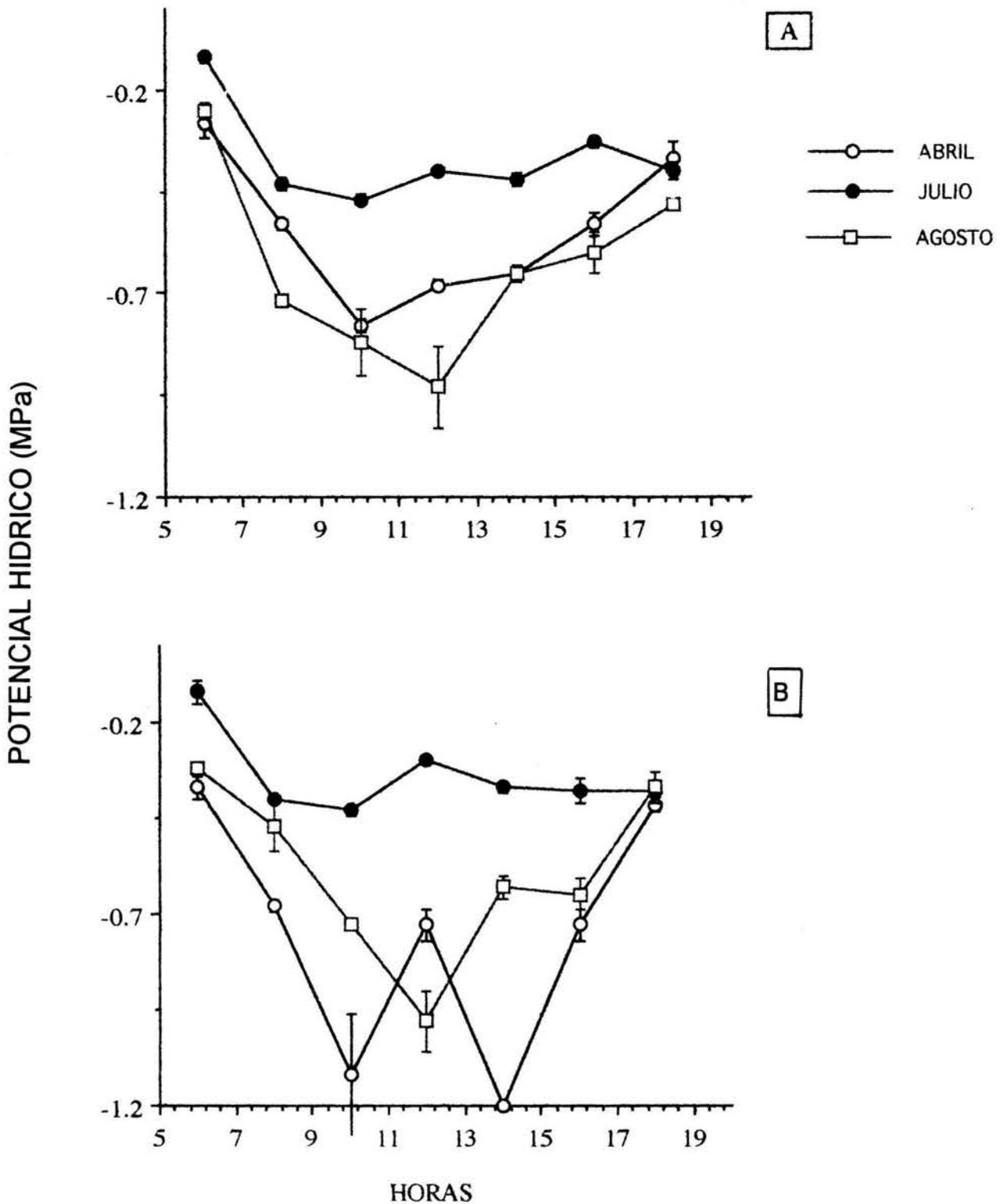


Figura 10. Potencial hídrico diurno en abril, julio y agosto en *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a *Zea mays* en Nauzontla, Puebla durante 1990. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

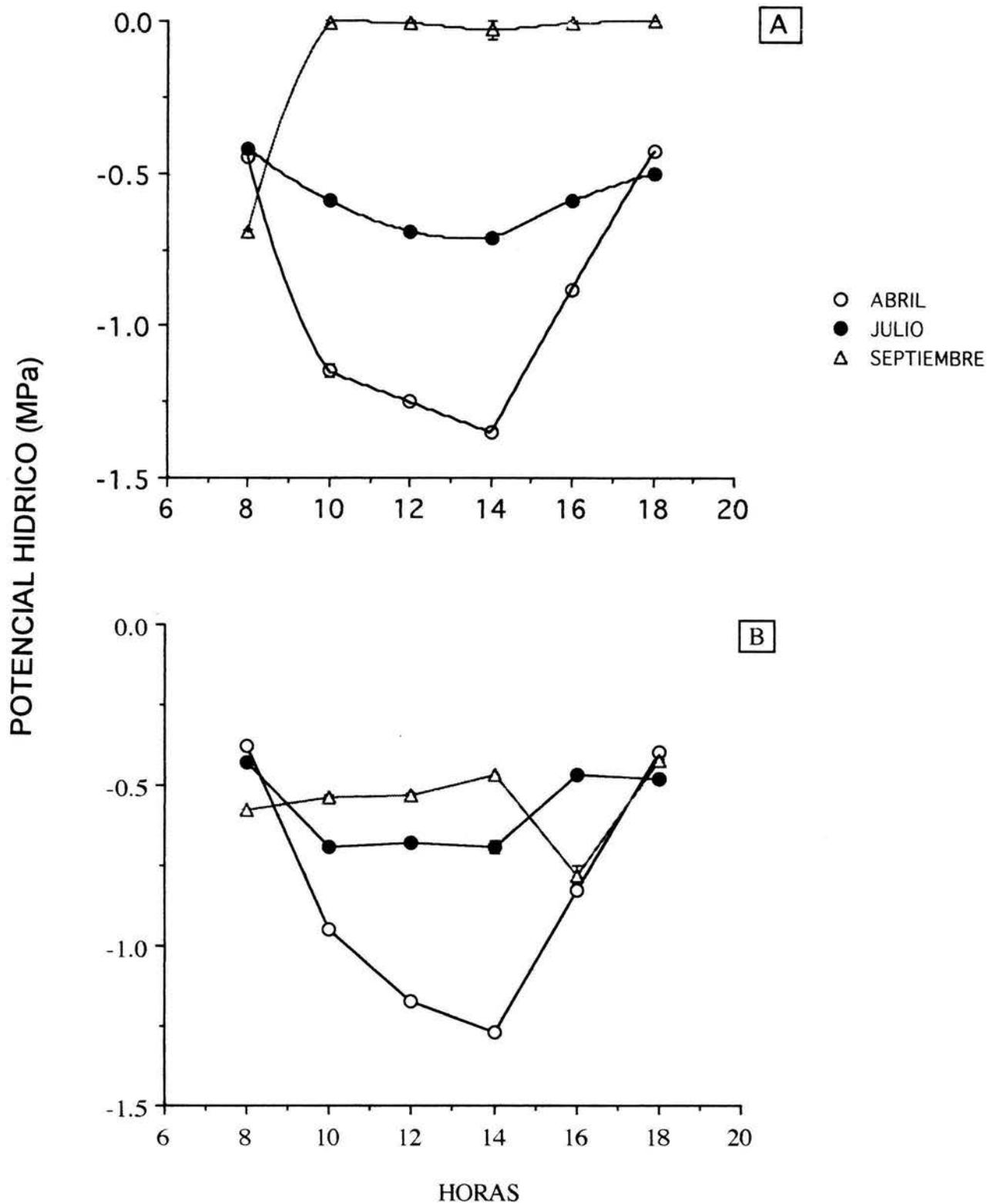


Figura 11. Potencial hídrico diurno en abril, julio y septiembre en *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a *Zea mays* en Nauzontla, Puebla durante 1991. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

incluso el registro de peso seco en sus estructuras reproductivas llega a ser mayor en las plantas ASOCIADAS a frijol que las de MONOCULTIVO (TABLA 3), lo cual demuestra que las plantas de maíz se ven estimuladas para competir por agua siendo las plantas ASOCIADAS las que mayor ventaja presentan por el recurso agua. Nuevamente las plantas de frijol ASOCIADAS a maíz, vuelven a presentar un potencial hídrico diurno bajo durante el mes de septiembre que es el periodo donde las lluvias son más abundantes, por lo que se esperaría que el balance de agua en las mismas fuera alto, ya que el agua en el suelo es abundante y la humedad relativa es elevada (figuras 11 A y 11 B).

Al analizar los resultados de balance de agua diurno en las plantas en MONOCULTIVO y ASOCIADAS a maíz de 1990 (Figura 12 A y B respectivamente), se observó que a las 6:00 horas en ambos tratamientos no se presentaron diferencias significativas en los meses de abril y agosto en ambos tratamientos. Sólo en octubre, en las plantas de frijol en MONOCULTIVO el potencial hídrico fue bajo a las 6:00 horas con respecto a las ASOCIADAS a maíz, debido quizá al desfase fenológico de las mismas. Sin embargo, existieron diferencias marcadas en ambos patrones de potenciales, particularmente durante marzo-mayo. Aunque debe resaltarse que el potencial hídrico siempre fue menor a las 14 horas que a las 6, a excepción del mes de octubre en MONOCULTIVO que es cuando las plantas están por concluir su ciclo biológico o debido a la gran cantidad de agua disponible en el suelo, pues la textura del suelo es de entisoles, los cuales se encuentran en pendientes suaves (Guadarrama, 1984), como la del terreno rentado para los tratamientos, aunque pudo observarse que el suelo del terreno presentaba en su mayoría arcillas y debido a ello el agua se encuentra en mayor cantidad.

Durante 1991 el potencial de agua en las plantas en MONOCULTIVO y ASOCIADAS a maíz (Figura 13 A y B) a las 8:00 horas presentaron diferencias significativas en mayo y julio, siendo más bajo en las plantas en MONOCULTIVO con respecto a las ASOCIADAS. A las 14:00 horas el potencial de agua no fue significativamente diferente durante abril en ambos tratamientos pero sí en mayo y septiembre.

Retomando lo anterior y comparando el potencial de agua diurno en las plantas de frijol en MONOCULTIVO y ASOCIADAS a maíz durante 1990 (Figura 10 A y B) y 1991 (Figura 11 A y B) respectivamente, para los meses de abril, julio, agosto y septiembre, se puede ver que abril es uno de los periodos críticos en el potencial de agua en las plantas, pues los registros fueron muy bajos en ambos tratamientos para los dos años, siendo en general más bajos en las plantas en MONOCULTIVO como se muestra en ambas figuras, debiéndose en parte al estadio fenológico en el cual se encontraban, pues si se observa en la figura 4A(1), las plantas de frijol en MONOCULTIVO iniciaban su etapa reproductiva.

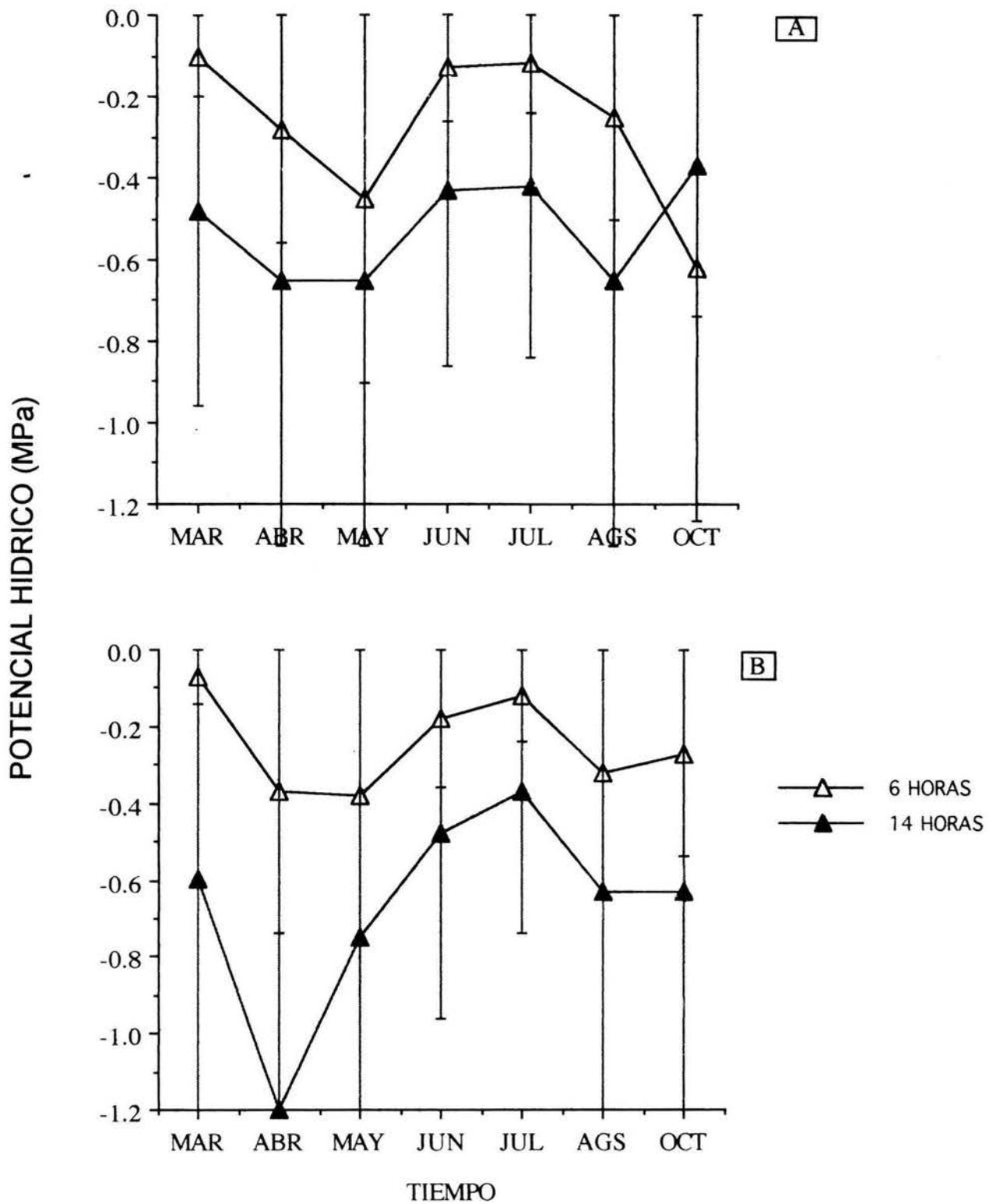


Figura 12. Potencial hídrico mensual a las 6:00 y 14:00 horas a lo largo del ciclo anual de crecimiento de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a *Zea mays* en Nauzontla, Puebla durante 1990. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

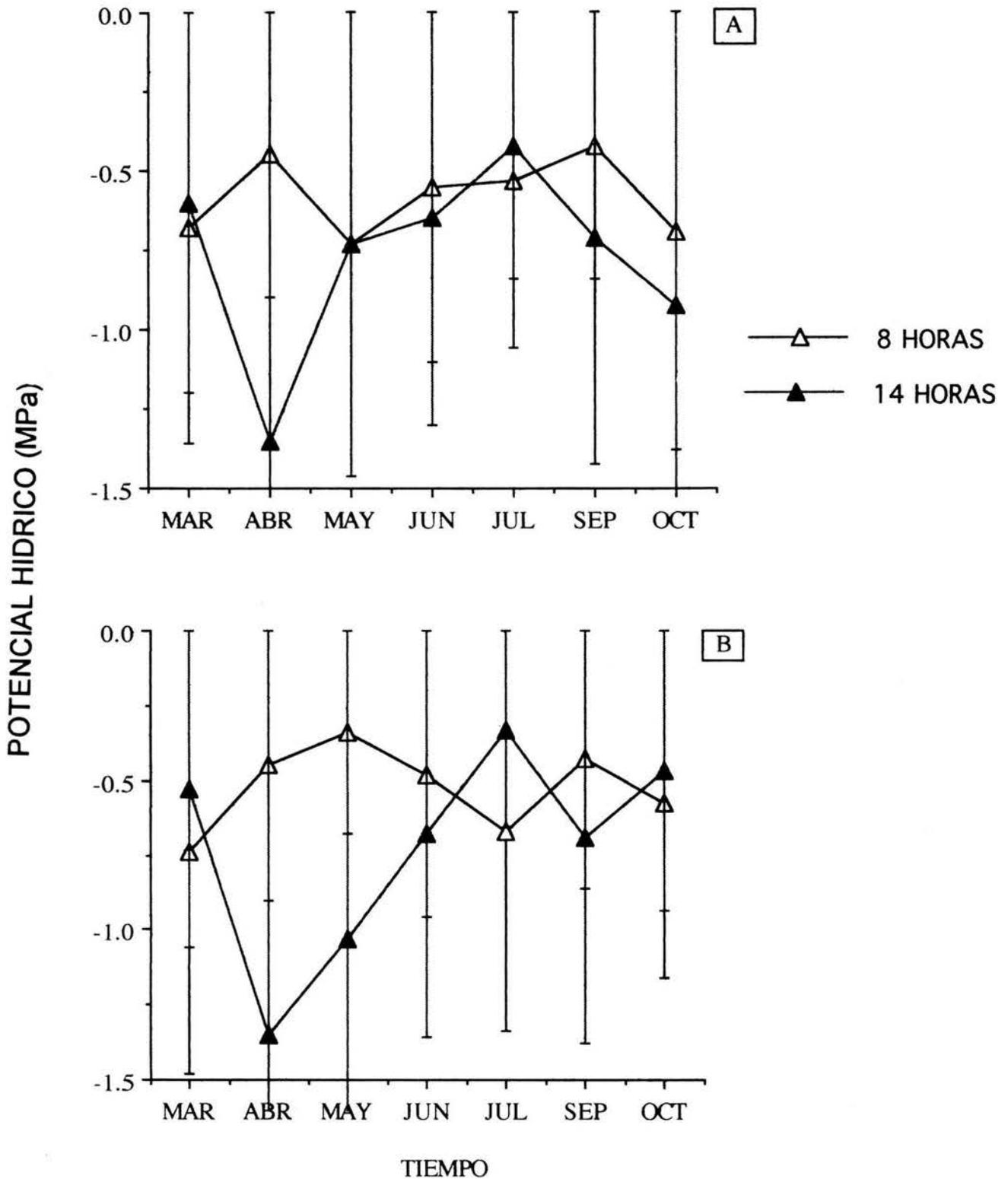


Figura 13. Potencial hídrico mensual a las 8:00 y 14:00 horas a lo largo del ciclo anual de crecimiento de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a *Zea mays* en Nauzontla, Puebla durante 1991. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar).

## CURVAS PRESION/VOLUMEN

Tomando en cuenta este último punto se procedieron a realizar las curvas de presión/volumen con la finalidad de constatar, sí en esta fecha las plantas de frijol en MONOCULTIVO realizaban ajuste osmótico. Al comparar mediciones realizadas en mayo de 1989 y 1990 con la técnica de Wilson *et al.* (1979) y bajo las condiciones ambientales prevalecientes en la zona de estudio, se encontró que en mayo de 1989 y 1990 el potencial osmótico en las hojas muestreadas fue de -0.4 MPa y en abril de 1990 fue de -0.67 MPa. Mientras que el potencial osmótico en las mismas hojas a turgencia cero se obtuvo a -0.14 MPa para mayo de 1989 y 1990 y para abril de 1990, donde se observó plasmolisis incipiente, de -0.16 MPa (Figura 14). También, al aplicar la regresión lineal, se pudo constatar que la  $r^2$  en las curvas de presión/volumen en los diferentes meses de ambos años fue muy similar, y por lo tanto, no existieron diferencias entre los meses, sugiriendo ello que durante esta época las hojas de las plantas de frijol no realizan ajuste osmótico.

## DISCUSION

Los resultados de potencial de agua en las plantas de frijol en MONOCULTIVO y ASOCIADAS a maíz, demuestran que hay tres fases a lo largo de su ciclo anual de crecimiento (figuras 12 y 13). La primera de ellas se caracteriza por la presencia de un potencial hídrico bajo en las plantas de ambos tratamientos para esta fecha (abril), efecto que se presentó en mayor proporción en las plantas ASOCIADAS a maíz. Probablemente debido al efecto competitivo por el recurso agua que el maíz provoca a nivel de la rizósfera, pues individuos de ambas especies comparten microhábitat similar. La diferencia encontrada en el potencial de agua entre las plantas de frijol en MONOCULTIVO y ASOCIADAS a maíz demuestra que las plantas en MONOCULTIVO son más sensibles a la falta de agua que las que se encuentran ASOCIADAS. Este patrón de sensibilidad a la falta de agua fue encontrado por Marhart (1985) en hojas de frijol tepari correlacionándolo con el cierre de estomas.

Durante la segunda fase, (julio) el potencial de agua en las hojas de frijol ASOCIADAS a maíz es similar con respecto a las de MONOCULTIVO. Existen diferentes hipótesis de porque las plantas de frijol en MONOCULTIVO y ASOCIADAS presentan un potencial hídrico bajo. Pueden existir diferencias en cobertura, lo que provoca que la evaporación del agua sobre la superficie del suelo en MONOCULTIVO sea mayor, comparándolo con las plantas de frijol ASOCIADAS quienes junto con el maíz presentan una mayor cobertura, lo que les puede permitir un mayor sombreado al suelo y con ello una menor evaporación, aunque parece ser que la cobertura no es la causante de las diferencias encontradas entre ambos tratamientos, pues los registros de potencial hídrico para esta fecha son similares.

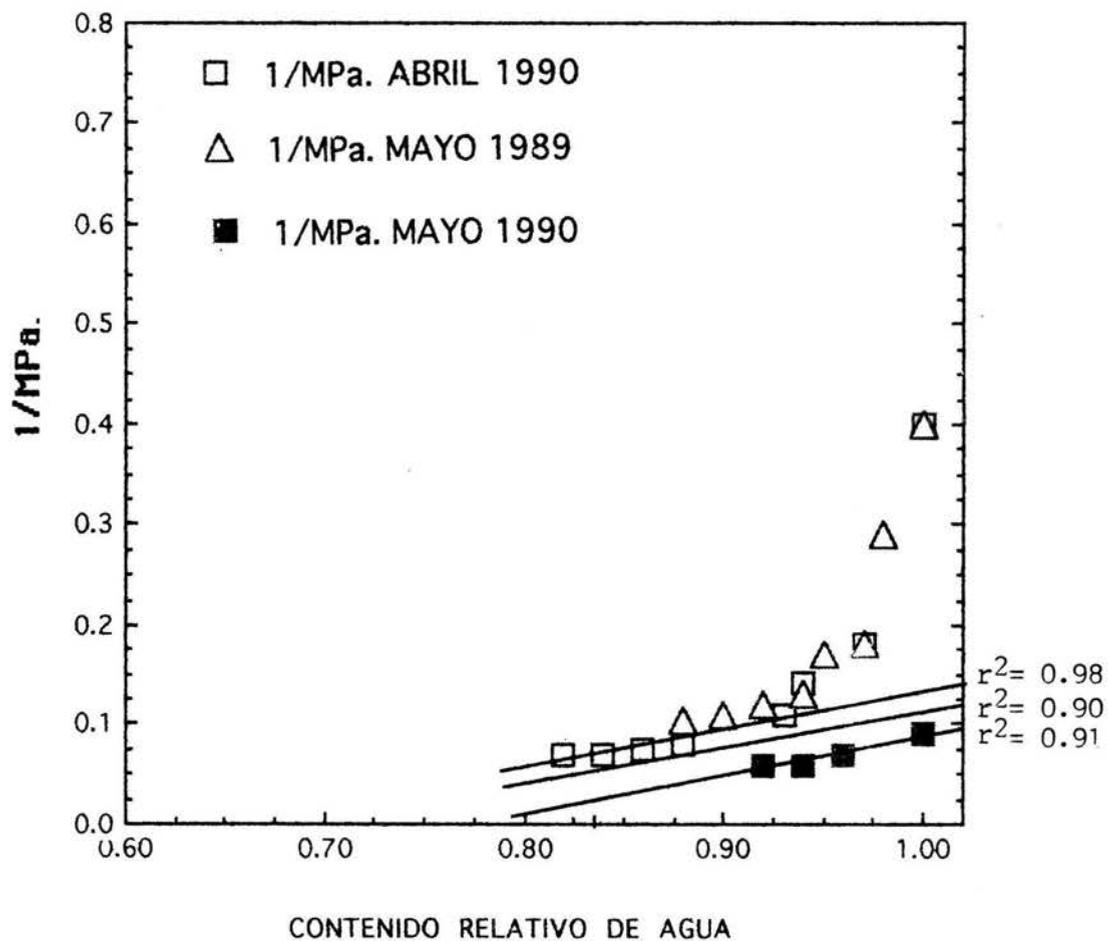


Figura 14. Curvas de presión/volumen en hojas de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO durante los meses de mayo de 1989 y abril y mayo de 1990 en Nauzontla, Puebla.

Otra hipótesis es que las plantas de frijol ASOCIADAS, al estar compartiendo la misma superficie de suelo, la rizósfera es mayor y por lo tanto su microhábitat radical puede presentar un mayor volumen de agua, propiciado por la actividad exploratoria de cada individuo, permitiendo con ello mayor acceso a la humedad del suelo, como lo concluyen O'Toole y Cruz (1980) en plantas de arroz. Pero no concuerda con lo encontrado por Petrie y Hall (1992 I, 1992 II y 1992 III) quienes descubrieron que las plantas de *Pennisetum americanum* no se encuentran en equilibrio con el potencial hídrico del suelo, de ahí que los registros en potencial de agua en las hojas de frijol a las 6:00 y 8:00 horas (figuras 10 y 11) hayan sido tan bajos, lo cual demuestra que estas plantas presentan variación fisiológica, la cual se encuentra a expensas del ambiente.

En la tercera fase (agosto(1990)-septiembre(1991)), el potencial hídrico diurno fue bajo a las 6:00 y 14:00 horas en 1990 y a las 8:00 y 14:00 horas en 1991 (figuras 12 y 13) en las hojas de frijol en MONOCULTIVO y ASOCIADAS a maíz. Esto fue sorprendente debido a que son los meses con mayor precipitación y por tal motivo se esperaría un potencial más elevado en ambos tratamientos. Sin embargo, no fue así y las plantas de frijol en MONOCULTIVO presentaron un potencial hídrico similar al de las hojas de frijol ASOCIADAS, debiéndose probablemente a que en esta época las hojas comienzan a presentar senescencia, como se observa en la figura 4B(1). En las hojas de las plantas ASOCIADAS el potencial hídrico fue similar con respecto a las de MONOCULTIVO quizá porque es en agosto cuando el maíz es doblado y es posible que se liberen recursos, entre ellos agua, la cual puede ser aprovechada integralmente por las hojas de frijol, que se encuentran en una fase de utilización de agua muy activa, como lo demuestra la figura 4B(2), donde las hojas presentan una etapa de senescencia menor que las hojas de las plantas en MONOCULTIVO.

Lo anterior demuestra que aunque la primera fase en el potencial de agua (abril) de las plantas de frijol en MONOCULTIVO fue bajo y se esperaría que las plantas activaran algún mecanismo de ajuste osmótico, al menos con la técnica de Wilson *et al.* (1979) y bajo estas condiciones ambientales este evento no fue detectado.

Lo anterior nos hace suponer que el potencial hídrico no permite detectar con precisión efectos competitivos entre el frijol y el maíz. Sin embargo, durante la primera fase de crecimiento existen diferencias notorias en las relaciones hídricas diurnas y el potencial hídrico al amanecer durante los primeros meses de crecimiento que coinciden a su vez con el periodo de menor precipitación pluvial, como se puede ver en la figura 2.

## CONCLUSIONES

- 1) Durante el ciclo anual de crecimiento de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO y ASOCIADO a maíz se presentan tres fases en el balance de agua interno, siendo la primera de ellas crítica en la adquisición de agua, principalmente en las ASOCIADAS a maíz, pues esta falta de agua en periodos tempranos retrasa los estadios fenológicos alargando su etapa reproductiva al final del ciclo (figura 4A(2)) y exponiéndose con ello a que una helada temprana que termine con los frutos verdes y no lleguen a etapa de maduración.
- 2) Los datos de potencial hídrico en frijol en MONOCULTIVO son en general similares, comparados con el frijol ASOCIADO, durante la primera fase en el balance de agua diurno, como se puede ver en las figuras 12 y 13. Las causas no fueron definidas pero existen hipótesis que sugieren que su cobertura es menor que las plantas en MONOCULTIVO y por ello la evaporación del agua en el suelo es mayor. El microhábitat de la rizósfera que conforman frijol y maíz es mayor y por lo tanto el contenido de agua en los lugares de absorción y disponibilidad es mayor en las ASOCIADAS que en las de MONOCULTIVO, aunque también puede ser que las hojas de frijol en MONOCULTIVO se encuentran muy activas desde el punto de vista fotosintético, pues como se observó en la figura 4A(1), es en esta época cuando da inicio la etapa reproductiva en estas plantas, y por lo tanto, la cantidad de fotosintatos que elaboran debe ser alta, de ahí que el potencial hídrico sea similar al de las hojas de frijol ASOCIADAS, pues en ellas el bajo potencial hídrico se debe principalmente al efecto competitivo que el maíz le provoca en esta época.
- 3) En la tercera fase el potencial de agua de las hojas en las plantas de frijol ASOCIADO y en MONOCULTIVO fue muy bajo en estas fechas, donde se esperaba que dicho balance fuera más elevado, ya que la mayor precipitación se registra en esta época. El bajo potencial de agua encontrado en las hojas de las plantas de frijol de ambos tratamientos puede deberse al inicio de la senescencia del follaje en ambos tratamientos, como se registro en la figura 4A.
- 4) Dado que la primera fase en el potencial de agua es crítica para los tratamientos de frijol en MONOCULTIVO se esperaba que éstas activaran el mecanismo de ajuste osmótico con la finalidad de retener una mayor cantidad de agua, evento que no fue posible detectar mediante la técnica empleada y bajo las condiciones registradas en este trabajo. Lo anterior indica que es otro el mecanismo que funciona para contrarrestar la pérdida de agua interna, que en este caso puede reflejarse mediante la conductancia y transpiración.

## CAPITULO III

---

### TRANSPIRACION Y CONDUCTANCIA ESTOMATICA DE *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* y *Zea mays* EN MONOCULTIVO Y ASOCIADOS, DURANTE SU CICLO DE CRECIMIENTO.

---

#### INTRODUCCION

Los estomas juegan un papel crucial en el control de intercambio de vapor de agua y CO<sub>2</sub> entre las plantas y su ambiente. Su influencia en la transpiración y fotosíntesis depende de las condiciones sobre la capa limitante (límitrofe) de la hoja y las condiciones internas del individuo y el déficit de vapor de agua. La transpiración es proporcional a la diferencia entre el contenido de vapor de agua en el interior de la hoja y de la atmósfera, dividida por la suma de las resistencias a la difusión, principalmente a la resistencia estomática y la resistencia de la capa límitrofe (Larcher, 1977).

La transpiración implica una transferencia de vapor de agua de los espacios intercelulares a las cavidades subestomáticas del mesófilo, donde se asume que se encuentra en saturación, hacia el ambiente exterior que generalmente, no se encuentra saturado (Woodward y Begg, 1976).

La resistencia estomática a la difusión de vapor de agua y otros gases en plantas puede ser definida como una de las limitantes físicas al flujo del intercambio gaseoso entre los estomas y la atmósfera (Larcher, 1977). Actualmente en la mayoría de los estudios fisiológicos se maneja el término conductancia que es el inverso de la resistencia y esta dado por  $g = 1/r$  (Farquhar, 1978).

Revisando la literatura no se encontró información sobre conductancia y transpiración en *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus*, pero sí se reportan resultados de estudios llevados a cabo en otras especies cultivadas. Algunos investigadores han

encontrado diferencias en cuanto a conductancia de vapor de agua en hojas de especies cultivadas con fisiología C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub>, como puede verse en la TABLA 4:

TABLA 4. Registros en conductancia para algunas especies C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> obtenidas por diversos autores.

ESPECIE	CONDUCTANCIA cms <sup>-1</sup>	AUTOR(ES)	AÑO
<b>C<sub>3</sub></b>			
<i>Atriplex astata</i>	1.6	Wong et al.	1985
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	1.5	Wong et al.	1985
<i>Eucalyptus pauciflora</i>	1.4	Wong et al.	1985
<i>Gossypium hirsutum</i>	1.1	Larcher	1977
<i>Gossypium hirsutum</i>	1.6	Wong et al.	1985
<i>Gossypium hirsutum</i>	1.7	Catsky et al.	1985
<i>Helianthus annuus</i>	1.6	Wong et al.	1985
<i>Helianthus annuus</i>	2.6	Catski et al.	1985
<i>Phaseolus vulgaris</i>	1.2	Wong et al.	1985
<i>Phaseolus vulgaris</i>	1.4	Catski et al.	1985
<i>Rumex acetosa</i>	0.6	Wong et al.	1985
<i>Sorghum alnum</i>	1.6	Catski et al.	1985
<i>Sorghum aleracia</i>	0.9	Wong et al.	1985
<b>C<sub>4</sub></b>			
<i>Amaranthus edulis</i>	0.7	Wong et al.	1985
<i>Imperata cylindrica</i>	0.4	Wong et al.	1985
<i>Pennisetum purpureum</i>	1.2	Wong et al.	1985
<i>Zea mays</i>	1.1	Wong et al.	1985

Los datos anteriores demuestran grandes diferencias intra e interespecíficas en la conductancia de vapor de agua encontrada en especies con fisiología C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub>. Estas diferencias deben ser tomadas con ciertas reservas, ya que no se sabe en que estadio fenológico se encontraban las plantas o si las hojas eran maduras o jóvenes, así como, también se desconoce la hora en la cual se registraron los resultados.

La conductancia estomática de vapor de agua y la transpiración, son afectadas por cambios en las condiciones ambientales. Grantz y Assmann (1991) registraron para soya una conductancia de 1.77 cms<sup>-1</sup> a 25 °C y 0.98 cms<sup>-1</sup> a 30 °C, mientras que en caña de azúcar la conductancia fue de 0.5 cms<sup>-1</sup> a 20 °C y 1.15 cms<sup>-1</sup> a 30 °C, demostrando con ello que las especies C<sub>3</sub> responden fisiológicamente mejor a temperaturas por debajo de los 30 °C y las especies C<sub>4</sub> por arriba de los 30 °C.

O'Toole y Cruz (1980) registraron una conductancia de  $0.25 \text{ cms}^{-1}$  en hojas de plantas de arroz, a los 29 días de haber sido sometidas a un periodo de estrés hídrico, ellos concluyen que esta baja conductancia es el resultado de un ajuste o cambio de los estomas al periodo de sequía.

Bajas conductancias pueden deberse al efecto del potencial hídrico, pues en hojas de plántulas de *Citrus sinensis*, Hall *et al.* (1975) encontraron una conductancia de  $0.2 \text{ cms}^{-1}$ , argumentando que los estomas son afectados directamente por las diferencias de humedad entre la hoja y la atmósfera, incluyendo los cambios de potencial de agua de las hojas.

Otros autores brindan mayor importancia al déficit hídrico en la atmósfera, que conlleva a cambios de conductancia estomáticos. Woodward y Begg (1976) registraron en hojas de plantas de soya, que mayor humedad relativa (81/84 %) durante el día y la noche respectivamente, la conductancia bajó de  $1.25$  a  $1.0 \text{ cms}^{-1}$ , y a baja humedad relativa durante el día y la noche la conductancia cambió de  $0.66$  a  $1.1 \text{ cms}^{-1}$ , a lo largo de su ciclo anual de crecimiento, concluyendo que las bajas humedades relativas reducen la conductancia estomática. Esta disminución de la conductancia produjo además que bajara la capacidad fotosintética de las hojas.

Garrity *et al.* (1984) obtuvieron una variación de conductancia de  $0.24$  a  $0.15 \text{ cms}^{-1}$  en plantas de *Sorghum bicolor* con diferentes potenciales hídricos, como consecuencia de riego. En plantas sujetas a estrés de agua, la conductancia llegó a fluctuar entre los  $0.25$  a  $0.11 \text{ cms}^{-1}$ , en base a sus resultados concluyen que los estomas son sensibles a pequeños cambios en el potencial de agua a lo largo del tiempo. En cambio Ackerson y Krieg (1977) encontraron que en sorgo y maíz la conductancia estomática no responde a la disminución del potencial hídrico después de iniciada su etapa reproductiva, pero si a los cambios en los gradientes de humedad entre la hoja y la atmósfera.

En algodón, también se han encontrado diferencias notables en la conductancia estomática y transpiración, con diversos factores ambientales y ontogénicos. Jordan y Ritchie (1971) obtuvieron en hojas de algodón una conductancia de  $0.4 \text{ cms}^{-1}$ , encontrando además que el comportamiento de los estomas en hojas de plantas de algodón es sensible aún a altos potenciales de agua, pues el cierre de los estomas se presentó a potenciales cercanos a  $-1.6 \text{ MPa}$ .

Hatfield y Burke (1991) obtuvieron una relación lineal entre la temperatura y la transpiración en hojas de algodón, pues la máxima transpiración ( $33 \mu\text{gcm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) se registró a los  $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , argumentando con ello que la transpiración alta puede ser empleada para disminuir la temperatura de las hojas como un escape a la cinética térmica.

Constable y Rawson (1980), encontraron en hojas de algodón (*Gossypium hirsutum*) una transpiración máxima de  $13.0 \mu\text{gH}_2\text{Ocm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  a los 13 días de edad y de  $4 \mu\text{gH}_2\text{Ocm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  a los 68 días de sembradas, disminución debida a la edad de las hojas.

Dentro del género *Phaseolus*, solo datos del frijol común han sido reportados.

Peña (1986), registró en hojas de plantas de *Phaseolus vulgaris* indeterminado "Bayo los Llanos" y *Zea mays* "H'204" en Durango creciendo bajo condiciones de temporal, una conductancia máxima a los 66 días después de la siembra, de  $0.3 \text{ cms}^{-1}$  a las 18 horas en frijol y en maíz para la misma fecha de  $0.14 \text{ cms}^{-1}$  a las 14 horas. Basándose en estos resultados concluye que el maíz presenta una sensibilidad estomática mayor que el frijol.

Trejo y Larqué-Saavedra (1988) estudiaron dos variedades de *Phaseolus vulgaris* (CP e INIA) con tratamiento de riego y sequía registrando una transpiración en la décima hoja al sexto día de  $0.61$  y  $0.03 \mu\text{gH}_2\text{Ocm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  respectivamente alcanzando el inicio de sequía. Concluyen que en las dos variedades de frijol, y bajo los tratamientos de riego y sequía presentaron el mismo patron de transpiración, la cual se afectó cuando la aplicación de riego fue suspendida.

Por último, Tichá (1985) obtuvo una transpiración para hojas de *Phaseolus vulgaris* de 6 días de edad de  $0.02 \mu\text{gH}_2\text{Ocm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  y para hojas de 20-44 días de  $0.003 \mu\text{gH}_2\text{Ocm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , decremento debido, probablemente a la senectud de las hojas, o a la posición de la hoja en el dosel.

Como puede apreciarse, los datos de conductancia y transpiración obtenidos por los diferentes investigadores, demuestran que dichos parámetros fisiológicos se ven influenciados por los factores ambientales. También es muy notorio que en las especies estudiadas los registros de conductancia y transpiración sólo se han obtenido en plantas bajo monocultivo.

En base a lo anterior, la escasa bibliografía y su obtención bajo condiciones de MONOCULTIVO, el presente estudio se enfocó a la obtención de registros de conductancia y transpiración en plantas de frijol y maíz bajo MONOCULTIVO y en ASOCIACION creciendo en condiciones de temporal. El presente trabajo tiene como finalidad analizar de que manera los factores a nivel microambiental afectan el comportamiento fisiológico de las plantas de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* y *Zea mays* por medio de la conductancia y transpiración bajo MONOCULTIVO y en ASOCIACION, a lo largo de su ciclo de crecimiento anual, pero en particular a lo largo de la primera fase de su desarrollo, durante los meses de abril a junio, mismos que se consideran clave para caracterizar las diferencias en el uso del agua entre las especies creciendo como MONOCULTIVO y ASOCIADAS, ya que los resultados de

fenología (figura 4A), potencial hídrico (figuras 12 y 13) y precipitación pluvial (figura 2) así lo demuestran.

## MATERIAL Y METODOS

La descripción de la subespecie, localización del área de estudio, tratamientos, parámetros fisiológicos (contenido de agua diurno y curvas de presión/volumen) fueron descritos al inicio y en capítulos anteriores. Los parámetros ambientales de temperatura y humedad relativa de la atmósfera fueron tomados con un Termo-Higrógrafo (Wilh. Lambrecht KG, 34 Gottingen) y la precipitación pluvial se registro mediante la colocación de un bote cuadrado con un área de 900 cm<sup>2</sup> y 34 cm de profundidad, tomando lecturas cada 30 días aproximadamente, introduciendo al bote un flexometro (Stanley) y registrándose en mm/mes (figura 2). A nivel de las hojas se midieron para el presente estudio aspectos relacionados con el intercambio de agua: conductancia, transpiración, radiación fotosintéticamente activa y temperatura foliar.

Cada uno de estos parámetros fue medido con un porómetro Li-cor Modelo LI-1600 Steady State (Lincoln, Nebraska), el cual tiene un sensor cuántico que registra la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  en un plano perpendicular; una termopar que hace contacto con las hojas registrando la temperatura en grados centígrados.

La resistencia a la difusión es calculada a partir de los datos de déficit de presión de vapor de agua, humedad relativa y transpiración, calculando así la resistencia de los estomas y la resistencia de la capa limitante por un microprocesador interno en segundos por centímetro ( $\text{scm}^{-1}$ ). Los registros de resistencia fueron transformados a conductancia, como el inverso de los valores obtenidos y expresada en  $\text{cms}^{-1}$  (Farquhar, 1978).

La transpiración de la hoja es obtenida a partir del gradiente de vapor de agua entre la hoja y el aire dividido por la suma de las resistencias de difusividad de la capa limitante de la hoja y de la cámara, como se ve en la siguiente ecuación:

$$E = \frac{1 - c}{r_s + r_b} \quad (\text{mol cm}^{-2} \text{ s}^{-1})$$

donde:

E = Tasa de transpiración de la hoja

1 = Densidad de vapor de la hoja

c = Densidad de vapor de agua de la cubeta

$r_s$  = Resistencia de los estomas

$r_b$  = Resistencia de la capa limitante de frontera (límitrofe) calculada con valor de  $0.15 \text{ scm}^{-1}$

Las mediciones anteriores se realizaron cada dos horas en un periodo diurno y siempre en 3 hojas expuestas y sin interferencia de sombreado en cada tratamiento de frijol y maíz, los datos se registraron una vez por mes y durante todo el ciclo anual de crecimiento.

Los valores de conductancia y transpiración fueron analizados mediante la prueba de análisis de varianza (ANDEVA) y por el método de Tukey (0.05).

## RESULTADOS

Los resultados de conductancia y transpiración en *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO y ASOCIADO a maíz presentaron diferencias significativas a las 8:00, 10:00, 12:00 y 14:00 horas durante los meses en que fueron tomados los registros, como se muestra en la TABLA 5, donde se puede observar que el valor calculado de F para conductancia y transpiración a las distintas horas es superior al valor crítico de F en tablas. Dado que la razón de varianza calculada es mucho mayor que la razón de varianza de tablas, la diferencia en los valores de conductancia y transpiración entre las hojas de las distintas plantas de frijol en sus tratamientos de MONOCULTIVO y ASOCIADO a maíz puede deberse al efecto que las plantas de maíz imponen sobre las de frijol, llegando a modificar las condiciones a nivel microclimático.

En la figura 15 se muestran los valores diurnos de conductancia y transpiración de frijol en MONOCULTIVO (A y B) y ASOCIADO (C y D) durante abril y mayo de 1990, en ella se observa lo siguiente:

HOJAS DE FRIJOL EN MONOCULTIVO					
MES	HORA	CONDUCTANCIA MAXIMA $\text{cm}^{-1}$	CONDUCTANCIA $\text{cms}^{-1}$	TRANSPIRACION MAXIMA $\mu\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$	TRANSPIRACION $\mu\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$
ABRIL	12:00	0.55			5.5
	14:00		0.5	8.2	
MAYO	7:00	0.18		3.0	
HOJAS DE FRIJOL ASOCIADAS					
ABRIL	14:00		0.42	7.0	
	16:00	0.52			6.5
MAYO	7:00	0.28		4.0	

CONDUCTANCIA						
cms <sup>-1</sup>						
HORA	FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO DE LA MEDIA	RAZON DE LA VARIANZA	RAZON DE LA VARIANZA
					Fcalculada	Fde tablas
8	ENTRE GRUPOS	75.862	7	10.837	7.664	2.25
	DENTRO DE GRUPOS	55.146	39	1.414		
10	ENTRE GRUPOS	23.219	7	3.316	16.460	2.25
	DENTRO DE GRUPOS	7.857	39	0.202		
12	ENTRE GRUPOS	16.954	7	2.422	21.022	2.25
	DENTRO DE GRUPOS	4.493	39	0.115		
14	ENTRE GRUPOS	9.439	7	1.349	12.193	2.25
	DENTRO DE GRUPOS	4.313	39	0.111		
TRANSPIRACION						
μmol cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>						
8	ENTRE GRUPOS	558.152	7	79.736	17.337	2.25
	DENTRO DE GRUPOS	179.367	39	4.599		
10	ENTRE GRUPOS	1362.951	7	194.707	25.834	2.25
	DENTRO DE GRUPOS	293.940	39	7.537		
12	ENTRE GRUPOS	1562.020	7	223.146	22.756	2.25
	DENTRO DE GRUPOS	382.439	39	9.806		
14	ENTRE GRUPOS	2799.529	7	399.933	72.884	2.25
	DENTRO DE GRUPOS	214.004	39	5.487		

TABLA 5. Resultados de conductancia y transpiración del ANDEVA, Tukey (0.05) entre *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO y ASOCIADOS a maíz en Nauzontla, Puebla durante 1991.

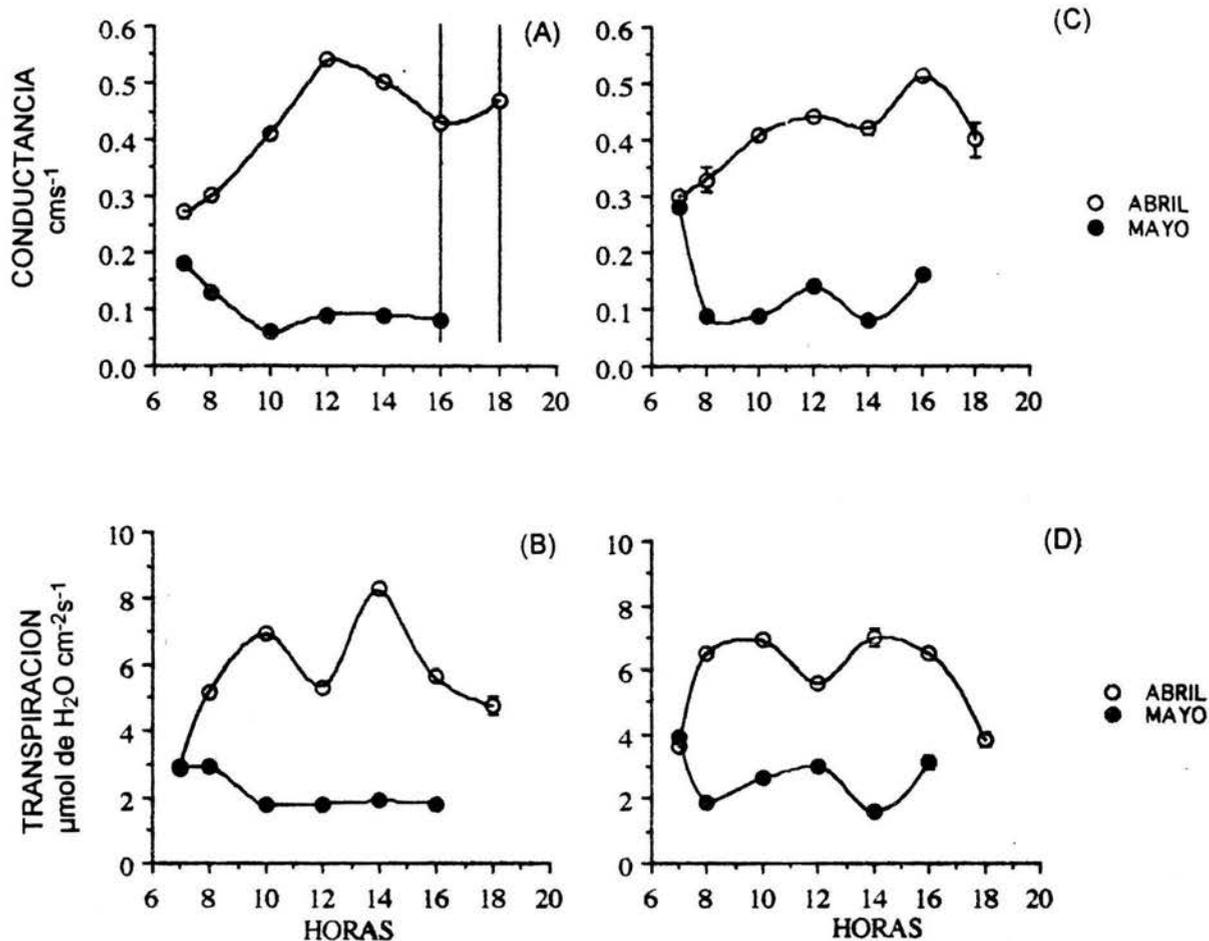


Figura 15. Conductancia y transpiración diurna en *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A y B) y ASOCIADO (CyD) a maíz en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla durante los meses de abril y mayo de 1990. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar)

Como puede verse, en abril las hojas de frijol en MONOCULTIVO presentan una transpiración elevada a diferente hora con una conductancia muy similar, mientras que en mayo el máximo registro en conductancia coincide con el máximo registro en transpiración. En las hojas de frijol ASOCIADO se puede ver que durante abril presentaron un patrón similar en transpiración a las 14:00 y 16:00 horas, pero con una conductancia diferente, mientras que en mayo la máxima conductancia coincide con la máxima transpiración a la misma hora que en las hojas de frijol en MONOCULTIVO.

Los registros de conductancia y transpiración de frijol en MONOCULTIVO (Figura 16 (A), 17 (A), 18 (A) y 19 (A)) y ASOCIADO (Figura 16 (B), 17 (B), 18 (B) y 19 (B)) durante los meses de abril, junio, agosto y octubre de 1991 mostraron las siguientes diferencias:

HOJAS DE FRIJOL EN MONOCULTIVO					
MES	HORA	CONDUCTANCIA MAXIMA cms <sup>-1</sup>	CONDUCTANCIA cms <sup>-1</sup>	TRANSPIRACION MAXIMA μmol de H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	TRANSPIRACION μmol de H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
ABRIL	8:00	4.0			13.5
	14:00		2.2	22.0	
JUNIO	10:00	1.4		13.0	
AGOSTO	8:00	3.1			5.5
	10:00		2.7	8.0	
OCTUBRE	10:00	1.9			2.0
	16:00		0.6	12.5	
HOJAS DE FRIJOL ASOCIADO					
ABRIL	8:00	6.5			15.0
	14:00		2.8	27.5	
JUNIO	12:00	0.8			6.5
	14:00		0.7	7.2	
AGOSTO	10:00	2.5		7.5	
OCTUBRE	10:00		1.6	11.5	
	12:00	2.4			5.0

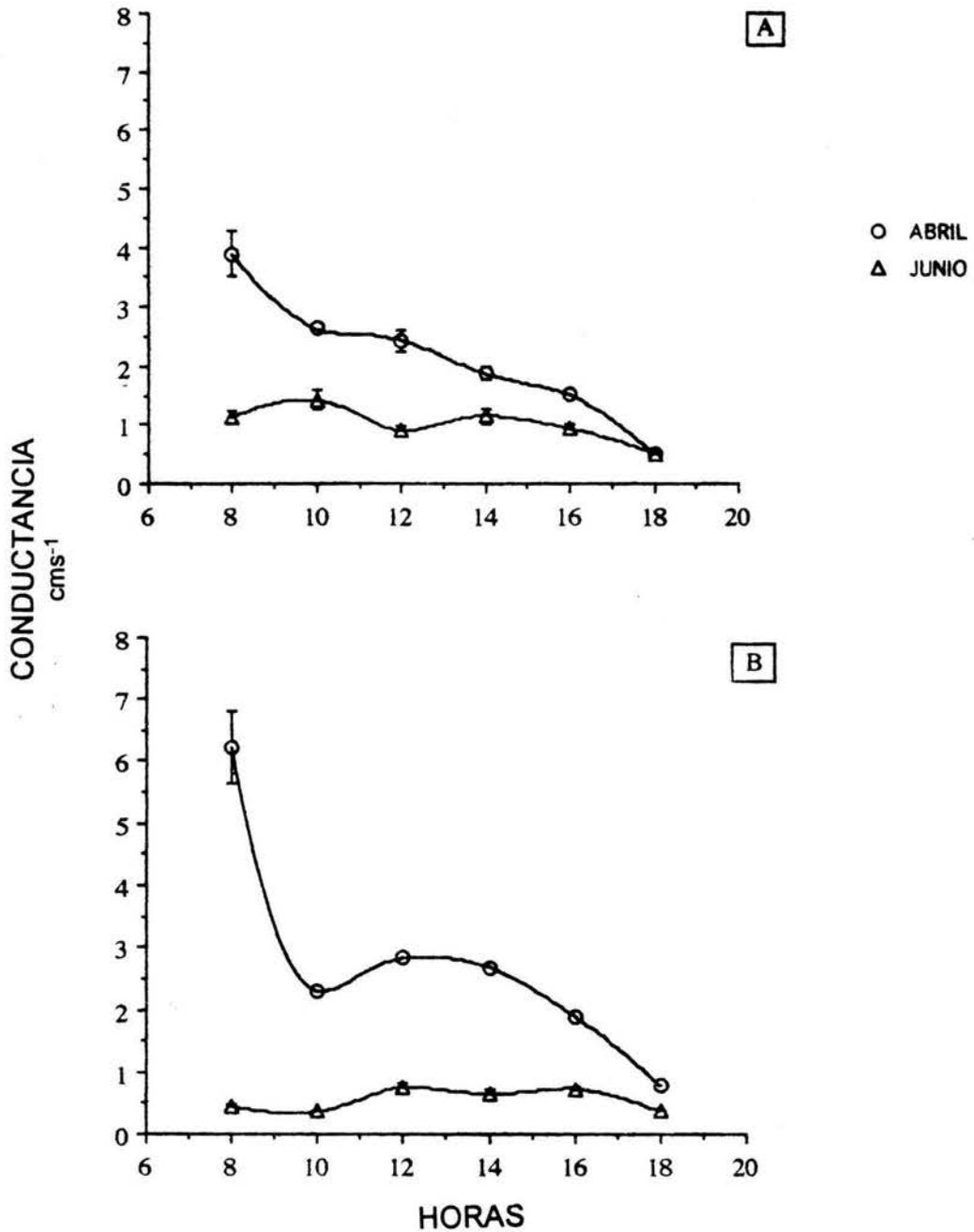


Figura 16. Conductancia diurna de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a maíz en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla durante los meses de abril y junio de 1991. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar)

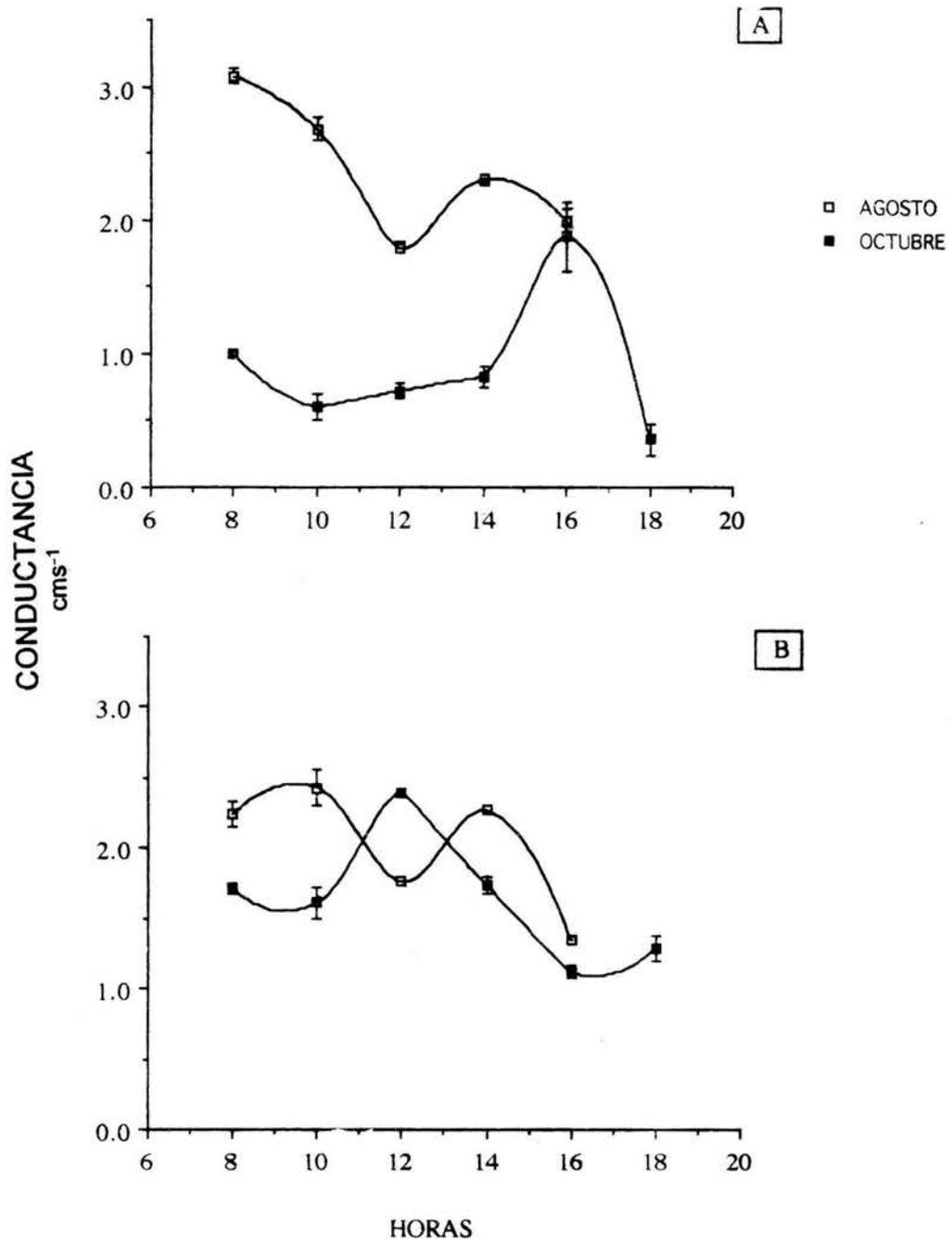


Figura 17. Conductancia diurna de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a maíz en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla durante los meses de agosto y octubre de 1991. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar)

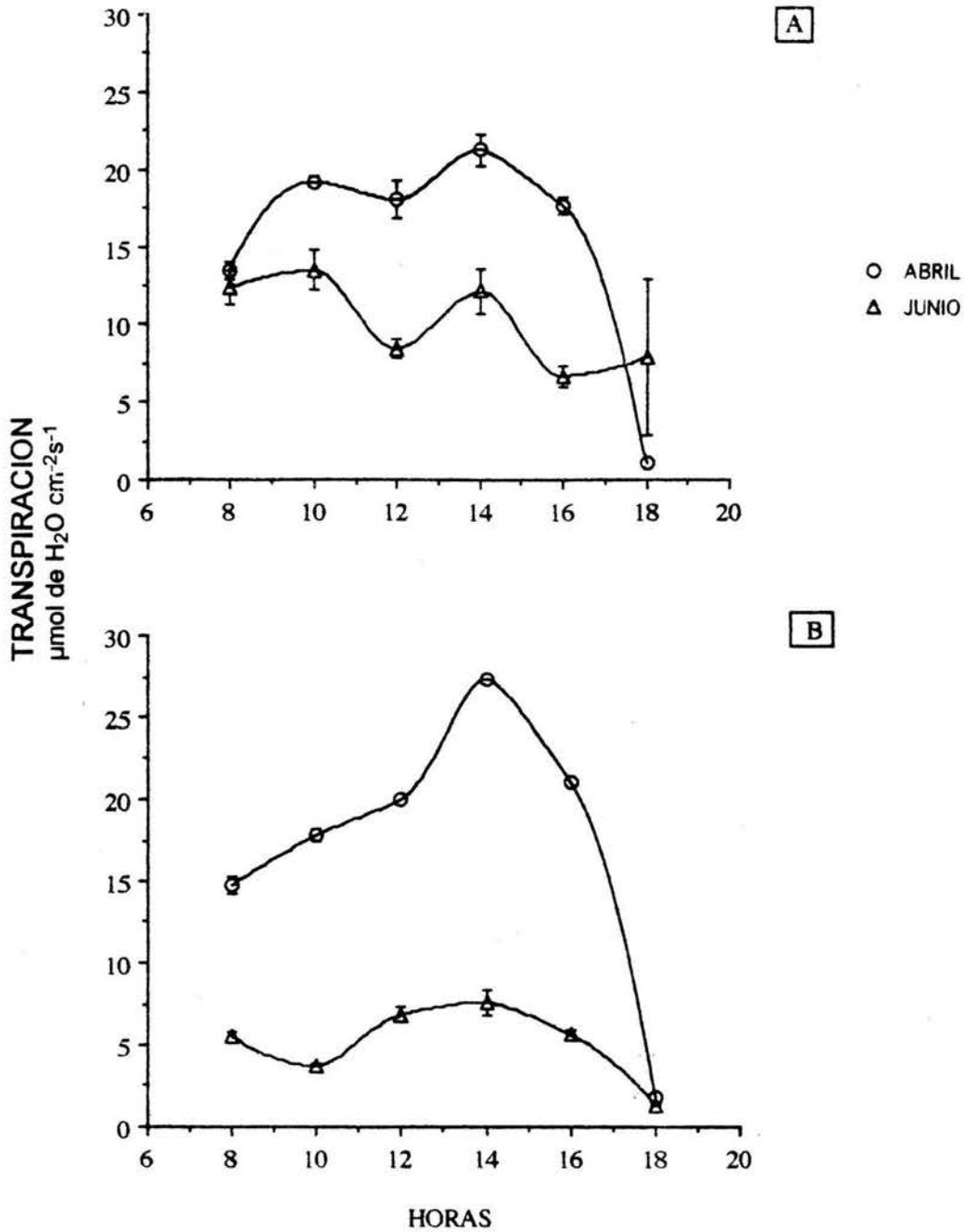


Figura 18. Transpiración diaria de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a maíz en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla durante los meses de abril y junio de 1991. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar)



BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
UNAM

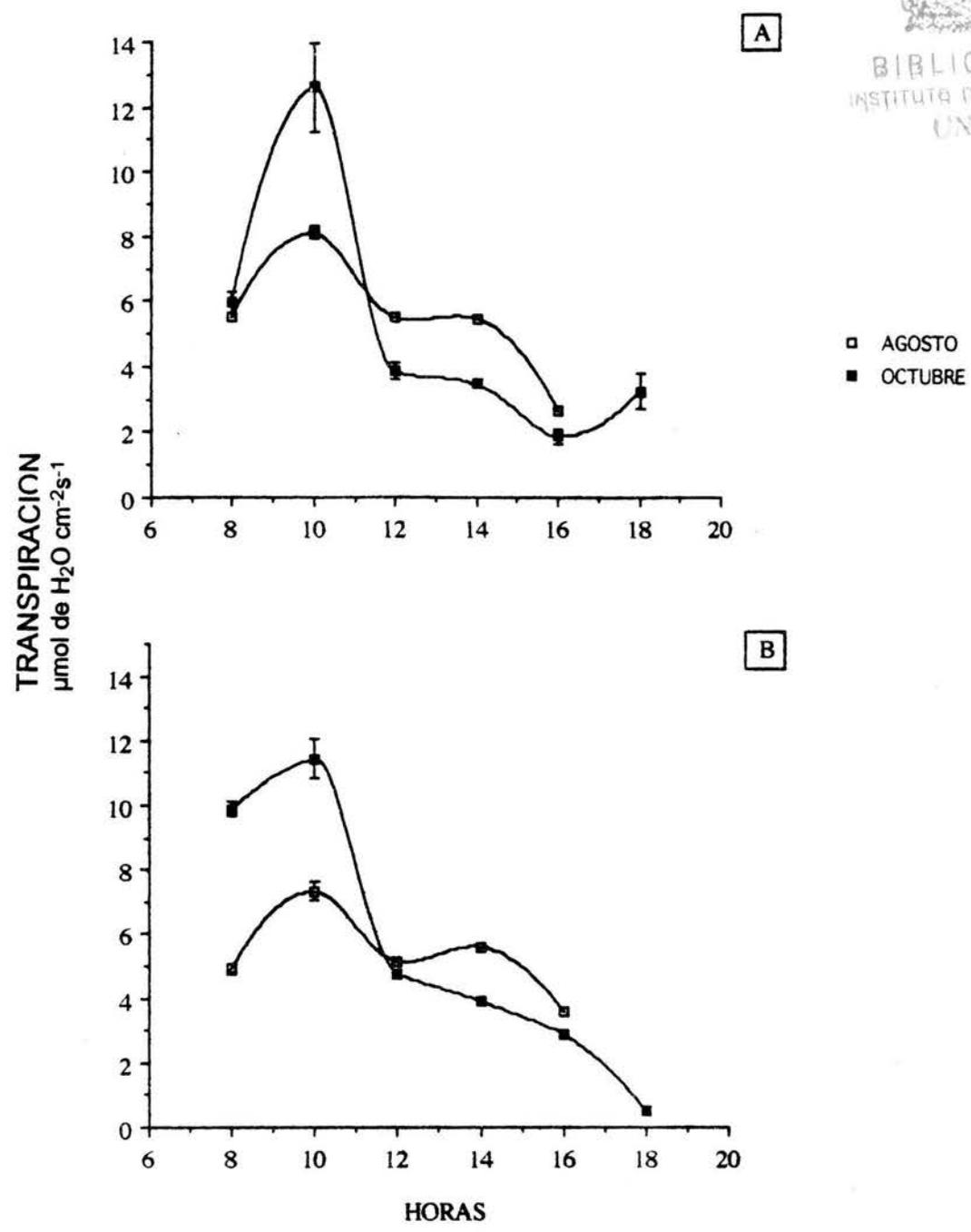


Figura 19. Transpiración diaria de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A) y ASOCIADO (B) a maíz en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla durante los meses de agosto y octubre de 1991. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar)

Los registros de conductancia y transpiración muestran que en las hojas de frijol en MONOCULTIVO y ASOCIADO fueron elevados durante los meses de abril, resultando mayores en las hojas de ASOCIADO, a la misma hora. En junio las hojas de frijol en MONOCULTIVO presentaron una relación entre conductancia máxima con la máxima transpiración, en cambio, en las hojas de frijol ASOCIADO la máxima conductancia no coincidió con la transpiración máxima. En agosto la máxima conductancia no coincidió con la transpiración máxima en hojas de frijol en MONOCULTIVO pero, si coincidió en las hojas de frijol ASOCIADO. En octubre la transpiración máxima fue muy elevada en las hojas de frijol en MONOCULTIVO comparándolas con las del ASOCIADO.

En cuanto a los registros de luz y temperatura diurnos de las hojas de frijol en MONOCULTIVO (Figura 20 A, B y C) y ASOCIADO a maíz (Figura 20 D, E y F) durante abril y mayo de 1990, no mostraron diferencias en radiación fotosintéticamente activa y temperatura foliar entre tratamientos para la misma fecha, pero, sí hubo diferencias entre meses. Este mismo comportamiento se presentó durante 1991 para los mismos periodos.

En el maíz en MONOCULTIVO y ASOCIADO a frijol durante los meses de abril y mayo de 1990, las diferencias en conductancia y transpiración, (figura 21) se presentan en la siguiente tabla:

HOJAS DE MAIZ EN MONOCULTIVO					
MES	HORA	CONDUCTANCIA MAXIMA $\text{cms}^{-1}$	CONDUCTANCIA $\text{cms}^{-1}$	TRANSPIRACION MAXIMA $\mu\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$	TRANSPIRACION $\mu\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$
ABRIL	10:00	0.41		8.9	
MAYO	7:00	0.23			0.35
	10:00		0.15	0.42	
HOJAS DE MAIZ ASOCIADAS					
ABRIL	12:00	0.41			6.0
	14:00		0.35	7.5	
MAYO	7:00	0.33		0.48	

Los registros demuestran que en abril las plantas en MONOCULTIVO presentaron una relación entre conductancia máxima con transpiración máxima, e incluso los registros fueron mayores a diferente hora, comparados con las hojas de maíz ASOCIADO para esta fecha. Mientras que, en mayo los registros fueron mayores en las hojas de maíz ASOCIADO con respecto a las de MONOCULTIVO.

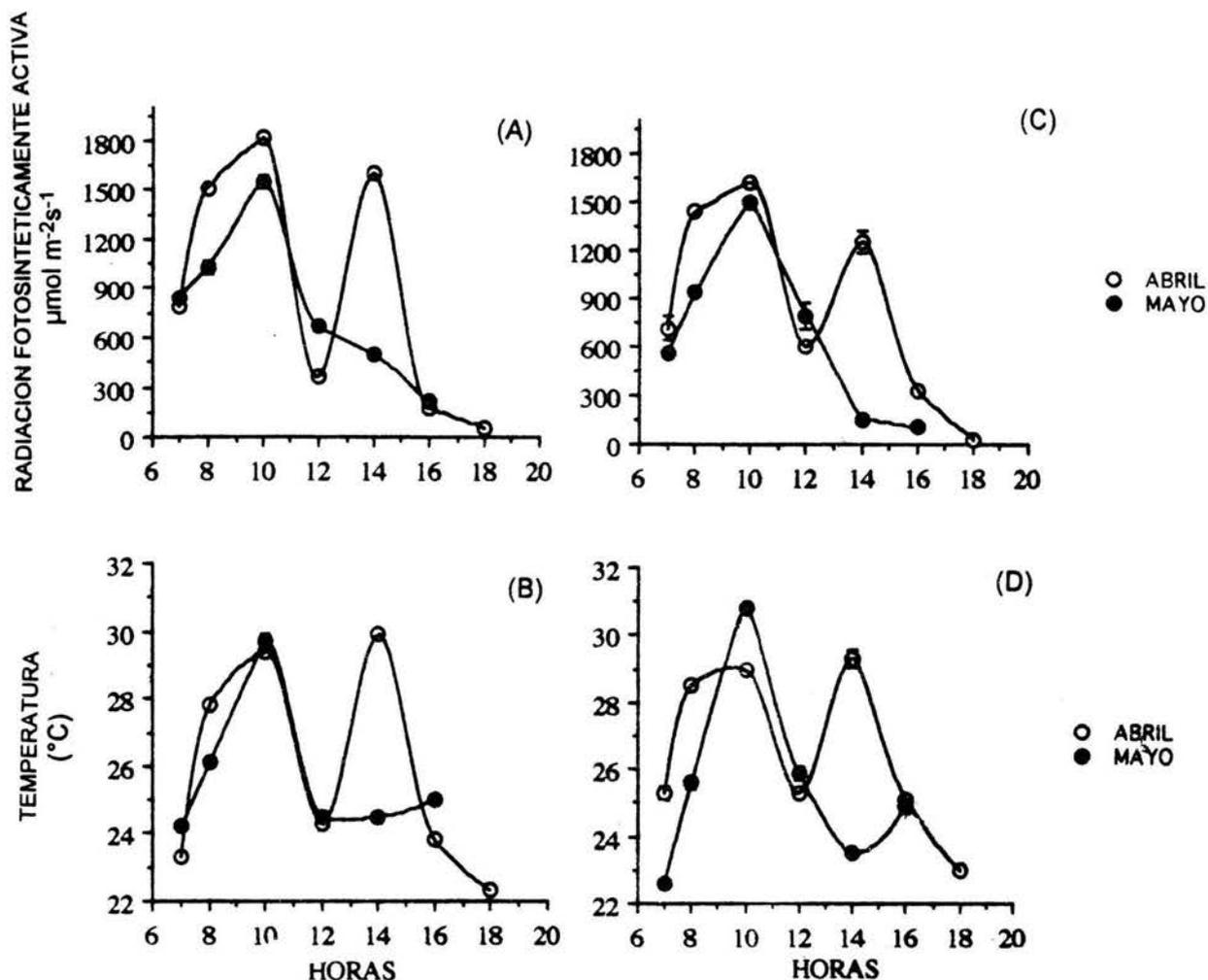


Figura 20. Radiación fotosintéticamente activa y temperatura diurnas de *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en MONOCULTIVO (A y B) y ASOCIADO (C y D) a maíz en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla. Durante los meses de abril y mayo de 1990. (Los valores promedio son los punto y las barras son los valores estandar)

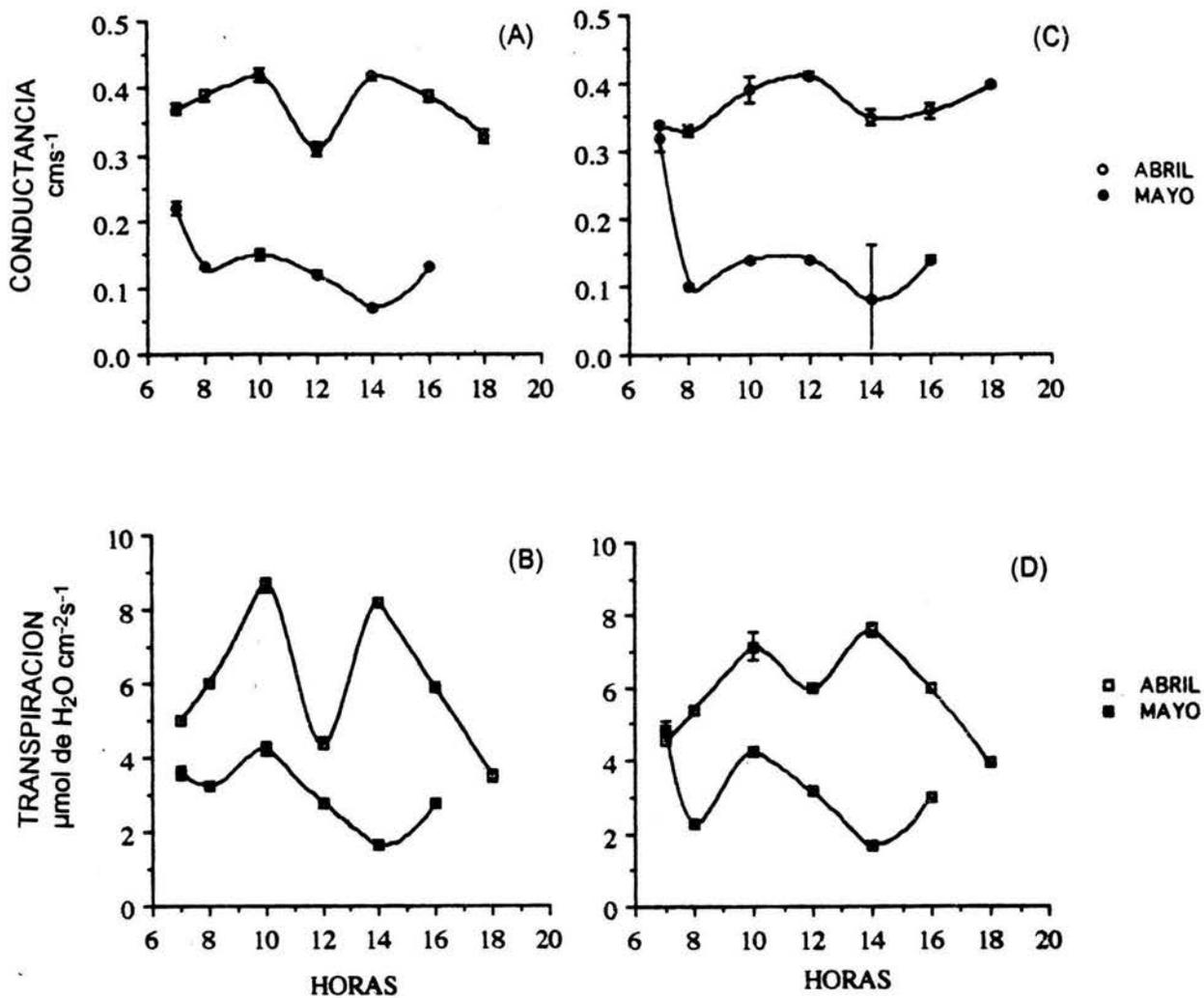


Figura 21. Conductancia y transpiración diurna de *Zea mays* L. en MONOCULTIVO (A y B) y ASOCIADO (C y D) a frijol en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla durante los meses de abril y mayo de 1990. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estándar)

Los registros en conductancia y transpiración en hojas de maíz en MONOCULTIVO (Figura 22 A y B) y ASOCIADO (Figura 22 C y D) a frijol, durante 1991, se presentan en la siguiente tabla:

HOJAS DE MAIZ EN MONOCULTIVO					
MES	HORA	CONDUCTANCIA MAXIMA cms <sup>-1</sup>	CONDUCTANCIA cms <sup>-1</sup>	TRANSPIRACION MAXIMA μmol de H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	TRANSPIRACION μmol de H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
ABRIL	12:00	2.75		15.0	
MAYO	8:00	1.1		12.5	
HOJAS DE MAIZ ASOCIADO					
ABRIL	12:00	1.75			14.0
	14:00		1.3	17.0	
MAYO	8:00	0.65			7.5
	10:00		0.63	11.5	

En cuanto a hojas de maíz, los registros de conductancia y transpiración en MONOCULTIVO presentaron una correlación entre ambos parámetros a la misma hora, en cambio en las hojas de maíz ASOCIADO a frijol el valor máximo en conductancia no presentó una máxima transpiración, esta fue a diferente hora en ambos meses. Esto puede deberse a la alta conductancia en MONOCULTIVO por influencia ambiental directa, mientras que en ASOCIADO la alta conductancia y transpiración puede deberse a diferencias de condiciones microambientales.

En cuanto a los registros microambientales de luz y temperatura, a nivel de las hojas, durante abril y mayo de 1990 en maíz en MONOCULTIVO (Figura 23 A y B) y ASOCIADO (Figura 23 C y D) a frijol mostraron patrón similar en ambos tratamientos. Este mismo comportamiento se presentó durante 1991.

## DISCUSION

Basado en los resultados obtenidos de potencial hídrico en *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* se encontró que estas plantas presentan tres fases de comportamiento fisiológico a lo largo de su ciclo de vida (ver página 45) siendo la primera de ellas crítica para su desarrollo, pues es el periodo de mínima precipitación y elevada temperatura (figura 2). Tomando en cuenta dicha fase y dado que las hojas de las plantas no realizaron ajuste osmótico, aún cuando el potencial hídrico fue muy bajo durante la primera fase de comportamiento fisiológico, estos parámetros no demostraron las diferencias encontradas en el desarrollo vegetativo y reproductivo de las plantas bajo los tratamientos de MONOCULTIVO y ASOCIADO a maíz, por lo que se decidió analizar los resultados de conductancia y transpiración

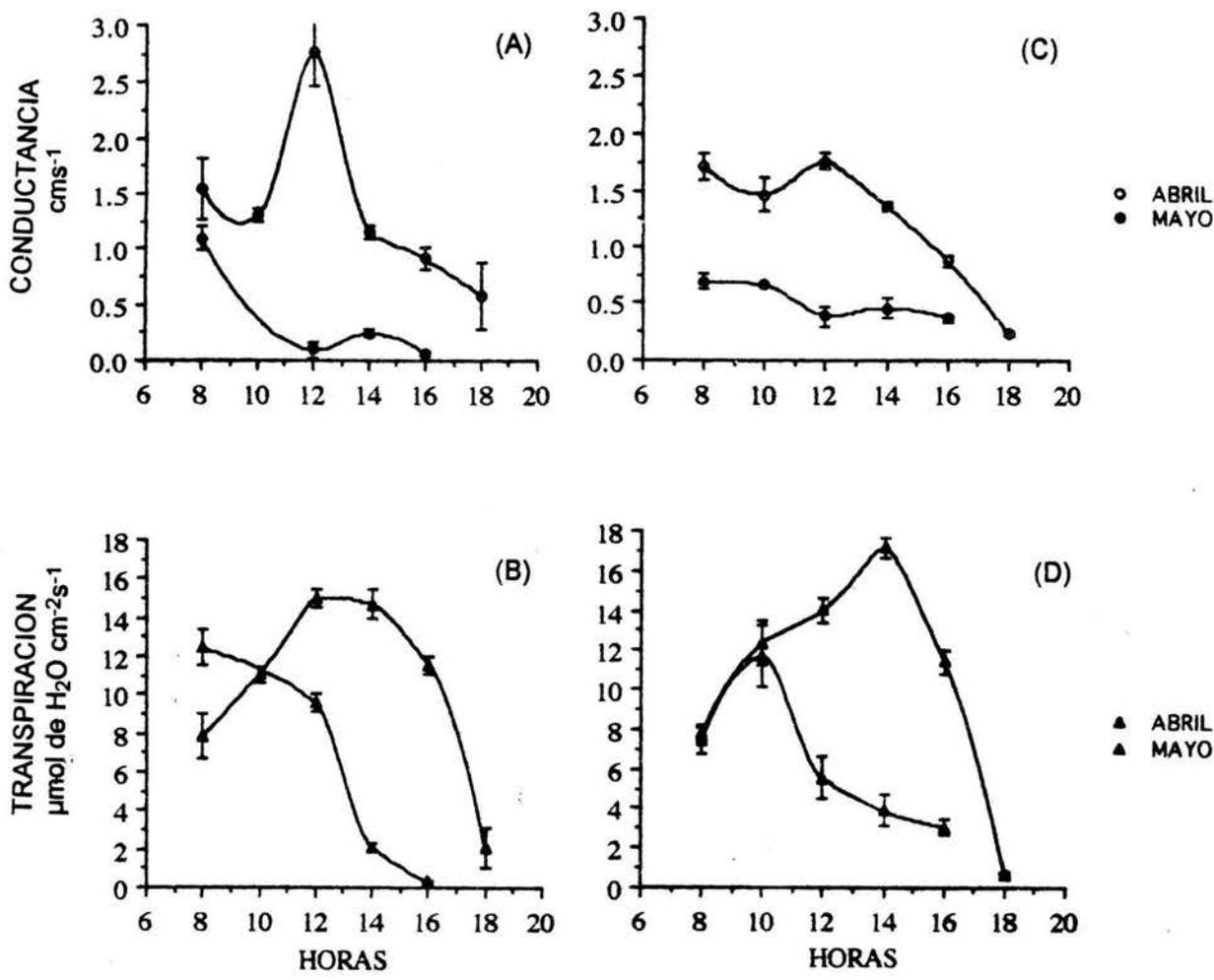


Figura 22. Conductancia y transpiración diurna de *Zea mays* L. en MONOCULTIVO (A y B) y ASOCIADO (C y D) a frijol en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla durante los mese de abril y mayo de 1991. (Los valores promedio son los puntos y las barras son los valores estandar)

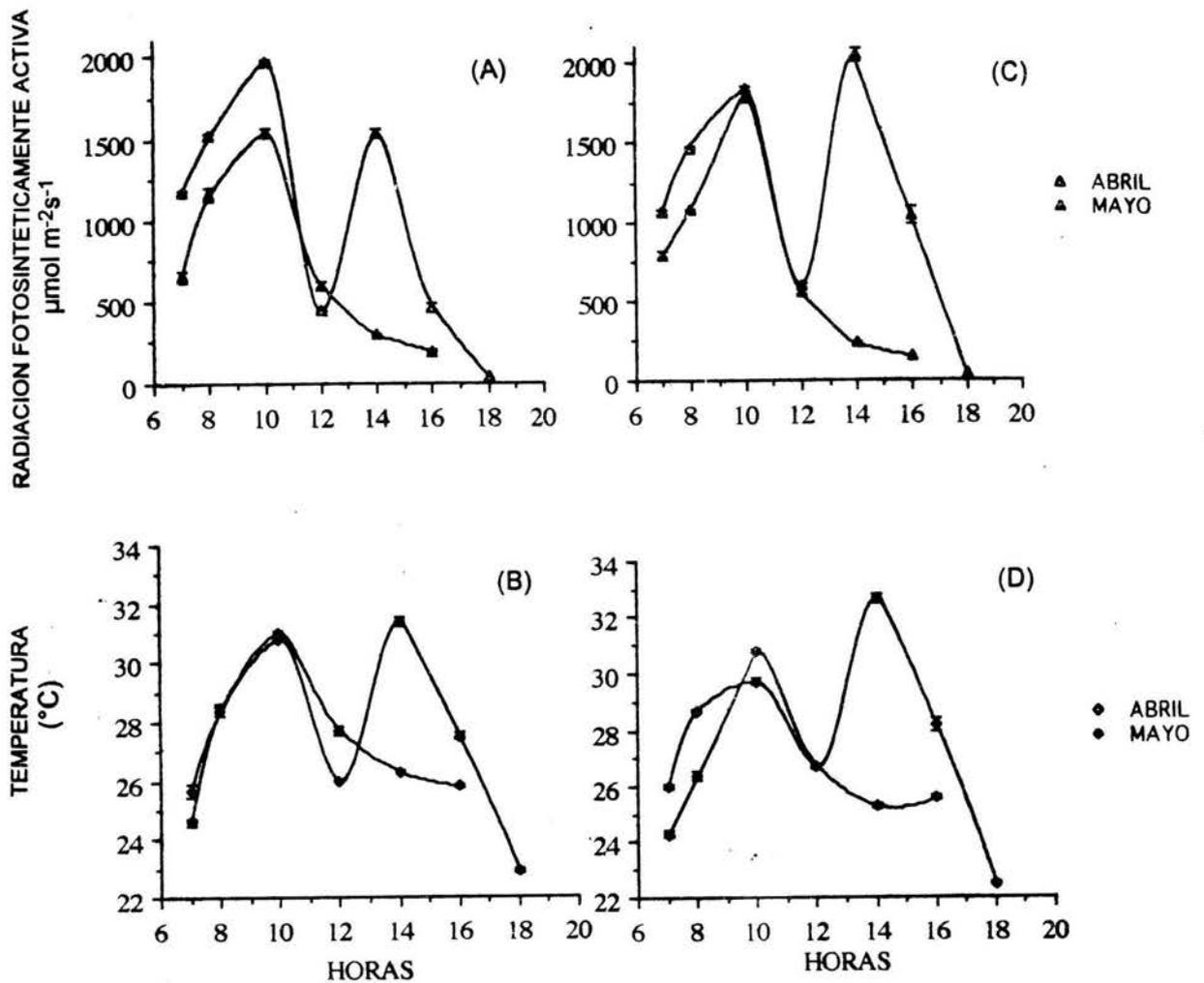


Figura 23. Radiación fotosintéticamente activa y temperatura diurnas de *Zea mays* L. en MONOCULTIVO (A y B) y ASOCIADO (C y D) a frijol en condiciones de campo en Nauzontla, Puebla. Durante los meses de abril y mayo de 1990. (Los valores promedio son los punto y las barras son los valores estandar)

principalmente durante la primera fase de comportamiento fisiológico, pues esta es crítica para las plantas de frijol.

De esta manera se constató que los resultados de conductancia y transpiración durante abril y mayo de 1990 y 1991, entre las plantas de frijol ASOCIADO presentaron valores más altos, debido probablemente a las condiciones hídricas registradas en las hojas durante este periodo (figuras 10 y 11), aunado con la fase reproductiva (ver figura 4) la que fue afectada en mayor cantidad debido a el efecto competitivo que el maíz provocó en ellas frenando su desarrollo vegetativo y reproductivo.

Comparando los registros de conductancia y transpiración durante abril de 1990 y 1991, se puede ver claramente que existen diferencias significativas, pues en 1991 las hojas de las plantas de frijol en los tratamientos de MONOCULTIVO y ASOCIADO presentaron una transpiración 2-3 veces mayor que las hojas de 1990. Esta diferencia, tan grande de un año a otro, se debe principalmente a que los registros de temperatura fueron elevados (23-32 °C) a nivel de la hoja en el primer año.

Lo anterior concuerda con lo encontrado por Grantz y Assmann (1991) quienes mencionan, que las hojas de plantas de soya responden mejor a temperaturas por debajo de los 30 °C.

En cuanto a la transpiración, los registros de las hojas en ambos tratamientos presentaron el mismo patrón que la conductancia para ambos años (1990-1991) (figuras 16, 17, 18 y 19). Los resultados de transpiración obtenidos en este trabajo son muy elevados en las hojas de las plantas de frijol en MONOCULTIVO durante 1991, registros que no concuerdan con lo encontrado por los diferentes autores en las distintas especies de plantas cultivadas, donde los registros de transpiración fluctúan entre 0.003 y hasta 33  $\mu\text{gH}_2\text{Ocm}^{-2}\text{s}^{-1}$ , argumentando que la alta transpiración se debe a la senectud de las hojas y a las condiciones microambientales diferentes a las de la atmósfera que se presentan a lo largo del dosel, como luz y temperatura, de acuerdo a las conclusiones de Trejo y Larqué-Saavedra (1988) para hojas de plantas de *Phaseolus vulgaris*.

También puede ser que el incremento de transpiración, en el tratamiento de MONOCULTIVO, se deba a que las hojas activan dicho mecanismo fisiológico con la finalidad de contrarrestar un incremento en la temperatura dentro de sus tejidos, que podría llegar a dañar irreversiblemente mecanismos bioquímicos importantes, (como la desnaturalización de proteínas) aún a costos de su abatimiento en el crecimiento como lo menciona Bauman (en Christiansen, 1977) para las distintas fases de estrés hídrico.

En cuanto a maíz se refiere, los registros de conductancia y transpiración fueron más elevados en abril y mayo de 1991, con respecto a los de 1990, posiblemente debido a condiciones a nivel microclimático que aquí no fue posible registrar.

Grantz y Assmann (1991) encontraron en caña de azúcar, una especie  $C_4$  como el maíz, una conductancia de  $1.15 \text{ cms}^{-1}$  a temperaturas por arriba de los  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  mientras que a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , para las mismas hojas de las plantas, la conductancia obtenida fue de  $0.5 \text{ cms}^{-1}$ , demostrando así que las especies con fisiología  $C_4$  responden mejor a temperaturas por arriba de los  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Otro factor que influye en la conductancia estomática, es la edad de las hojas, como lo muestra Peña (1986) quien registro conductancias de  $0.14 \text{ cms}^{-1}$  en hojas de maíz "H-204" a los 66 días de la siembra (menores que a los 84 días registrados en este trabajo y en hojas de plantas de maíz en MONOCULTIVO y ASOCIADO a frijol en este estadio), concluyendo que el maíz presenta una sensibilidad estomática grande. Los valores encontrados por Peña son parecidos a los registrados en hojas de maíz durante 1990 en este trabajo y en ambos tratamientos.

## CONCLUSIONES

Como se ha comprobado, los tratamientos de plantas de frijol en ASOCIACION y de MONOCULTIVO son afectados enormemente en sus procesos fisiológicos durante la primera etapa de su desarrollo, principalmente por la alta temperatura y baja precipitación pluvial en esa época del año. Pero, los tratamientos en ASOCIACION son afectados durante esta fase de comportamiento fisiológico debido a la presión competitiva que el maíz le presenta en dicha etapa. Basado en lo anterior se puede concluir lo siguiente:

1) Las diferencias microambientales entre tratamientos de frijol no parecen existir, por lo que las diferencias en conductancia y transpiración pueden deberse al bajo potencial hídrico registrado durante el mes de abril en ambos tratamientos como se muestra en la figura 11.

2) La conductancia y transpiración fueron mayores en hojas de plantas de frijol en ASOCIACION, probablemente porque el microclima (luz a lo largo del dosel y temperatura), los recursos hídricos y el efecto competitivo que las plantas de maíz provocan en ellas son comunes en este periodo, afectándolas en mayor proporción comparada con las hojas de frijol en MONOCULTIVO, las cuales solo son afectadas por los factores microclimáticos, como se puede ver en la figura 20 donde la luz y temperatura que se registraron para frijol fueron elevadas, propiciando que estas plantas fueran afectadas a nivel fisiológico, pues como lo mencionaron Grantz y

Assmann (1991), las especies  $C_3$  responden fisiológicamente mejor a temperaturas por debajo de los 30 °C.

3) Las diferencias de conductancia y transpiración encontradas en las hojas de frijol en plantas ASOCIADAS, no son tan evidentes en hojas de plantas de maíz en los tratamientos de MONOCULTIVO y ASOCIADAS a frijol, lo que demuestra que el maíz en ASOCIACION es el que mayor beneficio obtiene durante la primera fase crítica (abril-mayo), pues el bajo potencial hídrico y la elevada conductancia y transpiración en hojas de frijol ASOCIADAS retrasan el estadio reproductivo (Figura 4A) afectando con ello la biomasa total de cada una de las estructuras principales al final del ciclo anual de crecimiento (TABLA 3), lo que no se presentó en el maíz ASOCIADO en donde se registró una biomasa mayor, incluso que en el MONOCULTIVO (TABLA 4), lo que indica que en esta etapa crítica el maíz en ASOCIACION es un buen competidor por recursos limitantes.

---

## CONCLUSIONES GENERALES

---

1) En base a las observaciones realizadas al cabo de dos años, se puede constatar que las prácticas agrícolas llevadas a cabo en la región se realizan para favorecer las necesidades del maíz, como lo mencionan Acosta y Kohashi-Shibata (1988), y no así para las del frijol, debido a que este último aún siendo importante para el agricultor es tomado como un cultivo secundario comparándolo con el maíz.

2) Bajo las condiciones de este experimento como son: siembra, arreglo topológico, labores agrícolas y condiciones ambientales, el frijol y el maíz en MONOCULTIVO presentan etapas reproductivas desfasadas, eventos importantes en la selección de estas especies a través del tiempo para que este cultivo mixto predominara en la región. Dentro de las condiciones mencionadas aquí, la más importante es la ambiental, como se recordará, el cultivo es de temporal y debido a ello el riesgo de perder la cosecha puede ser alto, ya que la siembra en forma temprana (enero) puede poner en peligro el desarrollo de ambas especies y una helada temprana al inicio puede eliminar cada uno de los eventos (vegetativo y reproductivo) en las plantas elevando la probabilidad de que una helada temprana (octubre) elimine a las mismas, perdiéndose la cosecha final.

3) El desfase fenológico, refiriéndome a lo planteado por Ramos *et al.* (1985) quienes denominaron compatibilidad fenotípica entre las especies de maíz y frijol a este fenómeno, no dieron una definición específica de este término, por lo que, desde mi punto de vista y lo que yo entendí por compatibilidad fenotípica, es el desfase de los eventos fenológicos de las especies sembradas juntas, lo que permite que la competencia por los recursos limitantes (agua, luz, nutrientes, humedad atmosférica) sea débil, desarrollándose ambas bajo las mismas condiciones que prevalecen en la zona a lo largo del ciclo anual de crecimiento del cultivo mixto.

4) En relación a la dobla del maíz, la liberación de los recursos no es la responsable del incremento al máximo de floración y fructificación en el frijol, como lo mencionan Hernández X. y Ramos (1977), ya que este fenómeno es de carácter visual, pues dichos eventos dan comienzo antes de la dobla del maíz notándose que la mayoría de estructuras reproductivas (aún no desarrolladas totalmente), se encuentran en la parte media de las plantas y solo cuando el maíz es doblado, dichas estructuras son expuestas (encontrándose ya maduras), por lo que, se podría pensar que el frijol presenta un rápido desarrollo reproductivo.

5) Lo encontrado en los registros de biomasa en estructuras reproductivas en frijol y maíz en MONOCULTIVO, no refleja las diferencias por efecto de la asociación, pero los resultados obtenidos de peso seco demostraron que el rendimiento se vio fuertemente afectado en el frijol ASOCIADO, por la presión de competencia que el maíz ejerció en él pues el maíz, como lo señalan Acosta y Kohashi-Shibata (1988), es el más beneficiado dentro de la asociación, ya que las prácticas agrícolas son realizadas hacia su ciclo anual de crecimiento y no al del frijol, como se constató al analizar los registros de peso seco, los que demostraron que la mayor biomasa la obtuvo el maíz ASOCIADO a frijol.

6) En lo referente al ciclo anual de crecimiento del frijol, se presentaron tres fases de balance interno de agua caracterizadas, la primera de ellas, por un periodo de sequía, la segunda por el inicio de las lluvias y la tercera se distingue porque en ella es doblado el maíz aún cuando es la época más lluviosa. Basado en esta caracterización, la prueba estadística de análisis de varianza por el método de Tukey (0.05) demostró que la primera fase en el balance interno de agua diurno es significativa para ambos tratamientos de frijol, afectando mayormente al tratamiento de ASOCIADO, aunque bajo la técnica empleada y las condiciones ambientales en este estudio, las hojas de las plantas del tratamiento de MONOCULTIVO no realizaron ajuste osmótico. Al parecer el balance de agua diurno llega a afectar el ciclo anual de crecimiento de las plantas de frijol ASOCIADO, alargándolo más que a las plantas bajo MONOCULTIVO siendo esto una desventaja, pues como se recordará una helada temprana puede acabar con el porcentaje, aún elevado (40%) de frutos verdes (Figura 4A), y de esta forma no podrán llegar a la etapa de maduración.

7) Por lo que se refiere a las tres fases de balance de agua diurno, una diferencia notoria se presenta en la tercera fase (agosto (1990)-septiembre (1991)), en estas fechas el potencial hídrico fue muy bajo en las hojas de plantas en MONOCULTIVO y ASOCIADO a maíz, ya que lo esperado era que el potencial de agua en ambos tratamientos fuera elevado, (periodo donde las lluvias son más copiosas (Figura 2)). Este bajo potencial se debe principalmente al estado de senectud del follaje en ambos tratamientos (Figura 4A).

8) Lo citado en cuanto a conductancia y transpiración en la primera fase en ambos tratamientos de frijol, demuestra que en las hojas de las plantas de frijol ASOCIADO estas fueron mayores, probablemente debido a que en esta época el microclima (luz a lo largo del dosel y temperatura), los recursos hídricos y el efecto competitivo que las plantas de maíz provocan en ellas, son comunes en este periodo, afectándolas enormemente en comparación con los resultados obtenidos en las hojas de frijol en MONOCULTIVO, las que solo fueron afectadas por los factores microclimáticos.

9) Por último, y en relación al maíz en MONOCULTIVO y ASOCIADO a frijol, las diferencias encontradas en cuanto a peso seco total en frutos, al final de su ciclo anual de crecimiento, se deben principalmente a que el maíz es un buen competidor por los recursos limitantes y que bajo condiciones de asociación con *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* en proporción de 1:1, es el que mejor utiliza el recurso agua en la primera fase crítica, pero este incremento en el peso seco de los frutos puede deberse a que capta mejor el agua del suelo la que aprovecha íntegramente para la elaboración de fotosintatos (Figura 9) los cuales son bajos (Figura 9C) comparados con los de las hojas de plantas en MONOCULTIVO, debido probablemente a que son utilizados inmediatamente para el desarrollo pleno de los frutos, como se observa en la TABLA 3 para esta fecha.

**Falta página**

**N° 74**

## BIBLIOGRAFIA

- Ackerson**, C. y Krieg, R. 1977. Stomatal and nonstomatal regulation of water use in cotton, corn, and sorghum. *Plant Physiology* 60: 850-853.
- Acosta** Díaz, E. 1985. Crecimiento, rendimiento y aprovechamiento de la energía solar en maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en monocultivo y asociados. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 163 p.
- Acosta** Díaz, E. y Kohashi-Shibata, J. 1988. Crecimiento y rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en monocultivo y en asociación. *Agrociencia* 71: 345-356.
- Albarrán** Millán, M. 1983. La siembra asociada de maíz-frijol en surcos anchos (1.8 m) intercalada con trigo o frijol una alternativa de producción en áreas de temporal. Tesis profesional de Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 135 p.
- Begg**, J. y Turner, C. 1976. Crop water deficits. *Advances Agronomy* 28:161-217.
- Bibliografías Nacionales**. 1989. Bibliografía Mexicana sobre frijol. Ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 174 p.
- Brown**, K., Jordan, W. y Thomas, J. 1976. Water stress induced alterations of stomatal response to decreases in leaf water potential. *Physiology Plantarum* 37:1-5.
- Catski**, F., Solorova, F., Pospisilova, F. y Tichá, I. 1985. Conductances for carbon dioxide transfer in the leaf. En T:vs (Ed) Zdenek Sesták. Pp. 217-249.
- Chavéz** C.,M. 1987. Poblaciones, biomasa y banco de semillas arvenses de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): Efecto de métodos de control y rotaciones. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 179 p.
- Christiansen**, R. 1977. Effects of the environment on the growth of alfalfa. *Advances Agronomy Research* 29: 183-227.

- Constable**, A. y Rawson, M. 1980. Effect of leaf position, expansion and age on photosynthesis, transpiration and water use efficiency of cotton. *Australian Journal Plant Physiology* 7: 89-100.
- Cutler**, J. y Rains, D. 1978. Effects of stress and hardening on the internal water relations and osmotic constituents of cotton leaves. *Physiology Plantarum* 42: 261-268.
- Delgado** Salinas, A. 1985. Systematics of the genus *Phaseolus* (Leguminosae) in North and Central America. Ph.D. Thesis Univ.of Texas, Austin. EUA. 363 p.
- Delgado** Salinas, A. 1988. Variation, taxonomy, domestication, and germoplasm potentialities in *Phaseolus coccineus*. En P. Gepts (Ed.) Genetic resources of *Phaseolus* beans. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Holland.Pp.441-463
- Evangelista** Oliva, V. y Mendoza Cruz, M. 1987. Calendarios agrícolas en 4 ejidos del municipio de Coxquihui, Veracruz. Tesis de Biología, Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, México. 249 p.
- Farquhar**, G. 1978. Feedforward responses of stomata to humidity. *Australian Journal Plant Physiology* 5: 787-800.
- Fernández** Brondo, M.J. 1977. Variación morfológica de los maíces de la Sierra de Puebla y Centro Occidental de Veracruz: Implicaciones ecológicas y socioeconómicas. Tesis de Biología, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Monterrey, N.L. México. 98 p.
- Francis**, Ch. 1986. Multiple cropping systems. Mcmillan Publishing Company, New York. 383 p.
- García**, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación de Koppen. 2a.Ed.Instituto de Geología, UNAM, México. Pp. 7-74.
- Garrity**, P., Sullivan, Y. y Watts, G. 1984. Changes in grain sorghum stomatal and photosynthetic response to moisture stress across growth stages. *Crop Science* 24: 441-446.
- Grantz**, A. y Assmann, M. 1991. Stomatal response to blue light: Water use efficiency in sugarcane and soybean. *Plant, Cell and Environment* 14: 683-690.
- Grime**, P. 1982. Estrategias de adaptación de las plantas. Ed. Limusa, México. 291 p.

- Guadarrama**, Z.C. 1984. Valor de uso y relaciones económicas en la agricultura tradicional de Nauzontla, Puebla. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 158 p.
- Guadarrama**, Z.C. y Hernández, X.E. 1985. Valor de uso y relaciones económicas en la agricultura tradicional: Un ejemplo de Nauzontla, Puebla. En Xolocotzia Tomo I pp. 415-416. Revista de Geografía Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
- Hale**, G. y Orcutt, M. 1987. The physiology of plants under stress. Ed. John Willey and Sons. New York. 205 p.
- Hall**, E., Camacho, E. y Kaufmann, R. 1975. Regulation of water loss by Citrus leaves. *Physiology Plantarum* 33: 62-65.
- Harper**, L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, New York. 892 p.
- Hatfield**, L. y Burke, J. 1991. Energy exchange and leaf temperature behavior of three plant species. *Environmental and Experimental Botany* 31(3): 295-302.
- Hernández**, X.E., Ramos R., A. y Martínez A., M.A. 1976. Etnobotánica. En Engelman Mark, E. Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. Pp. 113-138.
- Hernández**, X.E. 1977. El agroecosistema, concepto central en el análisis de la enseñanza, la investigación y la educación agrícola. en México: Contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola. 1a. Edición. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. Pp. XV-XIX.
- Hernández**, X.E. y Ramos R.,A. 1977. Metodología para el estudio de agroecosistemas con persistencia de tecnología agrícola tradicional. En Hernández, X.E. (Ed.). Agroecosistemas de México, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. Pp. 321-333.
- Hernández**, X.E. 1985. Biología agrícola. CECSA, México. 62 p.
- Hidalgo**, R. 1991. CIAT's world *Phaseolus* collection. En: Catalogue in publication data common beans. Centro de Investigaciones de Agricultura Tropical. Red Wood Press Ltd, Melksham, Wiltshire. UK. Pp.163-195.
- Hunt**, R. y Parsons, T. 1981. Plant growth analysis. University Press of Sheffield, London. 48 p.
- Hunt**, R. 1990. Basic growth analysis. Unwin Hyman, London. 112 p.

- Jones**, M. y **Turner**, C. 1978. Osmotic adjustment in leaves of *Sorghum* in response to water deficits. *Plant Physiology* 61: 122-126.
- Jones**, G. 1983. *Plants and microclimate*. Cambridge University Press. Cambridge. 323 p.
- Jordan**, R. y **Ritchie**, J. 1971. Influence of soil water stress on evaporation, root absorption, and internal water status of cotton. *Plant Physiology* 48: 783-788.
- Kaplan**, L. y **MacNeish**, S. 1960. Prehistoric bean remains from caves in the Ocampo region of Tamaulipas, México. *Botanical Museum Leaflets, Harvard University* 19(2): 33-56.
- Kaplan**, L. 1965. Archeology and domestication in American *Phaseolus* (Beans). *Economic Botany* 19(4): 358-368.
- Keddy**, A. 1989. *Competition*. Chapman and Hall, London, 202 p.
- Kohashi-Shibata**, J. y **Flores R.**, D. 1982. Efectos de densidades de población y época de emergencia del acahualillo, *Simsia amplexicaulis* (Cav.) Pers., sobre el rendimiento del maíz, *Zea mays* L. *Agric. Tec. Méx.* 8(2):131-154.
- Kohashi-Shibata**, J. 1990. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su relación con el rendimiento. Folleto. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Kramer**, J. 1974. Fifty years of progress in water relations research. *Plant Physiology* 54: 463-471.
- Kramer**, J. 1990. A brief history of water stress measurement. En: **Hasimoto, et al.** (Eds.) *Measurement techniques in plant science*. Academic Press, New York. Pp. 45-68.
- Larcher**, W. 1977. *Ecofisiología vegetal*. Ed. Omega, Barcelona, España. 305 p.
- Larcher**, W. 1980. *Physiological plant ecology*. 2a. Springer-Verlag. Berlin, Germany. Pp. 206-267.
- Larios**, J.R. y **Tahiuit**, J.F. 1983. Respuesta del sistema asociado maíz-frijol a varios factores controlables de reproducción, en el municipio de Coatepec, Estado de México. *Chapingo* 8(40):7076.
- Lépiz**, I.R. 1974. Asociación de cultivos maíz-frijol. Folleto técnico No.58. Secretaría de Agricultura y Ganadería. INIA. México. 46 P.

- Lépiz**, I.R. 1978. La asociación maíz-frijol y el aprovechamiento de la luz solar. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 304 p.
- Marhart**, H.III. 1985. Comparative water relations of *Phaseolus vulgaris* L. and *Phaseolus acutifolius* Gray. *Plant Physiology* 77: 113-117.
- Miranda**, C.S. 1976. Evolución de *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus coccineus*: En: Engelman, M. (Ed.) Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. Pp. 83-99.
- Munns**, R., Brady, C. y Barlow, R. 1979. Solute accumulation in the apex and leaf of wheat during water stress. *Australian Journal Plant Physiology* 6: 379-389.
- Navia**, M.D. 1972. Efecto de la competencia interespecífica, en poblaciones controladas de *Simsia aplexicaullis* (Cav.)Pers. y *Zea mays* L. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 81 p.
- Odum**, P. 1971. *Ecología*. Ed. Interamericana. 639 p.
- O'Toole**, C. y Cruz, T. 1980. Response of leaf water potential, stomatal resistance, and leaf rolling to water stress. *Plant Physiology* 65: 428-432.
- Pardossi**, A., Vernieri, P. y Tognoni, F. 1991. Evaluation of the pressure chamber method for the assessment of water status in chilled plants. *Plant, Cell and Environment* 14: 675-682.
- Parsons**, R. 1987. Respuestas de la planta a la diferencia de agua: En Christiansen, N. y Lewis, F. (Eds.). *Mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables*. Ed. Noriega-Limusa, México. Pp. 211-231.
- Peña**, R.A. 1986. Comportamiento de cuatro especies cultivadas bajo condiciones deficientes de humedad. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo México. 149 p.
- Peterson**, T. y Chalif, L. 1973. *A field guide to Mexican Birds*. National Audubon Society and National Wildlife Federation. Houghton Mifflin Company, Boston. p. 220.
- Petrie**, L. y Hall, E. 1992. Water relations in cowpea and pearl millet under soil water deficits. I. Contrasting leaf water relations. *Australian Journal Plant Physiology* 19: 577-589.

- Petrie**, L. y Hall, E. 1992. Water relations in cowpea and pearl millet under soil water deficits. II. Water use and root distribution. *Australian Journal Plant Physiology* 19: 591-600.
- Petrie**, L. y Hall, E. 1992. Water relations in cowpea and pearl millet under soil water deficits. III. Extent of predawns equilibrium in leaf water potential. *Australian Journal Plant Physiology* 19: 601-609.
- Piper**, C. 1926. Studies in American Phaseolineae. Contribution U.S. National Herbarium 22: 663-701.
- Ramírez**, V.M. 1981. Morfología, área foliar y peso seco del frijol Canario 107, Negro 150 (*Phaseolus vulgaris* L.) y maíz H-28 (*Zea mays* L.) asociado. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. 9 p.
- Ramos**, R.A., Hernández, X.E. y Kohashi-Shibata, J. 1985. Estudio de la tecnología agrícola tradicional en la Sierra de Puebla. I. Asociación maíz-frijol. *Xolocotzia* Tomo I. Revista de Geografía Agrícola, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. Pp. 411-413.
- Reta**, S.G.D. y Kohashi-Shibata, J. 1988. Efecto de la asociación de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre el crecimiento y rendimiento de una variedad de frijol con hábito de crecimiento indeterminado. *Agrociencia* 71: 377-386.
- Rocha**, Q.J. 1984. Efecto de la densidad de población sobre el rendimiento y sus componentes en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad flor de mayo X-16441. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 126 p.
- Rzedowki**, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa, México. Pp.159-203.
- Sánchez-Díaz**, M.F. y Kramer, J.P. 1971. Behavior of corn and sorghum under water stress and during recovery. *Plant Physiology* 48: 613-616.
- Schmit**, V. y Debouck, D.G. 1991. Observations on the origin of *Phaseolus polyanthus* Greenman. *Economic Botany* 45(3): 345-364.
- Schulze**, E-D. 1986. Carbon dioxide and water vapor exchange in response to drought in the atmosphere and in the soil. *Ann. Rev. Plant Physiology* 37: 247-274.

- Simmelsgaard**, S. 1976. Adaptation to water stress in wheat. *Physiology Plantarum* 37: 167-174.
- Tanaka**, A. y Yamaguchi, J. 1977. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz. Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 120 p.
- Tichá**, D. 1985. Ontogeny of leaf morphology and anatomy: En T:VsII. Ed. Zdenek Sesták. Pp.16-50.
- Trejo**, L.C. y Larqué-Saavedra, A. 1988. Efecto del déficit hídrico en dos materiales de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) durante la etapa vegetativa de crecimiento: Comparación en sus parámetros agua-planta. *Agrociencia* 71: 417-429.
- Turner**, C. 1981. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant Soil* 58: 339-366.
- Vandermer**, J. 1989. The ecology of intercropping. Cambridge University Press, Cambridge. 237 p.
- Villareal**, M.A. y Larqué-Saavedra, A. 1983. Condicionamiento a la sequía en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), ajuste osmótico. *Agrociencia* 51:7-16.
- Westgate**, E. y Grant, T. 1989. Effect of water deficits on seed development in Soybean. *Plant Physiology* 91: 975-979.
- Westgate**, E. y Grant, T. 1989. Water deficits and reproduction in maize. *Plant physiology* 91: 862-867.
- Wilson**, J., Fisher, M., Schulze, E-D., Dolby, G. y Ludlow, M. 1979. Comparison between pressure-volume and dewpoint-hygrometry techniques for determining the water relations characteristics of grass and legume leaves. *Oecología* 41: 77-88.
- Woodward**, R. y Begg, J. 1976. The effect of atmospheric humidity on the yield and quality of soya bean. *Australian Journal Agricultural Research* 27: 501-508.
- Wong**, S-Ch., Cowan, R. y Farquhar, D. 1985. Leaf conductance in relation to rate of CO<sub>2</sub> assimilation. *Plant Physiology* 78: 821-825.

A N E X O S

RAIZ*		TALLO		HOJAS		INFLORESCENCIAS		BOTONES		FLORES*		FRUTOS*	
MEDIA	±	MEDIA	±	MEDIA	±	MEDIA	±	MEDIA	±	MEDIA	±	MEDIA	±
0.3540	0.0382	0.6829	0.0329	0.4259	0.0430	0.0483	0.0441	0.0554	0.0397	0.0703	0.0311	0.0977	0.0649
0.5534	0.0382	0.4584	0.0329	0.6020	0.030	0.1531	0.0441	0.0315	0.097	0.0243	0.0311	0.1119	0.0649
0.3837	0.0382	0.5459	0.0329	0.6454	0.0430	0.1379	0.0441	0.1914	0.0397	0.0695	0.0311	0.1054	0.0649
0.3462	0.0382	0.5670	0.0329	0.6138	0.0430	0.3178	0.0441	0.2314	0.0397	0.0800	0.0311	0.4208	0.0649
0.3086	0.0382	0.5622	0.0329	0.5185	0.0430	0.2582	0.0441					0.5774	0.0649
0.2875	0.0382	0.5410	0.0329	0.4575	0.0430	0.2674	0.0441					0.5791	0.0649
0.2739	0.0382	0.5076	0.0329	0.3683	0.0430								
0.2927	0.0382	0.5591	0.0329	0.1512	0.0430								

ANEXO A. Resultados del análisis de varianza por la prueba de Tukey (0.05) en las distintas estructuras de frijol en MONOCULTIVO Y ASOCIADO a *Zea mays*. (Abreviaturas: ± = error estandar, \* = si hay diferencias estadísticas)

RAIZ		TALLO		HOJAS		ESPIGA*		FRUTOS	
MEDIA	±	MEDIA	±	MEDIA	±	MEDIA	±	MEDIA	±
0.6868	0.0519	0.3803	0.0499	0.4522	0.0520	0.0201	0.0375	0.1100	0.1084
0.4504	0.0519	0.5054	0.0499	0.6440	0.0520	0.0990	0.0375	0.3521	0.1084
0.3246	0.0519	0.5898	0.0499	0.6300	0.0520	0.1515	0.0375	0.4748	0.1084
0.3423	0.0519	0.6485	0.0499	0.5134	0.0520	0.1390	0.0375	0.5381	0.1084
0.3553	0.0519	0.6230	0.0499	0.4607	0.0520	0.0718	0.0375		
0.3615	0.0519	0.5498	0.0499	0.4412	0.0520				
0.3291	0.0519	0.5417	0.0499	0.3612	0.0520				

ANEXO A'. Resultados del análisis de varianza por la prueba de Tukey (0:05) en las distintas estructuras de maíz en MONOCULTIVO y ASOCIADO a *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* (Abreviaturas: ±=error estandar, \*si hay diferencias estadísticas)

## A N E X O B

### Programa de Hunt y Parsons (1981)

La versión de este programa escrito en ALGOL, permite calcular los elementos del análisis de crecimiento, transformando los datos observados en logaritmos naturales y efectuando el ajuste de curvas de crecimiento en base a dos variables dependientes Y (peso seco) y Z (área foliar) y una variable independiente denominada X (tiempo).

El programa ajusta los datos proporcionados, transformados en su logaritmo natural  $\ln Y$ ,  $\ln Z$  y calcula la media de otros parámetros como  $(1/Y \times (\delta y / \delta x))$  y (tasa de crecimiento relativo);  $(1/Z \times \delta z / \delta x)$  (tasa de crecimiento de área foliar);  $Z/Y$  (tasa de área foliar).

## TASA DE CRECIMIENTO RELATIVO

VARIABLE	TIEMPO días a la siembra	Media	s.e.	Límite Inferior	Límite Superior	VARIABLE	Media	s.e.	Límite Inferior	Límite Superior
NO ASOCIADO	21	0.0283	0.0074	0.0202	0.0354	ASOCIADO	0.0332	0.0061	0.0277	0.0458
	49	0.0419	0.0040	0.0300	0.0509		0.0391	0.0033	0.0324	0.0458
	94	0.0425	0.0018	0.0388	0.0472		0.0419	0.0014	0.0388	0.0449
	114	0.0328	0.0021	0.0352	0.0441		0.0401	0.0017	0.0385	0.0437
	141	0.0342	0.0024	0.0293	0.0393		0.0352	0.0020	0.0312	0.0393
	178	0.0229	0.0019	0.0199	0.0258		0.0235	0.0015	0.0203	0.0287
	218	0.0050	0.0024	0.0001	0.0100		0.0042	0.0019	0.0002	0.0083
	241	-0.0077	0.0045	-0.0170	0.0015		-0.0098	0.0037	-0.0173	-0.0029
	266	-0.0297	0.0079	-0.0397	-0.0077		-0.0278	0.0064	-0.0407	-0.0148

## COCIENTE DE AREA FOLIAR

VARIABLE	TIEMPO días a la siembra	Media	s.e.	Límite Inferior	Límite Superior	VARIABLE	Media	s.e.	Límite Inferior	Límite Superior
NO ASOCIADO	21	0.0325	0.0028	0.0078	0.0547	ASOCIADO	0.0124	0.0058	0.0047	0.0321
	49	0.0050	0.0022	0.0020	0.0124		0.0097	0.0029	0.0053	0.0178
	94	0.0049	0.0023	0.0019	0.0129		0.0101	0.0032	0.0068	0.0193
	114	0.0146	0.0063	0.0061	0.0352		0.0119	0.0034	0.0077	0.0215
	141	0.0436	0.0179	0.0190	0.1000		0.0133	0.0058	0.0062	0.0200
	178	0.0720	0.0348	0.0270	0.1915		0.0119	0.0037	0.0028	0.0222
	218	0.0063	0.0030	0.0030	0.0198		0.0053	0.0016	0.0011	0.0100
	241	0.0001	0	0	0.0004		0.0021	0.0008	0.0011	0.0037
	266	0	0	0	0		0.0004	0.0002	0.0001	0.0012

## TASA DE ASIMILACION NETA

VARIABLE	TIEMPO días a la siembra	Media	s.e.	Límite Inferior	Límite Superior	VARIABLE	Media	s.e.	Límite Inferior	Límite Superior
NO ASOCIADO	21	1.1754	0.8254	-0.4919	2.9440	ASOCIADO	3.5731	1.3903	-0.1337	5.4798
	49	3.2825	3.7535	0.6790	15.3860		4.2153	1.2468	1.4992	6.5335
	94	6.5267	4.2619	0.3444	16.717		4.1219	1.3159	1.4633	6.7803
	114	2.7024	1.1752	0.2281	5.0768		3.2496	0.9854	1.0402	5.3388
	141	0.7881	0.3295	0.1225	1.4537		2.6350	0.7250	1.1714	4.0987
	178	0.3180	0.1580	-0.0010	0.6372		1.3894	0.6320	0.7138	3.2653
	218	0.8018	0.5214	-0.2720	1.8753		0.8103	0.4612	-0.1207	1.7414
	241	-42.5501	31.2861	-105.7592	20.659		-4.5565	2.2237	-9.1458	-0.1672

ANEXO C. Resultados del análisis de Hunt para *Phaseolus coccineus* ssp. *darwinianus* NO ASOCIADO y ASOCIADO a *Zea mays* L. a lo largo de su ciclo biológico en Nauzontla, Puebla durante 1990. (n=5 en cada cosecha)

### TASA DE CRECIMIENTO RELATIVO DE MAIZ

VARIABLE	TIEMPO días a la siembra	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
NO ASOCIADO	21	0.0702	0.0113	0.0472	0.0933
	49	0.0703	0.0049	0.0601	0.0805
	54	0.0631	0.0028	0.0574	0.0689
	114	0.0506	0.0038	0.0428	0.0585
	141	0.0343	0.0034	0.0272	0.0414
	178	0.0042	0.0033	-0.0025	0.0110
218	-0.0384	0.0112	-0.0612	-0.0155	
ASOCIADO	49	0.0690	0.0050	0.0737	0.0994
	54	0.0667	0.0034	0.0597	0.0737
	114	0.0478	0.0021	0.0433	0.0520
	141	0.0305	0.0014	0.0278	0.0333
	178	0.0069	0.0020	0.0027	0.0111
	218	-0.0184	0.0037	-0.0262	-0.0107
241	-0.0331	0.0048	-0.0430	-0.0231	

### COCIENTE DE AREA FOLIAR DE MAIZ

VARIABLE	TIEMPO días a la siembra	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
NO ASOCIADO	21	0.0170	0.0029	0.0119	0.0241
	49	0.0189	0.0023	0.0146	0.0243
	54	0.0128	0.0017	0.0097	0.0169
	114	0.0071	0.0006	0.0059	0.0085
	141	0.0040	0.0004	0.0031	0.0051
	178	0.0021	0.0003	0.0016	0.0029
218	0.0019	0.0003	0.0013	0.0028	
ASOCIADO	49	5.9835	0.8723	4.2045	7.7627
	54	5.1898	0.8038	3.8971	6.4826
	114	5.4536	0.6774	4.0720	6.8352
	141	5.3915	0.5913	4.1855	6.5978
	178	2.1225	0.8503	0.7900	3.4550
	218	-7.2428	1.5025	-10.3487	-4.1469
241	-11.3399	1.8510	-15.1152	-7.5647	

### TASA DE ASIMILACION NETA DE MAIZ

VARIABLE	TIEMPO días a la siembra	MEDIA	ERROR ESTANDAR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
NO ASOCIADO	21	4.1332	0.5047	3.0548	5.2115
	49	3.7212	0.5071	2.4830	4.9595
	54	4.3001	0.5971	3.5823	6.1179
	114	7.0519	0.7850	5.4508	8.6531
	141	5.4243	1.8145	5.2013	11.7874
	178	1.9458	1.5036	-1.1251	5.0167
218	-10.4664	4.0187	-28.2707	-10.8622	
ASOCIADO	49	5.9836	0.8723	4.2045	7.7627
	54	5.1898	0.8038	3.8971	6.4826
	114	5.4536	0.6774	4.0720	6.8352
	141	5.3915	0.5913	4.1855	6.5978
	178	2.1225	0.8503	0.7900	3.4550
	218	-7.2428	1.5025	-10.3487	-4.1469
241	-11.3399	1.8510	-15.1152	-7.5647	

ANEXO C. Resultados del análisis de Hunt, para *Zea mays* L. en sus diferentes tratamientos a lo largo de su ciclo biológico en Nauzontla, Puebla durante 1990. (n=5 en cada cosecha)

ESTRUCTURA PRINCIPAL	SUMA DE CUADRADOS	g.l	CUADRADO DE LA MEDIA	RAZON DE LA VARIANZA F=calculada	RAZON DE LA VARIANZA F= tablas	NIVEL DE SIGNIFICANCIA 95%
RAIZ	540.7	18	540.7	3.855	5.32	0.0532
TALLO	0.1	18	0.1	0.003	5.32	0.9606
HOJAS	0.2	18	0.2	0.003	5.32	0.9549
INFLORESCENCIAS	355.4	16	355.4	7.824	5.99	0.0070*
BOTONES	0.2	13	0.2	0.007	10.13	0.9367
FLORES	97.8	13	97.8	8.2448	10.13	0.0070*
FRUTOS	687.7	15	687.7	8.676	6.64	0.0048*

ANEXO D. Resultados del análisis de varianza de la asignación de biomasa en porcentaje de peso seco transformado a arco-seno en *Phaseolus vulgaris* ssp. darwinianus en MONOCULTIVO contra ASOCIADO a *Zea mays*. (\*= Presenta diferencias significativas; g.l.= Grados de libertad)

ESTRUCTURA PRINCIPAL	SUMA DE CUADRADOS	g.l.	CUADRADO DE LA MEDIA	RAZON DE LA VARIANZA F=calculada	RAZON DE LA VARIANZA F= tablas	NIVEL DE SIGNIFICANCIA 95%
RAIZ	98.04	1 6	98.04	2.360	5.99	0.1296
TALLO	14.71	1 6	14.71	0.367	5.99	0.5534
HOJAS	10.54	1 6	10.54	0.261	5.99	0.6164
ESPIGA	82.09	1 4	82.09	6.600	7.71	0.0138*
FRUTOS	416.81	1 3	461.81	3.031	10.13	0.0908

ANEXO E. Resultados del análisis de varianza en el porcentaje de peso seco entre *Zea mays* en MONOCULTIVO Y ASOCIADO a *Phaseolus vulgaris* ssp. *darwinianus* (\*=Diferencias significativas; g.l.= Grados de libertad)

## G L O S A R I O

**AGROECOSISTEMA.** Ecosistema modificado en menor o mayor grado por el hombre, para la utilización de los recursos naturales en los procesos de producción agrícola, pecuaria, forestal o de fauna silvestre (Hernández X.,1977).

**ACAME.** Caída del maíz formando una especie de cama por diversos efectos entre otros por el peso de la planta del frijol cuando este llega a sembrarse a una densidad mayor.

**APORQUE.** Acumulación de tierra en la base del maíz para dar soporte mecánico.

**ARVENSES.** Especies de plantas malezoides de distintas especies que nacen y crecen dentro de la milpa.

**ATERRADURA.** Tercera escarda

**AZADON.** Instrumento que sirve para remover la tierra.

**COMPETENCIA.** Es el proceso por medio del cual dos o más individuos o poblaciones vegetales, interactúan de tal manera que al menos una ejerce un efecto negativo sobre la otra.

**CONDUCTANCIA.** Dado por el inverso de la resistencia ( $g= 1/r$ ).

**CORTE DE ELOTE.** Corte del fruto tierno de maíz de masa suave con bastante humedad.

**DOBLA DEL MAIZ.** Práctica agrícola común en áreas cálido-húmedas consistente en doblar la caña del maíz por debajo de la mazorca, para dejarlo secar en la planta.

**ECOSISTEMA.** Desde el punto de vista ecológico el ecosistema es una unidad funcional básica, ya que incluye a todos los organismos y su ambiente abiótico, influyendo cada uno de ellos sobre las propiedades del otro, llegando a ser necesarios ambos para la conservación de la vida (Odum, 1971).

**EJOTE.** Fruto de frijol tierno y verde.

**ESCARDAS.** Eliminación de arvenses con azadón o manualmente.

**ESPEQUE.** Instrumento que sirve para abrir los puntos donde son colocadas las semillas al sembrarse.

**ESPIGA.** Conjunto de flores o frutos sostenidos por un tallo común.

**HABITAT.** Definido por Odum (1971) como el lugar físico donde un organismo vive.

**LABRA.** Primera escarda.

**MAZORCA.** Infrutescencia madura seca del maíz.

**MEDIA TIERRA.** Segunda escarda.

**MILPA.** Agrosistema con maíz generalmente acompañado con frijol u otras especies.

**NICHO.** Hutchinson en 1957 (Odum, 1971) sugirió que el nicho es un espacio multidimensional o hipervolumen donde el medio permite al individuo o a la especie vivir indefinidamente.

**PALO SEMBRADOR.** Instrumento que sirve para abrir los puntos donde son colocadas las semillas al sembrarse. La punta puede ser o no de metal.

**PIXCAR.** Recolectar la mazorca con un pizcador que puede ser de madera o de metal.

**PIZCADOR.** Lanza de madera o de metal utilizada para la recolecta de la mazorca.

**POTENCIAL HIDRICO.** Diferencia en el potencial químico del agua en una solución dada con respecto al potencial químico del agua pura a las mismas condiciones de temperatura y presión.

**POTENCIAL MATRICO.** Potencial resultado de la adherencia del agua a la interfase de las superficies, donde las moléculas de agua llegan a ser más ordenadas y arregladas cediendo algunas su energía cinética que puede ser disipada como energía térmica.

**POTENCIAL OSMOTICO.** Creado por la disolución de partículas, moléculas o iones, siendo más bajo en relación al número de partículas en solución con respecto al agua pura.

**RESIEMBRA.** Colocación de semillas en los puntos donde el maíz o frijol no emergieron.

**RESISTENCIA A LA DIFUSION.** Definida como la apertura o cierre al flujo del intercambio gaseoso entre los estomas y el aire (Larcher, 1977).

**TRANSPIRACION.** Transferencia de vapor de agua de los espacios intercelulares en las cavidades subestomáticas y del mesófilo donde se encuentra en saturación hacia el exterior generalmente no saturado (Woodward y Begg, 1976).