



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL**

EFFECTOS DE ARREGLOS TOPOLÓGICOS EN FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) SOBRE LA MALEZA Y PERIODO CRÍTICO DE COMPETENCIA

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL**

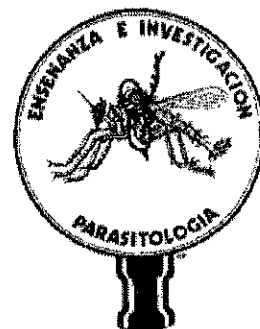
PRESENTA:

OSCAR DÍAZ JOSÉ

CHAPINGO, MÉXICO, SEPTIEMBRE DE 2008



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES



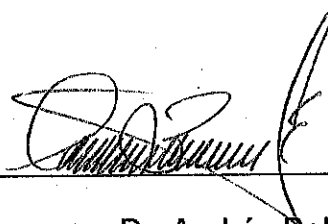
**EFFECTOS DE ARREGLOS TOPOLÓGICOS EN FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)
SOBRE LA MALEZA Y PERIODO CRÍTICO DE COMPETENCIA**

Tesis realizada por Oscar Díaz José, bajo la dirección del Comité Asesor indicado,
aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

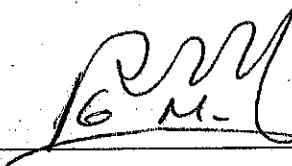
COMITÉ ASESOR:

DIRECTOR :



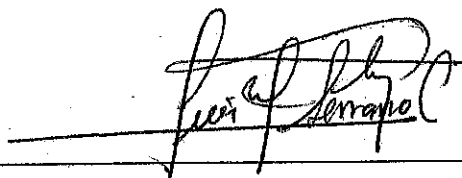
Dr. Andrés Bolaños Espinoza

CO-DIRECTOR :



Dr. Guillermo Mondragón Pedrero

ASESOR :



Dr. Luis Manuel Serrano Covarruvias

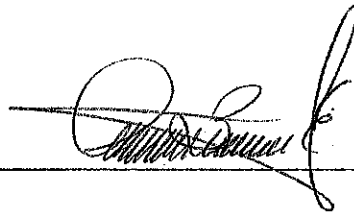
Chapingo, México, Septiembre de 2008

**EFFECTOS DE ARREGLOS TOPOLÓGICOS EN FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)
SOBRE LA MALEZA Y PERÍODO CRÍTICO DE COMPETENCIA**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Oscar Díaz José, autor del presente trabajo de Tesis de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal estuvo conformado por:

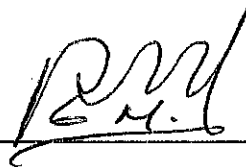
CONSEJO PARTICULAR:

PRESIDENTE :



Dr. Andrés Bolaños Espinoza

ASESOR :



Dr. Guillermo Mondragón Pedrero

ASESOR :



Dr. Luis Manuel Serrano Covarrubias

Chapingo, México, Septiembre de 2008

AGRADECIMIENTOS

Al **CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**, por el apoyo económico otorgado para llevar a cabo los estudios de Maestría.

A la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**, por las facilidades otorgadas para mi formación profesional y personal.

Al **PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL DEL DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**, por brindarme la oportunidad de obtener el grado de Maestro en Ciencias en Protección Vegetal.

Al **Dr. ANDRES BOLAÑOS ESPINOZA**, por su incondicional ayuda para dirigir esta investigación, pero sobre todo por la amistad y consejos brindados.

Al **Dr. GUILLERMO MONDRAGON PEDRERO**, por todo su apoyo en la dirección del presente trabajo, soporte técnico brindado durante la fase de campo en todo momento y por sus acertados consejos.

Al **Dr. LUIS MANUEL SERRANO COVARRUVIAS**, por sumarse desinteresadamente a este proyecto, aportar los elementos necesarios para desarrollar esta investigación en campo y compartir sus conocimientos.

Al **Dr. VICTOR MANUEL PINTO**, por todo su apoyo incondicional en mis estudios de maestría, pero sobre todo por su amistad.

Al **Dr. JUAN FERNANDO SOLIS AGUILAR**, persona con una alta dedicación y compromiso en la formación de profesionistas en fitosanidad.

A mis compañeros **BERNARDO HERNANDEZ MARTINEZ, NELSON ERIK LOPEZ ZERON, JORGE IGNACIO RANGEL GONZALEZ, ANASTACIO ESPEJEL GARCIA, ROYMAN MONTEJO CORDOBA, PEDRO IXQUIN CRUZ LOPEZ, MILTON TONY PEREZ LIZCANO, RAUL PEREA ANGELES, JUAN PABLO ROJAS Y JUAN CARLOS LUNA GONZALEZ** por su amistad y apoyo otorgado en la realización del presente trabajo.

A TODAS Y CADA UNA DE LAS PERSONAS QUE APOYARON LA REALIZACIÓN DE LA PRESENTE TESIS.

DEDICATORIA

A mis padres: Rufina José San Juan y Julio Díaz Cid,
que con su ejemplo han sabido encausarnos por la
búsqueda del éxito en la vida.

A mis hermanos: Maribel, Alejandra, Saúl y Julio,
quienes son parte importante de los logros
obtenidos, así como de apoyo incondicional en
todas las actividades de formación y familiares
realizadas.

A mi hijo: Oscar Jared Díaz Carrillo,
quien ha sido el impulso que me ha
motivado a continuar con mis estudios de
postgrado.

A mis sobrinos: Josué, Julieta, Saúl,
khansy Atziri, Isacc, y Lizeth, por ser
parte especial de la familia.

BIOGRAFÍA

Oscar Díaz José, nació el 11 de junio de 1978, en Tecamalucan, Acultzingo, Veracruz, egresando en el año 2002 de la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola, en el Departamento de Parasitología Agrícola, de la Universidad Autónoma Chapingo, con el trabajo de tesis denominado "Evaluación de las acciones implementadas por el programa Fomento Cítrico en el estado de Michoacán para prevenir el Virus Tristeza de los Cítricos (VTC)".

En el desempeño profesional se ha desarrollado como consultor, director y responsable de evaluaciones externas para los programas y subprogramas de sanidad vegetal de la Alianza para el Campo, así como, consultor en evaluaciones externas de los programas que ejecuta la Comisión Nacional Forestal, propiamente en el área de Sanidad Forestal. De igual manera, ha participado como consultor técnico en el programa de conflictos agrarios del Registro Agrario Nacional y verificando normatividad fitosanitaria para el programa de exportación de aguacate a los Estados Unidos de América.

En julio de 2006 ingresó a la maestría en Protección Vegetal, en el Departamento de Parasitología Agrícola, de la Universidad Autónoma Chapingo, gracias a la beca otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, egresando en julio de 2008, con el trabajo de investigación "Efectos de arreglos topológicos en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre la maleza y periodo crítico de competencia.

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. El cultivo de frijol en México y en el mundo	3
2.2. Fenología del cultivo	8
2.2.1. Conceptos básicos	8
2.2.2. Características generales del desarrollo del frijol	9
2.2.3. Etapas de desarrollo del cultivo	9
2.3. El fenómeno de competencia	12
2.3.1. Conceptos básicos	13
2.3.2. Principales factores de la competencia	14
2.3.3. Otros factores de interferencia	20
2.4. Efecto de la densidad y arreglos topológicos sobre el rendimiento e incidencia de las malezas	22
2.4.1. Conceptos básicos	23
2.4.2. Arreglos topológicos evaluados en trabajos anteriores	24
2.5. Período crítico de competencia (PCC)	25
2.5.1. Concepto básico	25
2.5.2. Factores que afectan el periodo crítico de competencia	26
2.5.3. PCC para frijol determinado en otros estudios	28
III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Localización del sitio experimental, condiciones climatológicas y material vegetal utilizado	29
3.2. Diseño experimental y tratamientos	30
3.3. Variables respuesta evaluadas	32
3.3.1. Densidad de la maleza total y por especie	32
3.3.2. Número de vainas por planta	32

3.3.3. Longitud de las vainas	32
3.3.4. Granos por vaina	32
3.3.5. Rendimiento por unidad de superficie	33
3.3.6. Peso y volumen de cien granos	33
3.4. Trabajo de campo	33
3.4.1. Preparación del terreno	33
3.4.2. Siembra	34
3.4.3. Riegos e hidrometeoros	34
3.4.4. Deshierbes	35
3.4.5. Control de plagas y enfermedades	35
3.4.6. Cosecha	36
3.5. Análisis de datos	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Comportamiento de las poblaciones de maleza	38
4.1.1. Diversidad de maleza presente en el arreglo topológico a dos hileras	38
4.1.2. Diversidad de maleza presente en el arreglo topológico a tres hileras	39
4.1.3. Diversidad de maleza presente en el arreglo topológico a cuatro hileras	40
4.1.4. Efecto de las distancias de siembra sobre la densidad de maleza en los tres arreglos topológicos	41
4.2. Componentes del rendimiento	44
4.2.1. Número de vainas por planta	44
4.2.2. Longitud de vainas	46
4.2.3. Granos por vaina	48
4.2.4. Rendimiento por unidad de superficie	51
4.2.5. Peso de cien granos	59
4.2.6. Volumen de cien granos	59
4.2.7. Efecto de las poblaciones de maleza presentes sobre el rendimiento en los tres arreglos topológicos estudiados	60
4.3. Determinación del Periodo Crítico de Competencia (PCC)	61
4.3.1. Periodo crítico para el arreglo a dos hileras	61
4.3.2. Periodo crítico para el arreglo a tres hileras	63

4.3.3. Periodo crítico para el arreglo a cuatro hileras	64
V. CONCLUSIONES.....	67
VI. RECOMENDACIONES	68
VII. LITERATURA CITADA.....	69
VIII. ANEXO	73

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Lista del coeficiente de transpiración (gramos de agua que necesita la planta para producir un gramo de materia seca) de algunos cultivos con tipo de fotosíntesis C ₃ y C ₄ .	18
Cuadro 2. Absorción de nutrimentos para diferentes especies de malezas en relación al frijol.	19
Cuadro 3. Tipos generales de alelopatía empleados en la ciencia de la maleza.	21
Cuadro 4. Periodo Libre de Malezas Mínimo (PLMM) para cinco variedades de frijol en Chapingo, México.	28
Cuadro 5. Tratamientos que muestran los arreglos topológicos y las densidades establecidas en el experimento. Chapingo, México. 2007.	31
Cuadro 6. Tratamientos de periodos de competencia de malezas evaluados en el experimento. Chapingo, México. 2007.	31
Cuadro 7. Comparación de medias para el número de vainas por planta en los tres arreglos topológicos evaluados. Chapingo, México. 2007.	44
Cuadro 8. Comparación de medias para la variable número de vainas por planta en las dos densidades probadas. Chapingo, México. 2007.	45
Cuadro 9. Comparación de medias para la variable número de vainas por planta en los tratamientos de periodo de competencia de malezas evaluados. Chapingo, México. 2007.	46
Cuadro 10. Comparación de medias para la variable longitud de vainas en los tres arreglos topológicos evaluados. Chapingo, México. 2007.	47
Cuadro 11. Comparación de medias para la variable longitud de vainas en las dos densidades probadas. Chapingo, México. 2007.	47
Cuadro 12. Comparación de medias para la variable longitud de las vainas por planta. Chapingo, México. 2007.	48
Cuadro 13. Comparación de medias para la variable granos por vaina en los tres arreglos topológicos evaluados. Chapingo, México. 2007.	49
Cuadro 14. Comparación de medias para la variable granos por vaina en las dos densidades probadas. Chapingo, México. 2007.	50

Cuadro 15. Comparación de medias para la variable granos por vaina. Chapingo, México. 2007.....	50
Cuadro 16. Comparación de medias para la variable rendimiento por unidad de superficie en los tres arreglos topológicos evaluados. Chapingo, México. 2007.	51
Cuadro 17. Comparación de medias para la variable rendimiento por unidad de superficie para las dos densidades probadas. Chapingo, México. 2007.	52
Cuadro 18. Comparación de medias para la variable rendimiento por unidad experimental. Chapingo, México. 2007.	52
Cuadro 19. Comparación de medias para la variable rendimiento por unidad experimental en el arreglo topológico a dos hileras. Chapingo, México. 2007.	54
Cuadro 20. Comparación de medias sobre el rendimiento por unidad de superficie en las dos densidades probadas para el arreglo topológico a tres hileras. Chapingo, México. 2007.	55
Cuadro 21. Comparación de medias para la variable rendimiento por unidad experimental en el arreglo topológico a tres hileras. Chapingo, México. 2007.	56
Cuadro 22. Comparación de medias para la variable rendimiento por unidad experimental en el experimento a cuatro hileras. Chapingo, México. 2007.	58
Cuadro 23. Comparación de medias para la variable granos por vaina en los tres arreglos topológicos evaluados. Chapingo, México. 2007.	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principales países productores de frijol en el mundo en 2005.	3
Figura 2. Producción de frijol en México en los últimos doce años.	5
Figura 3. Principales estados productores de frijol en México durante 2006	5
Figura 4. Etapas de desarrollo del frijol	10
Figura 5. Curvas idealizadas mostrando la respuesta típica de la planta para varios niveles de recursos ambientales y condiciones.....	14
Figura 6. Diagrama que muestra las interacciones más importantes entre los factores bióticos y abióticos que determinan la respuesta ecológica de las plantas al agua.....	15
Figura 7. Comportamiento lógico de dos estudios complementarios para determinar el PCC.....	26
Figura 8. Comportamiento semanal de las principales variables climatológicas durante el desarrollo del cultivo	29
Figura 9. Comportamiento de las poblaciones de malezas presentes en el arreglo topológico de frijol a dos hileras. Chapingo México. 2007.	38
Figura 10. Comportamiento de las poblaciones de malezas presentes en el arreglo topológico de frijol a tres hileras. Chapingo México. 2007.....	40
Figura 11. Comportamiento de las poblaciones de malezas presentes en el arreglo topológico de frijol a cuatro hileras. Chapingo México. 2007.	41
Figura 12. Número promedio de plantas nocivas, en función de la densidad y arreglo topológico del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). Chapingo México. 2007. (Nota: promedio de 24 muestras tomadas de manera aleatoria para cada uno de los arreglos topológicos estudiados).	42
Figura 13. Comportamiento del rendimiento promedio de frijol obtenido para cada arreglo topológico estudiado en relación a las poblaciones de maleza cuantificadas en campo. Chapingo México. 2007.	60
Figura 14. Ubicación del periodo crítico de competencia de la maleza en el cultivo de frijol variedad Pinto Saltillo, para experimento a dos hileras. Chapingo México. 2007.	62

Figura 15. Ubicación del periodo crítico de competencia de la maleza en el cultivo de frijol variedad Pinto Saltillo, para experimento a tres hileras. Chapingo México. 2007.....64

Figura 16. Ubicación del periodo crítico de competencia de la maleza en el cultivo de frijol variedad Pinto Saltillo, para experimento a cuatro hileras. Chapingo México. 2007.....66

EFFECTOS DE ARREGLOS TOPOLÓGICOS EN FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) SOBRE LA MALEZA Y PERIODO CRÍTICO DE COMPETENCIA.

EFFECTS OF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) TOPOLOGICAL ARRANGEMENTS ON WEED AND CRITICAL COMPETENCE PERIOD.

Oscar Díaz José, Andrés Bolaños Espinoza, Guillermo Mondragón Pedrero, Luis Manuel Serrano Covarrubias

RESUMEN

Con el objetivo de determinar los efectos de diferentes arreglos topológicos de frijol sobre la incidencia de maleza, estimar el periodo crítico de competencia y evaluar el comportamiento de las poblaciones de arvenses, se llevó a cabo un experimento en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo. Se evaluaron tres arreglos topológicos con dos densidades de siembra cada uno y ocho tratamientos de competencia maleza-cultivo bajo condiciones de temporal. Se estimó el efecto de los tratamientos y periodo crítico de competencia, en función de las variables de rendimiento. Se encontró que a altas densidades de frijol (250,000 plantas/ha) distribuidas en camas de 1.60 m de ancho a tres hileras (53 cm entre hileras y 7.5 cm entre plantas), se suprime de manera considerable a las poblaciones de plantas nocivas, lo que se traduce en mejores rendimientos. El periodo crítico de competencia maleza-cultivo se ubicó entre la etapa primera hoja trifoliada (V3) y prefloración del cultivo (R5), para los tres arreglos topológicos.

Palabras clave: frijol, maleza, arreglos topológicos, competencia.

ABSTRACT

With the three-fold objective of determining the effects of different bean topological arrangements on the incidence of weeds, estimating the critical competence period and evaluating the behavior of weed populations, an experiment was carried out in the experimental field of Autonomous Chapingo University. Three topological arrangements were evaluated, each one having two sown densities as well as eight weed-crop competence treatments in rainy period conditions. The effect of the treatments and the critical competence period were estimated, as a function of the output variables. It was found that at high densities of bean (250,000 plants/ha) distributed in beds of 1.60 m in width with three rows (53 cm between rows and 7.5 cm between plants), the harmful weed populations were suppressed to a considerable degree, translating into better outputs. The critical weed-plant competence period was placed between the first trifoliolate leaf stage (V3) and the preflowering of the crop (R5), for three topological arrangements.

Key words: bean, weed, topological arrangements, competence.

I. INTRODUCCIÓN

Las especies de la familia Fabácea, constituyen a nivel mundial después de los cereales el recurso más importante de alimentos de origen vegetal, entre los cuales el frijol, constituye la principal fuente de proteínas y calorías para los pueblos de América Latina y los Altiplanos de África oriental y meridional.

En México, este cultivo ocupa el segundo lugar en importancia dentro de los cultivos básicos del país, con una superficie cosechada de 1,746,000 ha y un volumen de producción de 1,350,168 toneladas (SAGARPA, 2006), sin embargo, en los últimos diez años su tendencia es a la baja en cuanto a superficie sembrada y volúmenes de producción, situación debida principalmente a factores relacionados con la rentabilidad en la producción del grano.

La problemática principal del cultivo se encuentra relacionada con los factores fitosanitarios, entre los cuales la maleza constituye uno de los principales obstáculos para lograr mayores rendimientos, ya que ésta, puede limitar totalmente la producción del grano, además, de que su manejo es una de las prácticas que incrementa los costos del cultivo de manera significativa.

Por otra parte, con la introducción de máquinas sembradoras para tecnificar la producción y reducir los costos de producción, los agricultores han dejado en segundo término la distribución de la semilla al momento de la siembra, pues en éstos equipos la distribución del material propagativo está implícito, sin embargo, tales especificaciones se encuentran en algunos casos obsoletas, ya que son paquetes tecnológicos diseñados con información generada décadas atrás.

Los factores antes señalados, juegan un papel importante en los rendimientos obtenidos por el agricultor, pues indudablemente las densidades del cultivo

pueden incrementarse para lograr mejores rendimientos. Asimismo, su efecto secundario será por ende la supresión de poblaciones de maleza por el fenómeno de competencia interespecífica. A este respecto, es necesario conocer, el punto ideal al que se debe aumentar la densidad de siembra del cultivo, sin que se presente el fenómeno de competencia intraespecífica y cuáles son los efectos de esta sobre la incidencia de la maleza.

De acuerdo con la problemática descrita anteriormente, se planteo el presente estudio con los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

1. Determinar los efectos de diferentes arreglos topológicos de frijol, sobre la incidencia de la maleza.
2. Estimar el periodo crítico de competencia del frijol para diferentes arreglos topológicos, bajo condiciones de temporal.
3. Evaluar los efectos de la densidad del frijol en el comportamiento de la maleza.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El cultivo de frijol en México y en el mundo

El frijol es originario de Mesoamérica y muchos autores opinan que su domesticación ocurrió de manera simultánea en varios sitios, entre los cuales destacan México, Guatemala y Perú, además afirman que el proceso evolutivo condujo a formar tipos y subespecies diferentes en cada uno de los sitios en donde se desarrollaron las formas silvestres; sin embargo, todos los investigadores coinciden al señalar a Mesoamérica y la Región Andina, como las áreas con mayor diversidad natural de la especie. El frijol se cultiva en casi todo el mundo y su consumo se realiza de distintas maneras y formas. De acuerdo con la FAO (2005), los principales países productores en orden de importancia son; Brasil, India, China, Myanmar, México y Estados Unidos, los cuales de manera conjunta aportan más del 90% del grano producido a nivel mundial (Figura 1). Es importante señalar que México ocupa el cuarto lugar en la producción de frijol, pues los volúmenes cuantificados por la FAO para la India incluyen otras especies que se consumen en ese país y la parte correspondiente al género *Phaseolus* apenas suma el 5% del total reportado.

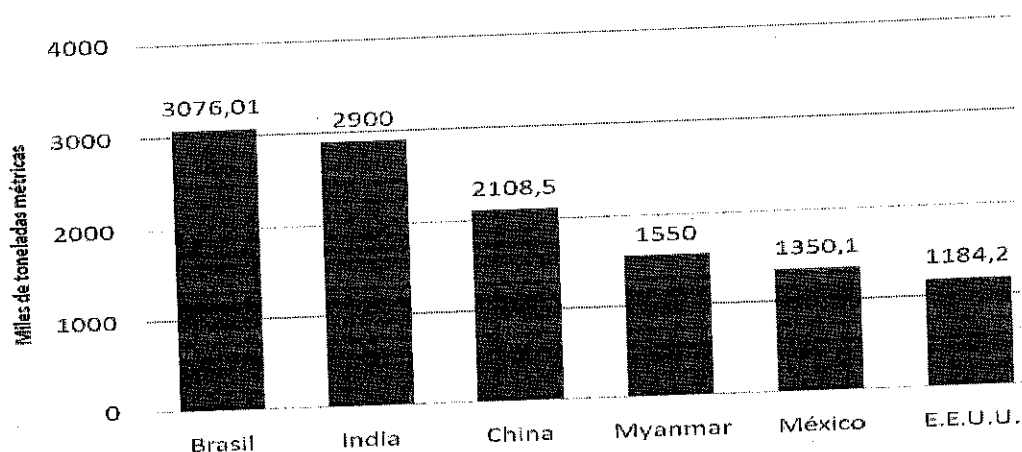


Figura 1. Principales países productores de frijol en el mundo en 2005.
(Fuente: FAOSTAT 2007).

Los países exportadores de frijol en orden de importancia son: Myanmar, China, Estados Unidos, Argentina y Canadá, aportando de manera conjunta casi el 85% del total de las ventas externas del grano en el planeta. Por otra parte, los países importadores se encuentran encabezados por la India, Estados Unidos, Japón, Brasil y México, fenómeno que tiende al alza en Norteamérica, debido a la creciente migración de la población latinoamericana hacia esa región, asimismo, a que es abastecedor de grano para Japón, México y Reino Unido.

El frijol junto con el maíz forma parte esencial de la dieta alimentaria de los estratos socioeconómicos bajos de las zonas urbanas y áreas rurales del país. Estos dos cultivos son complementarios debido a las deficiencias de aminoácidos lisina y triptófano en maíz, los cuales forman parte de la composición bioquímica de la fabácea, aumentando con esto el valor biológico de la proteína consumida.

En México, un alto porcentaje del frijol producido por los agricultores se destina al autoconsumo, algunos estudios hablan de 18% y otros hasta del 30%, cifras que no son cuantificadas en el total de cada ciclo agrícola. La Figura 2, muestra el comportamiento de la producción del frijol en el país durante el periodo 1995-2006, en la cual se observa una tendencia a la baja en cuanto a superficie sembrada, sin embargo, los volúmenes de producción se han mantenido más o menos constantes, debido a un ligero incremento en el rendimiento por unidad de superficie.

Los rendimientos internacionales promedio de producción fluctúan entre 4.8 y 0.28 t/ha, registrando los mejores rendimientos Barbados e Irlanda. Entre los principales países por volumen de producción están Estados Unidos de América, que ocupa el lugar número 22 con rendimiento promedio de 1.8 toneladas por hectárea, Brasil ocupa el 69 lugar con 0.8 toneladas por hectárea y México ocupa el lugar 83 con 0.72 toneladas por hectárea (SISPRO, 2006).

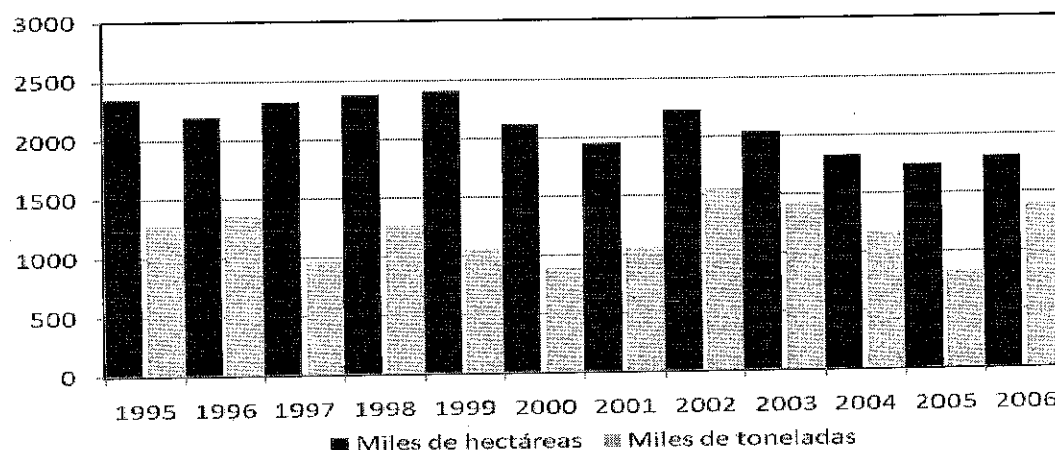


Figura 2. Producción de frijol en México en los últimos doce años (Fuente: SIACON, 2006).

La producción de frijol en México para 2006 fue de 1,350,168 toneladas, de las cuales el estado de Zacatecas aportó el 31.42%, seguido de Durango (14.77%), Sinaloa (13.35%), Chiapas (5.72%), Nayarit (5.63%), San Luis Potosí (4.45%) y Puebla (4.27%). La suma de los porcentajes de las siete entidades federativas representa el 83.68% del total de la producción nacional (Figura 3).

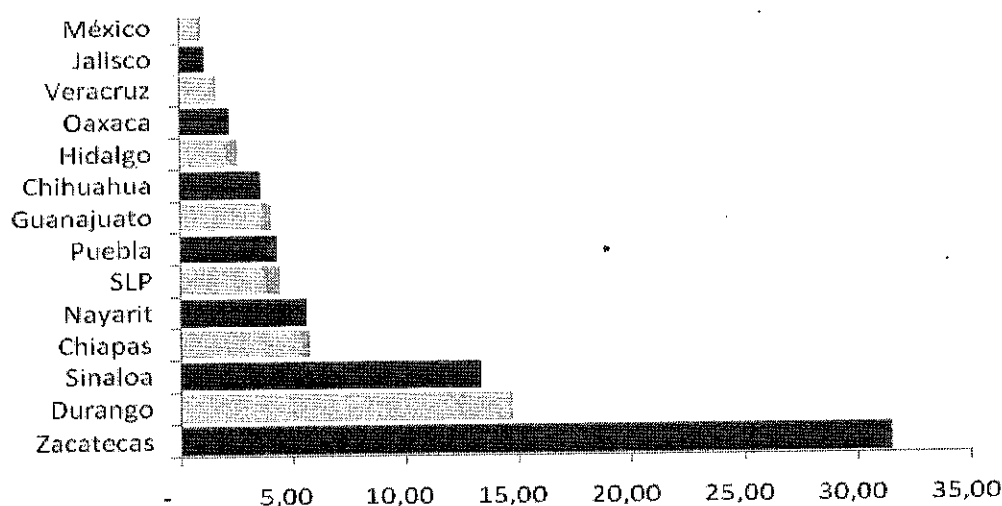


Figura 3. Principales estados productores de frijol en México durante 2006. (Fuente: SIACON, 2006).

Las variedades de frijol en México son poco distinguibles para su consumo, por lo cual las personas lo compran por su color, más que por las variedades disponibles en el mercado, así tenemos que los consumidores finales distinguen únicamente tres: Negro Jamapa, Peruano y Flor de Mayo, el resto las distingue por el color, así se tiene que los de mayor demanda son los negros que se encuentran separados en dos grandes grupos; los pequeños, dentro de los cuales se encuentran Jamapa, Negro INIFAP, Negro Huasteco, Negro Veracruz, Negro Medellín, Negro 8025, Negro Tacaná, Negro Nayarit, Negro Chapingo y Negro Pacífico.

Dentro del segundo grupo, está el frijol negro brillante de tamaño grande, siendo los de mayor importancia el Negro Zacatecas, Negro San Luis, Negro Querétaro, Negro Puebla, Negro 150. Después de las variedades descritas anteriormente, le siguen en orden de importancia los llamados "rositas" donde se incluyen todos los "flores de mayo" y "manzanos", entre otros.

Los "bayos", entre los que sobresalen Bayo Durango, Bayo Pastilla, Bayomex, entre otros y su cultivo tiende a ser más localizado; los "pintos" donde se encuentra el Pinto Nacional, Pinto Texas, Pinto Villa, Pinto Americano, Pinto Saltillo, entre otros, los cuales tienden a aumentar su demanda por parte de los consumidores, por ser económicos y de buena calidad culinaria.

Por otra parte se tiene a los frijoles "peruanos" o "azufrados", que incluyen variedades como Azufrado Higuera, Mayocoba, Azufrado Sinaloa, Azufrado Nayarit, Peruano 87 y los de color amarillo claro en general (SISPRO, 2006).

Actualmente el cultivo en México presenta serios retos para su producción, pues por un lado se tiene el encarecimiento de los fertilizantes a nivel mundial, situación que incide de manera directa en esta actividad agrícola, pues al tener esta una baja rentabilidad, propicia su abandono en primera instancia, con

relación a otros cultivos más rentables tales como el maíz y sorgo, por otra parte y de acuerdo con el Plan Rector Nacional del Sistema Producto Frijol, los siguientes factores siguen determinando su rezago dentro de la producción agrícola nacional:

- 60% se cultiva en terrenos agrícolas sin potencial productivo, obteniéndose con ellos muy bajos rendimientos.
- 88% de la superficie cultivada se realiza bajo condiciones de temporal
- Existe un elevado intermediarismo innecesario y desvinculación entre los actores principales de la cadena productiva.
- Los costos de los insumos empleados son muy elevados y falta disponibilidad de muchos de ellos.
- La escasez de esquemas para financiar la producción y capitalizar el campo.
- La transferencia de tecnología es escasa y faltan programas que permitan realizar esta actividad de manera considerable.
- El fenómeno de pulverización de la propiedad, donde los agricultores siembran de tres a cuatro hectáreas en promedio, no permite diseñar estrategias más generalizadas.
- Existe muy poca infraestructura de acopio, almacenamiento, transporte y distribución.

La crisis mundial de alimentos y encarecimiento de la canasta básica nacional no excluye al frijol, sin embargo, se vislumbra una fuerte demanda del grano, como producto de los requerimientos alimentarios básicos de la población y alza significativa en los precios de otras fuentes de proteínas, tales como: carne, huevo, leche, cereales procesados, azúcar, entre otros, lo que obliga al consumidor a optar por alternativas más económicas y accesibles, siendo sin duda una de las que se encuentran más a la mano, el frijol. Por lo anterior, es de suma importancia que se generen programas de transferencia de tecnología

a la brevedad posible y se realice investigación encausada a incrementar los rendimientos y abaratar los costos de producción.

2.2. Fenología del cultivo

Se tiene conocimiento que los requerimientos climáticos, edáficos y bióticos que inciden de manera directa en el desarrollo del frijol, varían en función del potencial genético del cultivar y características específicas de la región en la cual se desarrolle, sin embargo, la morfología de la planta no cambia de manera sustancial, aunque sí es afectada de manera directa por los factores mencionados con antelación (Fernández *et al.*, 1983).

En ese sentido, las escalas de tiempo para describir el ciclo biológico de la leguminosa, tienen una mayor utilidad práctica en estudios específicos para una determinada región y cultivar establecido, sin embargo, con el propósito de describir de manera más generalizada los fenómenos que se presentan en un determinado experimento, en los últimos años se ha optado por emplear la escala basada en la morfología de la planta, la cual permite referir toda la información obtenida por el investigador a las etapas de desarrollo fenológico, facilitando comparaciones y procesamiento de la información con datos de literatura procedente de otros sitios. A continuación se describen los conceptos, etapas y consideraciones de una de las escalas señaladas.

2.2.1. Conceptos básicos

El crecimiento se define como el cambio en volumen o en peso, es un fenómeno cuantitativo que se puede determinar mediante la definición de parámetros, tales como anchura, longitud, acumulación de materia seca, número de nudos, número de vainas, longitud de la vaina, despegue de la plántula, entre otros (Fernández *et al.*, 1983). Además indican que los procesos de diferenciación, cambios estructurales y fisiológicos compuestos por una serie

de eventos sucesivos se les denomina desarrollo, y es determinado de manera cualitativa, de acuerdo con la aparición de ciertos signos, como la aparición de botones florales, vainas, cambio de la fase vegetativa a la fase reproductiva de la planta, entre otros.

2.2.2. Características generales del desarrollo del frijol

De manera general, el ciclo biológico del cultivo se divide en dos grandes fases: vegetativa y reproductiva, la primera da inicio al momento de proporcionarle a la semilla condiciones idóneas para la germinación y finaliza al momento en que aparecen los primeros botones florales para las variedades de crecimiento determinado y racimos florales para las de crecimiento indeterminado, en esta fase se lleva a cabo el desarrollo de las estructuras vegetativas necesarias para comenzar con la actividad de reproducción. La segunda fase se encuentra comprendida entre la aparición de los primeros botones florales o racimos hasta el que las vainas ya formadas contienen el 15% de humedad, momento en el cual se ha llegado a la madurez de cosecha.

2.2.3. Etapas de desarrollo del cultivo

Actualmente se han identificado diez etapas de desarrollo del cultivo del frijol, las cuales se encuentran delimitadas por eventos fisiológicos con trascendencia en la planta, a los que en conjunto se les denomina Escala de Desarrollo de la Planta de Frijol (EDPF). La identificación de cada una de las etapas se realiza mediante un código, que consta de una letra y un número, la letra corresponde a la inicial de las dos grandes fases a las que pertenece la etapa y el número se designa con base en el orden cronológico de dichas etapas, que van desde cero hasta nueve.

El lapso de tiempo entre cada una de las etapas depende del genotipo, hábito de crecimiento de la planta, precocidad, clima, fertilidad del suelo,

características físicas y químicas del suelo, entre otros, los cuales inciden de manera directa en el cultivo, influyendo los procesos fisiológicos de la planta. Para contar con una mayor precisión en la información la Figura 4, describe cada una de las diez etapas de desarrollo del cultivo.

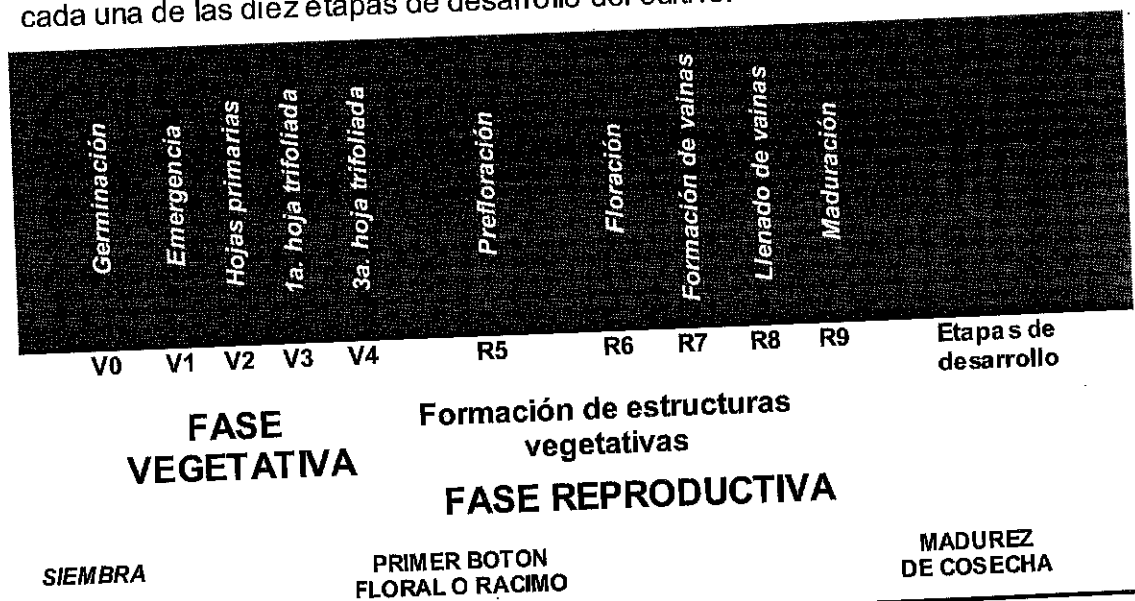


Figura 4. Etapas de desarrollo del frijol. (Fuente: con base en la fenología del cultivo propuesta por Fernández *et al.*, 1983).

V0 Germinación: cuando se realiza la siembra, la semilla se coloca en un ambiente favorable de temperatura y humedad para su germinación, debiéndose tomar como inicio de esta etapa, al momento en que la semilla cuenta con humedad suficiente para germinar; es decir, el día del primer riego o primera lluvia para las siembras que se realicen en seco. Para el caso de las siembras a tierra venida, se tomará el día de la siembra, ya que en estos casos el suelo cuenta de manera previa con la humedad adecuada para la germinación.

V1 Emergencia: esta etapa se inicia al momento de que los cotiledones de la planta aparecen a nivel del suelo y se toma como inicio cuando el 50% de la población esperada muestra los cotiledones en la superficie inmediata del suelo. Posteriormente a que han emergido las plántulas, el hipocotilo se endereza y sigue creciendo hasta alcanzar su tamaño máximo, cuando este se

encuentra erecto, los cotiledones comienzan a separarse y se nota que el epicotilo ha empezado a desarrollarse.

V2 Hojas primarias: cuando las laminas foliares comienzan a separarse y abrirse, comienza esta etapa y cuando las hojas primarias de la planta están desplegadas en un 50% se da por iniciada esta etapa. Estas estructuras son unifoliadas y opuestas, están situadas en el segundo nudo del tallo principal y cuando están totalmente desplegadas se encuentran en posición horizontal y aún sin alcanzar su tamaño máximo. Es en esta etapa, en donde comienza el desarrollo vegetativo acelerado de la planta, durante el cual se forma el tallo, las ramas y hojas trifoliadas.

V3 Primera hoja trifoliada: cuando la primera hoja trifoliada se encuentra por debajo de las hojas primarias, es signo de que esta etapa ha dado comienzo, sin embargo, para fines prácticos en la toma de datos se toma como inicio, cuando el 50% de las plántulas de un cultivo presenta esta característica.

V4 Tercera hoja trifoliada: es a partir de esta etapa en que se comienzan a diferenciar claramente estructuras vegetativas como el tallo, las ramas y otras hojas trifoliadas y se toma como tal al momento en que el 50% de las plantas presenta la tercera hoja trifoliada desplegada.

R5 Prefloración: esta es la primera etapa de la fase reproductiva de la planta y da inicio cuando aparece el primer botón floral o racimo, y se toma como tal cuando el 50% de las plantas muestra este signo.

R6 Floración: al momento de que el 50% de las plantas muestran flores abiertas se considera iniciada esta parte del desarrollo de la planta. En las plantas con hábito de crecimiento determinado arbustivo, la floración comienza en el último nudo del tallo o de las ramas y continúa en forma descendente

hacia los nudos inferiores. Las variedades de crecimiento indeterminado, la floración comienza de la parte baja y continúa en forma ascendente.

R7 Formación de las vainas: al momento de que la planta presenta la primera vaina con la corola de la flor colgada o desprendida, y en condiciones de cultivo cuando el 50% de las plantas cultivadas presenten esta característica. Las primeras vainas en las plantas de crecimiento determinado se observan en la parte superior y por el contrario en las de crecimiento indeterminado, estas se presentan en la parte inferior de la planta.

R8 Llenado de las vainas: cuando las vainas presentan abultamientos que corresponden a las semillas, es el signo de que ha comenzado el crecimiento activo de éstas y en condiciones de cultivo se toma cuando el 50% de las plantas empieza a llenar la primera vaina.

R9 Maduración: ésta es la última etapa de la EDPF y se caracteriza por la decoloración y secado de las vainas. Comienza cuando la primera vaina inicia su decoloración y secado en el 50% de las vainas.

2.3. El fenómeno de competencia

Los trabajos de competencia entre plantas se encuentran enfocados al estudio de este fenómeno y sus efectos, en términos del tamaño de plantas y rendimientos obtenidos, examinando a fondo los mecanismos de la competencia, los cuales pueden ser demostrados por: a) disminución de los recursos asociados con la presencia y abundancia de competidores, b) cambios en la respuesta del crecimiento morfológico y fisiológico, c) correlaciones entre la presencia de competidores, disminución de recursos y respuesta de crecimiento (Radosevich *et al.*, 1997).

2.3.1. Conceptos básicos

Competir, proviene del latín *competere* el cual significa demandar la misma cosa que otro demanda y ocurre cuando más de dos organismos buscan satisfacer los requerimientos de algunos factores o cosas y cuando la disponibilidad de dichos factores o cosas se encuentran por debajo de la demanda generada por los organismos (Zimdahl, 1993), dicho en términos económicos cuando la demanda supera a la oferta.

Existen dos términos que describen de manera general este fenómeno, la competencia interespecífica e intraespecífica, la primera se da cuando especies diferentes compiten entre sí, tal situación implica la explotación de un recurso y una de las especies consume y agota a este, llegando hasta un nivel que afecta el crecimiento, la reproducción o la supervivencia de la otra especie; lo cual es debido a que este tipo de competencia de manera general es altamente asimétrica (Begon *et al.*, 1988), por lo que las consecuencias no se dan de manera uniforme para las especies que se ven involucradas en este fenómeno.

La segunda, describe al fenómeno que se da cuando individuos de la misma especie compiten por recursos y varía directamente con sus semejanzas en morfología y hábitos. Se da con mayor fuerza debido a que las exigencias por ambos individuos es la misma, cuando la disponibilidad del recurso en disputa es insuficiente para satisfacer la demanda de los competidores, situación en la cual algunos de los individuos que compiten serán reprimidos o eliminados por su inferioridad (Tovar, 1995).

Recientemente se ha determinado que la capacidad para competir entre dos especies, es determinada por la expresión de características contenidas en su genoma, las cuales son aportadas desde un inicio por sus progenitores.

2.3.2. Principales factores de la competencia

Los principales factores por los cuales compiten las plantas son: luz, agua y nutrimentos, aunque puede haber competencia por bióxido de carbono (CO_2) y algunos autores mencionan que puede haber competencia por el espacio (Pitty, 1997). Estos pueden influir en el crecimiento de las plantas y la magnitud de la competencia, y usualmente se dividen en dos categorías, recursos y condiciones.

Los primeros son recursos ambientales consumibles que incluyen a la luz, CO_2 , agua, nutrimentos y oxígeno, en contraste con los segundos, que son las condiciones ambientales en las cuales se desarrollan las plantas (Figuras 5 y 6), tales como temperatura, pH del suelo, y estructura, entre otras (Radosevich *et al.*, 1997).

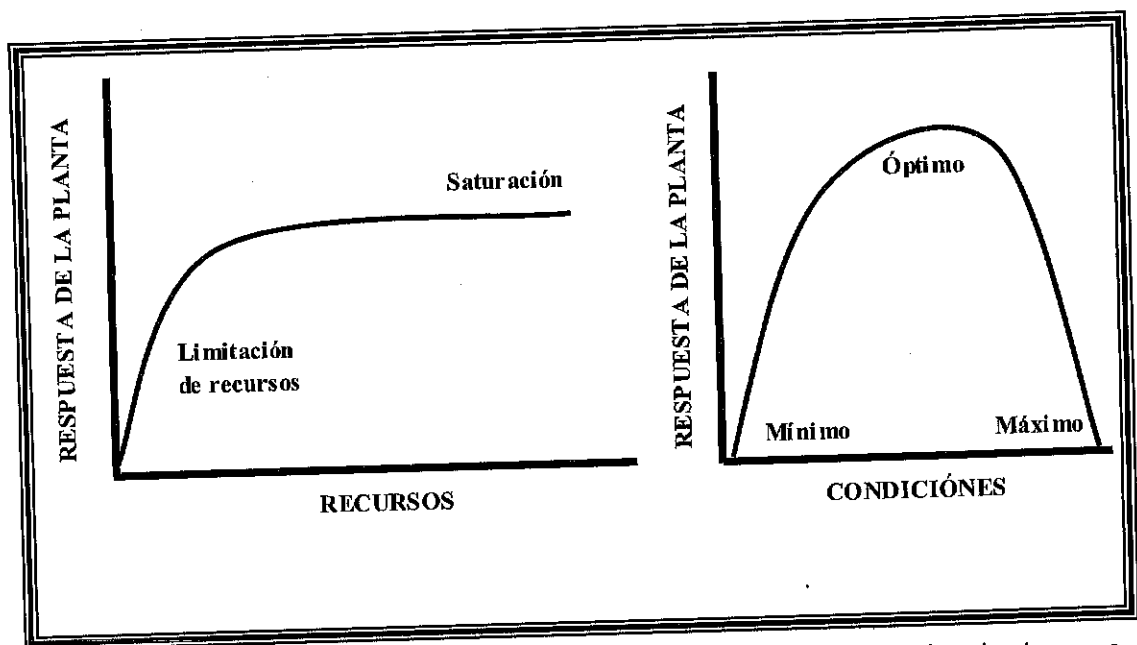


Figura 5. Curvas idealizadas mostrando la respuesta típica de la planta para varios niveles de recursos ambientales y condiciones. (Fuente: Holt, 1991).

Competencia por luz

La luz del sol, es el recurso de energía primaria para toda la vida sobre la tierra y es transformada para su aprovechamiento a través del proceso de fotosíntesis. Adicionalmente a los procesos de regulación fotosintética, la luz regula muchos otros aspectos en el crecimiento y desarrollo de las plantas, tales como: el letargo y germinación de las semillas, fototropismo, fotomorfogénesis y la floración. De igual forma, la luz en los agroecosistemas regula muchos aspectos del crecimiento, desarrollo y competencia entre malezas y cultivos.

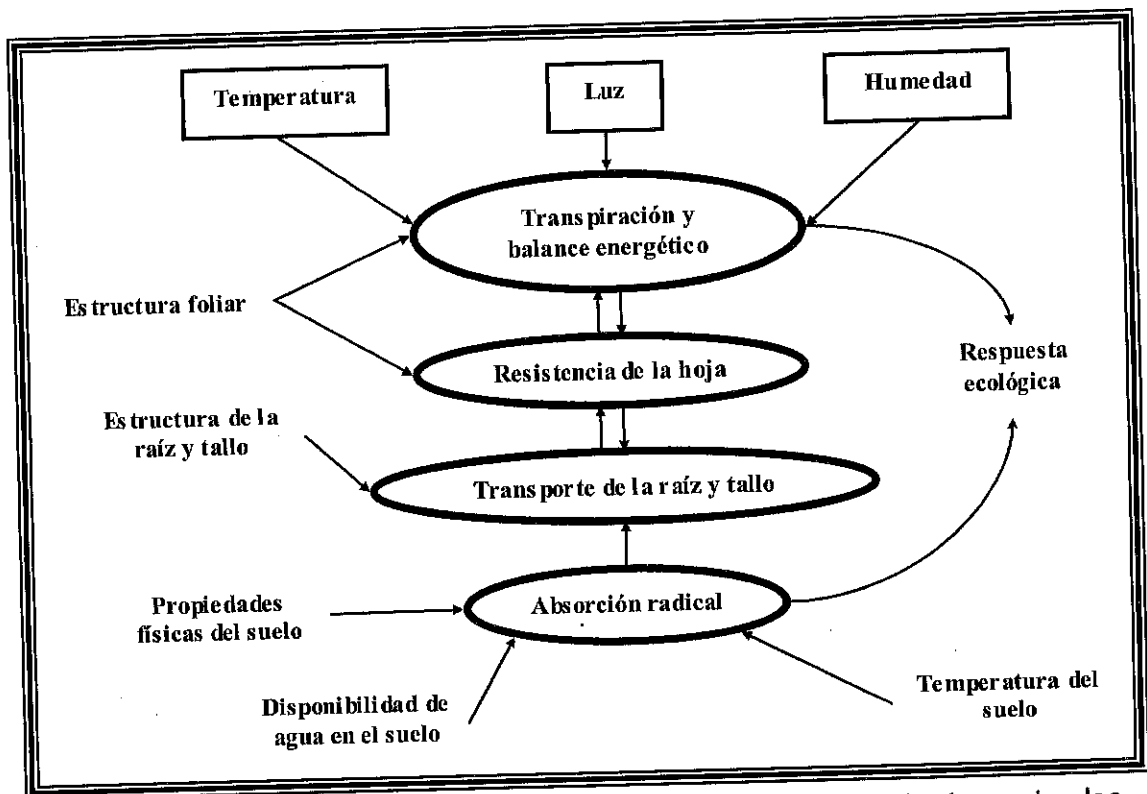


Figura 6. Diagrama que muestra las interacciones más importantes entre los factores bióticos y abióticos que determinan la respuesta ecológica de las plantas al agua (Fuente: Radosevich *et al.*, 1997).

Es bien conocido que la respuesta de la planta a la luz, no está dada totalmente en función de la cantidad de luz, sino que también influye la calidad del espectro lumínico, de igual manera, el balance energético de las plantas ésta

determinado en gran parte por la radiación. Debido a que la fotosíntesis, el principal influyente en la producción de biomasa, juega un papel muy importante entre las interacciones que se dan entre las malezas y el cultivo (Radosevich *et al.*, 1997).

La competencia por la luz comienza cuando las hojas se hacen sombra entre ellas sin importar si están en la misma planta o no y ocurre en casi todos los sistemas de producción, exceptuando las plantas que están muy separadas entre sí o que son muy pequeñas.

El problema de la competencia por la energía luminosa en relación a los demás factores, es que ésta es transitoria, no se acumula ni se almacena para usarla después, está disponible en un instante y si no se usa de manera oportuna e inmediata ya no se puede usar en el proceso de fotosíntesis y además no se redistribuye en la planta, por lo tanto, la superioridad competitiva de una planta por luz, depende de colocar sus hojas en el sol y evitar la sombra (Pitty, 1997).

De acuerdo con lo anterior, las características que determinan la capacidad de las plantas para competir por la luz son: el tipo y arreglo de las hojas, altura de la planta y sistema de fotosíntesis.

Competencia por agua

El agua es considerada como uno de los recursos necesarios más variables para el crecimiento de las plantas. Esta afirmación es totalmente válida cuando la lluvia es el único recurso disponible de suministro de agua, pero cuando se utilizan sistemas de riego para proporcionar humedad, la variabilidad del recurso disminuye en algunos aspectos.

La competencia por agua puede ser considerada como la más severa en ambientes en donde el líquido es escaso y bajo condiciones de temporal. Existen tres factores que rigen la disponibilidad de agua para las plantas en

crecimiento: 1) el suministro de agua a tiempo, 2) la morfología de la planta y el desarrollo radicular, 3) la fisiología, en particular el uso eficiente del agua por las plantas (Radosevich *et al.*, 1997).

El mayor componente de las plantas es el agua y representa entre el 79 y 95% del peso fresco, de los cuales más del 85% se encuentra en el contenido celular. De igual forma este líquido es el vehículo de transporte para los compuestos orgánicos, iones inorgánicos y gases atmosféricos.

Cuando una planta entra en estrés por falta de agua presenta disturbios metabólicos y reduce su crecimiento, pues es la turgencia sobre las paredes de la célula lo que causa la expansión celular. En gran parte la respuesta que presentan las plantas a la falta de agua depende del tipo, extensión radial y profundidad del sistema radical (Pitty, 1997).

Otro factor que determina la respuesta de los cultivos y malezas a la competencia por agua, es el tipo de fotosíntesis, pues las plantas del tipo C_4 son más eficientes en condiciones de sequía, sin embargo, la mayoría de los cultivos son C_3 y comparados con las malezas, ya sean del tipo C_3 o C_4 son muy ineficientes en el uso del agua para fijar el CO_2 .

De manera general, se ha observado que los cultivos requieren el doble de agua, comparados con los requerimientos de las malezas para producir la misma cantidad de materia seca (Cuadro 1), por lo que cuando se dan condiciones de sequía los cultivos son los más afectados.

Indiscutiblemente que el sistema de producción utilizado y las condiciones ambientales determinan al fenómeno de competencia por agua, aunque podría decirse que en temporada de lluvia los nutrientes y la luz, son los factores de mayor peso para la competencia, pues el agua no es limitante bajo estas

condiciones, sin embargo, en los últimos años los fenómenos de cambio climático que se presentan de manera global han cambiado esta afirmación.

Cuadro 1. Lista del coeficiente de transpiración (gramos de agua que necesita la planta para producir un gramo de materia seca) de algunos cultivos con tipo de fotosíntesis C_3 y C_4 .

Cultivos	g/agua	Malezas	g/agua
Alfalfa	844	<i>Datura stramonium</i>	226
Algodón	568	<i>Solanum rostratum</i>	536
Arroz	682	<i>Xanthium pensylvanicum</i>	415
Frijol	700	<i>Abutilon theophrasti</i>	235
Girasol	623	<i>Cassia obtusifolia</i>	250
Papa	575	<i>Chenopodium album</i>	658
Sandia	577	<i>Amaranthus hybridus</i>	115
Soya	625	<i>Portulaca oleracea</i>	281
Promedio	649	Promedio	340

Fuente: Patterson (1985).

Lo anterior, se basa en lo observado bajo condiciones de temporal, ya que existen intervalos de tiempo cortos en los cuales se presentan lluvias muy abundantes, en contraparte hay periodos de sequía intensos, lo que resta uniformidad a la disponibilidad de humedad en el suelo, propiciando que el fenómeno de competencia por agua, se dé aun en los mejores registros de precipitaciones anuales.

Competencia por nutrimentos

Las proteínas que conforman las plantas, se encuentran conformadas por elementos como el carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre, llamados macroelementos y por microelementos tales como el calcio, magnesio, potasio, hierro, manganeso, molibdeno, cobre, boro, zinc, cloro, sodio, cobalto, vanadio y silicio, los cuales son esenciales para el óptimo desarrollo de las plantas (Pitty, 1997). Cuando alguno de estos elementos no se encuentra en cantidades suficientes para satisfacer la demanda de malezas y

cultivo se presenta el fenómeno de competencia. Consecuente con lo anterior, la disponibilidad de nutrimentos en el suelo es generalmente limitada, teniendo que ser compartida por el cultivo y las malezas, por lo que todos los elementos que son tomados por las malas hierbas dejan de estar disponibles para el cultivo, el cual mostrará este fenómeno con signos de deficiencias nutrimentales (Ruiz, 1998).

De acuerdo a los trabajos realizados con las siguientes malezas: *Cyperus rotundus* (Pitty, 1997), *Malva sylvestris*, *Chenopodium murale*, *Portulaca oleracea* y *Rumex obtusifolius* (Quasen 1992), *Simsia amplexicaulis*, *Amaranthus spp.* (Alvarado 1976), los investigadores han concluido que la fertilización no siempre resuelve el problema de la disponibilidad de nutrimentos, pues las malezas mostraron ser mejores acumuladoras de macroelementos y microelementos con respecto a las plantas de frijol (Cuadro 2).

Cuadro 2. Absorción de nutrimentos para diferentes especies de malezas en relación al frijol.

Descripción	N	P	K	Ca	Mg
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	100	100	100	100	100
<i>Chenopodium murale</i>	119	111	154	49	198
<i>Cichorium pumilum</i>	141	168	160	77	123
<i>Malva sillvestris</i>	172	171	139	117	114
<i>Sonchus oleraceus</i>	156	147	174	57	100
<i>Portulaca oleracea</i>	160	116	177	100	193
<i>Sisymbrium irio</i>	149	153	154	79	109
<i>Rumex obtusifolius</i>	146	168	185	42	164

Fuente: Quansen 1992.

Competencia por CO₂

El 40% de la materia seca en las plantas está constituido por carbono y es un factor de crecimiento necesario para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis, razón por la cual, puede haber competencia de este compuesto si su difusión es

reducida por las malezas o el cultivo, y la fotosíntesis da de manera más rápida que en condiciones normales, bajando así la concentración del CO₂ contenido en el ambiente de manera normal, situación que ocurre de manera más frecuente bajo condiciones de agricultura controlada en espacios cerrados como invernaderos (Patterson, 1985).

Competencia por el espacio

La rapidez con la cual germine una planta y se establezca en el terreno de plantación, va a propiciar una exclusión de otras plantas que germinen con un mayor retraso. Se considera que la competencia por el espacio se da por los factores de crecimiento y no por el espacio en sí. Lo anterior es válido siempre y cuando no se compita por espacio para desarrollar estructuras indispensables, como tubérculos, cormos, entre otras, cuyo espacio para el desarrollo radicular es indispensable (Aldrich, 19977).

2.3.3. Otros factores de interferencia

Alelopatía

Este término es utilizado para indicar todos los efectos inhibidores o estimuladores, directos o indirectos, que resultan de la transferencia de un químico de una planta hacia otra. Actualmente se ha encontrado que muchos de los químicos producidos por las plantas también afectan a otros organismos, incluyendo al ser humano.

En el presente documento de tesis, nos referiremos a la alelopatía como la producción de sustancias químicas provenientes de una planta o sus residuos, las cuales retrasan o estimulan la germinación, crecimiento o desarrollo de otra planta, definición establecida por Pitty (1997). En el Cuadro 3, se muestran los tipos de alelopatía que se manejan de forma general, para abordarlos en temas relacionados con las malas hierbas.

Cuadro 3. Tipos generales de alelopatía empleados en la ciencia de la maleza.

Por los compuestos producidos	Descripción	Por las especies que intervienen	Descripción
1) Verdadera	Las sustancias provienen directamente de la planta.	1) Intraespecífica	Ocurre entre plantas de la misma especie.
2) Funcional	Intervienen microorganismos para producir las sustancias.	2) Interespecífica	Ocurre entre plantas de diferente especie.

Fuente: Adaptado de Pitty (1997).

Los compuestos involucrados en los fenómenos alelopáticos pueden ser liberados por las raíces, lixiviados por la lluvia y/o el riego, volatilizados de la planta y/o los residuos en descomposición y su modo de acción es por reducción en la absorción de los nutrimentos, inhibición en la división celular, inhibición de la fotosíntesis, reducción en la síntesis de proteínas, reducción de la respiración, efectos a la membrana celular, entre otros. Existen factores relacionados con el ambiente que determinan la producción de compuestos alelopáticos, entre los principales se encuentran; la luz, deficiencias minerales y sequía.

En la actualidad, el uso adecuado de este fenómeno puede ser empleado en beneficio de la agricultura, contribuyendo a la disminución del empleo de herbicidas y agroquímicos en general, por ejemplo plantas como *Lantana camara* matan a la maleza *Eichhornia crassipes* y algunos tipos de pepino han logrado reducir la emergencia de *Panicum miliaceum*.

De igual forma, se sabe por algunos agricultores que el polen de maíz inhibe el crecimiento de algunas malezas de los géneros *Amaranthus*, *Echinochloa* y *Bidens*. En ese sentido se presenta un alto potencial para la explotación de estas especies con fines de identificación de genes responsables de la producción de estas sustancias, para explotarlos a través de ingeniería genética

evaluando en todo momento su viabilidad para ser implementados en los sistemas de cultivo.

Parasitismo

Las plantas parásitas son aquellas que para subsistir adquieren parte de sus nutrientes de otra planta llamada huésped (Padilla, 1987). Existe un conjunto de angiospermas parásitas, las cuales son agentes causales de enfermedades en los árboles tanto forestales como frutales, éstas reciben el nombre de muérdagos. Se dividen en dos grupos, el primero comprende a los de la Familia Loranthaceae, la cual incluye a los muérdagos verdaderos y el segundo a la Familia Viscaceae, donde se encuentra a los muérdagos enanos. Dentro del grupo de muérdagos verdaderos se ubican los géneros *Cladocolea*, *Struthanthus* y *Psittacanthus*. En tanto que en muérdagos enanos se tienen a los géneros *Arceuthobium* y *Phoradendron*. Existen varias malezas parásitas en las familias Convolvulaceae y Lauraceae.

2.4. Efecto de la densidad y arreglos topológicos sobre el rendimiento e incidencia de las malezas

La mayoría de los trabajos que se han llevado a cabo para determinar los arreglos topológicos más óptimos para el cultivo del frijol, se encuentran orientados al análisis de las variables de rendimiento, con el objeto de determinar a qué densidades es más idóneo sembrar la leguminosa para obtener la mayor cantidad de grano posible. Sin embargo, no se ha estudiado de forma más precisa el efecto que tiene la disposición de las plantas en el terreno, sobre los fenómenos de competencia interespecífica e intraespecífica, orientados propiamente al manejo de las malezas.

En Chapingo México, Cruz (1998) estudio seis arreglos topológicos en cuatro variedades de frijol, concluyó que las densidades de siembra y el hábito de

crecimiento del cultivo no afectaron la incidencia de maleza, pero sí redujeron la cantidad de biomasa acumulada por la misma, lo cual corrobora las observaciones realizadas en campo por diversos agricultores sobre la densidad de siembra y el manejo de las malezas. No obstante lo anterior, en la actualidad no se sabe con precisión hasta qué punto es benéfico aumentar las densidades de siembra con este propósito, poniendo en la balanza ambos factores, incidencia de malezas y rendimiento.

2.4.1. Conceptos básicos

Un arreglo topológico se define como la distribución de plantas, de una o más especies en un tiempo y espacio determinado (Zañudo, 1995), o bien, es el patrón horizontal de agregación de las plantas que refleja los patrones de dispersión de las mismas (Radosevich *et al.*, 1997). Definiciones que retomaremos al señalar este concepto en el presente documento de tesis. Por otro lado, algunos autores, afirman que no importa tanto el número de plantas por hectárea, sino la forma en que estas se distribuyen en el terreno, situación que se explica si se da un mayor peso a los fenómenos de competencia que se presentan en el terreno de cultivo y no al incremento en rendimiento por unidad de superficie.

La densidad, es el número de individuos por unidad de superficie, algunas unidades de medida son: plantas por metro cuadrado, plantas por hectárea, plantas por acre o por pie. Este término también es utilizado para describir el número de plantas en un cultivo, árboles o cantidad de maleza. Las plantas responden al estrés por densidad de dos maneras: a través de una respuesta plástica de crecimiento de acuerdo a las condiciones y/o con un riesgo alterado de mortalidad (Radosevich *et al.*, 1997).

El rendimiento es la expresión fenotípica que resulta al final de los procesos fisiológicos que inciden en la morfología y fisiología de la planta y puede

referirse a la cantidad de materia seca producida por planta, en cuyo caso se denomina rendimiento biológico o biomasa, o puede hacer referencia exclusivamente a aquellos órganos útiles al hombre, tomando el nombre de rendimiento agronómico.

De manera general, en el frijol se conocen tres componentes morfológicos principales del rendimiento: el número de vainas por planta, el número de semillas por vaina y el tamaño de las semillas, de los cuales, el número de vainas se correlaciona más fuertemente con el rendimiento, pues tiene implícitos a los dos restantes (Duarte y Adams, 1972).

2.4.2. Arreglos topológicos evaluados en trabajos anteriores

Al establecer seis arreglos topológicos en frijol, Cruz (1998) obtuvo el mejor rendimiento cuando sembró en surcos de 40 cm de separación y 7.5 cm entre plantas, teniendo una densidad de 333,000 plantas/ha, y concluye que los arreglos topológicos y densidades sí influyeron sobre el grado de incidencia de las malezas sobre el cultivo.

Para las interacciones existentes entre la variedad y densidad de siembra, Flores *et al.* (1993), obtuvieron los mayores rendimientos con la variedad Flor de mayo a una densidad media de 172,000 plantas/ha y baja con 86,000 plantas/ha. Para la primera densidad se obtuvieron 2,616 kg/ha y para la segunda 2,566 kg/ha atribuyendo estas cifras principalmente a un mayor potencial genético de la variedad y cierta tolerancia a enfermedades.

Al estudiar los efectos de seis arreglos topológicos (con densidades de 190,489 a 434,782 plantas/ha) sobre la incidencia de plagas, enfermedades y rendimiento, Zañudo (1995) concluyó que éstos afectaron el desarrollo de las variedades y que la densidad de plantas y su distribución no tuvieron efectos negativos sobre la incidencia y daño de plagas y enfermedades.

Garduño (2001) obtuvo los mejores rendimientos en frijol, al establecer el cultivo en surcos de 70 cm de separación y 6.5 cm entre plantas, con una densidad de 219,780 semillas/ha. Indica además que el rendimiento óptimo fue determinado por el hábito de crecimiento, pues para las variedades Negro Huasteco y Franelo, lograron rendir mejor en surcos de 70 cm de separación y 6.5 cm entre plantas, mientras que Pinto villa y Pedigrí-341 presentaron buenos rendimientos cuando fueron establecidos en surcos de 70 cm de separación y 4 cm entre plantas.

2.5. Período crítico de competencia (PCC)

La mayor parte de los estudios que se han realizado con relación a este tópico, concluyen que los mayores daños ocasionados al cultivo por la interferencia con las malezas, se da en los primeros días o etapas del desarrollo de la planta (Rodríguez, 1997). En ese sentido, es indispensable contar con herramientas que permitan definir el periodo dentro del cual las malas hierbas causan reducciones a la producción. A dicho periodo se le ha denominado periodo crítico de competencia (PCC).

2.5.1. Concepto básico

El fenómeno de competencia entre malezas y cultivo no se da de manera uniforme durante todo el ciclo agrícola, existe un intervalo de tiempo al inicio del cultivo cuando este puede soportar a las malezas sin reducción en su rendimiento final. También existe un periodo al final del cultivo en el cual las hierbas no deseables ya no causan efecto en el rendimiento del cultivo (Pitty, 1997).

En estudios de periodo crítico los cultivos son expuestos a estar libres de malezas por intervalos de tiempo variados o etapas fenológicas, tales como la emergencia, desarrollo vegetativo y floración, y después de este periodo las

plantas indeseables se dejan crecer por el resto del ciclo del cultivo. Los datos obtenidos se comparan con respecto a otro estudio complementario (Figura 7) en el cual las malezas se dejan crecer por intervalos de tiempo variados o etapas fenológicas y una vez que se cumple el periodo establecido en el que estas han de desarrollarse, se remueven por el resto de la estación quedando el cultivo libre de malezas (Zimdahl, 1988).

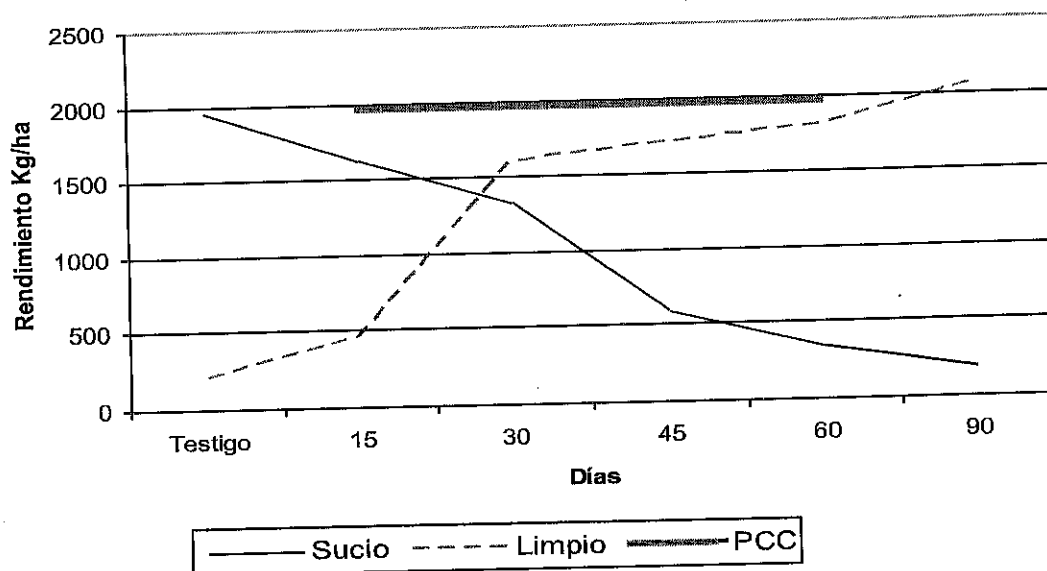


Figura 7. Comportamiento lógico de dos estudios complementarios para determinar el PCC.

2.5.2. Factores que afectan el periodo crítico de competencia

La especie de maleza o cultivo

Los cultivos o bien las malas hierbas, poseen características que les permiten competir con otras plantas vecinas, los cultivos de porte alto como el maíz, la caña de azúcar, café, entre otros, poseen mayor habilidad para competir por luz que los cultivos herbáceos como el frijol, zanahoria, brócoli y rábano, lo que les confiere una mayor capacidad para tener éxito cuando se encuentran en competencia por los recursos.

En las plantas herbáceas, aquellas que tienen características de guías, tales como la calabaza, chayote, pepino, sandía y melón, poseen la cualidad de invadir el espacio con rapidez, característica que les proporciona ventajas en comparación a las plantas de crecimiento en mata. Este mismo fenómeno se presenta en las malezas, las cuales a diferencia de los cultivos, por lo general presentan características de crecimiento más rápido y en algunas especies como *Simsia amplexicaulis*, la plasticidad es enorme, lo que significa una garantía de éxito para su establecimiento.

El ambiente

Las condiciones ambientales como son agua, temperatura, luz y fertilidad del suelo y textura inciden de manera directa en el PCC, pues en los casos donde se fertiliza al cultivo, este factor cambia dicho periodo, ya que se proporciona a la planta una cantidad adecuada de nutrimentos en tiempo y forma requerida, habilitándola de esta manera para que compita en condiciones de ventaja respecto a plantas indeseables presentes en el terreno de cultivo.

Debido a que cada año cambian las condiciones ambientales, los reportes sobre el periodo crítico pueden variar, ya que el fenómeno de competencia se ajusta a la disponibilidad de recursos, por ejemplo, en años lluviosos la competencia por agua es menor que en condiciones de sequía, asimismo, la cantidad de malezas que emergen y se establecen es mayor.

Densidad de las malezas

En estudios realizados variando la densidad de malezas, se ha observado que éstas reducen el rendimiento del cultivo al aumentar su número por unidad de superficie, sin embargo, la relación encontrada no es de tipo lineal, ya que bajas densidades de malezas no compiten con el cultivo, por lo cual no reducen su rendimiento.

Al aumentar la densidad de malezas comienza a darse el fenómeno de competencia, limitándose así los recursos y una vez que comienza el periodo crítico el rendimiento del cultivo empieza su descenso (Pitty, 1997).

2.5.3. PCC para frijol determinado en otros estudios

En su mayoría, los estudios que se han llevado a cabo para determinar el PCC en el cultivo del frijol, coinciden en que este se ubica en los principales estados de desarrollo de la planta. Barreto (1970) realizó experimentos con cinco variedades de frijol en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo y encontró que conforme se alarga el periodo vegetativo de la variedad, también se alarga el periodo limpio de malezas requerido para obtener el máximo rendimiento y concluye que a medida que las malezas alcanzan mayor desarrollo, el daño causado al cultivo es mayor (Cuadro 4).

Cuadro 4. Periodo Libre de Malezas Mínimo (PLMM) para cinco variedades de frijol en Chapingo, México.

Variedad	Ciclo vegetativo en días	PLMM
Bayomex	100	40
Canario 107	100	40
Bayo	120	60
Negro 150	146	70

Fuente: Barreto, 1970.

Tovar (1995) recomienda realizar estudios de PCC en frijol, con base en las etapas fenológicas del cultivo, con lo cual se evita el número y amplitud de los tratamientos a incluir, sin importar el hábito de crecimiento del cultivo; con esto el límite superior del periodo sería determinado y los resultados obtenidos tendrían una aplicación más general.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del sitio experimental, condiciones climatológicas y material vegetal utilizado

El estudio se llevó a cabo en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (CAE), durante la primavera-verano de 2007, localizado este en el Km. 38.5 de la Carretera México-Texcoco, en el Estado de México. Sus coordenadas geográficas son las siguientes: N 19° 23' 40" y W 98° 39' 28". La altitud de la cabecera municipal alcanza los 2,250 msnm, su clima se considera templado semiseco con una temperatura media anual de 15.9°C y una precipitación media anual de 686.0 mm, sus vientos dominantes provienen del sur (INEGI, 2007). Las variables climatológicas registradas durante el periodo de estudio se exhiben en la Figura 8.

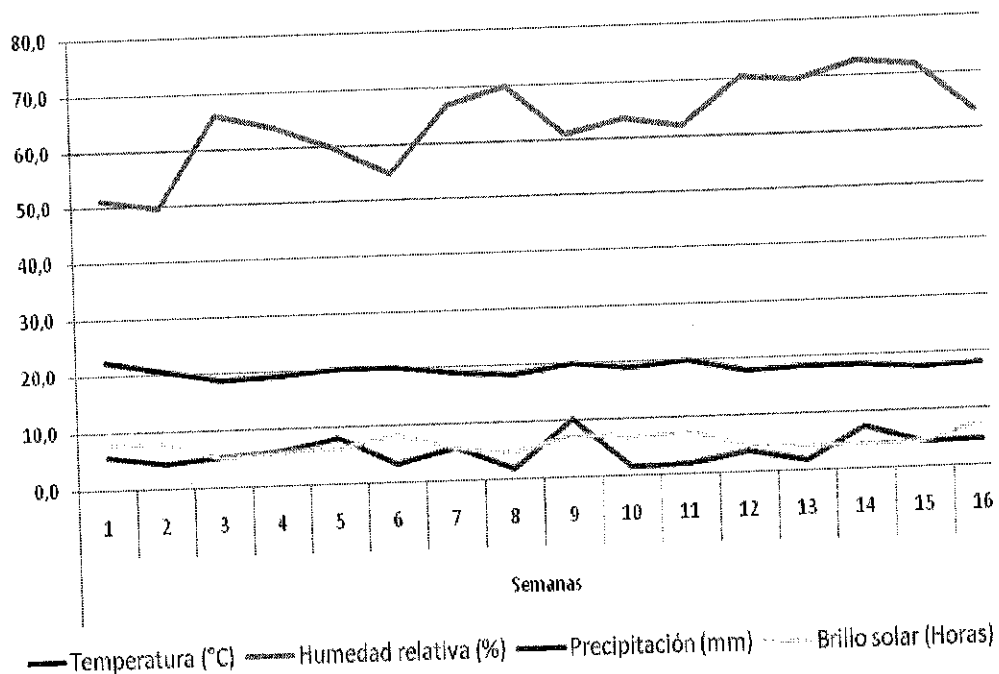


Figura 8. Comportamiento semanal de las principales variables climatológicas durante el desarrollo del cultivo (Fuente: Estación Meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo).

La ubicación específica del sitio experimental fue en la tabla agrícola Xaltelapa-7, abarcando un polígono de aproximadamente 0.25 ha, con las siguientes coordenadas de ubicación: A) N 19° 29'30.9"; W 98°52'50.7", B) N 19° 29'31.9"; W 98°52'50.5"; C) N 19° 29'32.7"; W 98°52'52.4" y D) N 19° 29'31.4"; W 98°52'50.8", con una altitud promedio de 2200 msnm(Fuente: GPS modelo Garmin, 12X).

El material vegetal utilizado fue proporcionado por el Programa Universitario en Granos y Semillas de la Universidad Autónoma Chapingo (PUIGRAS) y consistió en la variedad Pinto Saltillo, semillas que pasaron por una etapa previa de selección visual, escogiendo aquellas que presentaron un buen estado en cuanto a forma, tamaño y sanidad aparente. Posteriormente el material seleccionado se dispuso en un contenedor para su transporte hasta el área de siembra. Es importante mencionar que la semilla utilizada provino de la cosecha realizada en ciclos anteriores, por los investigadores del mismo programa.

3.2. Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con un arreglo en parcelas divididas, con tres repeticiones. Cada una de las parcelas grandes involucró a tres arreglos topológicos y dos diferentes densidades siembra (125,000 y 250,000 plantas por hectárea). La unidad experimental quedó compuesta por una superficie de 4.8 m² (tres metros de longitud por 1.60 m de ancho. El suelo fue preparado con ayuda de un tractor y arado de cinceles, ajustando éstos últimos para dos, tres y cuatro hileras de frijol distribuidas de manera equitativa entre el ancho de las parcelas, manejando dos distancias diferentes entre plantas para cada uno de los arreglos en hileras, tal como se describe en el Cuadro 5. Cada uno de los bloques quedó conformado por 16 unidades experimentales haciendo un total de 144 parcelas, más las calles.

Cuadro 5. Tratamientos que muestran los arreglos topológicos y las densidades de siembra establecidas en el experimento. Chapingo, México. 2007.

Parcela	Hileras	Distancia [∞]	Densidad*	Distancia ⁺
1	Dos	80	125,000	10
			250,000	5
2	Tres	53	125,000	15
			250,000	7.5
3	Cuatro	40	125,000	20
			250,000	10

∞Distancia entre hileras en centímetros * Número de plantas por hectárea + Distancia entre plantas

En las parcelas chicas se evaluaron dos series de tratamientos de competencia maleza-cultivo dispuestos en los tres arreglos topológicos descritos anteriormente, para determinar el periodo crítico de competencia; la serie de tratamientos denominados limpios consistió en mantener al cultivo libre de malezas a partir de su emergencia (V1), evaluando tres periodos definidos con base en las etapas fenológicas del cultivo, además se incluyó un testigo siempre limpio y siempre enmalezado. De igual forma, la serie de tratamientos denominados sucios, consistió en tres periodos en los cuales el cultivo permaneció enmalezado a partir de la emergencia (V1) con su respectivo testigo siempre sucio (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tratamientos de periodos de competencia de malezas evaluados en el experimento. Chapingo, México. 2007.

No.	Tratamiento	Descripción
1	SL	Testigo siempre limpio de malezas
2	LV3	Limpio de malezas de emergencia a primera hoja trifoliada
3	LR5	Limpio de malezas de emergencia a prefloración
4	LR7	Limpio de malezas de emergencia a formación de las vainas
5	SS	Testigo siempre enmalezado
6	SV3	Enmalezado de emergencia a primera hoja trifoliada
7	SR5	Enmalezado de emergencia a prefloración
8	SR7	Enmalezado de emergencia a formación de las vainas

3.3. Variables respuesta evaluadas

3.3.1. Densidad de la maleza total y por especie

El muestreo y cuantificación de las malezas existentes en el cultivo, se realizaron en la etapa de prefloración, pues en esta etapa se presentó la mayor cantidad y diversidad de maleza en las parcelas cuyos tratamientos contemplaron el dejar enmalezar al cultivo por cierto periodo. Para la realización de esta actividad se hizo uso de un marco de metal de 0.25 m², tirando este en forma aleatoria dentro de las unidades experimentales. Se llevaron a cabo los conteos por especie y total de malezas existentes, lo cual permitió determinar el grado de competencia al que se enfrentó el cultivo en los distintos arreglos topológicos estudiados.

3.3.2. Número de vainas por planta

Al momento de la cosecha se eligieron cinco plantas al azar en cada unidad experimental, de las cuales fueron contabilizadas las vainas con al menos un grano y con una buena conformación del mismo. Los datos obtenidos fueron registrados en el libro de campo del experimento.

3.3.3. Longitud de las vainas

De las cinco plantas seleccionadas con anterioridad, se eligieron cinco vainas al azar y con ayuda de una regla graduada se midió cada una de estas, determinado de esta forma su longitud.

3.3.4. Granos por vaina

De las mismas cinco vainas seleccionadas, fueron contabilizados el número de granos por vaina, para cada una de las 144 unidades experimentales y se

determinó el promedio para toda la unidad experimental, con el propósito de conformar la base de datos correspondiente para el análisis.

3.3.5. Rendimiento por unidad de superficie

Una vez cosechadas todas las plantas en cada unidad experimental y trilladas, se procedió a pesar todo el grano obtenido en cada unidad experimental de manera separada, con ayuda de bolsas de papel, contenedores de plástico y balanza electrónica.

3.3.6. Peso y volumen de cien granos

Del total de grano cosechado en cada unidad experimental, se tomó una muestra de cien granos, se cuantificó el peso en la balanza electrónica y se midió su volumen por desplazamiento de agua, con ayuda de una probeta graduada de 100 ml.

3.4. Trabajo de campo

3.4.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió en realizar un barbecho y dos pasos de rastra, posteriormente el suelo fue rayado con ayuda del arado de cinceles, ajustándolo para obtener dos, tres y cuatro hileras equidistantes en camas de 1.60 m de ancho. Cabe señalar que el ajuste de los implementos agrícolas utilizados no representó dificultad alguna, sin embargo, al momento de rayar el terreno se pudo apreciar que es importante elevar el implemento de acuerdo a las condiciones de terreno y comportamiento del arado, de lo contrario se generan bordos, lo que provoca que el trabajo quede muy heterogéneo. Estas labores fueron efectuadas en la semana del 28 de mayo al 2 de junio de 2007.

Debido a que la profundidad del suelo al momento de rayar varía de 10 a 20 cm, fue necesaria una buena nivelación del terreno, además de estar bien mullido, ya que de no ser así se puede propiciar el fracaso de la siembra de altas densidades, principalmente cuando se pretende trabajar con tres y cuatro hileras, aunque si se utilizan aperos o arados de tracción animal, esto puede ser aún más manejable. En relación a las unidades experimentales, éstas fueron medidas y trazadas con ayuda de estacas de madera, cordones de plástico y cinta métrica, buscando con ello tener la mayor exactitud posible y librando espacio suficiente para calles y bordos.

3.4.2. Siembra

Previo a efectuarse la siembra, se construyeron tiras de madera de tres metros de longitud y una pulgada de lado, las cuales fueron acondicionadas a manera de reglas con divisiones de 5, 7.5, 10, 15 y 20 cm, con el propósito de guiarse en ellas al momento de depositar las semillas, logrando con esto una buena precisión en cuanto al número y distancia de las semillas depositadas en las líneas de siembra.

Las densidades de siembra fueron aleatorizadas y dispuestas en el sitio de establecimiento del cultivo de manera previa, señalizando con estacas cada una de las densidades deseadas para evitar posibles confusiones. La siembra fue realizada en suelo seco el día 2 de junio de 2007, y la primera lluvia se registró el 9 de junio del mismo año.

3.4.3. Riegos e hidrometeoros

Debido a que el temporal se estableció de manera regular a partir del día 9 de junio, no fue necesario proporcionar riego de auxilio al cultivo, aunque es importante mencionar que el día 25 de junio se registro una fuerte granizada,

afectando severamente al cultivo ya que este apenas tenía las hojas primarias totalmente desplegadas.

De igual forma en algunas partes más bajas del terreno se presentaron inundaciones que duraron por espacio de tres días; situación que comenzó a manifestarse en las plántulas, las cuales manifestaron una ligera clorosis. No obstante lo anterior, los siguientes días estuvieron soleados y con un buen nivel de humedad, por lo que el cultivo se recuperó y una vez que la primera hoja trifoliada se hizo notar, el desarrollo de las plantas se dio de manera normal.

3.4.4. Deshierbes

Los deshierbes se realizaron de manera manual, de acuerdo con un calendario preestablecido al inicio del experimento, en el cual se contempló realizar estas actividades con base en las etapas fenológicas del frijol para poder determinar el PCC en los diferentes arreglos topológicos (Cuadro 6). La descripción de los tratamientos mostrada en el apartado 3.2, describe de manera detallada cada una de las acciones que se llevaron a cabo para mantener limpias o sucias las unidades experimentales, según fuese el caso, resultando de ello los dos estudios complementarios necesarios.

3.4.5. Control de plagas y enfermedades

Con el propósito de prevenir daños por "Damping off " en las primeras etapas del cultivo y posteriormente por *Rhizoctonia solani*, se aplicó tiofanato metílico (Cercobin® M) al pie de las plántulas, a una dosis de 1.0 L/ha⁻¹ de producto comercial en 100 litros de agua. Para tal fin se empleó una aspersora manual de mochila marca Swiss Mex, equipada con una boquilla tipo estándar. De acuerdo con el desarrollo del cultivo observado y las condiciones de exceso de humedad descritas en el apartado anterior, se observó que el tratamiento tuvo

la efectividad deseada, ya que a partir de su aplicación, no se detectaron plantas con síntomas de estas enfermedades.

Respecto a la incidencia de plagas, se observó una fuerte presencia de conchuela del frijol (*Epilachna varivestis* Mulsant) en su etapa saliente de hibernación, la cual fue detectada diez días antes de la etapa de prefloración, por lo que se aplicó paratión metílico (Paration®) para su control, a una dosis de 2.5 a 3.0 L/ha⁻¹ de producto comercial en 200 litros de agua. Dicho tratamiento fue realizado en dos ocasiones, obteniéndose buenos resultados en su control.

3.4.6. Cosecha

Una vez que el cultivo alcanzó la etapa de maduración (R9), se suspendieron todas las actividades de limpia y deshierbes, situación que se dio durante la segunda semana del mes de septiembre y debido a que la época de lluvias fue abundante durante todo ese mes, se desarrolló una gran cantidad de maleza en el terreno, sin embargo, esto no afectó al cultivo pues ya había completado su desarrollo fisiológico.

Con objeto de preparar la cosecha y para obtener de manera clara y precisa las variables de rendimiento, se llevó a cabo una limpia general del experimento de forma manual, etiquetando cada una de las unidades experimentales para evitar confusiones en la toma de datos y llevar un registro sistemático. Estas actividades se llevaron a cabo en la primera semana del mes de octubre de 2007. La toma de datos de las variables de rendimiento y la cosecha se realizaron el 12 de octubre. La separación del frijol de las vainas se hizo con la ayuda de una maquina trilladora de frijol. Cabe señalar que al momento de la cosecha hubo las condiciones adecuadas por parte del cultivo, por lo que no se tuvieron dificultades durante el beneficio del frijol.

3.5. Análisis de datos

A los datos obtenidos de las diferentes variables se les realizó análisis de varianza bajo el modelo de bloques completos al azar en parcelas divididas; además, de las pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey; todo ello con el apoyo del programa estadístico SAS® versión 9.0 (Statistical Analysis System; Institute Inc, 1979).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comportamiento de las poblaciones de maleza

4.1.1. Diversidad de maleza presente en el arreglo topológico a dos hileras

La disponibilidad de espacio superficial en el arreglo de dos hileras de cultivo, favoreció el establecimiento de diez especies nocivas anuales, entre las cuales, la que predominó fue *Lopezia racemosa* Cav., con 85% del total de la población cuantificada, seguida de *Eleusine multiflora* Hochst. (8%), *Galinsoga parviflora* Cav. (2%) y *Portulaca oleracea* L. (2%) (Figura 9). Debe de mencionarse que la etapa V4 del frijol, fue la que presentó un mayor grado de competencia interespecífica.

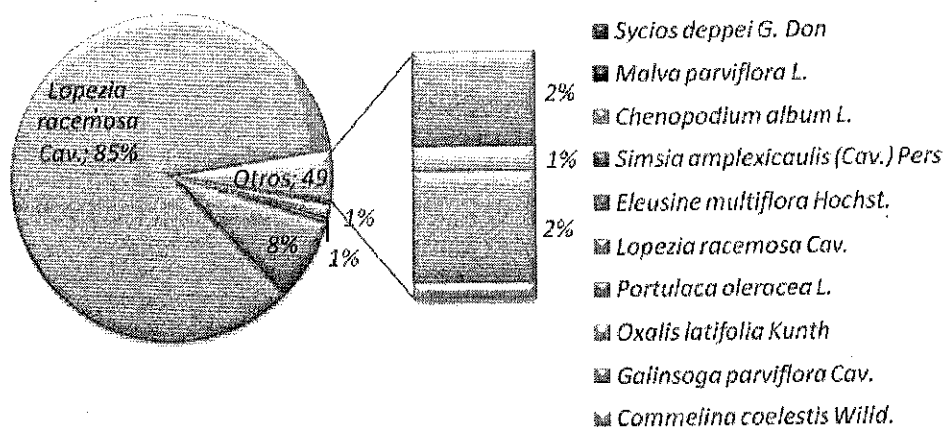


Figura 9. Comportamiento de las poblaciones de malezas presentes en el arreglo topológico de frijol a dos hileras. Chapingo México. 2007.

Respecto al cultivo, se pudo apreciar el efecto de la competencia inter e intraespecífica para los diferentes tratamientos, percibiendo una reducción en tamaño y dosel del cultivo para las unidades experimentales con presencia de maleza durante las etapas V3 a R7, de igual forma, en aquellas parcelas que permanecieron enmalezadas durante todo el ciclo se pudo apreciar un ligero

amarillamiento durante la etapa de prefloración y considerable reducción de crecimiento, incluso la muerte de algunas plantas.

De acuerdo con Begón *et al.* (1988), cuando la competencia interespecífica implica la explotación de un recurso, una de las especies consume y agota dicho recurso, hasta llegar a un nivel en el cual afecta el crecimiento, reproducción y/o supervivencia de las otras especies, fenómeno que se observó de manera evidente en este experimento. El mismo autor indica que este tipo de competencia es altamente asimétrica, es decir, las consecuencias no son iguales para las especies involucradas, por lo que el resultado de este fenómeno es el éxito de alguna de ellas, como ocurrió en este estudio, en donde la mayor parte del espacio fue ocupado por *L. racemosa*.

4.1.2. Diversidad de maleza presente en el arreglo topológico a tres hileras

A pesar de que la distribución del espacio disponible para el cultivo en el arreglo de tres hileras fue mejor en comparación con el de dos y cuatro hileras, éste permitió el desarrollo de once especies de malas hierbas, mostrando una mayor diversidad que el arreglo a dos hileras. No obstante lo anterior, se presentó un fenómeno similar a lo descrito en el apartado expuesto con anterioridad, ya que las especies predominantes fueron las mismas: *L. racemosa* (65%), *E. multiflora* (13%), *G. parviflora* (11%). Como se observa en la Figura 10, especies como *Oxalis latifolia* Kunth. (3%) y *Malva parviflora* L. (3%), tuvieron un mayor éxito en este arreglo topológico.

La apariencia general que presentó el cultivo, fue de menor altura con respecto a las plantas que se desarrollaron en el arreglo topológico a dos hileras, sin embargo, se observó una mejor conformación tanto del dosel del cultivo como de tallos e inflorescencias, situación contraria a la conformación de las plantas del arreglo topológico a cuatro hileras.

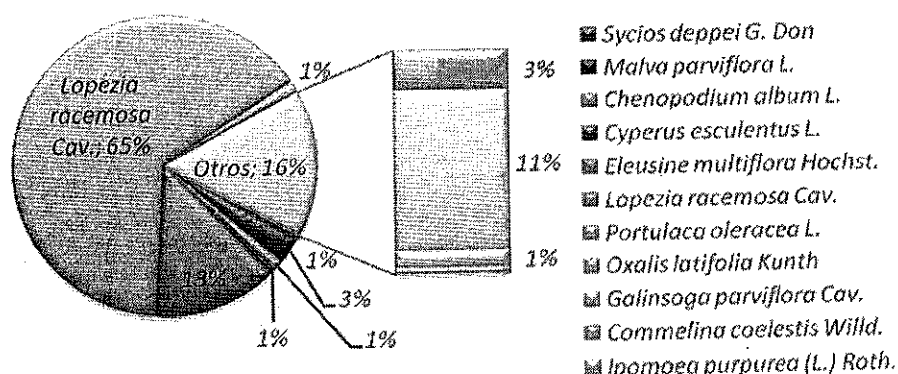


Figura 10. Comportamiento de las poblaciones de malezas presentes en el arreglo topológico de frijol a tres hileras. Chapingo México. 2007.

Anderson (1983) parte de la premisa de que las malezas y los cultivos tienen los mismos requerimientos para tener un crecimiento y desarrollo normal, por lo cual, compiten por un suministro adecuado de los mismos nutrientes, humedad, luz, temperatura, dióxido de carbono y espacio de crecimiento. Este último componente, que tuvo diferencias con respecto al arreglo de frijol a dos hileras, fue determinante en el comportamiento de las poblaciones de malezas, pues se observó una mayor diversidad y éxito de las mismas para establecerse, en los espacios disponibles entre las plantas del cultivo.

4.1.3. Diversidad de maleza presente en el arreglo topológico a cuatro hileras

El arreglo topológico establecido, tuvo el propósito de distribuir las plantas cultivadas de la manera más homogénea posible, sin embargo, no se tuvo éxito total para esta premisa, pues se dificultó su establecimiento y las labores culturales, lo que propició una alteración en las distribuciones de siembra planteadas en un inicio. Las especies de maleza predominantes fueron: *L. racemosa* (68%), *Oxalis latifolia* (14%) y *E. multiflora* (12%) (Figura 11). Debe de mencionarse que el éxito de la segunda especie, se debió a la gran cantidad de humedad presente en este experimento, ya que fue ubicado en la parte más baja del terreno.

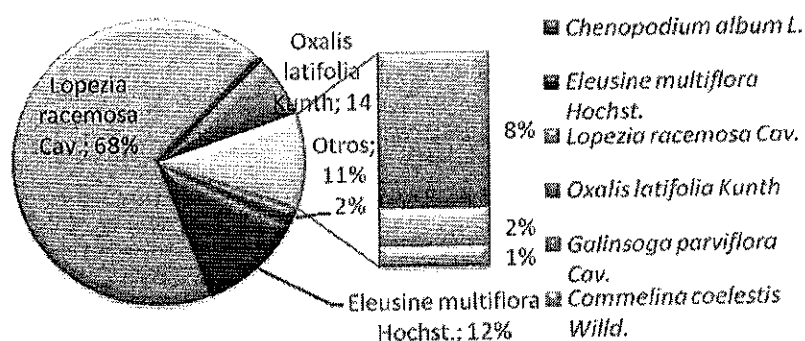


Figura 11. Comportamiento de las poblaciones de malezas presentes en el arreglo topológico de frijol a cuatro hileras. Chapingo México. 2007.

El aspecto que mostró el cultivo bajo este arreglo topológico, fue de una distribución y crecimiento del cultivo muy heterogénea, ya que se presentó una fuerte competencia intraespecífica, lo que propició que algunas plantas de frijol crecieran más que otras. En relación a los experimentos a dos y tres hileras el porte de las plantas fue menor, tanto en altura como en el desarrollo del dosel y estructuras reproductivas.

4.1.4. Efecto de las distancias de siembra sobre la densidad de maleza en los tres arreglos topológicos

El arreglo del frijol a dos hileras presentó una mayor densidad de maleza (166.8 plantas/m²), en comparación con los otros dos arreglos topológicos y no presentó diferencias estadísticas significativas entre la siembra efectuada a 250,000 con respecto a la de 125,000 plantas por hectárea. Los resultados anteriores se atribuyen a la cantidad de espacio existente entre las dos hileras, situación que permitió el desarrollo de una mayor densidad de maleza. Respecto a las ventajas de este arreglo, se tiene que sí permite el paso de instrumentos de labranza, sin embargo, se pudo observar competencia entre las plantas de frijol (Intraespecífica), debido al reducido espacio existente entre plantas ya que quedaron dispuestas a 5 y 10 cm. De acuerdo con Romero

(1993) esto trae como consecuencia un ambiente propicio para el desarrollo de enfermedades fungosas y bacterias, por lo que no es recomendable la siembra bajo este esquema de disposición de plantas en el terreno.

Con respecto al segundo arreglo topológico (tres hileras), sí presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto al de cuatro hileras, pero la densidad de población maleza (41.8 plantas/m²) fue mucho menor con relación al primer esquema de siembra planteado (dos hileras), sin presentar diferencias significativas en cuanto a cantidad de maleza entre las dos densidades establecidas (Figura 12). La disposición de semillas ubicadas en cuatro hileras, no exhibió diferencias estadísticamente significativas en comparación al segundo arreglo topológico, ya que presentó una menor densidad de maleza, con respecto a la siembra de frijol en dos hileras, lo que se atribuye a la buena distribución lograda (10 y 20 cm entre plantas), sin embargo, este arreglo presentó dificultades para realizar labores culturales incluso de manera manual.

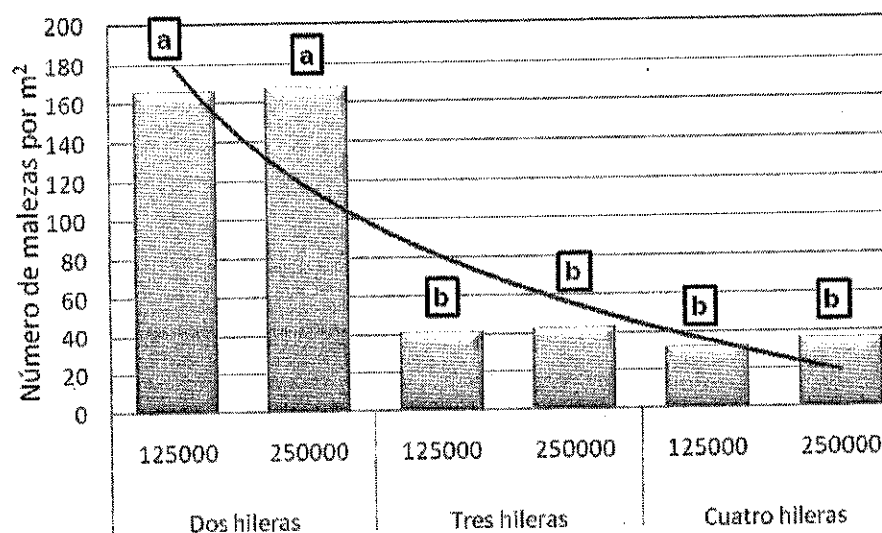


Figura 12. Número promedio de plantas nocivas, en función de la densidad y arreglo topológico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Chapingo México. 2007. (Nota: promedio de 24 muestras tomadas de manera aleatoria para cada uno de los arreglos topológicos estudiados).

Durante el desarrollo del cultivo en el arreglo a tres hileras no se observó competencia intraespecífica de manera predominante y el dosel del cultivo creció cubriendo los espacios disponibles de manera eficiente, lo cual sugiere que este tipo de arreglo fue el mejor para el cultivar de frijol establecido. No obstante lo anterior, es de suma importancia tomar en cuenta la disponibilidad de equipo y su adecuación, para realizar las prácticas de manejo del cultivo bajo este esquema de producción.

La baja densidad de malezas en la siembra de cuatro hileras se atribuye a lo estrecho de las líneas de siembra, situación que no permitió espacios disponibles para la maleza; sin embargo, este arreglo no permitió el uso de los implementos normales para la escarda, asimismo, ocasionó complicaciones al momento de preparar el terreno, ya que el espacio reducido entre hileras requiere de implementos con cinceles más delgados que los existentes en el mercado, de lo contrario se corre el riesgo de realizar una siembra demasiado superficial disminuyendo el porcentaje de emergencia, producto del daño físico que causa la lluvia cuando el suelo está recién preparado.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo encontrado por García y Fernández (1991), quienes afirman que el establecimiento de cultivos densos y sanos incrementan la competitividad del cultivo y permiten suprimir el desarrollo de plantas nocivas y la uniformidad en las densidades; asimismo, la proximidad de los surcos, favorecen la competitividad del cultivo.

4.2. Componentes del rendimiento

4.2.1. Número de vainas por planta

El análisis de varianza para la variable número de vainas por planta (NV) indica que existen diferencias estadísticas altamente significativas para los arreglos topológicos, densidades y tratamientos desarrollados en este estudio (Anexo 1). Con base en los resultados obtenidos de las pruebas de medias realizadas, se tiene que el mayor NV se obtuvo en el arreglo topológico a tres hileras (TH), mostrando diferencias estadísticas significativas con el arreglo topológico a dos hileras (DH) (Cuadro 7). El promedio de vainas por planta encontradas para el frijol establecido en TH fue 13.9, seguido por el arreglo topológico en cuatro hileras (CH) (13.3) y por último DH (10.7). Entre TH y CH no existen diferencias estadísticas significativas para esta variable de estudio.

Cuadro 7. Comparación de medias para el número de vainas por planta en los tres arreglos topológicos evaluados. Chapingo, México. 2007.

Descripción	Media (Número de vainas/planta)
Arreglo topológico a tres hileras	13.9625 a*
Arreglo topológico a cuatro hileras	13.3292 a
Arreglo topológico a dos hileras	10.7333 b

*Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

El resultado obtenido se atribuye principalmente a que se tuvo una distribución más homogénea en los arreglos TH y CH, permitiendo el desarrollo correcto de las inflorescencias, lo que permitió un mejor amarre de frutos. De igual forma, los resultados obtenidos para los diferentes arreglos topológicos fueron influidos severamente por la presencia y densidad de maleza presente en cada uno de éstos, ya que para DH se presentó una mayor cantidad de plantas nocivas, con respecto a TH y CH, situación que se describió en el apartado 4.4.1., y que

corroborar el efecto que tuvieron los diferentes arreglos topológicos en la supresión de las poblaciones de malezas.

Con relación a las dos densidades evaluadas, el mayor NV (13.8) lo presentó la densidad de 125,000 plantas por hectárea y es acorde a la disponibilidad de espacio existente entre las plantas de frijol, lo cual permitió un mejor desarrollo para el dosel del cultivo y por ende para el amarre de frutos y desarrollo de las vainas. La segunda densidad mostró un decremento en NV, lo cual se encuentra relacionado con un doble efecto de competencia intra e interespecífica, por nutrimentos y espacio, pues de acuerdo con Radosevich *et al.* (1997) al disminuir la disponibilidad de los recursos se presentan consecuencias de este tipo (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de medias para la variable número de vainas por planta en las dos densidades probadas. Chapingo, México. 2007.

Densidad (Plantas/ha)	Media (Número de vainas/planta)
125,000 (1)	13.7917 a*
250,000 (2)	11.5583 b

*Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

Respecto a los efectos de los tratamientos de limpieza y enmalezado, solo presentaron diferencias estadísticas significativas entre aquellos que permanecieron la mayor parte del tiempo enmalezados (5 y 8) y el resto de éstos, asimismo, existió similitud en comportamiento para los tratamientos 4, 2 y 8, así como, para los tratamientos 8 y 5 (Cuadro 9).

No obstante lo anterior, los efectos de los tratamientos sobre el NV mostraron resultados interesantes, pues los tratamientos que estuvieron enmalezados durante las primeras etapas de su fase vegetativa (6 y 7), exhibieron un mayor número de vainas por planta, aún por encima del tratamiento siempre limpio (1). El menor número de vainas por planta (7.9) correspondió para el testigo siempre enmalezado, como era de esperarse.

Los resultados obtenidos sugieren que existen algunos factores que condicionaron el desarrollo normal del cultivo, máxime si las labores culturales efectuadas se realizaron de manera manual, lo cual pudo afectar la integridad y vigor de cierto número de plantas, situación que no se presentó en los tratamientos 6 y 7, pues a diferencia del testigo siempre limpio a estos no se les practicaron labores mecánicas durante las primeras etapas de desarrollo, evitando de esta forma daños a las plantas, posteriormente se les mantuvo limpios por una buena parte del ciclo del cultivo.

Cuadro 9. Comparación de medias para la variable número de vainas por planta en los tratamientos de periodo de competencia de malezas evaluados. Chapingo, México. 2007.

No.	Tratamiento	Media (Vainas por planta)
6	Enmalezado de emergencia a primera hoja trifoliada	15.3000 a*
7	Enmalezado de emergencia a prefloración	14.8556 a
1	Testigo siempre limpio de malezas	13.7333 a
3	Limpio de malezas de emergencia a prefloración	13.4000 a
4	Limpio de malezas de emergencia a formación de las vainas	13.2667 ab
2	Limpio de malezas de emergencia a primera hoja trifoliada	12.6333 ab
8	Enmalezado de emergencia a formación de las vainas	10.3000 cd
5	Testigo siempre enmalezado	7.9111 d

*Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

El comportamiento de los tratamientos de limpieza y enmalezado con respecto al NV concuerda con lo citado por Urzúa (1990), quien indica que puede existir una reducción de hasta 79.2% de vainas por planta, cuando no se llevan a cabo practicas para controlar las malas hierbas.

4.2.2. Longitud de vainas

De acuerdo con el análisis de varianza efectuado para ésta variable, existen diferencias estadísticas significativas entre los arreglos topológicos, densidades

y tratamientos aplicados (Anexo 2), La mayor longitud de vainas (9.5 cm) la presentó el arreglo TH, seguido por CH (9.3 cm). Los resultados encontrados corroboran el fenómeno de competencia por el espacio entre las plantas cultivadas. Cabe señalar que hubo diferencias entre DH y TH no así entre TH y CH, fenómeno que se presenta por las densidades establecidas, que fueron similares en todos los experimentos (Cuadro 10). A pesar de que la cantidad de maleza presente en CH fue menor, esta condición no determinó que fuese éste el arreglo con el mayor tamaño de vainas, lo cual proporciona elementos para atribuir este efecto a la competencia intraespecífica.

Cuadro 10. Comparación de medias para la variable longitud de vainas en los tres arreglos topológicos evaluados. Chapingo, México. 2007.

Descripción	Media (cm)
Arreglo topológico a tres hileras	9.4912 a*
Arreglo topológico a cuatro hileras	9.3404 ab
Arreglo topológico a dos hileras	9.1404 b

*Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

Con relación a la densidad, la mayor longitud de vaina (9.4 cm), se obtuvo con la menor densidad de plantas de frijol (1) (Cuadro 11). Lo anterior se atribuye al fenómeno de competencia intraespecífica, ya que en la densidad mayor se observó un aglutinamiento de follaje y estructuras reproductivas.

Cuadro 11. Comparación de medias para la variable longitud de vainas en las dos densidades probadas. Chapingo, México. 2007.

Densidad (Plantas/ha)	Media (cm)
125,000 (1)	9.4133 a*
250,000 (2)	9.2347 b

*Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

Al igual que la variable anterior, las diferencias estadísticas se presentaron entre los tratamientos enmalezados por un mayor periodo (5 y 8) y el resto de éstos (Cuadro 9), pero a diferencia de la variable anterior, los tratamientos que

estuvieron limpios en las primeras etapas del cultivo (1 y 2), resultaron ser los mejores en este rubro, seguidos de manera inmediata por los que permanecieron enmalezados durante un menor periodo de tiempo (6 y 7).

Lo anterior sugiere que existió un fenómeno de despegue y crecimiento rápido de la planta, lo que le permitió tomar ventaja sobre las plantas nocivas. Asimismo se observó que los tratamientos con presencia de malezas por un periodo más largo (5 y 8), exhibieron la longitud de las vainas, situación que se atribuye a la severa competencia entre las malezas y el cultivo. Los resultados obtenidos son coherentes con lo encontrado por Torres (1990), quien menciona que la competencia de la maleza sobre el cultivo, reduce de manera significativa el tamaño de las vainas.

Cuadro 12. Comparación de medias para la variable longitud de las vainas por planta. Chapingo, México. 2007.

No.	Tratamiento	Media (cm)
2	Limpio de malezas de emergencia a primera hoja trifoliada	9.6422 a*
1	Testigo siempre limpio de malezas	9.5544 a
7	Enmalezado de emergencia a prefloración	9.5500 a
6	Enmalezado de emergencia a primera hoja trifoliada	9.5278 a
3	Limpio de malezas de emergencia a prefloración	9.3333 ab
4	Limpio de malezas de emergencia a formación de las vainas	9.3256 ab
8	Enmalezado de emergencia a formación de las vainas	8.8478 bc
5	Testigo siempre enmalezado	8.8111 c

*Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

4.2.3. Granos por vaina

Con base en el análisis de varianza realizado, existen diferencias altamente significativas para los arreglos topológicos y tratamientos aplicados, no así para las dos densidades evaluadas (Anexo 3), siendo el arreglo TH con 4.7 granos por vaina, el que presentó mejor número y conformación en las semillas.

El valor más bajo fue obtenido en el arreglo DH (4.4), lo que se debe en gran parte a que la distancia entre hileras no permitió un buen desarrollo en las vainas y granos. Con respecto al arreglo CH, éste no mostró diferencias estadísticamente significativas con DH (Cuadro 13), lo que sugiere que tuvieron un comportamiento semejante en este aspecto, aunque es importante aclarar que la distribución de las plantas fue más homogénea en CH, sin embargo, existió un mayor daño mecánico ocasionado por el manejo del cultivo, debido al limitado espacio para el paso de los cultivadores y herramientas. El efecto que tuvieron los arreglos topológicos en la incidencia de la maleza, determinó en gran medida los resultados que se muestran, ya que en el experimento a DH la presencia de plantas nocivas fue mayor, lo que propició un menor desarrollo de las plantas y los granos.

Cuadro 13. Comparación de medias para la variable granos por vaina en los tres arreglos topológicos evaluados. Chapingo, México. 2007.

Descripción	Media (Número de granos/vaina)
Arreglo topológico a tres hileras	4.7333 a*
Arreglo topológico a cuatro hileras	4.6416 ab
Arreglo topológico a dos hileras	4.4583 b

*Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

Respecto a las densidades evaluadas en los tres experimentos, no hubo efectos significativos para la variable granos por vaina (Cuadro 14), lo cual sugiere que el número de plantas establecidas por unidad de superficie no condiciona el desarrollo de los granos en las vainas, sin embargo, se pudo apreciar que a mayor densidad el tamaño de éstos fue menor, lo que indica una fuerte competencia por nutrientes. Esta afirmación es acorde con lo descrito por Radosevich *et al.* (1997) quienes señalan que los rendimientos óptimos sólo se logran cuando se encuentra un balance adecuado entre nutrientes y densidades, pues si el número de plantas es demasiado alto en una superficie dada, puede provocar retrocesos en los rendimientos obtenidos.

Cuadro 14. Comparación de medias para la variable granos por vaina en las dos densidades probadas. Chapingo, México. 2007.

Densidad (Plantas/ha)	Media (Número de granos/vaina)
125,000 (1)	4.6666 a*
250,000 (2)	4.5555 a

*Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

No hubo efectos de los tratamientos de limpieza y enmalezado, con excepción del testigo siempre enmalezado que fue el tratamiento con el menor número de granos por vaina, los demás tratamientos se comportaron estadísticamente iguales para esta variable (Cuadro 15). Los resultados obtenidos indican que el número de granos por vaina no presenta variaciones significativas a menos que se exponga al cultivo a una fuerte competencia con las malezas. Al respecto, Urzúa (1990) señala que las vainas presentan 46% menos semillas cuando no se controla la maleza, pues se presenta una alta presión de selección entre el cultivo y las plantas dañinas, reduciéndose al tamaño de la planta y sus estructuras reproductivas.

Cuadro 15. Comparación de medias para la variable granos por vaina. Chapingo, México. 2007.

No.	Tratamiento	Media (Granos/vaina)
7	Enmalezado de emergencia a prefloración	4.7778 a*
2	Limpio de malezas de emergencia a primera hoja trifoliada	4.7667 a
6	Enmalezado de emergencia a primera hoja trifoliada	4.7111 a
1	Testigo siempre limpio de malezas	4.6889 a
4	Limpio de malezas de emergencia a formación de las vainas	4.6333 a
3	Limpio de malezas de emergencia a prefloración	4.6222 a
8	Enmalezado de emergencia a formación de las vainas	4.5111 ab
5	Testigo siempre enmalezado	4.1778 b

*Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

4.2.4. Rendimiento por unidad de superficie

En relación al rendimiento, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas para los arreglos topológicos, densidades establecidas y tratamientos de limpieza y enmalezado (Anexo 4). Las plantas de frijol en TH presentaron en promedio los rendimientos más altos (2,230.64 kg/ha), mostrando diferencias estadísticas altamente significativas con los dos experimentos restantes (Cuadro 16). La producción más baja se obtuvo en el experimento DH (1314.37 kg/ha) y CH mostró buenos rendimientos en promedio (1953 kg/ha). Los tres arreglos mostraron un comportamiento diferente, motivo por el cual serán analizados por separado, en los párrafos subsiguientes.

Cuadro 16. Comparación de medias para la variable rendimiento por unidad de superficie en los tres arreglos topológicos evaluados. Chapingo, México. 2007.

Descripción	Media (gr/u.e)	Media (Kg/ha)	Experimento
Arreglo topológico a tres hileras	1,070.71 a*	2,230.64 a	2
Arreglo topológico a cuatro hileras	937.49 b	1,953.10 b	3
Arreglo topológico a dos hileras	630.90 c	1,314.37 c	1

*Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

De igual forma los efectos de las densidades sobre el rendimiento fueron estadísticamente diferentes (Cuadro 17), pero en contraparte a las variables anteriores, aquellas parcelas en donde se manejaron densidades más altas el rendimiento fue mayor (1902.5 kg/ha en promedio) en comparación con la menor densidad (1762 kg/ha en promedio). Al respecto, estudios realizados por Cruz (1998) y Flores *et al.* (1993) indican que a mayor densidad de plantas de frijol por unidad de superficie se obtienen mejores rendimientos, sin embargo, es importante aclarar que esto depende del potencial genético de la especie y características fenotípicas, por lo que es menester determinar con antelación la distribución más óptima del cultivo.

Cuadro 17. Comparación de medias para la variable rendimiento por unidad de superficie para las dos densidades probadas. Chapingo, México. 2007.

Densidad (Plantas/ha)	Media (gr/u.e)	Media (Kg/ha)
250,000 (2)	913.20 a*	1,902.5 a
125,000 (1)	846.20 b	1,762.9 b

*Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

Con relación al efecto de los tratamientos de competencia maleza-cultivo, las diferencias estadísticas agrupan a los tratamientos en cuatro grandes categorías: a) aquellos que estuvieron expuestos en las primeras etapas de desarrollo del cultivo a una competencia maleza-cultivo no significativa por la escasa presencia de malezas, incluyendo al testigo siempre limpio, situación que se presentó por el sistema de siembra en seco utilizado (6, 4, 3, 1 y 7); b) tratamientos que estuvieron limpios o enmalezados durante las primeras etapas del cultivo y cuya maleza fue removida en las etapas críticas de desarrollo (1, 2, y 7); c) tratamiento que estuvo enmalezado por el periodo de tiempo más grande y d) el testigo siempre enmalezado (Cuadro 18).

Cuadro 18. Comparación de medias para la variable rendimiento por unidad experimental. Chapingo, México. 2007.

No.	Tratamiento	Media (kg/ha)
6	Enmalezado de emergencia a primera hoja trifoliada	2,361.22 a*
4	Limpio de malezas de emergencia a formación de las vainas	2,240.35 a
3	Limpio de malezas de emergencia a prefloración	2,203.41 a
1	Testigo siempre limpio de malezas	2,062.41 ab
7	Enmalezado de emergencia a prefloración	2,014.16 ab
2	Limpio de malezas de emergencia a primera hoja trifoliada	1,808.16 b
8	Enmalezado de emergencia a formación de las vainas	1,262.35 c
5	Testigo siempre enmalezado	709.60 d

*Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

Los valores más altos para esta variable los presentaron los tratamientos 3, 4 y 6, los cuales permanecieron prácticamente libres de los efectos de la

competencia de la maleza durante la etapa prefloración (R5), en la cual este fenómeno se presentó de manera más acentuada, situación que influyó en el resto de los tratamientos.

En ese sentido, Aldrich (citado por Pitty, 1997), identifica características que le confieren al cultivo una mayor habilidad competitiva hacia las malezas, entre las que destacan: expansión rápida del dosel, hojas grandes y horizontales, extensión rápida del tallo, entre otras. También señala que la emergencia de un cultivo con respecto a la maleza, puede conferirle a esté características deseables para presentar una mayor habilidad competitiva hacia las malezas y que este fenómeno se presenta durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo.

Consecuente con lo anterior, los resultados obtenidos en este estudio muestran relación con lo descrito por Ross (1968) citado por Radosevich *et al.* (1997), quien describe en sus estudios que la captura de espacio depende del competidor, quien debe de tener un buen grado de crecimiento rápido y poder utilizar los recursos de manera acelerada. En ese aspecto, Ruiz (1998) estudiando la habilidad competitiva del frijol concluyó que la alta velocidad en la emergencia, así como, el crecimiento inicial rápido otorgan ventajas adicionales al frijol para competir contra las malas hierbas, situación que se presentó de manera marcada en el presente estudio. Para tener una visión más clara sobre el efecto que tuvieron las densidades probadas y tratamientos de competencia maleza-cultivo desarrollados en cada uno de los arreglos topológicos estudiados, a continuación, se presenta un breve análisis por separado.

Arreglo a dos hileras. Los rendimientos obtenidos bajo este arreglo topológico, mostraron diferencias estadísticas significativas únicamente entre los tratamientos de competencia maleza-cultivo (Anexo 5), los cuales se agruparon en dos grandes grupos con base en sus diferencias estadísticas; los primeros fueron aquellos que estuvieron expuestos a una competencia interespecífica un

tanto ligera (1, 2, 3, 4, 6 y 7), pues a pesar de que hubo tratamientos enmalezados y limpios, la baja incidencia de plantas nocivas durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo no tuvo efectos drásticos en la disminución del rendimiento, los segundos agrupan al testigo siempre enmalezado y al tratamiento enmalezado de la emergencia a la formación de las vainas (5 y 8), siendo éstos los que provocaron más efectos en el frijol por el fenómeno de competencia durante la etapa V4 y R5, disminuyendo el rendimiento obtenido en 80.3% con respecto al mayor rendimiento obtenido para este arreglo topológico (DH).

Cuadro 19. Comparación de medias para la variable rendimiento por unidad experimental en el arreglo topológico a dos hileras. Chapingo, México. 2007.

No.	Tratamiento	Media (kg/ha)
6	Enmalezado de emergencia a primera hoja trifoliada	1,881.4 a*
3	Limpio de malezas de emergencia a prefloración	1,676.1 a
4	Limpio de malezas de emergencia a formación de las vainas	1,659.6 a
1	Testigo siempre limpio de malezas	1,574.8 a
7	Enmalezado de emergencia a prefloración	1,377.9 a
2	Limpio de malezas de emergencia a primera hoja trifoliada	1,359.8 a
8	Enmalezado de emergencia a formación de las vainas	614.4 b
5	Testigo siempre enmalezado	371.0 b

*Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

Sin duda alguna que la presencia de malezas fue mayor para este arreglo topológico en comparación con los dos restantes y determinó los bajos rendimientos alcanzados (rendimiento máximo promedio de 1400.89 kg/ha a 250,000 plantas/ha y 1227.87 kg/ha a 125,000 plantas/ha), pues la distribución de las plantas cultivadas propició por una parte que se acentuara la competencia intraespecífica y por la otra, el rápido establecimiento de las malezas en los espacios de terreno disponibles, rebasando en corto tiempo el dosel del cultivo y mermando la disponibilidad de luz y otros nutrimentos para el frijol.

Arreglo a tres hileras. De acuerdo con el análisis de varianza realizado, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las dos densidades estudiadas y los tratamientos de competencia maleza-cultivo (Anexo 6). La densidad de 250,000 plantas/ha mostró los rendimientos más altos, siendo estadísticamente diferente a la cantidad de grano obtenida para la menor densidad probada (Cuadro 20), situación que de manera clara muestra que el incremento en rendimiento por unidad de superficie, puede lograrse aumentando el número de plantas cultivadas bajo este arreglo, sin embargo, es importante determinar hasta qué punto es válida ésta afirmación, pues se puede tener también una fuerte competencia intraespecífica.

Cuadro 20. Comparación de medias sobre el rendimiento por unidad de superficie en las dos densidades probadas para el arreglo topológico a tres hileras. Chapingo, México. 2007.

Densidad (Plantas/ha)	Media (gr/u.e)	Media (Kg/ha)
250,000 (2)	1,131.20 a*	2,356.66 a
125,000 (1)	1,010.22 b	2,104.62 b

*Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

La comparación de medias (Cuadro 21) permitió agrupar los tratamientos aplicados en cuatro grupos, de acuerdo con las diferencias estadísticas detectadas, el primero siendo conformado por los tratamientos que estuvieron limpios de maleza durante las primeras etapas del cultivo (4 y 6), pues para el primer caso se mantuvo al cultivo libre de malezas por un importante periodo de tiempo y para el segundo, la limpia se realizó cuando las poblaciones de maleza eran aun pequeñas, lo que le confirió al cultivo ventajas comparativas con respecto a los demás tratamientos, ya que las arvenses comenzaron a ejercer competencia significativa a partir de la etapa V3 y hasta R5. Como producto de lo anterior, estos tratamientos mostraron los mejores rendimientos obtenidos.

El segundo grupo, incluyó los tratamientos que se mantuvieron sin malezas durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo, también involucra al testigo siempre limpio (1, 2, 3 y 7) y mostró rendimientos inferiores a los tratamientos expuestos en el párrafo anterior, lo que se atribuye al daño mecánico que sufrieron las plantas como producto del exceso de remoción del suelo para mantener limpios los tratamientos en las primeras etapas de crecimiento y para el caso del último de éstos (7) se debe a que sufrió el efecto de la competencia maleza-cultivo en las etapas V3 a R5.

Cuadro 21. Comparación de medias para la variable rendimiento por unidad experimental en el arreglo topológico a tres hileras. Chapingo, México. 2007.

No.	Tratamiento	Media (kg/ha)
4	Limpio de malezas de emergencia a formación de las vainas	2773.1 a*
6	Enmalezado de emergencia a primera hoja trifoliada	2772.9 a
3	Limpio de malezas de emergencia a prefloración	2617.3 ab
1	Testigo siempre limpio de malezas	2479.8 ab
7	Enmalezado de emergencia a prefloración	2401.9 ab
2	Limpio de malezas de emergencia a primera hoja trifoliada	2128.1 bc
8	Enmalezado de emergencia a formación de las vainas	1649.0 cd
5	Testigo siempre enmalezado	1021.0 d

*Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

En lo que respecta a los tratamientos 2 y 8, se observó un comportamiento similar, debido a que ambos expusieron al cultivo a la competencia con las malezas durante las etapas V3 y R5, lo que determinó la cantidad de grano obtenido y corrobora la importancia de mantener limpio al cultivo durante este lapso de tiempo. Como cuarto y último grupo, se observó un comportamiento lógico causado por el testigo siempre enmalezado con el rendimiento obtenido más bajo, e indica el efecto que tiene la presencia de malezas en el cultivo durante todo el ciclo, reduciendo los rendimientos hasta en 63.2% con respecto al mejor rendimiento obtenido para este arreglo topológico.

Se debe resaltar que la disposición de plantas bajo este esquema sí permitió el paso de instrumentos de labranza convencionales previamente ajustados a las distancias, como el arado de cinceles, además de permitir las maniobras requeridas por el tractor para realizar las labores mecánicas, en ese sentido, este arreglo es el mejor para ejecutarse de manera comercial y con altas densidades de siembra.

Arreglo a cuatro hileras. Con base en el análisis de varianza efectuado, se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos de competencia maleza-cultivo aplicados al frijol (Anexo 7). La comparación de medias (Tukey), agrupa a las medias en tres categorías, la primera incluye a los tratamientos que estuvieron limpios por los periodos más largos de tiempo (3, 4, 6 y 7), aclarando que no se presentó competencia significativa de malezas durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo, motivo por el cual el tratamiento 6 obtuvo los mejores rendimientos (Cuadro 22), pues prácticamente permaneció limpio todo el tiempo y sin daño mecánico por el paso de los instrumentos de labranza.

La maleza en el tratamiento 7 fue removida en la etapa de prefloración, tiempo en el que se acentuó la competencia maleza-cultivo, motivo por lo que con este tratamiento se lograron buenos rendimientos. Los periodos de competencia de maleza manejados en los tratamientos 3 y 4 exhibieron un comportamiento lógico, al permanecer limpios durante las etapas críticas de desarrollo del cultivo, sin embargo, es importante resaltar que las labores mecánicas sí afectaron al cultivo, lo cual determinó en gran parte la cantidad de grano obtenido.

El segundo grupo de tratamientos incluyó al testigo siempre limpio (1) y a dos de los tratamientos que permanecieron enmalezados por un periodo de tiempo largo (2 y 8), aunque se pudo apreciar una diferencia significativa en rendimiento entre el tratamiento 1 y los dos restantes, lo que denota que la

presencia de malezas sí redujo el rendimiento de manera considerable para estos periodos de competencia maleza-cultivo.

Cuadro 22. Comparación de medias para la variable rendimiento por unidad experimental en el experimento a cuatro hileras. Chapingo, México. 2007.

No.	Tratamiento	Media (kg/ha)
6	Enmalezado de emergencia a primera hoja trifoliada	1166.1 a*
3	Limpio de malezas de emergencia a prefloración	1112.0 ab
4	Limpio de malezas de emergencia a formación de las vainas	1098.0 ab
7	Enmalezado de emergencia a prefloración	1086.1 ab
1	Testigo siempre limpio de malezas	1023.6 bc
2	Limpio de malezas de emergencia a primera hoja trifoliada	929.2 bc
8	Enmalezado de emergencia a formación de las vainas	731.3 bc
5	Testigo siempre enmalezado	353.6 c

*Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

El tercer y último grupo fue conformado por el testigo siempre enmalezado (5), el cual mostró los rendimientos más bajos. De acuerdo a estos resultados la permite apreciar que la presencia de plantas nocivas redujó los rendimientos del cultivo hasta en un 69.7% con respecto al tratamiento con el mejor rendimiento para este arreglo topológico.

De manera general, se tiene que este tipo de arreglo topológico sí es factible desde el punto de vista de los rendimientos obtenidos, sin embargo, es indispensable tomar en cuenta que de manera práctica es muy difícil establecerlo en campo, pues actualmente no se cuenta con implementos que permitan el paso de arados a estas densidades. De igual forma la heterogeneidad en la estructura y textura del suelo, determinará en gran medida su éxito.

4.2.5. Peso de cien granos

El análisis de varianza realizado para esta variable indica que existen diferencias estadísticas únicamente entre los arreglos topológicos probados (Anexo 8). El mejor peso se obtuvo en el arreglo a TH (32.7), siendo esto diferente a los otros dos arreglos topológicos (Cuadro 23). Al respecto Blackshaw (1991) en un estudio de interferencia, concluyó que uno de los efectos de la competencia ejercida por la maleza hacia el cultivo es la reducción de peso en las semillas, situación que es acorde con los resultados que aquí se exponen.

Es importante resaltar que una buena distribución de las plantas trae como consecuencia un mejor peso en las semillas cosechadas, pues a diferencia de los experimentos DH y CH en donde hubo por un lado mayor aglutinamiento de las plantas de frijol y por otro, mayor competencia por luz, pues se observó que el dosel del cultivo se cerró en demasía, causando entrecruzamientos entre las inflorescencias del frijol.

Cuadro 23. Comparación de medias para la variable granos por vaina en los tres arreglos topológicos evaluados. Chapíngo, México. 2007.

Descripción	Media (gr./cien granos)
Arreglo topológico a tres hileras	32.70 a*
Arreglo topológico a dos hileras	32.09 b
Arreglo topológico a cuatro hileras	32.07 b

Valores agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

4.2.6. Volumen de cien granos

Para esta variable no se presentaron diferencias estadísticamente significativas (Anexo 9), lo cual sugiere que no existe algún efecto causado al volumen de los granos cosechados como consecuencia de los diferentes experimentos ni por las densidades establecidas, lo que es acorde a lo reportado por Ruiz

(1998), quien concluye que no existe efecto para esta variable bajo dos ciclos de cultivo diferentes, pero señala que los tratamientos que estuvieron libres de malezas un mayor tiempo presentaron un volumen más alto. Analizando cada uno de los tratamientos para el presente experimento, se encontró que existe un menor volumen de granos en el testigo siempre sucio y en general en aquellas unidades experimentales que estuvieron más expuestas a las malezas por un periodo de tiempo más largo.

4.2.7. Efecto de las poblaciones de maleza presentes sobre el rendimiento en los tres arreglos topológicos estudiados

Al relacionar el rendimiento con las poblaciones de maleza, la Figura 13 exhibe la relación inversamente proporcional que se observó en campo y cuyo comportamiento determinó en gran medida los resultados obtenidos, pues al suprimir las poblaciones de maleza con arreglos topológicos mejor distribuidos, el rendimiento fue mayor para aquellos cuya distribución del espacio fue más equitativa.

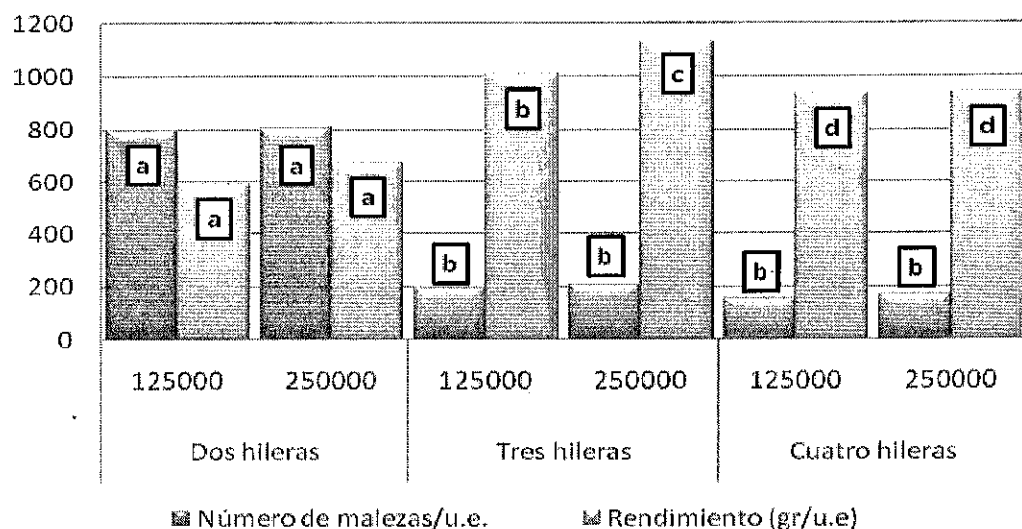


Figura 13. Comportamiento del rendimiento promedio de frijol obtenido para cada arreglo topológico estudiado en relación a las poblaciones de maleza cuantificadas en campo. Chapingo México. 2007.

Al respecto, se observó que DH no presentó diferencias estadísticas en el rendimiento para las dos densidades que se manejaron, sin embargo se observó un incremento en el rendimiento, como consecuencia de una mayor cantidad de plantas de frijol dispuestas en la misma unidad de superficie. El efecto más interesante de los arreglos topológicos sobre las malezas y por ende en los rendimientos obtenidos, se presentó en TH pues a pesar de que las poblaciones de malezas cuantificadas fueron similares, el rendimiento obtenido para ambas densidades sí presentó diferencias estadísticas significativas, siendo mejor para la segunda densidad (250,000 plantas/ha). CH no presentó diferencias estadísticas significativas entre las dos densidades evaluadas, ni en el número de malezas por unidad experimental y tampoco para los rendimientos obtenidos.

4.3. Determinación del Periodo Crítico de Competencia (PCC)

4.3.1. Periodo crítico para el arreglo a dos hileras

Con base en los rendimientos obtenidos, el Cuadro 19 muestra el comportamiento de los tratamientos realizados en el desmalezado para este experimento, observándose que el rendimiento obtenido por el testigo siempre limpio (TSL) siendo este mayor que el obtenido en el testigo siempre enmalezado (TSE). Los efectos de la competencia causaron una reducción en el rendimiento del 23.5% con respecto al testigo siempre limpio, lo que exhibe el comportamiento lógico esperado y permite apreciar el efecto negativo por la presencia de arvenses sobre el rendimiento del cultivo para este arreglo topológico.

No obstante lo anterior, el efecto de los tratamientos 2, 3, 4, 6, y 7 no presentaron diferencias estadísticas con respecto al TSL, lo cual se atribuye a que en las primeras etapas del cultivo, no se presentó una competencia

significativa de las malezas con el cultivo, sin embargo, la disminución entre los rendimientos obtenidos entre el tratamiento que fue expuesto a un periodo más largo de competencia con malas hierbas (8) y aquellos que se mantuvieron bajo condiciones de menor presencia de plantas nocivas (3, 4, 6 y 7) fueron muy notables. Con el propósito de contar con una mayor precisión en el análisis anterior, se graficaron los datos de rendimiento para cada una de las series de tratamientos de limpieza y enmalezados, mismas que se ilustran en la Figura 14. En dicha figura se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Los mejores rendimientos se obtuvieron en el testigo siempre enmalezado, junto con los tratamientos en los cuales la presencia de maleza fue mayor, sin embargo, aunque no es tan drástica la reducción en el rendimiento, ésta se observa a partir de la etapa de emisión de la primera hoja trifoliada (V3) hasta la prefloración (R5), periodo en el que es indispensable mantener libre de malezas al cultivo establecido bajo este sistema de producción.

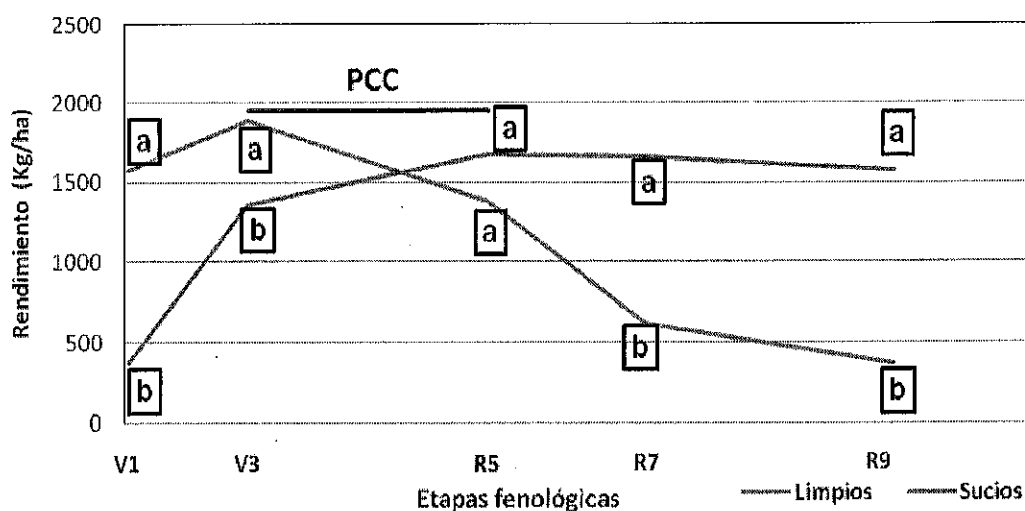


Figura 14. Ubicación del periodo crítico de competencia de la maleza en el cultivo de frijol variedad Pinto Saltillo, para experimento a dos hileras. Chapingo México. 2007.

Los resultados encontrados en este experimento concuerdan con lo citado por Ocampo (2000) y Rodríguez (1997) quienes afirman que el PCC del frijol ejotero se ubica entre las etapas V3 y R5 y entre los 20 y 40 días después de la emergencia del cultivo respectivamente.

4.3.2. Periodo crítico para el arreglo a tres hileras

En primer lugar, se tienen los resultados lógicos esperados para el comportamiento del TSL con respecto al TSE, mostrando una reducción en el rendimiento como producto de la competencia de las malezas con el cultivo del orden de 41.2%. De igual forma, los resultados obtenidos para este experimento evidencian el comportamiento del TSL, que en teoría sería el que hubiese logrado los mejores rendimientos, sin embargo, no fue así, siendo superado por los tratamientos 3, 4, y 6 (Cuadro 21), lo que se explica desde el punto de vista de que el exceso de remoción del suelo producto de las labores de limpieza, afectaron el desarrollo del cultivo, situación que influyó en el rendimiento.

El comportamiento que exhiben este grupo de tratamientos, fue determinado en gran parte por el sistema de siembra utilizado, ya que el cultivo fue establecido en seco y cuando se presentó la primera precipitación sus características de rápida emergencia y despegue, le permitieron tener ventajas con respecto a la maleza, cuya competencia en las primeras cuatro etapas de desarrollo del cultivo no fue tan severa, es decir, sin la suficiente presión de competencia para el cultivo.

La comparación entre las dos series de tratamientos muestra un comportamiento lógico, ya que se observó un decremento en el rendimiento para los denominados limpios a partir de la etapa de emisión de la primera hoja trifoliada (V3) y hasta la prefloración (R5), asimismo, el incremento en los tratamientos sucios se aprecia desde la emergencia del cultivo (Figura 15).

Aunque no se presenten diferencias estadísticas muy drásticas entre los tratamientos intermedios, la pérdida económica causada por el efecto de la maleza, aunado a la baja rentabilidad del cultivo, le confiere a estas diferencias mínimas una importancia mayor. Con base en lo anterior, el cultivo debe de permanecer libre de malezas de la etapa V3 hasta la R5, bajo este sistema de producción y arreglo topológico empleado.

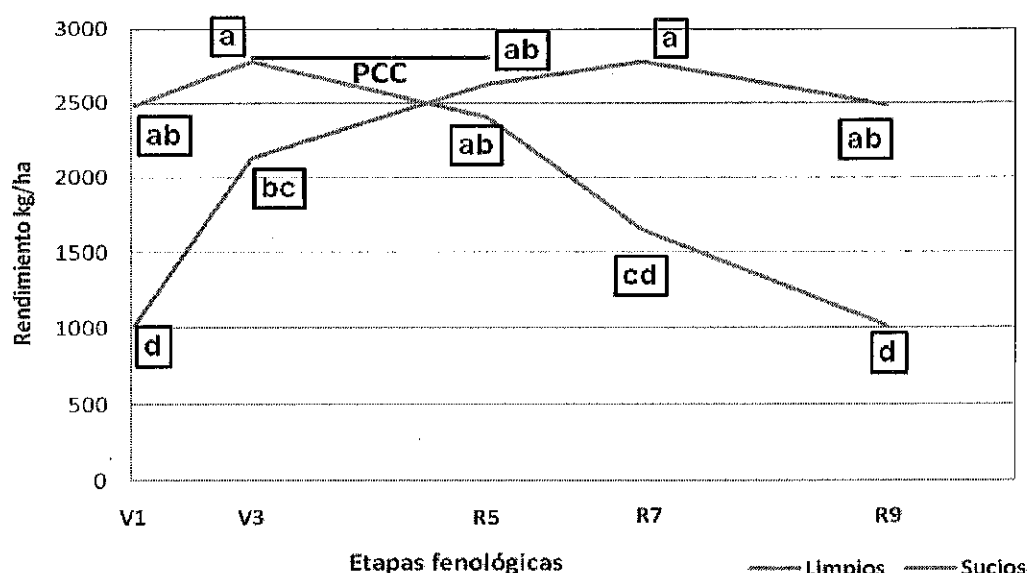


Figura 15. Ubicación del periodo crítico de competencia de la maleza en el cultivo de frijol variedad Pinto Saltillo, para experimento a tres hileras. Chapingo México. 2007.

4.3.3. Periodo crítico para el arreglo a cuatro hileras

La presión de competencia entre las malezas y el cultivo, causó a este último pérdidas del orden de 34.5%, situación que se puede apreciar en el comportamiento mostrado entre el TSL y el TSE (Cuadro 22), sin embargo, para este experimento los rendimientos obtenidos por el TSL fueron superados por los tratamientos 3, 4, 6 y 7, lo cual nos permite corroborar las afirmaciones realizadas en los apartados anteriores, sobre el efecto del daño mecánico producto de las labores de limpieza, pues estos dos tratamientos únicamente

tuvieron un solo desmalezado y aporque, con respecto a los demás tratamientos que tuvieron de tres a cuatro pasos de azadón. De acuerdo con la comparación de medias realizada, se puede apreciar que los efectos negativos por la presencia de malezas, se presentaron a partir de la etapa de prefloración hacia adelante.

La comparación entre las dos series de tratamientos (limpios y sucios), muestra un decremento en los rendimientos a partir de la etapa V3, situación que se presentó en este experimento debido a que los daños mecánicos producto de la limpieza de las unidades experimentales fueron mayores, pues el estrecho de las hileras no permitió el libre paso de las herramientas ni implementos utilizados.

De acuerdo con el análisis de medias, el frijol bajo este sistema y arreglo topológico, debe de mantenerse limpio desde la etapa de la emisión de la primera hoja trifoliada (V3) hasta la prefloración (V5), aunque es importante mencionar que la determinación del PCC en este experimento fue influida severamente por las condiciones del terreno, pues el exceso de humedad provocó un encostramiento del suelo, que retrasó la emergencia del cultivo, al mismo tiempo exponiéndolo a una mayor competencia con la maleza (Figura 16).

De igual manera, se observó que el porte del cultivo en este arreglo topológico fue más bajo que en los otros dos experimentos, lo que denota una mayor competencia intraespecífica. La afirmación anterior, la realiza también Pitelli (1985) quien menciona que cuando se determina el PCC, está en función del lugar del experimento, las condiciones climáticas que prevalecen en la zona de estudio, así como las condiciones del suelo, por lo que recomienda realizar una serie de estudios como lo que aquí se presentan para definir el PCC de manera correcta.

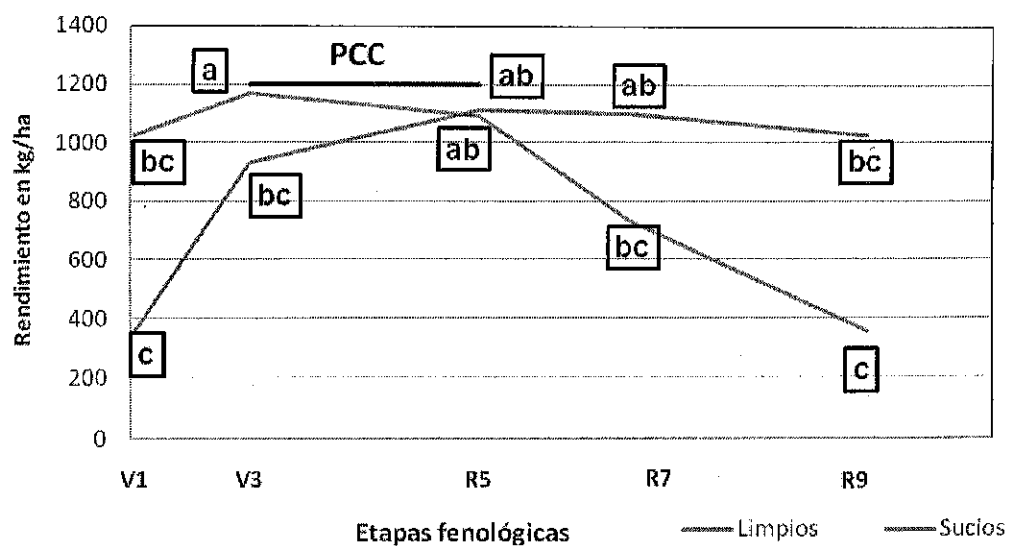


Figura 16. Ubicación del periodo crítico de competencia de la maleza en el cultivo de frijol variedad Pinto Saltillo, para experimento a cuatro hileras. Chapingo México. 2007.

De acuerdo con los datos de rendimiento graficados para los tres arreglos topológicos, el PCC quedó determinado a partir de la emisión de la primera hoja trifoliada del frijol (V3) y hasta la prefloración (R5). También las figura muestran que el cultivo toleró la presencia de la maleza hasta que se emitió la primera hoja trifoliada para los tres arreglos estudiados.

V. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, objetivos planteados y discusión, a continuación se presentan las principales conclusiones emanadas del estudio realizado sobre el efecto de arreglos topológicos sobre la maleza en el cultivo de frijol:

- Los diferentes arreglos topológicos establecidos mostraron efecto en la supresión de las poblaciones de malezas. La distribución de plantas equidistante; así como, el empleo de densidades altas, arrojaron los mejores resultados en cuanto a la supresión de la maleza en el cultivo del frijol.
- Los efectos que tiene la maleza sobre el rendimiento para los diferentes arreglos topológicos de frijol establecidos fueron diferentes. La distribución homogénea de las plantas a altas densidades disminuyó los daños ocasionados como producto del fenómeno de competencia entre las malas hierbas y el cultivo, aunque es importante señalar que en la definición del arreglo topológico más idóneo, debe de considerarse la funcionalidad del mismo, ya que las labores culturales determinan en gran parte su éxito o fracaso en campo.
- El mejor arreglo topológico encontrado y con menor efecto negativo por la presencia de arvenses, fue a tres hileras con una densidad promedio de 250,000 plantas/ha, en un rendimiento cercano a las tres toneladas por hectárea.
- El Periodo crítico de competencia del frijol variedad Pinto saltillo quedó determinado entre la etapa V3 a R5, bajo el sistema de producción de siembra en seco y los arreglos topológicos establecidos en el presente estudio.
- Los arreglos topológicos estudiados no influyeron en el periodo crítico de competencia.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo con las conclusiones descritas en el apartado anterior y con las observaciones realizadas en campo, a continuación se presentan las principales recomendaciones y aspectos a considerar en trabajos subsiguientes.

- Es indispensable realizar estudios de manera regional, para someter al cultivo bajo los mismos arreglos topológicos a la presión de una mayor cantidad de arvenses, tanto en número como en especies, con el propósito de medir las diferencias entre distintos grados de competencia.
- La inclusión de análisis económicos que permitan determinar la relación beneficio costo, es indispensable para determinar de manera fehaciente la factibilidad práctica de estos trabajos.
- Es bueno considerar el estudio más detallado del arreglo topológico a tres hileras con densidades que fluctúen entre las 150,000, 200,000, 250,00 y 300,00 plantas/ha, determinando su factibilidad práctica y rentabilidad.
- Incluir en estudios posteriores el empleo de biofertilizantes, con el propósito de asegurar e incrementar rendimientos en suelos con una menor disponibilidad de nutrimentos.
- Someter el mismo experimento a condiciones de mayor sequía para determinar hasta qué punto las malezas compiten por el agua con el cultivo y cómo afectan su rendimiento.

VII. LITERATURA CITADA

- Anderson, W.P. 1983. Weed Science: Principles. West Publishing Company. USA. pp. 33-40.
- Alvarado M., J. J. 1976. Dinámica de la extracción de N,P y K y de algunos parámetros fisiológicos en asociaciones de *Simsia amplexicaulis* (Cav) Pers. Y *Amaranthus* spp. en dos densidades de población de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Botánica-C.P. Chapingo México. pp. 82-98.
- Barreto, A. 1970. Competencia entre frijol y malas hierbas. *Agricultura Técnica* 2(12): 519-526.
- Blackshaw, E.R. 1991. Hairy Nightshade (*Solanum sarrachoides*) interference in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Science* 39: 48-53.
- Begón, M., J. Harper L., y C. Townsend, R. 1988. Ecología de individuos, poblaciones y comunidades vegetales. Omega, S.A. Barcelona España. pp. 254-267.
- Cruz H., M., A., 1998. Arreglos topológicos en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su efecto en rendimiento, plaga, enfermedades y maleza, en Chapingo México, Tesis profesional. Depto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 59 p.
- Duarte A., R., W. Adams M. 1972. A path coefficient analysis of some yield component interrelations in field beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Crop Science* 12: 259-282.
- FAO. 2005. Apps.fao.org

FAOSTAT. 2007. Apps.fao.org

Fernando F., Paul G. López G., M.S. 1983. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común. Guía de estudio. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.

Flores R, C., D Nieto A. y A. de la Torre R. 1993. Efecto de variedades, nutrimentos foliares y densidades de siembra en la severidad de enfermedades y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Huejotzingo Puebla. *Rev. Mexicana de Fitopatología* 12(1): 69-74.

García T., L y C. Fernández Q. 1991. Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Mundi-Prensa. Madrid España. pp 27-32 y 73-76.

Holt, J.S. 1991. Applications of physiological ecology to weed science. *Weed Sci.* 39:521-528.

INEGI. 2007. Atlas de los municipios del Estado de México. Estadística y Geografía Básica. 251 p.

Ocampo H.J.A. 2000. Determinación del periodo crítico de competencia de la maleza en frijol ejotero con base en su fenología. Tesis profesional. Depto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 52 p.

Padilla G., H. 1987. Glosario práctico de términos forestales. Editorial Limusa. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 235 p.

Patterson, D. T. 1985. Comparative ecophysiology of weeds and crops. Pag. 101-129. En: S.O. Duke (ed.). *Weed Physiology, Volume I, Reproduction and Ecophysiology*.

- Pitelli. R. A. 1985. Interferencia de plantas dañinas en cultivos agrícolas. *Inf. Agrp.* 11 (129): 16-23.
- Pitty A. 1997. Introducción a la biología, ecología y manejo de malezas. Zamorano Academia Press. Honduras. 300 p.
- Quasem, J. R. 1992. Nutrient accumulation by weeds and their associated vegetable crops. *J. Hort. Sci.* 67: 189-195.
- Radosevich, S. R., J. Holt and C. Ghera. 1997. Weed ecology: implications for management. 2nd. Ed. John Wiley & Sons, New y York. 572 p.
- Rodriguez, A., F. J., 1997. Determinación del periodo crítico de competencia en cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Tesis profesional. Depto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 46 p.
- Romero C., S. 1993. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo: Dirección de patronato universitario. Chapingo. México. 347 p.
- Ruiz S. E. 1998. Estudio de habilidad competitiva del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) hacia la maleza, Tesis de Maestría. Depto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 80 p.
- SAGARPA. 2006. Avance de cosechas en 2007. Servicio de información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. www.siap.sagarpa.gob.mx.
- Serrano C. L.M. 2005. Sistema del cultivo del frijol en México. Tesis de doctorado. CUESTAM-UACH. Chapingo México. 154 p.

- SIACON. 2006. Servicio de información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), www.siap.sagarpa.gob.mx.
- SISPRO. 2006. Plan rector sistema nacional frijol. Segunda fase: Diagnóstico inicial base de referencia, estructura estratégica. 87 p.
- Torres S., J. G. 1990. Control químico postemergente de la maleza en el cultivo del frijol en Chapingo México. Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola –UACH. Chapingo, México. pp. 38-41.
- Tovar H. H. 1995. Estudio del periodo crítico de competencia en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Tesis profesional. Depto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 79 p.
- UACH. 2007. Apuntes del curso control avanzado de malezas. Depto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 40 p.
- Urzúa S., F. 1990. Efectos de tratamientos de control sobre las poblaciones y gremios de arvenses en cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Botánica – C.P. Montecillos, México. pp. 91-96.
- Zañudo V, J. A. 1995. Arreglos topológicos en frijol y su efecto en rendimiento, plagas y enfermedades, Tesis profesional. Depto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. 83 p.
- Zimdhal, L. R. 1980. Weed-crop competition: A review. International Plant Protection Center. Oregon, USA. pp. 11-19.

VIII. ANEXO

Anexo 1. Resumen del análisis de varianza para la variable número de vainas por planta. Chapingo, México. 2007.

FV	GL	CM	P ≤ F
Expto	2	140.8650	0.0001*
Blo(Expto)	6	5.7192	0.5150
Den	1	160.2562	0.0001*
Tra	7	102.4795	0.0001*
Den*Tra	7	3.7375	0.7759
Expto*Den	2	9.4616	0.2397
Expto*Tra	14	5.6260	0.6004
Expto*Den*Tra	14	4.1757	0.8243
Error	90	6.5199	

*Si $PrsF \leq \alpha$, existen diferencias estadísticas significativas.

Expto= Arreglos topológicos (Dos hileras, Tres hileras, Cuatro hileras)

Blo= Bloque (Tres repeticiones en cada experimento=tres bloques)

Den= Densidad (Dos densidades: 125,000 y 250,000 plantas/ha)

Tra= Tratamiento (Ocho tratamientos de desmalezado)

Anexo 2. Resumen de análisis de varianza para la variable longitud de vainas por planta. Chapingo, México. 2007.

FV	GL	CM	P ≤ F
Expto	2	1.4838	0.0029*
Blo(Expto)	6	0.3576	0.1863
Den	1	1.1093	0.0335*
Tra	7	1.8530	0.0001*
Den*Tra	7	0.1469	0.7403
Expto*Den	2	0.1897	0.4538
Expto*Tra	14	0.2280	0.5017
Expto*Den*Tra	14	0.1594	0.7975
Error	90	0.2380	

*Si $PrsF \leq \alpha$, existen diferencias estadísticas significativas.

Expto= Arreglos topológicos (Dos hileras, Tres hileras, Cuatro hileras)

Blo= Bloque (Tres repeticiones en cada experimento=tres bloques)

Den= Densidad (Dos densidades: 125,000 y 250,000 plantas/ha)

Tra= Tratamiento (Ocho tratamientos de desmalezado)

Anexo 3. Resumen de análisis de varianza para la variable granos por vaina.
Chapingo, México. 2007.

FV	GL	CM	P ≤ F
Expto	2	0.9607	0.0059*
Blo(Expto)	6	0.2322	0.2586
Den	1	0.4074	0.1323
Tra	7	0.6131	0.0024*
Den*Tra	7	0.0923	0.8151
Expto*Den	2	0.1257	0.4933
Expto*Tra	14	0.2341	0.2080
Expto*Den*Tra	14	0.1413	0.6664
Error	90	0.1765	

*Si $Pr \leq F \leq \alpha$, existen diferencias estadísticas significativas.

Expto= Arreglos topológicos (Dos hileras, Tres hileras, Cuatro Hileras)

Blo= Bloque (Tres repeticiones en cada experimento=tres bloques)

Den= Densidad (Dos densidades: 125,000 y 250,000 plantas/ha)

Tra= Tratamiento (Ocho tratamientos de desmalezado)

Anexo 4. Resumen de análisis de varianza para la variable rendimiento por
unidad experimental. Chapingo, México. 2007.

FV	GL	CM	P ≤ F
Expto	2	2431648.936	0.0001*
Blo(Expto)	6	23188.474	0.6062
Den	1	284752.087	0.0030*
Tra	7	1337991.321	0.0001*
Den*Tra	7	61203.726	0.0642
Expto*Den	2	9930.376	0.7242
Expto*Tra	14	17535.322	0.8803
Expto*Den*Tra	14	34607.471	0.3448
Error	90	30664.380	

*Si $Pr \leq F \leq \alpha$, existen diferencias estadísticas significativas.

Expto= Arreglos topológicos (Dos hileras, Tres hileras, Cuatro Hileras)

Den= Densidad (Dos densidades: 125,000 planta/ha y 250,000 plantas/ha)

Tra= Tratamiento (Ocho tratamientos de desmalezado)

Anexo 5. Resumen de análisis de varianza para la variable rendimiento por unidad de superficie en el arreglo topológico a dos hileras. Chapingo, México. 2007.

FV	GL	CM	P ≤ F
Bloques	2	41598.891	0.1641
Den	1	82759.325	0.0600
Trat	7	399975.436	0.0001*
Den*Tra	7	39261.154	0.1214
Error	30	21660.685	

*Si $Pr \leq F \leq \alpha$, existen diferencias estadísticas significativas.

Blo= Bloque (Tres repeticiones en cada experimento=tres bloques)

Den= Densidad (Dos densidades: 125,000 planta/ha y 250,000 plantas/ha)

Tra= Tratamiento (Ocho tratamientos de desmalezado)

Anexo 6. Resumen de análisis de varianza para la variable rendimiento por unidad experimental en el experimento a tres hileras. Chapingo, México. 2007.

FV	GL	CM	P ≤ F
Bloques	2	8214.870	0.7308
Den	1	175643.603	0.0142*
Trat	7	521716.246	0.0001*
Den*Tra	7	51320.120	0.0914
Error	30	25921.896	

*Si $Pr \leq F \leq \alpha$, existen diferencias estadísticas significativas.

Blo= Bloque (Tres repeticiones en cada experimento=tres bloques)

Den= Densidad (Dos densidades: 125,000 planta/ha y 250,000 plantas/ha)

Tra= Tratamiento (Ocho tratamientos de desmalezado)

Anexo 7. Resumen de análisis de varianza para la variable rendimiento por unidad experimental en el experimento a cuatro hileras. Chapingo, México. 2007.

FV	GL	CM	P ≤ F
Bloques	2	19751.660	0.6451
Den	1	47912.667	0.3073
Trat	7	446511.655	0.0001*
Den*Tra	7	39752.582	0.5228
Error	30	44410.561	

*Si $Pr \leq F \leq \alpha$, existen diferencias estadísticas significativas.

Blo= Bloque (Tres repeticiones en cada experimento=tres bloques)

Den= Densidad (Dos densidades: 125,000 planta/ha y 250,000 plantas/ha)

Tra= Tratamiento (Ocho tratamientos de desmalezado)

Anexo 8. Resumen de análisis de varianza para la variable peso de cien granos.
Chapingo, México. 2007.

FV	GL	CM	P ≤ F
Expto	2	6.16622	0.0228*
Blo(Expto)	6	4.57666	0.0118
Den	1	2.50072	0.2093
Tra	7	2.52973	0.1404
Den*Tra	7	3.85134	0.0233
Expto*Den	2	0.57286	0.6943
Expto*Tra	14	2.35543	0.1248
Expto*Den*Tra	14	1.04630	0.7892
Error	90	1.56352	

*Si $Pr \leq F \leq \alpha$, existen diferencias estadísticas significativas.

Expto= Arreglos topológicos (Dos hileras, Tres hileras, Cuatro Hileras)

Blo= Bloque (Tres repeticiones en cada experimento=tres bloques)

Den= Densidad (Dos densidades: 125,000 planta/ha y 250,000 plantas/ha)

Tra= Tratamiento (Ocho tratamientos de desmalezado)

Anexo 9. Resumen de análisis de varianza para la variable volumen de cien granos. Chapingo, México. 2007.

FV	GL	CM	P ≤ F
Expto	2	5.0605	0.0509
Blo(Expto)	6	5.2579	0.0068
Den	1	0.2793	0.6812
Tra	7	3.3817	0.0564
Den*Tra	7	2.4038	0.1910
Expto*Den	2	0.1267	0.9923
Expto*Tra	14	2.1164	0.2310
Expto*Den*Tra	14	1.1588	0.7641
Error	90	1.6441	

*Si $Pr \leq F \leq \alpha$, existen diferencias estadísticas significativas.

Expto= Experimento (Dos hileras, Tres hileras, Cuatro Hileras)

Blo= Bloque (Tres repeticiones en cada experimento=tres bloques)

Den= Densidad (Dos densidades: 125,000 planta/ha y 250,000 plantas/ha)

Tra= Tratamiento (Ocho tratamientos de desmalezado)