

NOTA TÉCNICA

LA ASOCIACIÓN MAÍZ-FRIJOL, COMO ALTERNATIVA PARA AGRICULTURA CON PROBLEMAS DE HELADAS¹José S. Barrales²

RESUMEN

La asociación maíz-frijol como alternativa para agricultura con problemas de heladas. En 1994 se estableció un lote de evaluación con asociación maíz-frijol con el objetivo de evaluar su productividad en la región del Valle de Cuapixtla, Taxcala, Mex., ante la incidencia de heladas y en condiciones de temporal. Una helada a los 126 días causó la muerte de las plantas de maíz, mientras que el frijol terminó su ciclo biológico y produjo 350 kg/ha. En las plantas de maíz, donde se hizo desespigue, se encontró un rendimiento de 62,53 g/planta y 10% de plantas sin mazorca, mientras que en plantas normales la producción fue de 28,23 g/planta, y de 30% de plantas improductivas.

ABSTRACT

The maize/common bean association as an alternative for the agriculture of zones with problems of chilling injury to crops. During 1994, in Cuapixtla Valley, in Taxcala, Mexico, a region with frequent freezing injury to crops, the association of maize and common beans was evaluated to find out the potential of the maize plant cover in reducing damage on bean plants by freezing temperatures. A chilling wave 126 days after planting caused the death of maize plants, while the bean plants completed their biological cycle and produced 350 kg/ha.



INTRODUCCIÓN

La agricultura mexicana pasa en estos momentos por condiciones difíciles de improductividad en grandes áreas debido a factores adversos como sequías, heladas y por pérdidas en el valor de producción de los productos agrícolas. En promedio se cultivan alrededor de 20 millones de ha anuales, de las cuales el 80% son de temporal, donde hay sistemas de producción tradicionales que se abandonan, al no encontrar en la agricultura un modo de vida favorable para los productores. Hablar de regiones con problemas de heladas, es hablar de productores pobres, sujetos al cultivo de maíz y frijol como alimentos de subsistencia y con alto riesgo en su producción; sin embargo, se sigue haciendo agricultura aún con los altos riesgos, lo que justifica realizar estudios que tiendan a encontrar alternativas de producción en estas regiones.

La región del Valle de Huamantla se reconoce como una región de alto riesgo por sus altos niveles de incidencia de heladas, de sequías, de granizadas y fuertes vientos, que causan daños a los cultivos que ahí se prac-

tican. Grassi (1983) realizó un trabajo para definir la estación de crecimiento para comunidades de los estados de Puebla y Tlaxcala. Encontró para la comunidad de Cuapixtla, Tlax. una estación de crecimiento del 29 de marzo al 13 de octubre con un 10% de probabilidad de la última y primera helada. Si el nivel de probabilidad es del 5% ambos límites son el 8 de abril y 3 de octubre, lo que define desde el punto de vista térmico, estaciones de crecimiento de 198 y 178 días libres de heladas, cuyo aprovechamiento dependerá del establecimiento de las lluvias para poder realizar agricultura.

En el Distrito de Huamantla, se encuentra la comunidad donde se realizó el presente estudio, de 75,613 has dedicadas a la agricultura el 82,26% se usa para producir maíz y sólo el 1,98% se cubre con el cultivo de frijol (García, 1993). De hecho al maíz se le reconoce como una especie poco resistente a las heladas (Ventskevich, 1961) aunque el frijol lo es altamente sensible.

En un trabajo realizado en Montecillo, Mex. donde se analizaron las relaciones térmicas de cuatro especies

¹ Presentado en XLII Reunión Anual del PCCMCA en El Salvador, Centroamérica, 1996.

² Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 056230.

(1993) encontraron mayor sensibilidad a las heladas en el maíz que en especies como trigo, haba y girasol. En temperatura de la hoja encontraron hasta 3°C abajo de la temperatura del aire que la rodea, debido a su alto grado de emisividad de energía.

El frijol se ve afectado por temperaturas bajas sin que lleguen al nivel de helada (0 °C), causando diferentes daños sobre el frijol en función de la intensidad del fenómeno y del nivel de desarrollo de las plantas. Se menciona que el frijol puede tolerar de 4 a 5° C por un tiempo breve de exposición (White, 1985) sin sufrir daño alguno, aunque este puede manifestarse a nivel de composición bioquímica de las semillas.

Jacinto y Fernández (1993) utilizando siembras retrasadas de frijol, observaron cambios en la composición de la semilla tales como un aumento en proteína, de triptofano y predominio de la fracción albúminaglobulina en esa proteína. Además, como efectos adversos se encontró una disminución de 20 a 35% en su peso, aumento de agua durante la imbibición y aumento en el tiempo de cocción por haber mayor porcentaje de testa.

En regiones con problemas de heladas, los productores lo que hacen es utilizar maíz cuando la estación de crecimiento es amplia y frijol cuando se reduce a unos 100 días. En ambas especies se explotan características genéticas de precocidad para disminuir riesgos de producción. Se han hecho algunos estudios sobre algunas prácticas agrícolas que permitan asegurar producción ante fenómenos de sequías y heladas.

En la región de Cuapiaxtla, Tlax. se estudió el efecto del desespigamiento en maíz sobre el rendimiento. Se encontró que esta práctica aumentó el rendimiento hasta en 43% en un material criollo, y sólo en 13% en un híbrido comercial en condiciones de deficiencias de humedad. Por otro lado, se encontró una reducción de tres días en la floración femenina (Barrales, 1979) lo que de alguna manera reduce el ciclo biológico y por tanto disminuye el riesgo de las heladas tempranas. Sobre el incremento en rendimiento por efectos de desespigamiento existen muchas evidencias aunque su magnitud depende del material genético y las condiciones ambientales del cultivo. En un trabajo realizado con híbridos comerciales se encontró en promedio incrementos del 31 % (Espinoza y Celis, 1987) aunque depende también de la época en que se elimina la panícula.

Sobre frijol se han hecho estudios en la asociación maíz frijol como una manera de asegurar la producción de la leguminosa en condiciones ambientales adversas. Cantú y Salinas (1985) mencionan una protección del maíz al frijol contra altas temperaturas, contra graniza-

das y registran rendimientos de frijol cuando este no se obtuvo en la parcela con unicultivo por efectos de granizo y plagas.

En el presente trabajo se planteó como objetivo, estudiar la asociación maíz-frijol como una alternativa para disminuir los riesgos de producción en regiones con altas probabilidades de heladas, con la hipótesis de, que la cubierta foliar del maíz representa una eficiente protección para el frijol, contra los efectos de helada, disminuyendo los daños sobre las plantas.

MA TERIALES Y MÉTODOS

Localidad de estudio

Se hizo el trabajo en un lote de producción comercial, ubicado en la parte baja de un valle donde el riesgo de helada es alto. La localidad de Cuapiaxtla, Tlax. se ubica a los 19°18'N y 98°15'W y a una altitud de 2450msnm. Su clima es templado subhúmedo con mayor cantidad de lluvias de mayo a setiembre y un total de 670 mm anuales. Su temperatura media anual es de 14°C y una extensión de 136.971 km cuadrados (INEGI, 1994).

Establecimiento del lote de observación

La siembra se realizó el 23 de mayo de 1994 cuando hubo humedad en el suelo producto de las lluvias. La emergencia ocurrió a los seis días después. Se estableció un lote comercial sembrando con maquinaria agrícola, una mezcla de 40 kg de maíz con 20 kg de frijol, quedando la distribución de las semillas en el campo, sujetas a lo aleatorio que implica el funcionamiento de las sembradoras mecánicas. Se aplicó la fórmula de fertilización 80-40-00 utilizándose la mitad de nitrógeno en la siembra y el resto se aplicó a los 45 días después.

Material genético

Se utilizó el maíz híbrido varietal HV -Jornalero 1, del programa de maíz de la Universidad Autónoma Chapingo, de grano blanco y harinoso, con 80 a 112 días a la floración, de 135 a 165 días de ciclo biológico y con altura de planta de dos a tres metros (Mendoza, 1994). Para frijol se utilizó el material Pue I 87-IOB derivado de selecciones individuales con buen potencial de rendimiento ante factores adversos (Barrales, 1991); este genotipo tiene capacidad de trepar y en promedio inicia la floración a los 45 días viéndose modificado este carácter por la magnitud de la lluvia.

Tratamientos de desespigamiento

A los 83 y 90 días se hizo eliminación de panícula cada cuatro surcos en forma intercalados, quedando un surco con desespigado y tres normales, buscando aumentar la eficiencia de uso de agua por derivar los fotosintatos hacia el jilote.

Variables registradas

Se registró la lluvia acumulada por semana en el lote de observación, con base en la propuesta de Barrales y Muñoz (1983). Además, se hicieron registros de algunas fases fenológicas en maíz y frijol, así como de la altura de planta cada semana (al extremo más alto de las plantas). Se hicieron evaluaciones del efecto de desespigamiento haciendo muestreos de 10 plantas para evaluar peso húmedo a intemperie, y en otras 10 plantas se llevó a peso seco en una estufa a 70°C durante 72 horas. También se trabajó con velocidad de crecimiento (ganancia en altura respecto al tiempo, VC) y con Tasa Relativa de Crecimiento (TRC) calculadas a nivel semanal. Se empleó la prueba de t para establecer diferencias entre el tratamiento con sus testigos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se representa la variación de la precipitación pluvial a lo largo del ciclo biológico, así como las curvas de crecimiento de maíz y frijol. La altura de planta en maíz fue de 217 cm (+ 14,3) y frijol de 73.6 cm (+ 5,46) evaluados a los 126 días cuando ocurrió la helada. Las curvas de crecimiento siguieron un comportamiento biológico de las plantas, denotando variaciones relacionadas con los cambios en la precipitación pluvial. De hecho, entre los 53 y 60 días de edad de la planta, hubo una disminución en el agua de lluvia, lo que también influyó para que se registraran menores tamaños de las plantas de maíz y frijol, por estar éstas dentro de la etapa de crecimiento logarítmico; es en este periodo donde se tuvieron VC de -0.775 y -0.373 respectivamente (Figura 2). Las TRC también manifestaron una caída en su valor para este intervalo de tiempo en ambas especies.

En frijol ocurrió la formación de botones florales (BF) a los 49 días, el inicio de la floración a los 56 días y a los 62 días el inicio de la formación de vainas. Todas estas fases coincidieron con condiciones favorables de lluvia lo que permite entender que hubo un buen amarre de vainas si se considera que las primeras flores

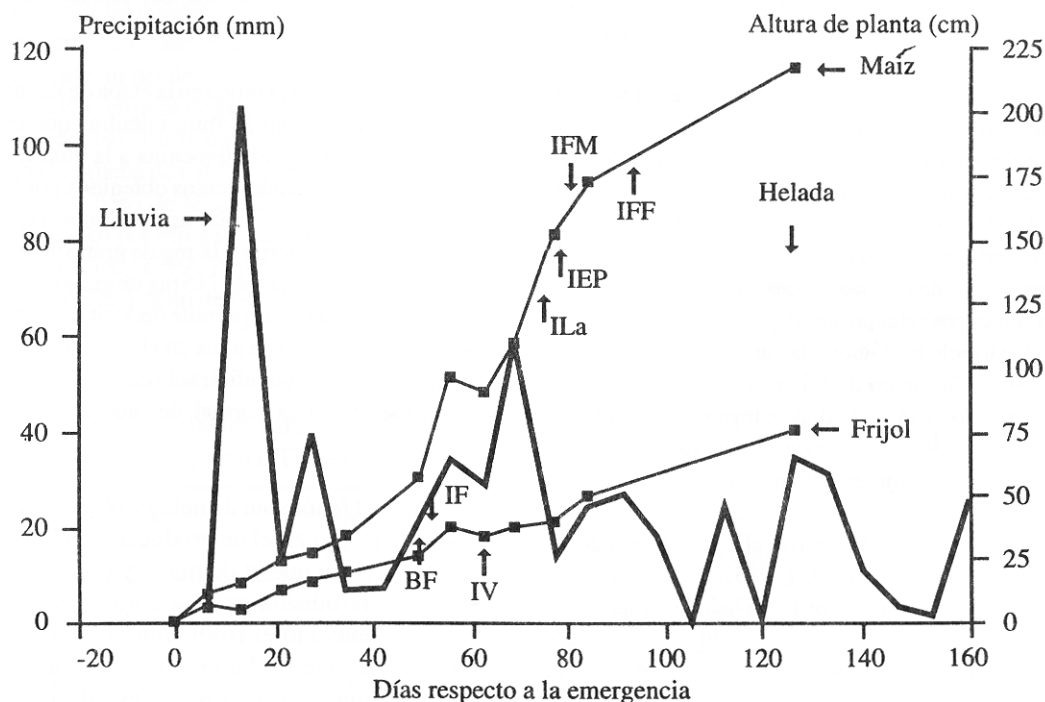


Fig. 1. Distribución de la lluvia y curvas de crecimiento de maíz y frijol asociados. Cuapiaxtla, Tlax. 1994.

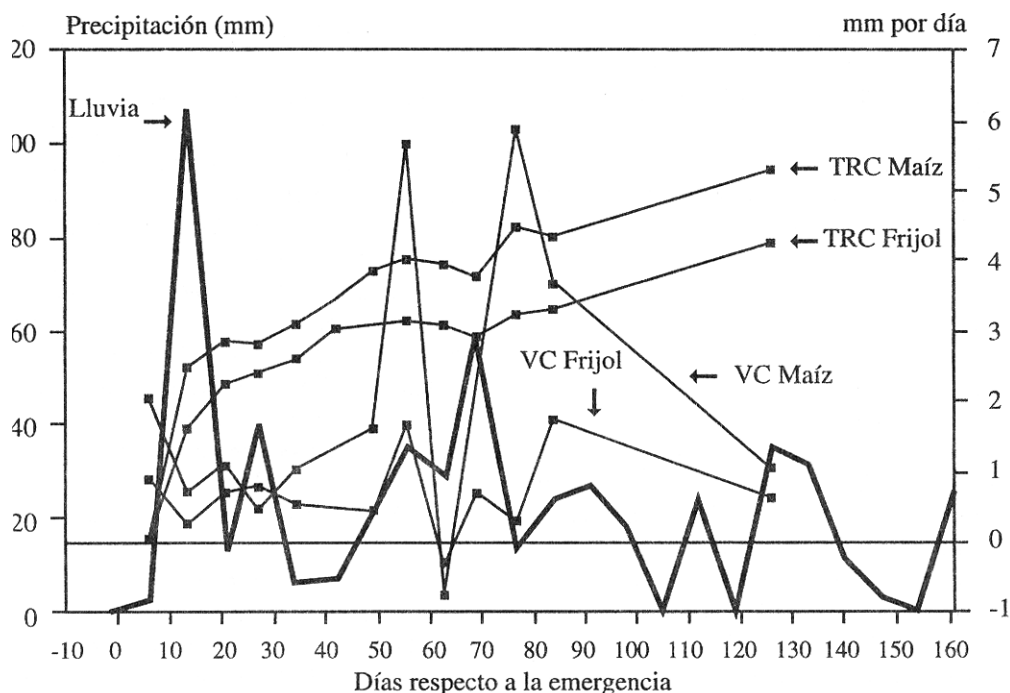


Fig. 2. Comportamiento de la velocidad de crecimiento (VC) y tasa relativa de crecimiento de maíz y frijol asociados. Cuapiaxtla, Tlax. 1994.

tienen la mayor probabilidad de amarre (Prieto y Kohashi, 1981). En maíz el inicio de la emergencia de panícula ocurrió a los 77 días mientras que la floración femenina inició a los 91 días, fases que coincidieron con menores condiciones de lluvia (Figura 1).

Del inicio de floración en frijol a la presencia de la helada hubo 70 días, tiempo durante el cual llovieron 225,25 mm de agua; en el maíz, del inicio de la emergencia de la panícula a la muerte por helada hubieron 49 días donde llovieron 125,09 mm de lluvia. Los daños por helada en maíz fue la muerte total del follaje, observándose el tallo verde hasta 10 días después; en el caso de frijol los daños no fueron evidentes por estar protegidos por el follaje del maíz, continuando su ciclo biológico a pesar de que ya estaban las plantas en amarillamiento de follaje y con 10% de vainas amarillas. Entre los 133 y 140 días se levantaron las plantas de frijol en las cuales se observaron aun vainas verdes e incluso algunas hojas sin amarillamiento.

El fenómeno de helada ocurrió el 2 de octubre, un día antes que de acuerdo con Grassi (1983), existe el 10% de probabilidad de que ocurra la primera helada temprana en esta región. El maíz, de acuerdo a su duración de ciclo biológico que va de 135 a 165 días (Mendoza 1994), aún se encontraba en llenado de grano a pesar de sembrarse de acuerdo a las especificaciones

técnicas de la fecha de siembra recomendada; el frijol a pesar de estar también en esta etapa, tenía más tiempo de llenado de vainas y sólo a nueve días de terminar su ciclo biológico normal (135 días en condiciones favorables) cuando se presentó el fenómeno.

Considerando la lluvia en la etapa de llenado de grano, en frijol cayeron 196,38 mm, mientras que en maíz solo 75,46 mm (de floración femenina a la muerte de plantas). De acuerdo a los rendimientos obtenidos por ha de 350 kg de frijol y 540 kg de maíz, se puede observar que por m cuadrado se produjeron 178 mg de grano de frijol por cada litro de agua de lluvia y de 715 mg de grano de maíz por litro de lluvia recibida. Esto permite deducir que a pesar de tener poca disponibilidad de agua en el maíz durante esta etapa, manifiesta una mayor eficiencia de uso de agua respecto al frijol, característica normal de una planta C4 sobre las plantas C3.

Ante el fenómeno de helada, el frijol ofreció mayor seguridad en su nivel de producción por su ciclo biológico más corto que el de maíz, y por que la helada no evitó que terminada su vida normal. Sin embargo, de haberse sembrado el frijol como monocultivo, lo más probable es que no hubiera producción debido a una granizada que ocurrió a los 71 días, tal como sucedió con el trabajo de Cantú y Salinas (1985) en su investigación con asociaciones maíz-frijol.

El maíz ha sido observado como sensible a las heladas (Venstkevich, 1961; Carrilo *et al.*, 1993) por lo que los daños sufridos parecen nonnales. Sin embargo, el frijol es de mayor susceptibilidad y ante el fenómeno de helada la falta de daños visibles se debe explicar sólo por la cubierta vegetal del maíz, aunque pudieron haber daños no visibles como los indicados por Jacinto y Fernández (1993). La cubierta en sí misma permite mayores niveles de temperatura en el suelo, pues en evidencias en el Colegio de Postgraduados en el periodo invernal, el suelo se enfría más rápido en suelos cubiertos por plantas pequeñas que aquellos con una mayor cubierta vegetal, cuyas diferencias van entre 3 y 5°C.

En el trabajo de Cantú y Salinas (1985) se observa como la temperatura es menor durante el día, en el estrato ocupado por frijol asociado con maíz, y mayor durante la noche. De hecho, en el presente trabajo se hizo un registro de temperatura foliar a los 98 días encontrándose en maíz 18,9°C (+ 1,38), en frijol 17,14°C (+ 1,99) y en el suelo de 22,1 °C (+ 1,99). La diferencia técnica entre maíz y frijol fue de 1.81°C (+ 1,42), entre suelo y maíz de 3,14° (+ 2,43) y entre suelo y frijol de 4.96°C (+ 2,11). Es de esperarse que durante el fenómeno de helada las plantas de frijol se enfriaron menos que las del maíz debido a la barrera protectora de las hojas de la gramínea, 10 que disminuye las tasas de caída de temperatura.

En regiones con problemas de agua el efecto del desespigamiento ha sido favorable por enviar fotosintatos hacia la formación de las mazorcas (Barrales, 1979). En este trabajo se registró con base a peso seco a intemperie incrementos por efecto del desespigamiento en el peso de mazorca del 222.8%, en peso de grano de 221,5% y en peso de una semilla de 147.8% (Cuadro 1). Se encontraron diferencias con la prueba de t al 5%, en peso de mazorca y grano, no así en el peso de la semilla. Estos porcentajes superan los señalados por otros investigadores en trabajos de este tipo (Barrales, 1979; Espinoza y Celis, 1987), aunque sin tener el fenómeno de heladas, que truncan los ciclos biológicos.

Cuadro 1. Variables para cuantificar el efecto del desespigamiento en base a peso húmedo a intemperie - (g) Cuapiaxtla, Tlax. 1994.

Variable	Peso de Mazorca	Peso de Grano	Peso de I Semilla
Desespigado (D)	78,49	62,53	0,204
	+ 43,73	+ 35,64	+ 0,079
Normal (N)	35,22	28,23	0,138
	+ 35,09	+ 29,60	+ 0,107
Incremento (%)	222,80	221,50	147,80
valor de t (D-N)	2,44*	2,34*	1,56ns

Estas diferencias pueden explicarse debido a que en plantas desespigadas, la emisión de jilotes ocurrió los cinco días antes que plantas nonnales, lo que da una ventaja a las plantas desespigadas, por iniciar antes su etapa de llenado de grano.

En función del peso seco, como una muestra de la materia seca fijada por el proceso de fotosíntesis, los incrementos derivados del desespigamiento fueron de 188,08% en mazorca con todo y hojas, de 189,54 en mazorca, de 203,26% en grano y de 113,24% en porcentaje de grano. En estas variables también se registraron diferencias al 5% mediante una prueba de t de Student (Cuadro 2).

El desespigamiento se mostró favorable por acelerar la floración femenina de las plantas y por dejar sólo una estructura de demanda para la acumulación de fotosintatos, lo que al final logró un mayor rendimiento en plantas desespigadas que en plantas no desespigadas. Los rendimientos por planta de peso húmedo fueron de 62,53 g con desespigue y de 28,23 g en plantas normales, además las plantas jorras representaron el 10 y 30% en plantas con y sin desespigue.

Cuadro 2. Variables para cuantificar el efecto del desespigamiento en base a peso seco (g) Cuapiaxtla, Tlax. 1994.

Variable	Peso Total	Peso de Mazorca	Peso de Grano	% de Grano
Desespigado (D)	104,78	48,39	39,86	81,20
	+37,58	+19,94	+17,37	+ 4,36
Normal (N)	55,71	25,53	19,61	71,70
	+43,05	+21,61	+17,80	+11,30
Incremento (%)	188,08	189,54	203,26	113,24
valor de t (D-N)		2,45*	2,57*	2,48*

CONCLUSIONES

La asociación maíz-frijol permitió obtener producción de grano en ambas especies, de acuerdo al nivel de daño causado por una helada ocurrida a los 126 días, que provocó la muerte de las plantas de maíz y pocos daños visibles a las plantas de frijol protegidas por la cubierta vegetal del maíz.

Los mayores daños, sobre el rendimiento, se observaron en maíz debido a que la helada ocurrió en los primeros días de la etapa de llenado de grano, mientras que en frijol estos incidieron en la parte final de la misma etapa.

A pesar de mayor daño en maíz, éste registró la mayor eficiencia en el uso de agua, al registrarse mayor acumulación de materia seca por cada litro de agua de lluvia recibido por unidad de superficie.

Se encontró un efecto positivo del desespigamiento en maíz, debido a que acelera la floración femenina y por dejar como única estructura de demanda a los jilotes.

RECONOCIMIENTO

Esta investigación se realizó con recursos asignados a un proyecto de investigación en amaranto, aprobado por la Subdirección de Investigación de la Universidad Autónoma Chapingo, para 1994.

LITERATURA CITADA

- BARRALES, I.S. 1979. Efecto del desespigamiento en maíz bajo condiciones de temporal y su análisis económico. Tesis Profesional en Fitotecnia. UACH. Chapingo, Mex.
- BARRALES, J.S. 1991. Pue I 87-10: su potencial como variedad comercial de frijol. Resúmenes I Congreso de Agronomía en la UACH. Chapingo, Mex. p 46.
- BARRALES, J.S.; A. MUÑOZ O. 1983. Uso de datos de precipitación acumulativa y de temperaturas extremas semanales. Memoria del VIII Congreso Nacional de Fito-genética. SOMEFI. Chapingo, Mex. p. 279-288.
- CANTÚ, I; SALINAS G.E. 1985. Influencia del microambiente sobre el comportamiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en seis arreglos topológicos de asociación con maíz (*Zea mays* L.). Revista Fitotecnia 7:33-48.
- CARRILLO, JA.; LIVERA, M.; ORTIZ J; MENDOZA L. 1993. Relaciones térmicas en hojas de cuatro cultivos durante las heladas invernales en Montecillo, Mex. Revista Fitotecnia Mexicana. SOMEFI. México. vol 16:113-133.
- ESPINOZA, A; CELIS H.G. 1987. Desespigamiento y despunte en variedades comerciales de maíz de los Valles Altos Centrales de México. Revista Fitotecnia. SOMEFI. México No. 9:3-12.
- GARCÍA, P. 1993. Evaluación y situación actual de la asitencia técnica en el Distrito de Desarrollo Rural 165, Huamantla, Tlax. Tesis Profesional en Fitotecnia. UACH. Chapingo, Mex. 92p.
- GRASSI, B.A. 1983. Riesgo de primeras y últimas heladas en Puebla y Tlaxcala respecto a los cultivos básicos. Tesis de Maestría. C.P. Chapingo, Mex. 120p.
- INEGI, 1994. Monografía municipal Cuapiaxtla. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática-Gobierno del Estado de Tlaxcala. México. 55p.
- JACINTO, C; HERNÁNDEZ P. 1993. Efecto de las heladas sobre factores nutrimentales y de calidad de frijol. Revista Fitotecnia Mexicana. SOMEFI. México. Vol 16:91101.
- MENDOZA, M. 1994. Informe técnico del programa de maíz de los Valles altos Centrales. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, Mex.
- PRIETO, V; KOHASHI J. 1981. El orden de antesis y la ubicación de las flores: su relación con el rendimiento y sus componentes en frijol, *Phaseolus vulgaris* L., de hábito determinado cv. Cacahuatle 72. Revista Chapingo. No. 29-30:34-37.
- VENTSKEVICH, G.Z. 1961. Agrometeorology. Israel Program for Scientific Translation. Israel.
- WHITE, I. 1985. Conceptos básicos de fisiología de frijol. In Frijol, investigación producción, Ed. por M. López, F. Fernández y A.V. Shoonhoven. CIA T. Colombia. pp 43-60.