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

Israel Cantú Silva y Gilberto E. Salinas García[1]

RESUMEN

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

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

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

Los resultados mostraron que hay producción de grano de frijol cuando éste se utiliza en cultivos múltiples con maíz. En los intercalamientos, esta producción se debió posiblemente a la protección que proporcionó el maíz contra el granizo y a la menor incidencia de chicharrita (*Empoasca* sp.). En los tratamientos de asociación ocurrió algo similar, aunque además se detectaron temperaturas menos altas en el estrato ocupado por el frijol. El unicultivo de frijol presentó una producción nula, mientras que el maíz solo rindió igual que el maíz asociado.

---

[1] Ex-alumno y Profesor-Investigador. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León.

SUMMARY

Six space distributions of bean plants intercropped with maize were compared with respect to their crop growth and grain yield, in the lowland regions of Nuevo Leon, México, where high temperatures during the spring season appear to be a limiting factor for bean grain yield.

Maximum and minimum temperatures were recorded daily at 8:00, 12:00 and 17:00 hours, as environmental variables. Plant height, leaf number and leaf area were measured in maize plants at diferent growth stages, as indices of shading on bean plants.

Morphological yield components of both maize and beans were estimated, as well as some agronomic characters. Additionally, a dry matter accumulation analysis was conducted in bean plants, based on samples taken through the plant development.

The results indicated that a sizeable economical yield of bean is obtained when it is intercropped with maize, whereas the production of beans alone is null. These results might be accounted by a temperature reduction observed around the bean plants in associated cropping, and by the reduced effects of biotic (Empoasca sp.) and abiotic (hailstones) factors on the bean plants when intercropped with maize.

On the other hand, these space distributions had no significant effects on maize plants.

INTRODUCCION

Fotosintéticamente el frijol ha sido clasificado como una planta C_3, cuyos requerimientos ambientales en cuanto a luz y temperatura están bien definidos. Muchos investigadores coinciden en señalar que las condiciones favorables para un buen desarrollo del frijol, son aquellas que presentan bajas temperaturas y bajas intensidades lumínicas, explicando que cuando el frijol es expuesto a altos niveles de estos factores, su desarrollo es menor debido a que estimulan la fotorrespiración. (Taylor y Rowley, 1971; Ray, 1977; Odum, 1977; Lépiz, 1979; Medina, 1977).

De los problemas que se presentan al cultivar frijol en el ciclo Primavera-Verano en la zona baja del Estado de Nuevo León, se considera que los más importantes son las altas temperaturas y las altas intensidades lumínicas, que por lo general coinciden con la etapa reproductiva del cultivo. La influencia nociva de las altas temperaturas puede reflejarse en un incremento en la caída de flores (Smith y Pryor, 1962), actuando de igual forma las altas intensidades lumínicas (CIAT, citado por Fanjul, 1978).

Una alternativa para incrementar la producción del frijol en tales condiciones es sembrándolo en asociación con maíz, ya que de esta forma el maíz podrá interceptar una gran cantidad de luz, y dar protección al frijol mediante una disminución de la temperatura y de la intensidad lumínica; es decir, formando un microambiente favorable para el desarrollo del frijol. A su vez, el grado de cobertura que proporcione el maíz dependerá del arreglo espacial (arreglo topológico) que guarde dicho cultivo en el terreno. Considerando lo anterior, se ensayaron diversos arreglos como factor de variación.

En base a las consideraciones y justificaciones ya mencionadas, la hipótesis que se plantea en el presente trabajo es: El desarrollo del frijol es afectado por las variaciones en el microambiente que provocan los diferentes arreglos topológicos de asociación con maíz y en unicultivo.

REVISION DE LITERATURA

Las estadísticas sobre la producción de frijol (SARH, 1980) de las zonas bajas del Estado de Nuevo León, indican que en el ciclo Primavera-Verano se siembran 57 ha, mientras que la superficie sembrada en el ciclo Otoño-Invierno es de 5,234 ha. Esto se debe a que los agricultores han costatado a través de los años, la desventaja que implica el cultivar frijol en el ciclo Primavera-Verano; además, los manuales técnicos no recomiendan el cultivo del frijol en dicho ciclo (SARH, 1982). Posiblemente por ser una planta C_3, el frijol tenga ciertas dificultades para adaptarse a altos niveles de temperatura e intensidad luminosa; los cultivos que presentan una ruta fotosintética C_4, como el maíz, están fisiológicamente mejor adaptados para desarrollarse bajo estas condiciones (Taylor y Rowley, 1971; Ray, 1977; Odum, 1977; Lépiz, 1979; y Medina, 1977).

Como consecuencia, la capacidad competitiva de plantas C_4 en habitats cálidos y áridos es considerablemente mayor que en las C_3, debido sobretodo a la mayor eficiencia de las plantas C_4 en la utilización de agua, característica asociada con sus altas tasas fotosintéticas y sus niveles insignificantes de fotorrespiración. (Medina, 1977). Las plantas C_4 en condiciones normales de irrigación y nutrición mineral consumen de 275 a 375 litros de agua por cada kilogramo de materia seca producida, mientras que en las mismas condiciones, las C_3 consumen de 500 a 900 litros de agua (Medina, 1977 y Odum, 1979).

Aunado a lo anterior debe considerarse el mayor costo energético del metabolismo C_4, en comparación con el C_3, que lo excluye de habitats sombreados y reduce su ventaja competitiva en habitats fríos, donde la fotorrespiración de las C_3 es relativamente menos importante (Medina, 1977). Se ha observado que en zonas donde prevalecen condiciones favorables de humedad durante todo el año, predominan las especies C_3; en cambio, en lugares donde se presentan períodos secos, hay abundancia de especies C_4 (Medina, 1977).

Se sabe que en frijol la absorción de CO_2 disminuye a medida que la temperatura aumenta más allá del óptimo (Demolon, 1972), y que ésta afecta negativamente la formación de las flores y el número y peso de vainas (Mack y Singh, 1969) e incrementa la abscición de los órganos reproductivos (Smith y Pryor, 1962). Por otra parte, se ha encontrado que el efecto de las altas temperaturas en la viabilidad del polen de frijol ha sido negativo (Farlow et al., 1978), aunque no afectan su habilidad para el amarre de las vainas (Halterlein et al., 1980).

En cuanto a los efectos de la luz y radiación solar, se ha encontrado que cuando el frijol se desarrolla bajo una iluminación de 3 200 lux su fotosíntesis por unidad de área se reduce en un 30% en comparación con el frijol que se desarrolla bajo una iluminación de 22 000 lux (Crookston et al., 1975). La abscición de órganos reproductivos por efectos de altas intensidades lumínicas, se ha encontrado en algunas variedades de frijol (Fanjul, 1978).

MATERIALES Y METODOS

El presente experimento se llevó a cabo durante el ciclo Primavera-Verano de 1981, en el Campo Agrícola Experimental de la FAUANL, en Marín, N.L., bajo condiciones de riego.

Los materiales genéticos utilizados fueron el cultivar de frijol Pinto Americano y el híbrido de maíz H-417.

Los tratamientos considerados fueron seis arreglos topológicos de los cultivos asociados, más los dos testigos sin asociación (Figura 1); los 8 tratamientos fueron evaluados en un diseño bloques al azar con cuatro repeticiones.

La unidad experimental utilizada fue de seis surcos (4.8 m) de 6.6 m de largo, excepto en los tratamientos 4 y 8, donde se utilizaron 8 y 10 surcos respectivamente con la misma longitud.

La siembra del frijol fue realizada 20 días después de la del maíz, lo cual permitió que coincidiera el período de floración del frijol con la máxima cobertura del área foliar del maíz.

La densidad de población utilizada fue constante para todos los tratamientos, siendo ésta de 83 333 y 41 666 plantas/ha para frijol y maíz, respectivamente.

Para la comparación de los tratamientos se consideró el crecimiento del frijol a través de cuatro muestreos semanales realizados a partir de los 18 días después de la emergencia, tomando muestras de diez plantas. En el caso de los tratamientos T_1, T_2 y T_4 (Figura 2), los muestreos fueron divididos en dos tipos, dadas las características de los arreglos topológicos.

En la etapa de madurez fisiológica se cuantificó la longitud de la guía principal y los nudos totales por planta, utilizando una muestra de 20 plantas de frijol; a la cosecha se utilizó una muestra de 40 plantas por parcela para evaluar el rendimiento individual, así como las variables longitud de vaina, peso y volumen de 100 semillas, vainas por planta, semillas por vaina, vainas vanas por planta y semillas abortivas por vaina.

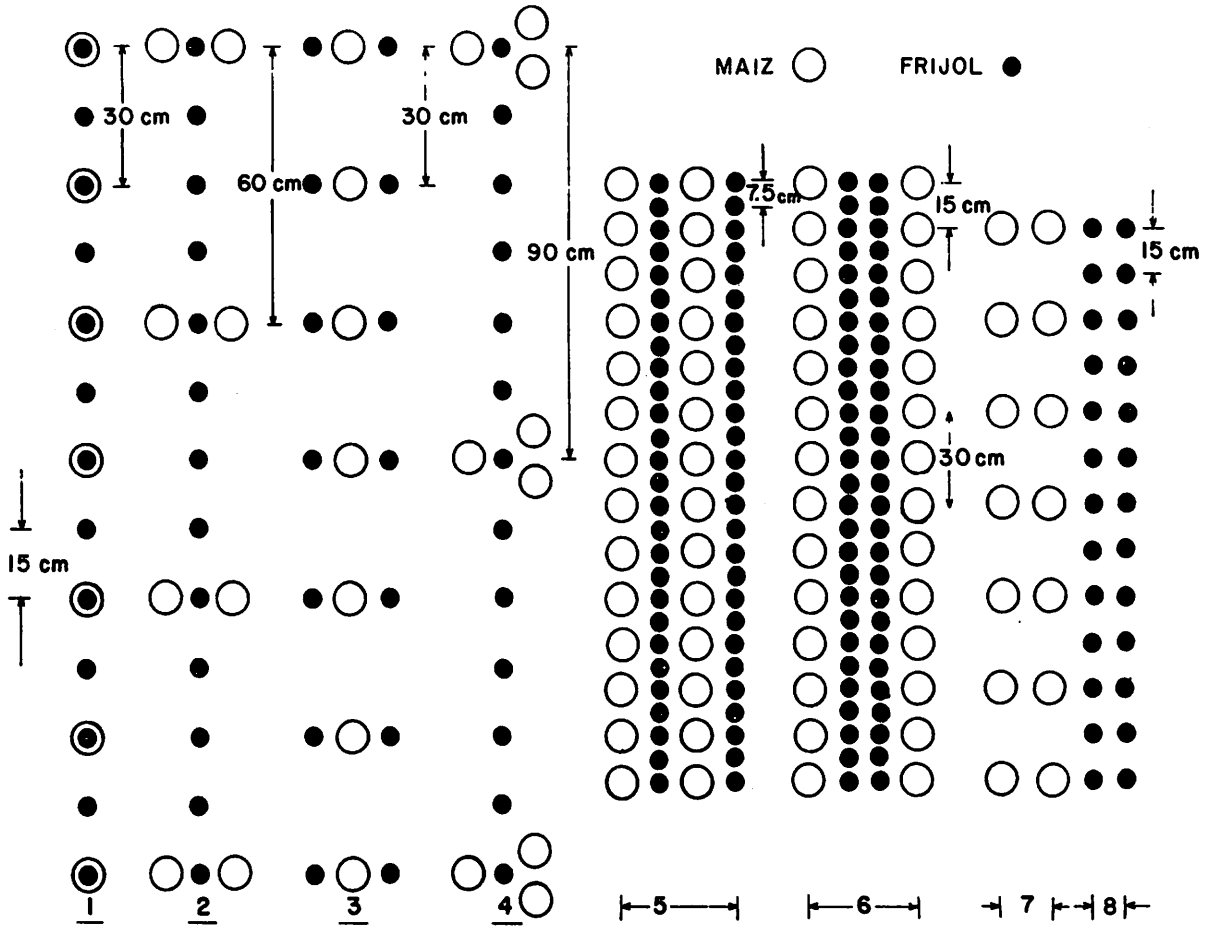

Fig._1 Representación de los arreglos topológicos utilizados en maíz y frijol.

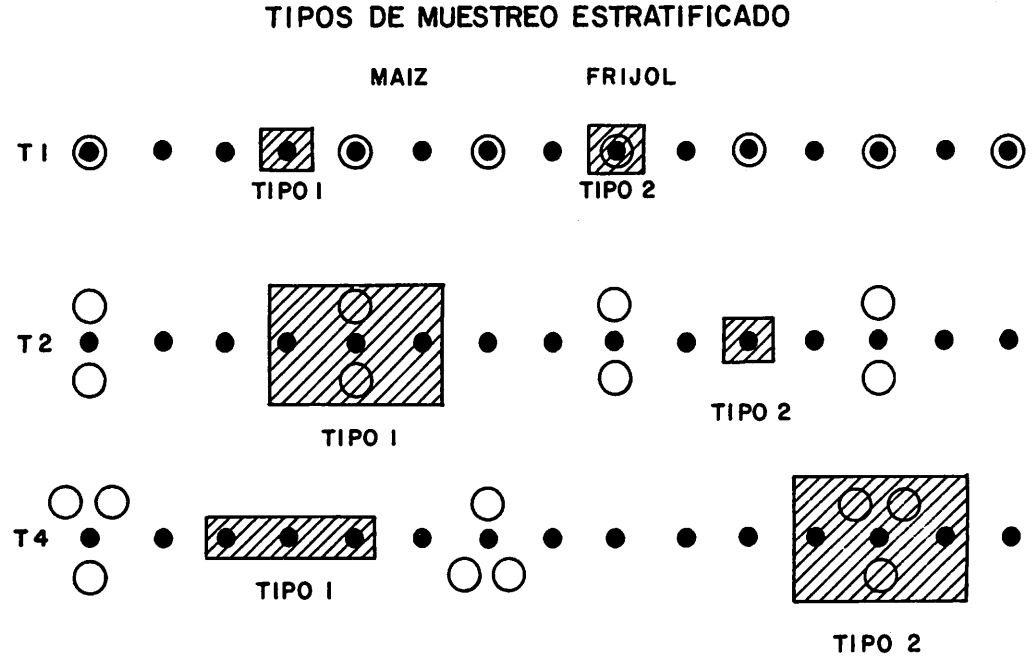

Fig._2 Representación del tipo de muestreo utilizado en los tratamientos 1, 2 y 4, para efectuar el análisis de acumulación de materia seca.

Para el caso del maíz, se marcaron 20 plantas y cada siete días se cuantificó el área foliar, la altura de la planta y la cantidad de hojas liguladas, también se midió la altura final de planta, diámetro y longitud de mazorca, número de hileras y el peso y volumen de 100 semillas. Para el análisis estadístico del rendimiento se consideró una muestra de 20 plantas.

En lo que se refiere a las variables ambientales, se registraron diariamente las temperaturas máxima y mínima del aire a la misma altura y en forma contigua a las plantas de frijol; estas lecturas se hicieron en la mañana, al mediodía y en la tarde.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el análisis de crecimiento con base en la acumulación de materia seca efectuado en frijol, se encontró que únicamente en los dos primeros muestreos hubo diferencias significativas entre tratamientos. En la Figura 3 se puede observar cómo los cuatro tratamientos de asociación por lo general son los que presentan niveles mayores de acumulación de materia seca, luego le siguen en un nivel inferior los tratamientos T_5 y T_6 de intercalamiento y el T_8 de unicultivo.

El ciclo de crecimiento del frijol, resultó interrumpido por la presencia de factores bióticos (Empoasca sp.) y abióticos (granizada del 9 de mayo) durante el desarrollo del cultivo, observándose que ambos tipos de factores tuvieron un mayor impacto en el univultivo de frijol. En este sentido, Lépiz (1974) informó que los efectos de granizadas y heladas fueron menores cuando el frijol se asoció con maíz.

Al comparar los dos tipos de muestreo en relación a la acumulación de materia seca de frijol, se encontró que no hubo diferencias significativas entre ellos, de lo que se infiere que efecto de las plantas de maíz sobre los de frijol fue similar para las diferentes distancias entre especies involucradas en los arreglos topológicos T_1, T_2 y T_4.

Tampoco existieron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto a la eficiencia de producción de materia seca, expresada como tasa relativa de crecimiento (TRC), aunque éstas variaron de 0.039 a 0.10 $g\ g^{-1}\ sem^{-1}$ en los distintos tratamientos (Figura 4).

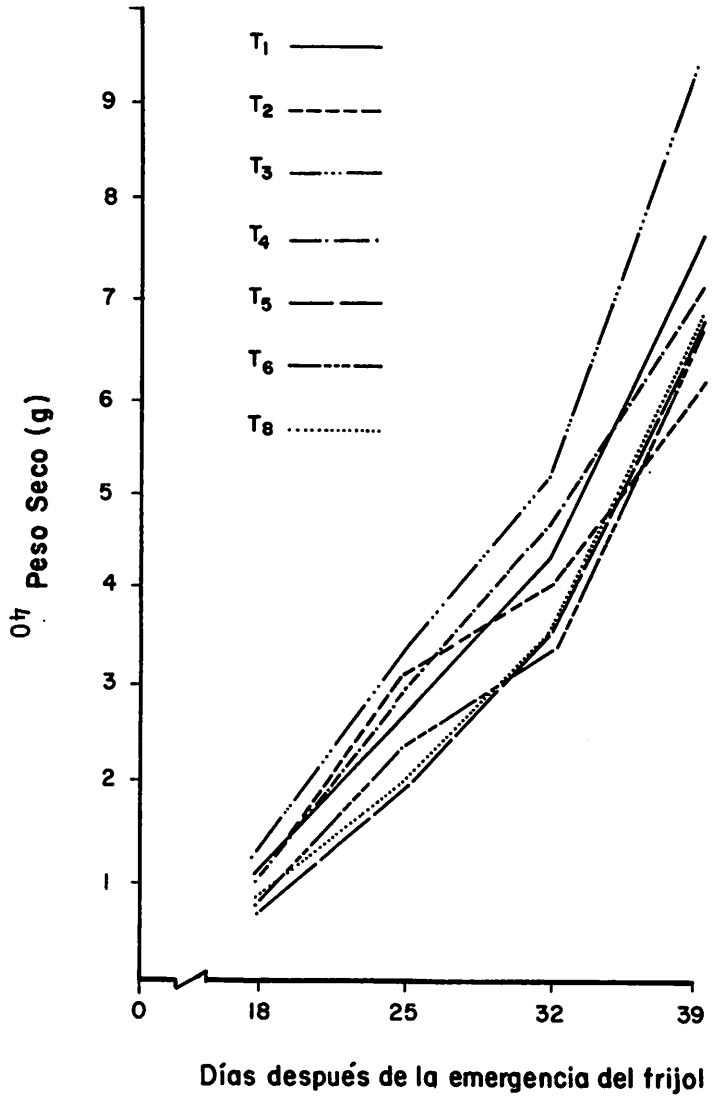

Fig._3 Curvas de acumulación de materia seca en frijol, a través del ciclo de cultivo.

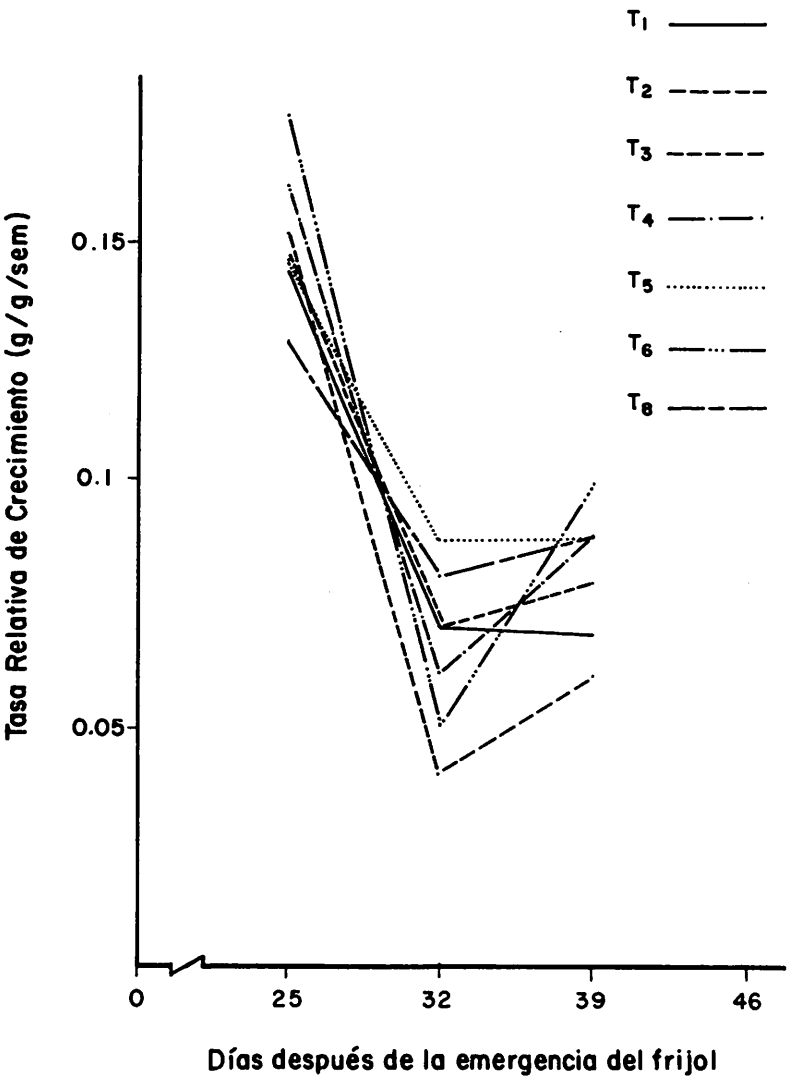

Fig._4 Tasas relativas de crecimiento en frijol, a través del ciclo del cultivo.

En las variables morfológicas de frijol, se encontró que sólo la longitud de la guía principal presentó diferencias significativas entre tratamientos, siendo las plantas con guías más largas producto de las asociaciones y las más pequeñas las de los intercalamientos y unicultivo. Se puede inferir que esta diferencia en el crecimiento de las guías, se debe a la longitud de los entrenudos y no al número de nudos, ya que estos últimos fueron similares para todos los tratamientos.

En cuanto al rendimiento de grano del frijol y sus componentes morfológicos, únicamente el rendimiento por planta y la producción de vainas por planta presentaron diferencias significativas entre tratamientos, correspondiendo la media mayor al intercalamiento de dos surcos contiguos de frijol (T_6), aunque éste fue estadísticamente similar a los demás intercalamientos y asociaciones, con excepción del tratamiento 2; en el unicultivo la producción de grano fue nula (Cuadro 1). En vista de lo anterior, se comprobó la recomendación que hacen los agricultores de la región, la cual se refiere a no sembrar frijol en el ciclo Primavera-Verano "porque no rinde".

Cuadro 1. Comparación de medias entre tratamientos para el rendimiento por planta y la producción de vainas, en frijol.

Tratamientos	Vainas por Planta	Rendimiento (g/pl)
T_6 = Intercalamiento 2	4.18 a[1]	2.49 a[1]
T_1 = Asociación	2.97 a b	2.10 a b
T_3 = Asociación	3.19 a b	2.06 a b
T_5 = Intercalamiento 1	3.30 a b	1.57 a b
T_4 = Asociación	2.63 a b	1.41 a b
T_2 = Asociación	2.05 b	0.92 b
DMSH (.05)	1.58	1.47
C.V. (%)	23.36	37.56

[1] Letras iguales indican medias estadísticamente similares

Para las variables morfológicas de maíz, sólo la altura final de planta y la cantidad de hojas apreciadas en el cuarto muestreo, presentaron diferencias significativas entre tratamientos. En relación a la altura de planta, el tratamiento T_3 de asociación fue siempre superior al resto de tratamientos (Figura 5), mientras que en número de hojas las diferencias detectadas parecen poco importantes (Figura 6).

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

En la Figura 7 se observa que durante las cuatro últimas semanas consideradas, los tratamientos T_5 y T_6 de intercalamiento y T_8 de unicultivo de frijol, presentaron los niveles más altos de temperatura máxima, en comparación con los cuatro tratamientos de asociación. Para la temperatura mínima se presentó el caso contrario, ya que a partir del tercer período de muestreo las asociaciones ocuparon generalmente los niveles más altos de temperatura, mientras que los niveles inferiores correspondieron al unicultivo y a los intercalamientos T_5 y T_6 (Figura 8). Cabe mencionar que para las temperaturas mínima y máxima se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en las últimas tres semanas estudiadas. Para la temperatura de la manaña, solamente en la cuarta semana se presentaron diferencias significativas, pudiéndose observar que el unicultivo de frijol presentó los niveles más altos, y para la temperatura de la tarde no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

Por las características de temperatura en cada arreglo topológico, se puede plantear que el sombreo provocado por el maíz sobre el frijol propició condiciones favorables para el desarrollo de este último, al disminuir la temperatura del aire en el estrato donde se desarrolla el frijol y atenuar la intensidad lumínica que se abatía sobre el mismo.

En general, se considera que la nula producción de frijol en unicultivo se debió a las altas temperaturas y la alta intensidad lumínosa, así como el mayor daño causado por el granizo y la chicharrita (Empoasca sp.).

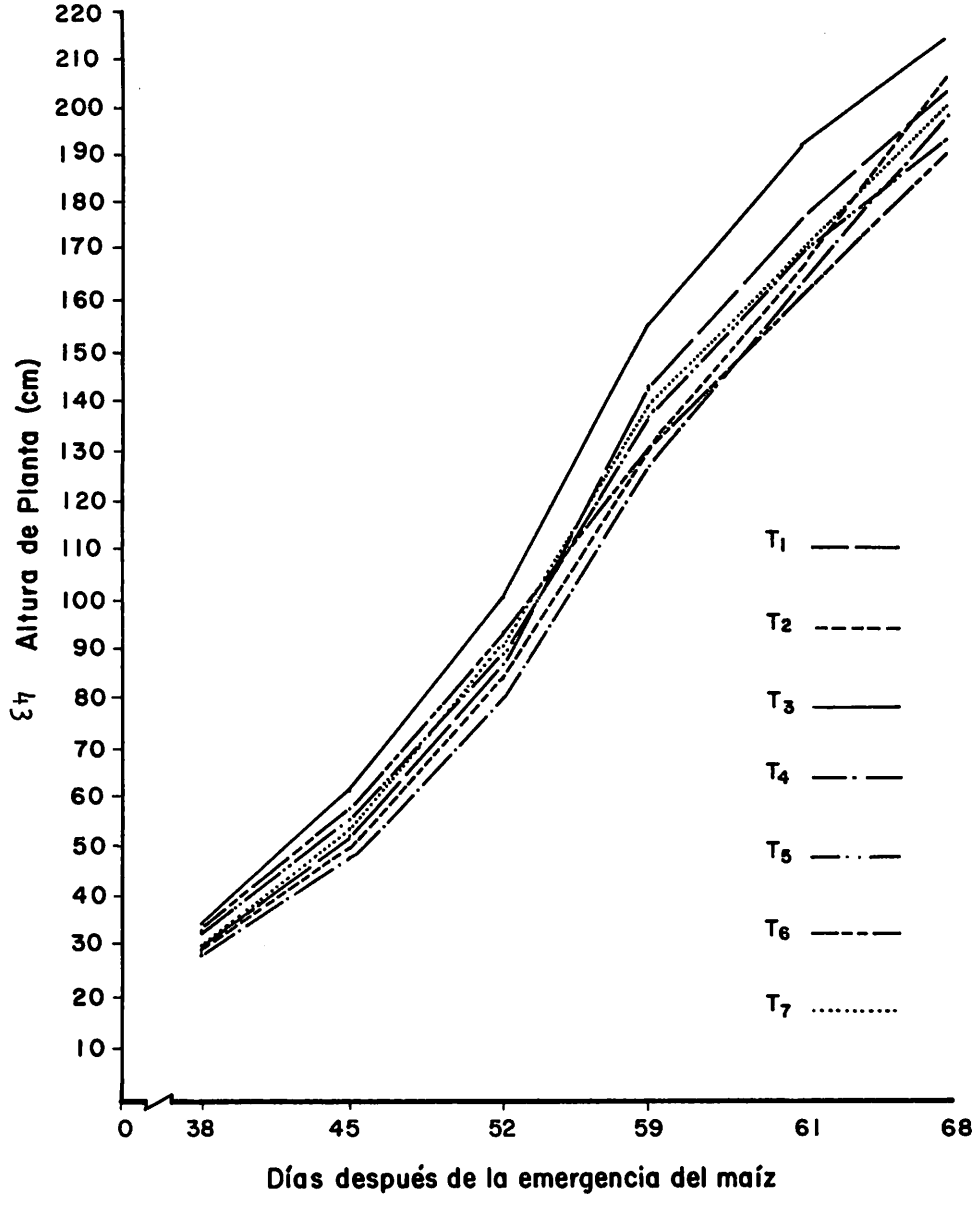

Fig._5 Curvas de crecimiento de la altura del maíz a través del ciclo del cultivo.

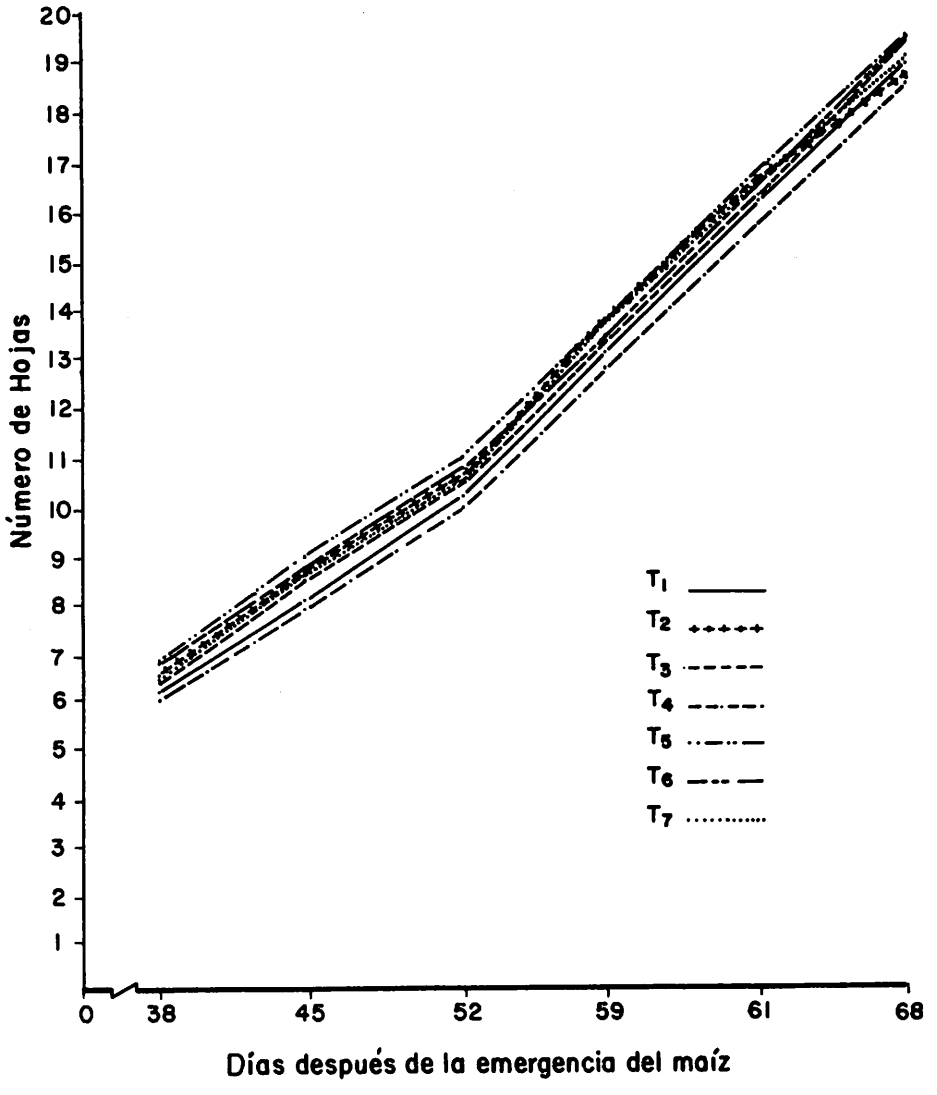

Fig._6 Curvas de crecimiento del número de hojas en maíz, a través del ciclo del cultivo.

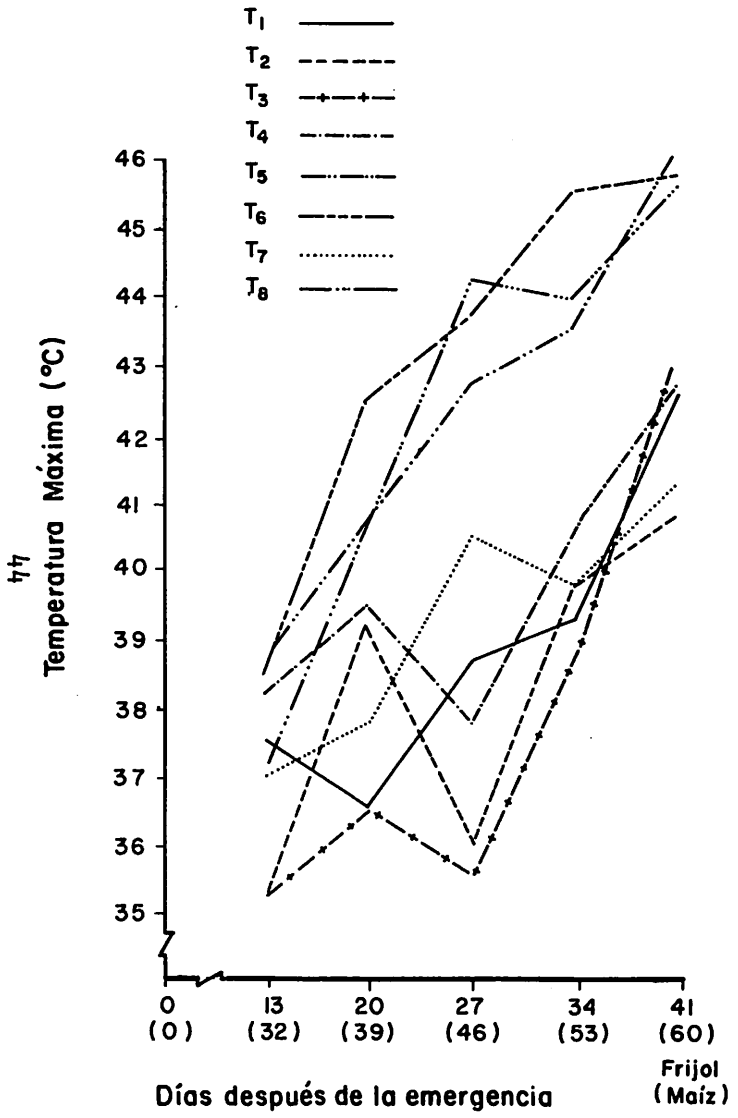

Fig._7 Temperaturas máximas que se presentaron en el estrato del frijol a través del ciclo de desarrollo de los cultivos.

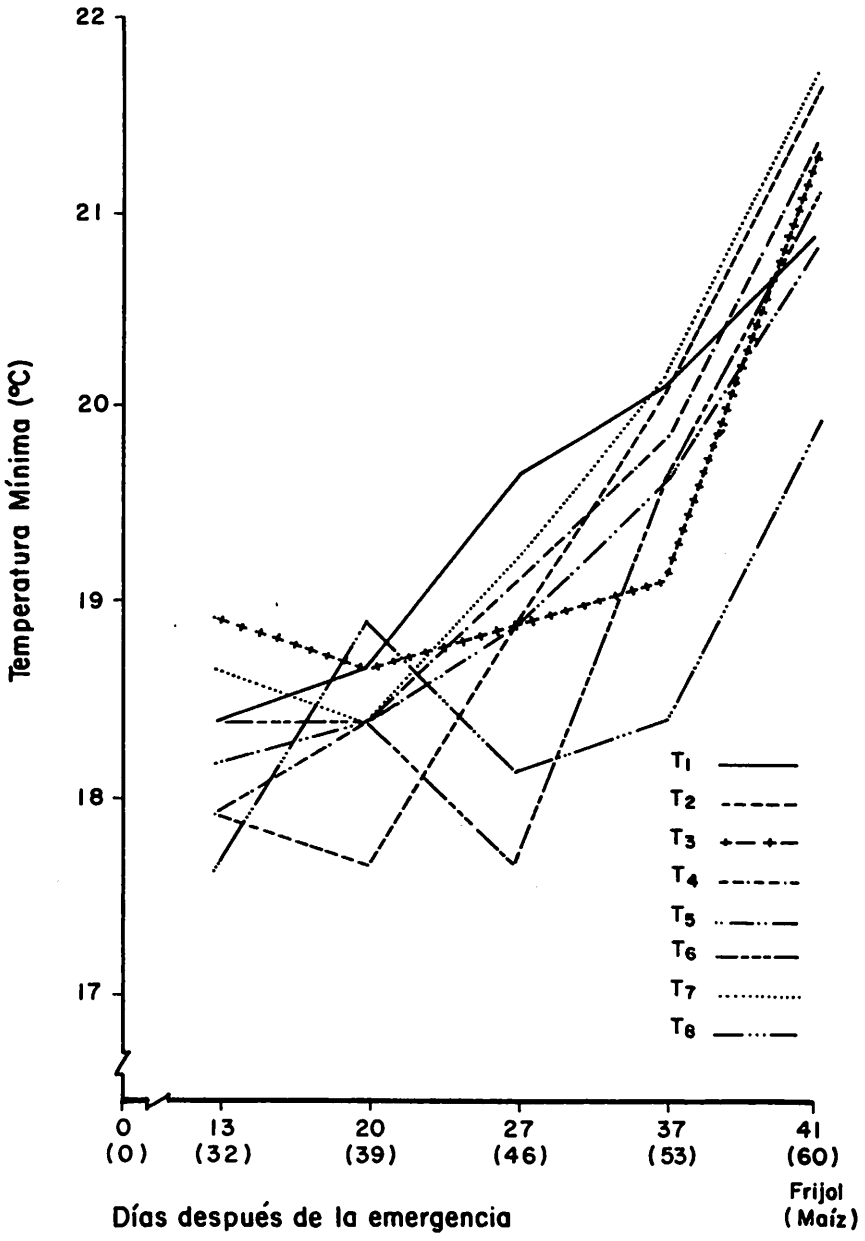

Fig._8 Temperaturas mínimas que se presentaron en el estrato del frijol a través del ciclo de desarrollo de los cultivos.

La variable rendimiento de grano de frijol correlacionó positiva y significativamente con las siguientes variables: nudos por planta (.97), longitud de vaina (.90), vainas por planta (.96), semillas por vaina (.84), peso (.91) y volumen de 100 semillas (.80); con la acumulación de materia seca en los muestreos 3 (.96) y 4(.96) y con la tasa relativa del crecimiento del cultivo (TRCC) del último muestreo (.74). En cambio correlacionó negativamente con semillas vanas por vaina (-.98), porcentaje de vainas vanas (-.74) y porcentaje de semillas vanas (-.93).

Por otra parte, el rendimiento del frijol correlacionó negativamente con el área foliar de maíz en el muestreo 1 (-.96), con el número de hojas de maíz aparecidas en el muestreo 5 (-.96) y con el total de hojas de maíz en el muestreo 5 (-.97); en cambio, correlacionó positivamente con el número de hojas aparecidas en el último muestreo (.98). Se puede inferir que el rendimiento del frijol aumenta a medida que el maíz asociado produce mayor sombreo en etapas avanzadas, pero el efecto del sombreo es negativo si ocurre en etapas tempranas del desarrollo del frijol.

En cuanto a la correlación del rendimiento de frijol con las variables ambientales, se encontró que las que correlacionaron positivamente fueron: temperatura máxima en la semana 1 y 2 (.90, .97), temperatura promedio (.99), de la mañana (.96) y de la tarde (.99) en la semana 2. Lo anterior sugiere nuevamente que el efecto de la temperatura del aire sobre el rendimiento del frijol está en función de la etapa de desarrollo en que éste se encuentre; teniendo las temperaturas altas un efecto favorable sobre el rendimiento del frijol cuando se presentan en la etapa de desarrollo vegetativo (semanas 1 y 2 de muestreo).

La variable rendimiento de maíz correlacionó positiva y significativamente con las siguientes variables: longitud de mazorca (.65), diámetro de mazorca (.78) y altura final de la planta (.67).

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

Por último, se puede considerar que la asociación y el intercalamiento de frijol con maíz favorece la producción del primero sin afectar la del segundo, al menos para los genotipos usados y las condiciones ambientales que prevalecieron en el período de estudio. Sin embargo, antes de recomendar la utilización de estos sistemas de cultivo, es necesario verificar los resultados obtenidos a través del tiempo y del espacio, así como considerar su compatibilidad con los sistemas de producción y los intereses de los agricultores.

CONCLUSIONES

1. El cultivo del frijol en asociación e intercalamiento con maíz permite obtener producción de grano de frijol bajo las condiciones del ciclo agrícola Primavera-Verano en las regiones bajas de Nuevo León.

2. El cultivo del maíz en asociación e intercalamiento con frijol no modifica su rendimiento de grano, con respecto al unicultivo.

3. El efecto favorable del maíz sobre el desarrollo del frijol, en los cultivos múltiples ensayados, se debe a la protección que le proporciona contra el granizo y el menor daño causado por la chicharrita (Empoasca sp.); además, en el caso de las asociaciones, al abatimiento que produce en las elevadas temperaturas del aire en el estrato del frijol.

BIBLIOGRAFIA

1. Crookston, R.K., K.J. Treharne, and J.L. Ozbun. 1975. Response of beans to shading. Crop Sci. 15(3): 412-416.

2. Demolon, A. 1972. Crecimiento de los vegetales cultivados. Trad. José Pérez. 2a. ed. Ed. Omega. Barcelona, España. 587 p.

3. Fanjul P., L. 1978. Análisis del crecimiento de una variedad de Phaseolus vulgaris L. de hábito de crecimiento indeterminado y ensayo para el estudio de las relaciones entre la fuente y la demanda de los fotosintatos. Tesis M.C., Rama Botánica. C.P., Chapingo, México.

4. Farlow, P.J., D.E. Byth and N.S. Kruger. 1978. The effect of temperature on seed set and in vitro pollen germination in french beans (Phaseolus vulgaris L.). En Resúmenes analíticos sobre frifol. CIAT. Vol. V.

5. Halterlein, A.J., C.D. Clayberg and I.D. Teare. 1980. Influence of high temperature on pollen grain viability and pollen tube growth in the styles of Phaseolus vulgaris L. En Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT. Vol. V.

6. Lépiz I., R. 1974. Asociación de cultivos maíz-frijol. Folleto técnico #58, SAG, INIA, México. 46 p.

7. _____ 1978. La asociación maíz-frijol y el aprovechamiento de la luz solar. Tesis de Doctor en Ciencias. C.P. Chapingo, México.

8. Mack, H.J. and J.N. Sing. 1969. Effects of high temperature on yield and carbohydrate composition of bush snap beans. J. Amer. Hort. 94: 60-62.

9. Medina, E. 1977. Introducción a la ecofisiología vegetal. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Monografía # 16 Caracas, Venezuela. 102 p.

10. Odum, E.P. 1979. Ecología. Trad. M.C. Morron. 2a. Ed., Ed. CECSA México, D.F. 282 p.

11. Ray, P.M. 1977. La planta viviente. Trad. Mariano A. Ed. CECSA, México, D.F. 265 p.

12. SARH, 1980. Producción a nivel municipal de frijol. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidraúlicos. Representación general en el Estado de Nuevo León.

13. _____ 1982. Manual de recomendaciones técnicas de cultivos. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidraúlicos. Representación general en el Estado de Nuevo León. 251 p.

14. Sivori, E.M., E.R. Montaldi y O.H. Caso. 1980. Fisiología vegetal. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 681 p.

15. Smith, F.L. and R.H. Pryor. 1962. Effect of maximum temperature and age on flowering and seed production in three bean varieties. Hilgardia 33: 669-689.

16. Santa Cecilia, F.C. and C. Vieira. 1978. Asociated cropping of bean cultivars with different growth habits. Turrialba 28 (1): 19-23.

17. Taylor, A.O. and J.A. Rowley. 1971. Plants under climatic stress. I. Low temperature, hihg light effects on photosynthesis. Plant Physiol. 47: 713-718.