

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



CRUZAMIENTO NATURAL E INDUCIDO EN FRIJOL  
(Phaseolus vulgaris L.)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA

J. SALVADOR CARREON ALVARADO

MARIN, N. L.

JUNIO DE 1988

T

SB327

C3✓

c.1



1080061688

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



CRUZAMIENTO NATURAL E INDUCIDO EN FRIJOL  
(Phaseolus vulgaris L.)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA

J. SALVADOR CARREON ALVARADO

MARIN, N. L.

JUNIO DE 1988

9348

T/  
SB 327

.C3



Biblioteca Central  
Maena Solidaridad

F. Tesis



UANL

FONDO  
TESIS LICENCIATURA

040.635

FA 7

1988

C.5

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

CRUZAMIENTO NATURAL E INDUCIDO EN FRIJOL

(Phaseolus vulgaris L.)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

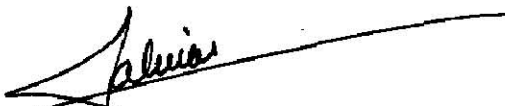
J. SALVADOR CARREON ALVARADO

MARIN, N.L.

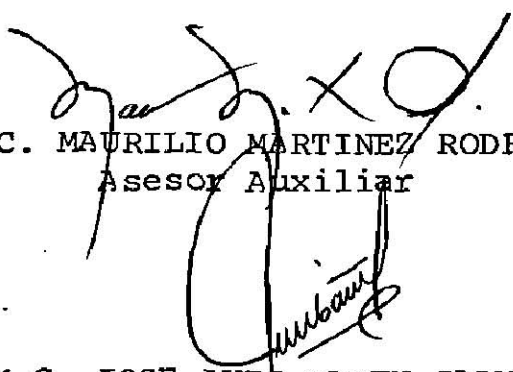
JUNIO DE 1988.

Esta tesis fue realizada en el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo (PMMFYS) del Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (CIA-FAUANL), ha sido aprobada por el Comité Supervisor como requisito parcial para optar por el grado de:

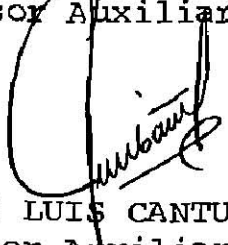
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA



ING. M.C. GILBERTO EDUARDO SALINAS GARCIA  
Asesor Principal



ING. M.C. MAURILIO MARTINEZ RODRIGUEZ  
Asesor Auxiliar



ING. M.C. JOSE LUIS CANTU GALVAN  
Asesor Auxiliar

DEDICATORIA

A MI ESPOSA HILDA

A MI HIJO DAVID

Que con su amor y ternura le dan luz a cada  
día de mi vida.

CON CARIÑO A MIS PADRES:

SR. ARTURO CARREON DIAZ DE LEON

SRA. ESTHER ALVARADO DE CARREON

Por darme la existencia, su apoyo, ejemplo y  
confianza depositados, son el estímulo para  
seguir adelante.

PARA MIS HERMANOS:

MARTIN

BLANCA

PEDRO

MARGARITA

BEATRIZ

JUAN

A TODOS MIS FAMILIARES, con afecto y gratitud.



## AGRADECIMIENTO

A LOS INGENIEROS:

GILBERTO E. SALINAS GARCIA

MAURILIO MARTINEZ RODRIGUEZ

JOSE LUIS CANTU GALVAN

Por su valiosa ayuda y atención especial en la  
realización de este trabajo.

ING. JESUS A. PEDROZA FLORES

Por su colaboración y amistad.

SR. MAXIMINO HERNANDEZ GONZALEZ

Por su participación y apoyo.

A TODOS MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS.

GRACIAS

# I N D I C E

	PAGINA
1. INTRODUCCION.....	1
2. LITERATURA REVISADA.....	3
2.1. <u>Clasificación taxonómica</u> .....	3
2.2. <u>Morfología floral</u> .....	3
2.3. <u>Mejoramiento genético del frijol</u> .....	4
2.3.1. La introducción de germoplasma.....	6
2.3.2. La selección.....	7
2.3.3. Hibridación.....	9
2.4. <u>Cruzamiento natural y artificial</u> .....	10
2.4.1. Cruzamiento natural.....	11
2.4.2. Cruzamiento artificial.....	15
2.5. <u>Genes marcadores del cruzamiento</u> .....	19
3. MATERIALES Y METODOS.....	21
3.1. <u>Materiales</u> .....	22
3.2. <u>Métodos</u> .....	23
3.2.1. Fase de campo.....	23
3.2.2. Fase de vivero.....	29
4. RESULTADOS.....	33
4.1. <u>Fase de campo</u> .....	33
4.1.1. Medición del proceso de floración.....	33

	PAGINA
4.1.2. Cosecha y su evaluación.....	35
4.2. <u>Fase de vivero</u> .....	36
5. DISCUSION.....	43
6. CONCLUSIONES.....	51
7. RECOMENDACIONES.....	52
8. RESUMEN.....	53
9. BIBLIOGRAFIA CITADA.....	56

## 1. INTRODUCCION

Una de las formas de generar variación genética es mediante el cruzamiento, el cual puede ser natural o artificial. El cruzamiento natural se realiza al establecer contiguamente líneas o cultivares diferentes, por lo tanto, es responsable de la pérdida de pureza de éstas, pero también de la producción de individuos nuevos que poseen características agronómicas diferentes.

Phaseolus vulgaris L. está clasificada como una leguminosa autógena, razón por la cual la polinización del estigma se efectúa de modo natural antes de la apertura floral. En programas de mejoramiento de esta especie en los que se desea aplicar el método de hibridación, resulta difícil colocar el polen funcional del progenitor masculino sobre el estigma del progenitor femenino en el momento oportuno. Aunado a esto, se tienen varios factores de naturaleza física y biológica que contribuyen favorable o desfavorablemente en la consecución del cruzamiento.

De acuerdo a esta problemática, el presente trabajo tuvo la finalidad de probar y comparar condiciones diferentes de origen natural y artificial que pueden influir en el cruzamiento, resultando de este modo el planteamiento de los objetivos

siguientes:

1. Cuantificar el cruzamiento natural entre dos cultivares de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en las condiciones ecológicas del ciclo temprano de Marín, N.L.

2. Verificar el efecto del control de la entomofauna sobre el cruzamiento inducido.

3. Estimar la eficiencia del cruzamiento inducido utilizando a Apis mellifera L. como agente polinizador en forma libre y confinada.

4. Observar la influencia del espaciamiento entre los dos cultivares en la ocurrencia del cruzamiento.

## 2. LITERATURA REVISADA

### 2.1. Clasificación taxonómica.

Según Mateo (1961) y Miranda (1966), la taxonomía de Phaseolus vulgaris L. es la siguiente:

Reino:	Vegetal
Subreino:	Plantae
Phylum:	Tracheophyta
Clase:	Angiospermas
Subclase:	Dicotyledoneae
Orden:	Rosales
Suborden:	Rosinae
Familia:	Leguminosae
Subfamilia:	Papilionoidea
Tribu:	Faseolea
Subtribu:	Faseolineae
Género:	<u>Phaseolus</u>
Especie:	<u>vulgaris</u>

### 2.2. Morfología floral.

La morfología de esta especie es detallada por Miranda (1967), pero considerando los objetivos del presente estudio únicamente se hará la descripción de los órganos florales. De acuerdo con Miranda (1966) la inflorescencia es un racimo de

7 a 30 cm de longitud, con 1 a 10 entrenudos, en cada nudo nacen dos yemas florales; pedúnculos de 5 a 15 cm de longitud, a veces más largos; pedicelos glabros de 0.4 a 1.5 cm de longitud; bracteolas del cáliz cordadas u ovadas, glabras o pubescentes, estriadas, persistentes, iguales o más largas que el cáliz; cáliz gamosépalo, glabro o pubescente; flores de color blanco, morado y tonalidades intermedias entre estos colores; estandarte abovado de 0.5 a 1.5 cm de longitud y de 0.5 a 1.4 cm de ancho; alas de 0.5 a 1.8 cm de largo y 0.4 a 1.5 cm de ancho; quilla tubular espiralada de uno a dos espirales; 10 estambres diadelfos, estambre libre con una aleta semicircular en la base del estilo; ovario recto, pubescente; estilo con pubescencia sub-estigmática; estigma lateral. Los detalles se presentan en la Figura 1.

P. vulgaris L. es considerada como autógena, entre otras causas por estar anteras y estigma juntos antes de que abra la flor; pero existen varios factores que favorecen el cruzamiento natural. Miranda (1967).

### 2.3. Mejoramiento genético del frijol.

El mejoramiento genético de las especies es el arte y la ciencia que permiten cambiar y mejorar la constitución genética de las poblaciones. El primer método de mejoramiento que practicó el hombre fue la selección y se considera de gran in-

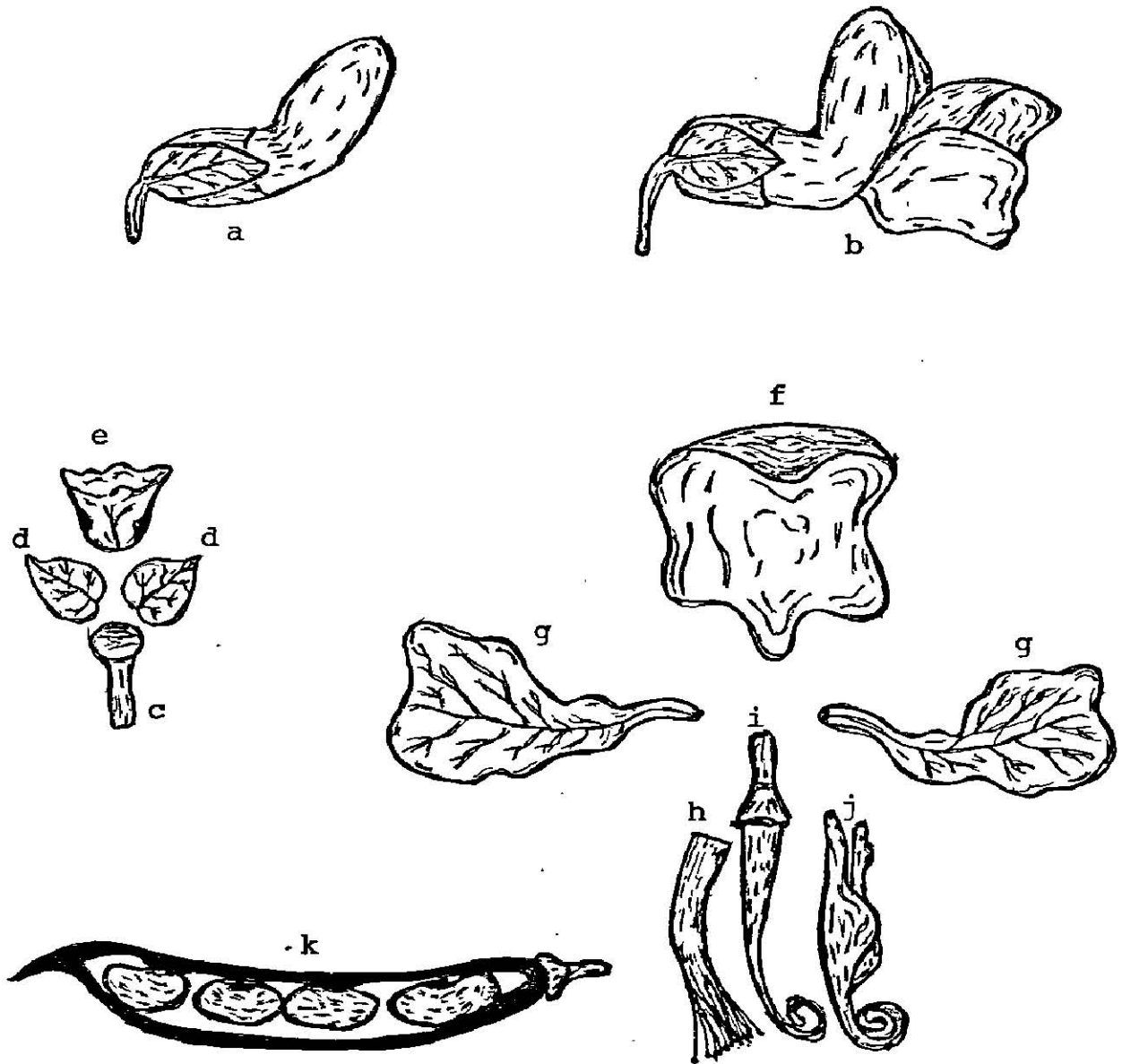


FIGURA 1. Organos reproductivos del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.): a) botón floral; b) flor; c) pedicelo; d) bracteolas; e) cáliz; f) estandarte; g) alas; h) androceo (10 estambres, cada uno con filamento y antera); i) gineceo (ovario, estilo y estigma); j) quilla (helicoidal); k) fruto (vaina). Fuente: Núñez G., S. (1979).



fluencia en el desarrollo de muchas especies cultivadas. Posteriormente, al descubrir la sexualidad en éstas, pudo aplicar el método de la hibridación (Poehlman, 1983); estas primeras formas de mejoramiento fueron el paso inicial del proceso, el cual aún no termina.

Los métodos de mejoramiento más comunes en esta especie son la introducción de germoplasma, la selección y la hibridación.

#### 2.3.1. La introducción de germoplasma.

Este método de mejoramiento consiste en introducir germoplasma a una localidad, el cual ha sido desarrollado o proviene de otras regiones. Partiendo de este criterio, una variedad mejorada puede considerarse como introducida si proviene de la selección en masa o de la selección individual hecha en otra variedad introducida, o bien, si tuvo como progenitor a una variedad introducida (Robles, 1981).

El período largo de explotación de algunas variedades comerciales, provenientes de multiplicar en "masa" el material introducido, produjo que en ocasiones fueran consideradas como especies nativas de una zona, cuando lo cierto es que fueron introducidas a ese lugar cuando estaba virgen. En un futuro, este método de mejoramiento tendrá menos aplicación como méto-

do directo para obtener variedades y sólo se justificará como suministro de germoplasma disponible a los fitomejoradores (Allard, 1980).

### 2.3.2. La selección.

El método de selección ha sido más eficaz para obtener variedades mejoradas, por la gran variabilidad genética que hay en las variedades criollas de este cultivo (Robles, 1981). Además, es uno de los procedimientos más antiguos y base de todo mejoramiento. Es un proceso natural o artificial mediante el cual se separan plantas individuales o grupos de las mismas dentro de poblaciones mezcladas; la eficiencia de esta práctica depende de la variabilidad genética existente (Poehlman, 1983).

Entre los atributos de la selección destacan dos: 1) la selección sólo puede actuar sobre diferencias heredables; 2) la selección no puede crear variabilidad, sino que actúa sobre la ya existente. Esto último es responsable de que la consanguinidad tome importancia en el fitomejoramiento, por descubrir la variabilidad genética encerrada en los heterocigotos para que pueda actuar la selección (Allard, 1980).

Para formar variedades nuevas se practican dos métodos de selección: la selección en masa y la selección individual. La primera consiste en seleccionar y cosechar a un grupo de plan-

tas de apariencia igual, terminando por mezclar su semilla resultante. Una variedad producto de esta modalidad posee características físicas mas o menos homogéneas que la hacen acreedora a ser base de purificación; esto es factible solamente en caracteres cualitativos, porque en caracteres cuantitativos existe una variación que no puede observarse a simple vista. Por otra parte, en este tipo de selección las plantas se eligen formando como base su fenotipo y mezclando la semilla cosechada sin probar su progenie. Su objetivo es mejorar el nivel poblacional en base a genotipos sobresalientes (Poehlman, 1983).

La selección individual tiene la finalidad de obtener variedades nuevas mediante la selección de plantas homocigóticas que se autofecundan e incrementan sus progenies. Mediante este procedimiento no se originan individuos diferentes. El mejoramiento de variedades consiste en separar de una población heterogénea, la mejor o las mejores líneas puras, estudiar su potencial productivo con el apoyo de alguna técnica experimental, y adoptar como variedad mejorada la que supere en rendimiento a las variedades criollas y en uniformidad a las variedades desarrolladas por el método de selección en masa (Brauer, 1973).

### 2.3.3. Hibridación.

Este método de mejoramiento tiene como objetivo principal producir variabilidad genética y conjuntar características agronómicas deseables en las líneas o variedades nuevas (Núñez, 1979). Cada variedad de una planta autofecundada naturalmente es una línea altamente endogámica y la única variación genética que contiene es debido a la mutación. Por consecuencia, la finalidad de cruzar variedades diferentes es producir variación genética sobre la cual pueda operar la selección (Falconer, 1981).

Este procedimiento surge de la necesidad de formar individuos diferentes a los que ya existen en la población, lo cual se logra mediante la cruce de dos o mas variedades previamente seleccionadas para tal fin, reteniendo de las progenies los individuos sobresalientes (Robles, 1981; Poehlman, 1983). Cuando las variedades progenitoras son líneas puras, todas sus plantas son homocigóticas e idénticas. Las plantas  $F_1$ , aunque son heterocigóticas, también son similares. La segregación genética empieza en la generación  $F_2$  y la frecuencia de plantas heterocigóticas se va reduciendo a la mitad en cada generación autofecundada (Brauer, 1973).

El procedimiento de la hibridación en P. vulgaris L. se efectúa normalmente por medio de la polinización artificial de

las variedades progenitoras, labor de dificultad mayor por el problema de colocar polen funcional del progenitor masculino sobre el estigma del progenitor femenino en el momento adecuado, obteniéndose de esta forma, una eficiencia muy irregular y baja a la vez (Núñez, 1979; Poehlman, 1983).

Existe la información necesaria para efectuar el cruzamiento de manera sencilla en varias especies, pero en el caso específico de esta leguminosa comestible, es limitada (Cázares, 1979).

#### 2.4. Cruzamiento natural y artificial.

El cruzamiento es la forma básica mediante la cual se produce la variación genética y que resulta de la unión de líneas o variedades diferentes de una especie.

Debido a la constante evolución del ambiente, las especies deben encontrar los mecanismos adecuados de adaptación. Por tal motivo el cruzamiento permite alcanzar características nuevas sacrificando así la pureza genética, pero obteniendo por esta vía cierto amortiguamiento ante su entorno; esta capacidad difiere de una especie a otra y hasta dentro de la misma especie (Miranda, 1971).

#### 2.4.1. Cruzamiento natural.

El cruzamiento natural es un proceso debido a las condiciones de estructura, fisiología y genética de las plantas, ayudado por factores del ambiente en el transcurso del tiempo.

Entre los factores que influyen en este tipo de cruzamiento están las características propias de las variedades, tales como el tamaño de la flor, dureza del pedicelo, grado de protección del estigma por la quilla, coincidencia del período de floración y duración de la misma (Miranda, 1971).

También influyen factores del ambiente entre los que se encuentran la humedad ambiental, la temperatura, la distancia entre variedades, la dirección del viento, la estación del año e insectos polinizadores (Allard, 1954; Crispín, 1960).

Para la variable humedad ambiental se dice que el polen casi no es afectado por una atmósfera seca, pero si ésta se encuentra saturada resulta dañina. Esta aseveración se hizo con respecto a Nicotiana sp., ya que a 7°C con 18% de humedad hubo efectos ligeramente adversos, en cambio a 100% de humedad se presentó daño completo.

En lo que respecta a la temperatura, se han realizado pruebas en Digitalis sp. almacenando su polen a 4°C con  $\text{CaCl}_2$  conservó sus características de viabilidad durante un año (Cá-

zare, 1979). También se indica que temperaturas altas (mayores de 26°C) asociadas con humedad relativa baja conducen a la abscisión de flores y botones florales en Phaseolus vulgaris L., además se menciona la existencia de una correlación negativa entre la temperatura máxima (27 a 37°C) un día antes y un día después de la floración y la abscisión de órganos florales en esta leguminosa (Rendón, 1983).

Para el factor distancia entre variedades o genotipos, en experimentos realizados se concluyó que el porcentaje de cruzamiento natural en esta leguminosa es inversamente proporcional a la distancia de separación entre variedades durante su desarrollo (Miranda, 1971).

Las variables dirección del viento predominante y estación del año también influyen, la primera en el incremento del porcentaje de cruzamiento si el lote de uno de los cultivares se encuentra en dirección favorable para el transporte del polen, ya sea por el viento o por otro agente hacia otro cultivar (Allard, 1954); la segunda conjunta la situación climática diferente de una estación del año a otra, determinando el funcionamiento armonioso de la flora y fauna, y posiblemente en los valores del cruzamiento.

El último factor por describir es la influencia de insec-

tos polinizadores. Para este caso se consideran dos clasificaciones de insectos: los silvestres y cultivados. Afinando esta clasificación para fines prácticos, se forman cuatro grupos de insectos:

1) Especies mas bajas en su contribución a la polinización (Root, 1974); representados por trips (Frankliniella occidentalis), escarabajos (Meligithes sp.) algunas mariposas, moscas y colibríes (Díaz, 1981). La aportación de estos insectos a la polinización es limitada, por el hecho de no proveer alimento a sus mismos individuos jóvenes; debido a esto, sus visitas son únicamente para satisfacer su hambre, cesando éstas al saciar su necesidad y se piensa que si ocurre polinización es de manera accidental; por ejemplo el escarabajo que por su cuerpo liso y duro resulta no adaptado para sostener granos de polen; otro insecto similar es la mariposa, que en estado imperfecto causa daños graves a los cultivos. De este grupo, la mosca se considera el insecto más valioso para la polinización.

2) Agrupa abejas solitarias con instinto de aprovisionamiento de alimentos y organización social, características con las cuales contribuye a la polinización. La limitante de este grupo y el anterior, es la capacidad baja de postura de huevos en las hembras, dando por resultado poblaciones pequeñas y en



muchos casos una sola generación.

3) Grupo representado por el abejorro (Bombus sp.), de nivel más avanzado de organización y polinización, que por su tamaño mayor puede cargar más cantidad de polen y néctar, pero en flores pequeñas le resulta difícil esta labor.

4) El grupo más evolucionado, de sociabilidad y especialización mayores representado por la abeja mielífera (Apis melli-fera L.). Estas características permiten durar a las reinas hasta cuatro años de vida; además, la voracidad de acopio de alimento por la colonia permite obtener hasta 180 kg de miel y 36 kg de polen al año; acción favorable para la ejecución del proceso de polinización (Root, 1974).

Los beneficios adquiridos por el servicio de polinización resultan superiores comparados con la cantidad de miel, cera y polen cosechados. Se han realizado experimentos para demostrar lo anterior; por ejemplo se colocaron jaulas sobre cultivo de frijol, con y sin abejas, resultando un rendimiento en fruto seco seis veces mayor en el caso de las jaulas con abejas (Palmer, 1967).

Para el caso de México, estos beneficios se han descubierto recientemente, sobretodo en las regiones del norte (Sinaloa, Sonora y Chihuahua), centro (Guanajuato y Michoacán) y

en Chiapas, para cultivos de frutales (manzano, naranjo y otros), hortalizas (melón, sandía y pepino), obteniendo ganancias hasta diez veces mayor por tener colmenas para polinizar (Labougle y Zozaya, 1986). Algunas veces, estos beneficios se generalizan afirmando que es hasta diez veces más provechoso polinizar a una especie vegetal por medio de abejas que cosechar miel y cera (Martínez, 1976).

La influencia de los factores mencionados anteriormente aunada a otras características geográficas y ecológicas de la localidad, hacen que los resultados obtenidos en cuanto a cruzamiento natural difieran de una zona a otra (Miranda, 1971).

#### 2.4.2. Cruzamiento artificial.

El cruzamiento o polinización artificial es un proceso por medio del cual se favorece la hibridación; consiste en colocar polen funcional del progenitor masculino sobre el estigma del progenitor femenino en el momento favorable. Su objetivo principal es generar variabilidad genética y reunir características deseables de los progenitores en las variedades nuevas. Los factores más importantes en la eficiencia de esta acción son la temperatura y humedad relativa, y en segundo término la técnica utilizada, material de auxilio, ambiente donde se realizan las polinizaciones, variedades utilizadas como progenitores y otros (Núñez, 1979).

Enseguida se hace una descripción detallada de las variables anteriores.

Respecto a los dos primeros factores se ha descubierto que al realizar polinizaciones por la mañana se tiene más eficiencia que con las efectuadas en la tarde. La explicación se atribuye a que en las primeras horas del día se tiene una temperatura y humedad favorable para la extracción, transporte y colocación del polen (Hernández y Tay, 1975).

En referencia a la técnica utilizada, se tiene: 1) Emasculando el botón floral. Aquí existen tres modalidades: a) Método de frotamiento (o método convencional). Se abre el estandarte, se elimina la quilla y los estambres, posteriormente se poliniza el estigma de la planta femenina frotándolo con el estigma de la planta masculina. b) Método del enganchado; sólo difiere del método anterior en que el estigma del progenitor masculino, en lugar de frotarlo, se engancha al estigma del progenitor femenino. c) Polinización repetida; consiste en polinizar dos veces a intervalos de uno o dos días.

2) Sin emasculación el botón floral, pudiendo ser: a) Método de frotamiento, presionando hacia abajo el ala izquierda mediante lo cual el estigma sale por el ápice de la quilla, posteriormente, es frotado con el estigma del progenitor masculi-

no, condición que favorece la posibilidad de autopolinización.

b) Método del empalmado o enganchado. Es similar al método anterior, solo que aquí el estigma del progenitor masculino es enganchado en el estigma femenino y es lo que origina una menor probabilidad de autopolinización (Buishand, 1956).

El material de auxilio es la herramienta para realizar la polinización y lo adecuado que sea se reflejará en la eficiencia del proceso. Se usan materiales tan diversos como un pincel construido con pelo de camello para facilitar lo laborioso que resulta la aplicación de polen, papel o algodón humedecido para brindar las condiciones de temperatura y humedad adecuadas alrededor del botón floral; utilización del alcohol, agua y hormonas (por ejemplo, ácido p-4-clorofenoxiacético) para estimular la fisiología de la planta en conjunto y de ciertos órganos o estructuras (Wigton, 1959); pinzas, tijeras, lente de aumento, etiquetas y lápiz los cuales se usan en la remoción, extracción e identificación de estructuras florales.

Se han realizado investigaciones para observar la influencia del medio en el cruzamiento: al respecto, Núñez (1979) encontró que el cruzamiento efectuado en condiciones de invernadero variaba entre 25.83 y 69.58% y en condiciones naturales de campo entre 6.25 y 55.83%; por otra parte, Andrade (1976) obtuvo valores extremos de 40 y 0.4% para ambos casos. De

acuerdo a los resultados anteriores, se concluyó que el cruzamiento fue favorecido en condiciones artificiales.

En cuanto a las variedades que se usen en los cruzamientos, es conveniente considerar que además de aportar caracteres favorables también deben ser compatibles, por lo que con este fin es recomendable realizar una serie de cruzamientos para determinar cuales son mas eficientes para funcionar como progenitores (Crispín, 1974). En experimentos realizados en Phaseolus lunatus L. se ha reafirmado que el cruzamiento artificial varía dependiendo de las variedades utilizadas como progenitores. Cuando se usó una misma variedad como progenitor femenino y variedades diferentes como progenitor masculino se obtuvo entre 25 y 75% de eficiencia, en cambio, cuando se tomaron variedades diferentes como progenitor femenino y una misma variedad como el progenitor masculino el cruzamiento artificial varió entre 17.7 y 60% (Wester y Jorgensen, 1950).

En cuanto a la influencia de otros factores en el cruzamiento se ha descubierto que bajo condiciones de invernadero se obtiene un porcentaje mayor de cruzamiento artificial al cortar las flores remanentes del progenitor femenino, mientras que en condiciones naturales en el campo resulta irrelevante cortar o no cortar dichas flores (Núñez, 1979). Por otra parte, se afirma que para lograr un índice mayor de cruzamiento

artificial deben evitarse al máximo los daños al estigma femenino, hacer polinizaciones en los primeros botones florales, ejecutar un número de polinizaciones menor a la cantidad de vainas que produce una planta y eliminar el resto de flores para canalizar los fotosintatos a los cruzamientos (Lépiz, 1976).

#### 2.5. Genes marcadores del cruzamiento.

Tanto para determinar el cruzamiento natural, como para conocer la eficiencia de las técnicas utilizadas en la polinización artificial en Phaseolus vulgaris L., en otras leguminosas y en general en las plantas autógamias, es necesario la utilización de genes marcadores para la identificación rápida de los híbridos en la  $F_1$ , los cuales deben presentar herencia simple (Núñez, 1979).

En P. vulgaris L. la determinación de la tasa de cruzamientos naturales se realiza comunmente intercalando líneas portadoras de genes marcadores recesivos, con líneas portadoras de los alelos dominantes correspondientes. En esta clase de estudios es posible utilizar marcadores de caracteres de semilla o de plántula, lo cual facilita manejar una cantidad grande de individuos con poco trabajo (Allard, 1980).

Los genes que en frijol común se han utilizado como marcadores del cruzamiento son: el hábito de crecimiento (donde el

tipo guiador es dominante sobre el tipo mata), color de la flor (el morado domina sobre el blanco) y color de la testa en la semilla (el negro domina sobre el amarillo y pinto), considerados como caracteres de herencia simple (Crispín, 1960; Miranda, 1971).

Si se desea emplear las técnicas de polinización artificial en esta leguminosa sin emascular el botón floral, se recomienda tomar características que sirvan como genes marcadores con el fin de identificar los cruzamientos en la  $F_1$  (Buishand, 1956).

En *P. lunatus* L. se ha utilizado el color del cotiledón, el del hipocotilo y la forma de la primera hoja como caracteres que a través de su control genético permiten cuantificar el índice de cruzamiento artificial (Wester y Jorgensen, 1950).

### 3. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el ciclo primavera-verano de 1986, bajo condiciones de riego, en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL) localizado en el municipio de Marín, Nuevo León, el cual está ubicado en los 25°53' Latitud Norte y 100°03" Longitud Oeste, con una altitud de 367.3 msnmm y clima tipo semiárido.

A continuación se muestran los valores de precipitación, temperatura y humedad relativa predominantes durante el desarrollo del experimento (Cuadro 1).

CUADRO 1. Condiciones ambientales en el área del Campo Agrícola Experimental de la FAUANL en Marín, N.L., durante el período de estudio.

Mes	Precipitación total (mm)	Temperatura promedio (°C)	Humedad relativa prom. (%)
Febrero	2.50	18.00	65.00
Marzo	9.80	21.40	61.00
Abril	23.90	25.50	69.00
Mayo	106.50	26.10	72.00
Junio	151.70	27.10	79.50
Julio	35.70	29.00	67.00
Agosto	12.10	31.30	65.00
Septiembre	189.30	27.50	70.90

Fuente: Estación Climatológica, FAUANL (1986).



### 3.1. Materiales.

Los materiales utilizados en cada actividad para realizar la investigación se mencionan enseguida. En la preparación del terreno para la siembra: tractor, arado, rastra, niveladora, azadones y palas; para la delimitación del experimento: estacas de madera, cordel y cinta métrica; en la siembra: cordel graduado, regla métrica y azadón rayador; en la construcción y localización de las secciones diferentes y sus respectivos tratamientos; tela tipo malla, tijeras, hilo para costura, varillas de madera, estacas y cartelones; para el control de plagas se aplicó Dipterex, Folimat y Malathión a las dosis recomendadas; para corregir las deficiencias de nitrógeno y fierro se aplicó urea y sulfato ferroso a la dosis de 100 kg y 150 g por hectárea, respectivamente; el control de malezas fue utilizando azadones; en la identificación y toma de datos en las unidades experimentales se utilizaron etiquetas, bolsas de papel de diferentes dimensiones, charolas y hojas de codificación.

El material biológico que se empleó fue semilla de Phaseolus vulgaris L. (cultivares Selección # 4 y Jamapa), semilla de Sorghum bicolor (L.) Moench. y colmenas con Apis mellifera L.

En el Cuadro 2 se mencionan algunas características fenotípicas de los cultivares empleados de P. vulgaris L.

CUADRO 2. Características de los cultivares Selección # 4 y Jamapa utilizados en el experimento.

Cultivares	C o l o r				Días al 50% de floración
	Hipocotilo	Tallo	Flor	Grano	
Selección # 4	verde	verde	blanco	pigmentado	60
Jamapa	morado	morado	morado	negro	55

### 3.2. Métodos.

La metodología a seguir en el experimento consistió primeramente en dividir su desarrollo en fase de campo y fase de vivero.

Por otra parte, para la denominación de cruzamiento se tomó el criterio siguiente: al cruzamiento natural correspondió la sección donde no se produjo modificaciones en la entomofauna y al cruzamiento inducido las secciones en las que si se hicieron cambios.

#### 3.2.1. Fase de campo.

El área de trabajo constó de cuatro secciones localizadas a 1000 m una de la otra, con su correspondiente número de tratamientos, surcos de 10 m de longitud separados a 0.80 y 0.07 m de distancia entre plantas del cultivar o cultivares de Phaseolus vulgaris L., según el caso.

Las características de los cultivares utilizados en esta investigación, mencionados anteriormente (Cuadro 2), favorecieron la evaluación del grado de cruzamiento sobre el cultivar Selección # 4 por poseer caracteres controlados por genes recesivos.

Las variables medidas en el experimento fueron:

Días al inicio de la floración, comprendida como el tiempo que transcurre desde la siembra hasta la aparición de la primera flor.

Días al 50% de floración, representada por el tiempo transcurrido desde la siembra hasta que cuando menos se presente una flor en el 50% de las plantas.

Días al 100% de floración, definida como el tiempo comprendido desde el tiempo o momento de la siembra hasta la aparición de la última flor en todas las plantas.

Período de floración, comprendido por el número de días contados desde el inicio de la floración hasta el momento en que ya no se observaron flores abiertas o botones en formación, o cuando su cantidad fuera insignificante.

Porcentaje de coincidencia, representado por la cantidad de días de floración del cultivar Selección # 4 con floración del cultivar Jamapa, dividido entre el período de floración

del cultivar Selección # 4 y multiplicado por cien.

Diferencia en inicio de la floración, representada por la diferencia de inicio en la floración entre ambos cultivares.

Las variables anteriores se estimaron sobre cada cultivar para facilitar la observación y poder deducir sobre la diferenciabilidad o sincronía de sus procesos reproductivos, que hubieran podido tener repercusión en el grado de cruzamiento que presentaran.

Enseguida se describe cada sección así como las actividades realizadas en ellas, que comprende desde la siembra hasta la cosecha; además, en la Figura 2 se exponen los diagramas de cada una.

Primera Sección. Condición de polinización libre o polinización natural.

La distribución, dimensiones y número de tratamientos de esta sección es semejante a las dos secciones siguientes.

Constó de cuatro tratamientos, distribuidos bajo las características siguientes.

El primer tratamiento se compone de dos surcos, conteniendo el cultivar Selección # 4 precedido del cultivar Jamapa a una distancia de 0.07 m y viceversa. Con esta separación de los

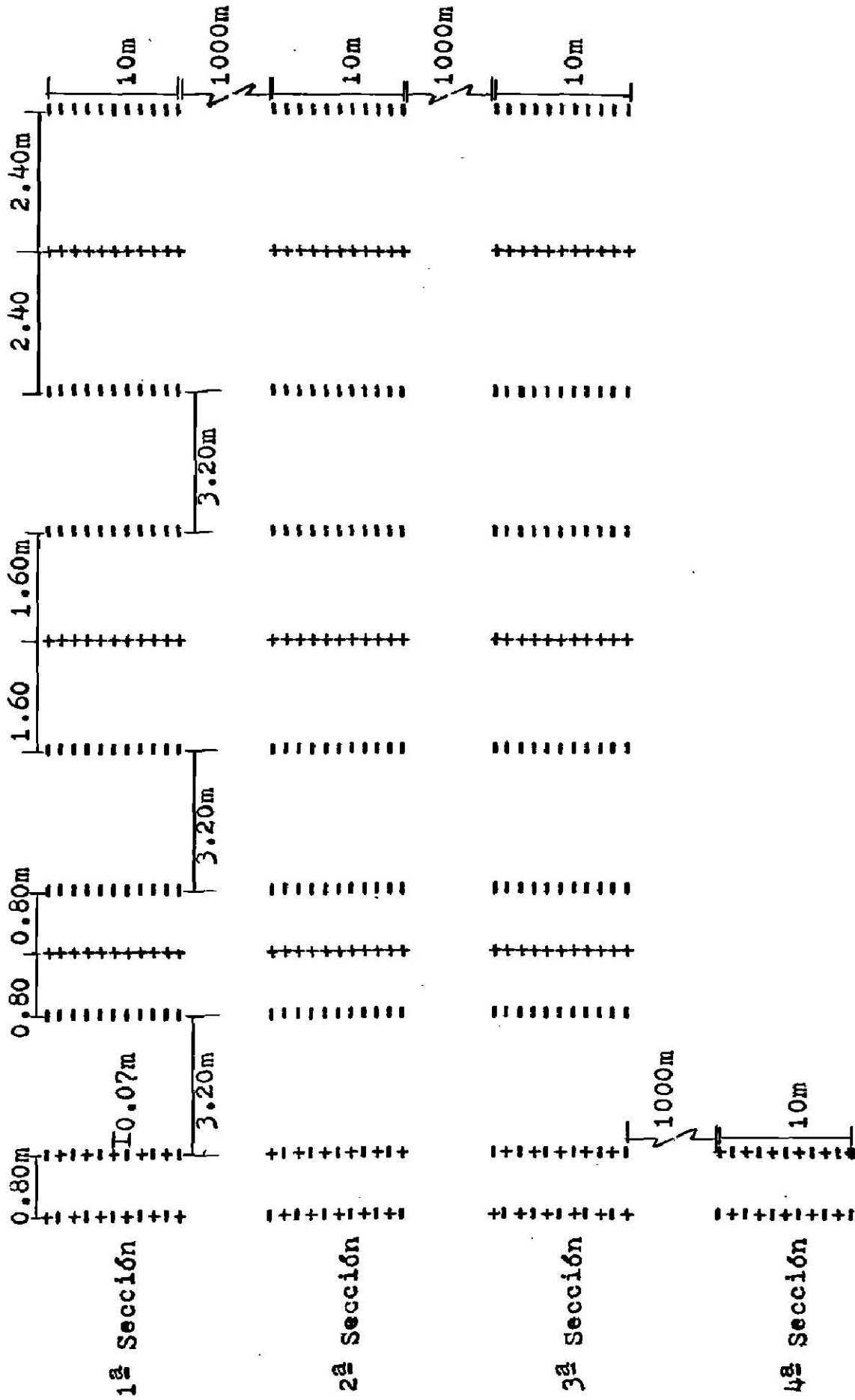


Figura 2. Representación de los tratamientos aplicados en fase de campo.

materiales genéticos se obtuvo la distancia mínima entre ambos.

Todos los tratamientos de esta sección y de las dos siguientes, estuvieron separados por tres surcos contiguos en los que se sembró en forma simultánea Sorghum bicolor (L.) Moench. para ofrecer una barrera física ante los agentes polinizadores y que su actuación fuera específicamente en el tratamiento correspondiente.

El segundo tratamiento estuvo formado por tres surcos, ubicándose en el surco central el cultivar Selección # 4 y en los laterales el cultivar Jamapa. La distancia entre plantas fue 0.07 m y entre cultivares 0.80 m.

Tercer tratamiento. Fue semejante al tratamiento anterior en cuanto a distribución de los cultivares, diferenciándose únicamente por la doble separación (1.60 m) entre uno y el otro.

El cuarto tratamiento se diferencía del anterior por el espaciamiento entre cultivares de 2.40 m.

La finalidad del arreglo anterior en los tratamientos, bajo la condición global de polinización libre, fue proporcionar el factor "distancia entre cultivares" que pudiera influir en el grado de posible cruzamiento entre éstos.

Segunda Sección. Condición de polinización inducida con Apis mellifera L. en libertad.

Las características de espaciamento y distribución de los cultivares fueron similares a la sección anterior; la única modificación consistió en colocar colmenas de A. mellifera L. en la cabecera de cada tratamiento en el lado de donde provienen los vientos dominantes y en etapa de inicio de floración en cualquiera de los cultivares. Las colmenas se retiraron cuando el cultivo finalizó la etapa de floración.

El objetivo en esta sección fue proporcionar la facilidad a A. mellifera L. de efectuar la polinización cruzada sin obstáculos físicos, pero al mismo tiempo dando oportunidad a otros insectos polinizadores.

Tercera Sección. Condición de polinización inducida con Apis mellifera L. confinada.

En esta sección la variación respecto a la anterior fue colocar las colmenas de A. mellifera L. confinadas dentro de una malla sintética de dimensiones tales que existiera un espacio libre sobre el área de cobertura del cultivo de 0.30 m para permitir el desplazamiento de los insectos en su acción polinizadora.

Esta modalidad tuvo como objetivo favorecer la polinización cruzada sólo con insectos del tipo A. mellifera L.

Cuarta Sección. Condición de polinización inducida con insecticida durante la floración.

Constó de un par de surcos con características iguales que el primer tratamiento de las secciones anteriores, diferenciándose únicamente por la aplicación de insecticida (se aplicaron los productos químicos Dipterex, Folimat y Malathión a las dosis recomendadas en p. vulgaris L., cada dos días y al ternadamente) desde el momento de iniciar floración hasta floración al 100%.

El objetivo consistió en evitar la polinización cruzada por vía entomófila para que se reflejara la actuación de otros factores en esa etapa reproductiva de los cultivares.

La cosecha se realizó en el cultivar Selección # 4 de cada tratamiento, colocando la semilla viable de cada vaina en sobres previamente identificados para facilitar su manejo en la siembra posterior en el vivero.

### 3.2.2. Fase de vivero.

En esta fase de la investigación se sembró la semilla proveniente de la fase anterior con el objetivo principal de observar en estado de plántula ó al primer par de hojas trifoliaa



das su fenotipo y hacer las evaluaciones correspondientes a la existencia de cruzamiento.

El procedimiento de siembra del experimento se desarrolló de la forma siguiente:

El área estuvo constituida de un conjunto de camas tipo almácigo con dimensiones de 10 m de largo, 1 m de ancho y 0.20 m de profundidad sobre las que se trazaron líneas paralelas y transversales a la distancia mayor separadas 0.10 m una de la otra; la distancia de siembra dentro de cada línea fue de 0.10 m. Esta distribución de siembra (Figura 3) permitió registrar el número de línea y semilla dentro de esta área.

Las variables medidas en el cultivar selección # 4 al presentar señal de cruzamiento fueron:

Porcentaje de plantas con color morado en talluelo, nervaduras de las hojas y tallo verdadero.

Durante el desarrollo del cultivo se realizaron inspecciones diarias, registrando en base a su localización a las plantas que manifestaron el color morado, herencia del cultivar Jamapa, y señal de cruzamiento.

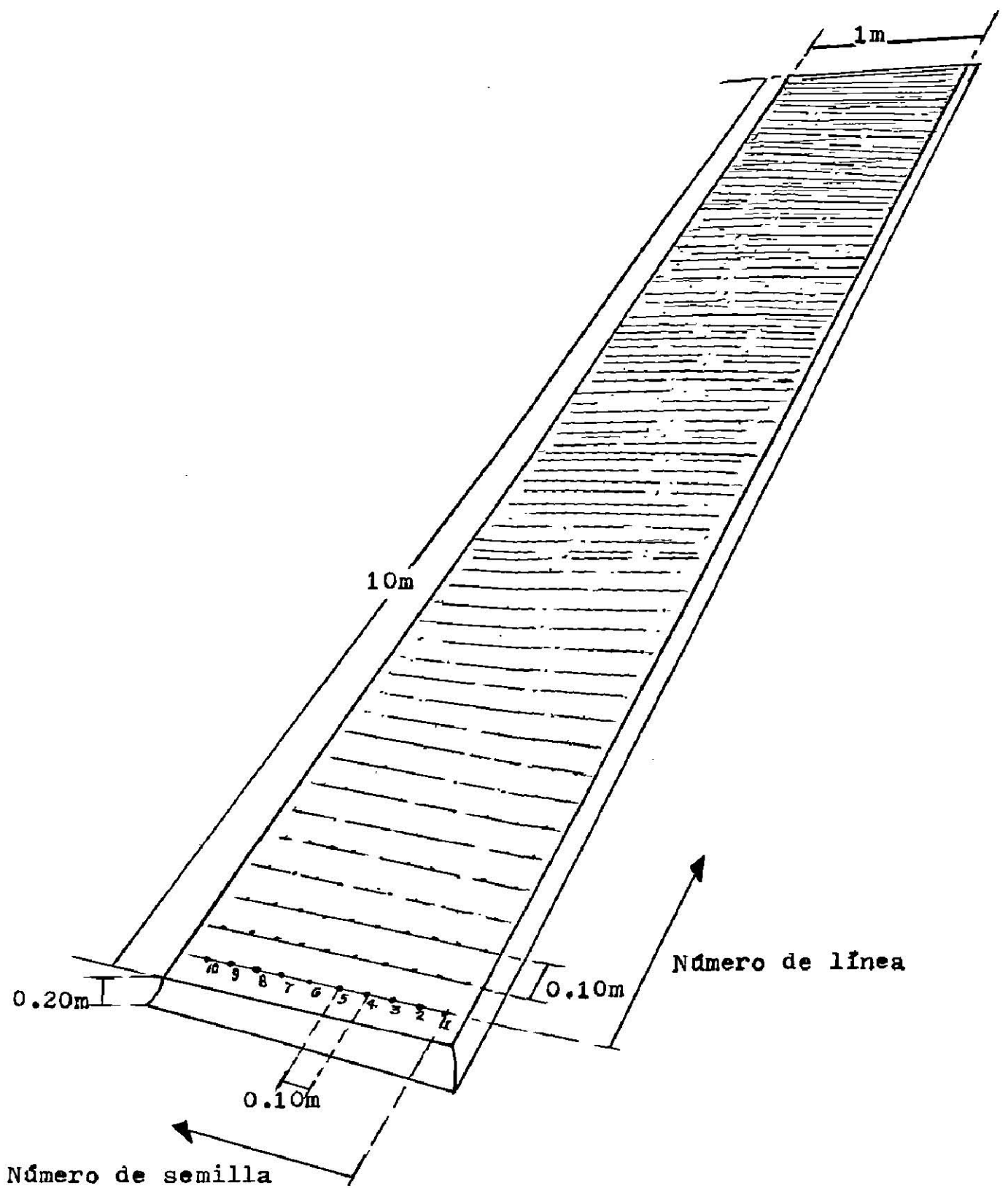


Figura 3. Características de una cama de siembra, correspondiente a la fase de vivero del experimento.

La evaluación correspondiente se hizo mediante la proporción de plantas que presentaron características de cruzamiento contra el resto de la población que no presentaba esta cualidad.

## 4. RESULTADOS

El orden en la presentación de los resultados será de acuerdo a la división previa del experimento, en fase de campo y fase de vivero. Los registros de actividades y sus mediciones correspondientes básicamente se fundamentaron en el proceso de la floración, la cosecha y la evaluación posterior de la presencia de cruzamiento.

### 4.1. Fase de campo.

Una de las actividades de suma importancia en esta fase de campo fue registrar el proceso de floración, con la finalidad de observar la sincronía de ésta entre los cultivares de Phaseolus vulgaris L. utilizados y que se pudiera manifestar finalmente en el grado de cruzamiento entre ambos.

#### 4.1.1. Medición del proceso de floración.

El criterio utilizado consistió en inspeccionar cada sección en conjunto, registrar la señal de floración en cualquiera de sus tratamientos y respectivos cultivares.

Los parámetros medidos fueron: el tiempo en días al inicio, al completar el 50 y 100% de la floración, el período de ésta, el porcentaje de coincidencia y la diferencia en inicio de floración entre los cultivares bajo cada condición. Los valores correspondientes se muestran en el Cuadro 3.

CUADRO 3. Características del proceso de floración en los cultivos bajo las condiciones experimentales.

Condición	Cultivar	Días a floración			Período de floración	Coincidencia (%)	Diferencia en inicio de floración
		Inicio	50%	100%			
Polinización libre	Selección # 4	52	65	86	34	82	2
	Jamapa	50	61	80	30		
Polinización inducida con <u>Apis mellifera</u> L. libre	Selección # 4	49	70	83	34	88	2
	Jamapa	47	69	79	32		
Polinización inducida con <u>Apis mellifera</u> L. confinada	Selección # 4	49	70	90	41	87	3
	Jamapa	46	70	85	39		
Polinización inducida con insecticida durante la floración	Selección # 4	48	65	84	36	94	1
	Jamapa	47	63	82	35		

Revisando los resultados anteriores se encontró que el cultivar Jamapa resultó ser más precoz que el cultivar Selección # 4 con un tiempo promedio de dos días en todas las condiciones registradas.

Bajo la consideración anterior, en las tres últimas condiciones el tiempo de inicio de la floración es aproximadamente igual y más precoz respecto a la primera condición.

El tiempo en alcanzar el 100% de floración y período de la misma fue apreciablemente mayor en la tercera condición, comparado con las dos primeras y última condición.

Además, el porcentaje de coincidencia mayor en la floración de los cultivares se obtuvo en la última condición.

#### 4.1.2. Cosecha y su evaluación.

En esta fase de campo esta actividad representó el último paso, siendo además de gran interés por permitir obtener el producto que contiene la información genética, resultado de los ambientes predominantes en cada condición experimental y sus respectivos tratamientos.

El procedimiento seguido en esta actividad fue el siguiente; la cosecha se hizo al observar una maduración óptima económica en las vainas del cultivar Selección # 4. Se realizó en cada tratamiento por separado, de acuerdo a su correspondiente

condición y registrando el número de plantas cosechadas, número de plantas con vainas y número de plantas sin vainas. Los valores se muestran en el Cuadro 4.

Describiendo el comportamiento general de dichos valores se observó que la cantidad de plantas sin vainas aumentó conforme disminuyó el espaciamiento en los tratamientos de la segunda y tercera condición; lo anterior también se cumplió en los tres últimos tratamientos de la primera condición.

Finalmente, la semilla cosechada en esta fase del experimento fue preparada para servir de base a la siguiente.

#### 4.2. Fase de vivero.

El ordenamiento y siembra de la semilla en esta fase se hizo conforme se expuso en el capítulo anterior.

La finalidad en esta etapa del experimento fue obtener fenotípicamente la información genética presente en el cultivar Selección # 4 que reflejara señal de cruzamiento.

El criterio de evaluación del cruzamiento consistió en la proporción de plantas que presentaron señal de cruzamiento, contra el resto de plantas sin esta característica. Los resultados se muestran en el Cuadro 5.

CUADRO 4. Valores de cosecha en el cultivar Selección # 4.

Condición	Espacia- miento (m)	Plantas cosechadas	Plantas con vainas	Plantas sin vainas
Polinización libre	0.07	48	45	3
	0.80	83	72	11
	1.60	99	92	7
	2.40	129	124	5
Polinización inducida con <u>Apis mellifera</u> L. libre	0.07	71	52	19
	0.80	52	47	5
	1.60	61	57	4
	2.40	67	62	5
Polinización inducida con <u>Apis mellifera</u> L. confinada	0.07	78	22	56
	0.80	50	36	14
	1.60	35	30	5
	2.40	57	53	4
Polinización inducida con insecticida duran- te la floración.	0.07	138	108	30



CUADRO 5. Valores del porcentaje de plantas con señal de cruzamiento.

Espacia miento (m)	Condición				
	I	II	III	IV	
A =	0.07	11.92	2.55	0.0	5.41
B =	0.80	0.57	1.97	1.42	
C =	1.60	0.0	0.73	3.38	
D =	2.40	0.0	0.42	0.77	

Simbología:

- I. Polinización libre.
- II. Polinización inducida con Apis mellifera L. libre.
- III. Polinización inducida con Apis mellifera L. confinada
- IV. Polinización inducida con insecticida durante la floración.

Descifrando la tendencia de los valores del cruzamiento, se observó que los valores correspondientes a la proporción de plantas provenientes de cruzamiento aumentaron conforme se disminuyó el espaciamento entre los cultivares, reflejándose claramente en la segunda condición.

Los valores de la tercera condición se ajustaron a una curva, de acuerdo a la reducción del espaciamento (Figura 4).

El valor de la condición de polinización inducida con insecticida durante la floración (IV) resultó superior, comparada con el efecto promedio calculado en los espaciamentos idénticos de las condiciones con libre polinización (I), polinización inducida con Apis mellifera L. libre (II) y en la condición de polinización inducida con A. mellifera L. confinada (III); cumpliéndose también en el efecto promedio del total de valores de cada una de las condiciones anteriores y en el promedio realizado con la sumatoria de los doce valores de las mismas (Cuadro 6 y Figura 5).

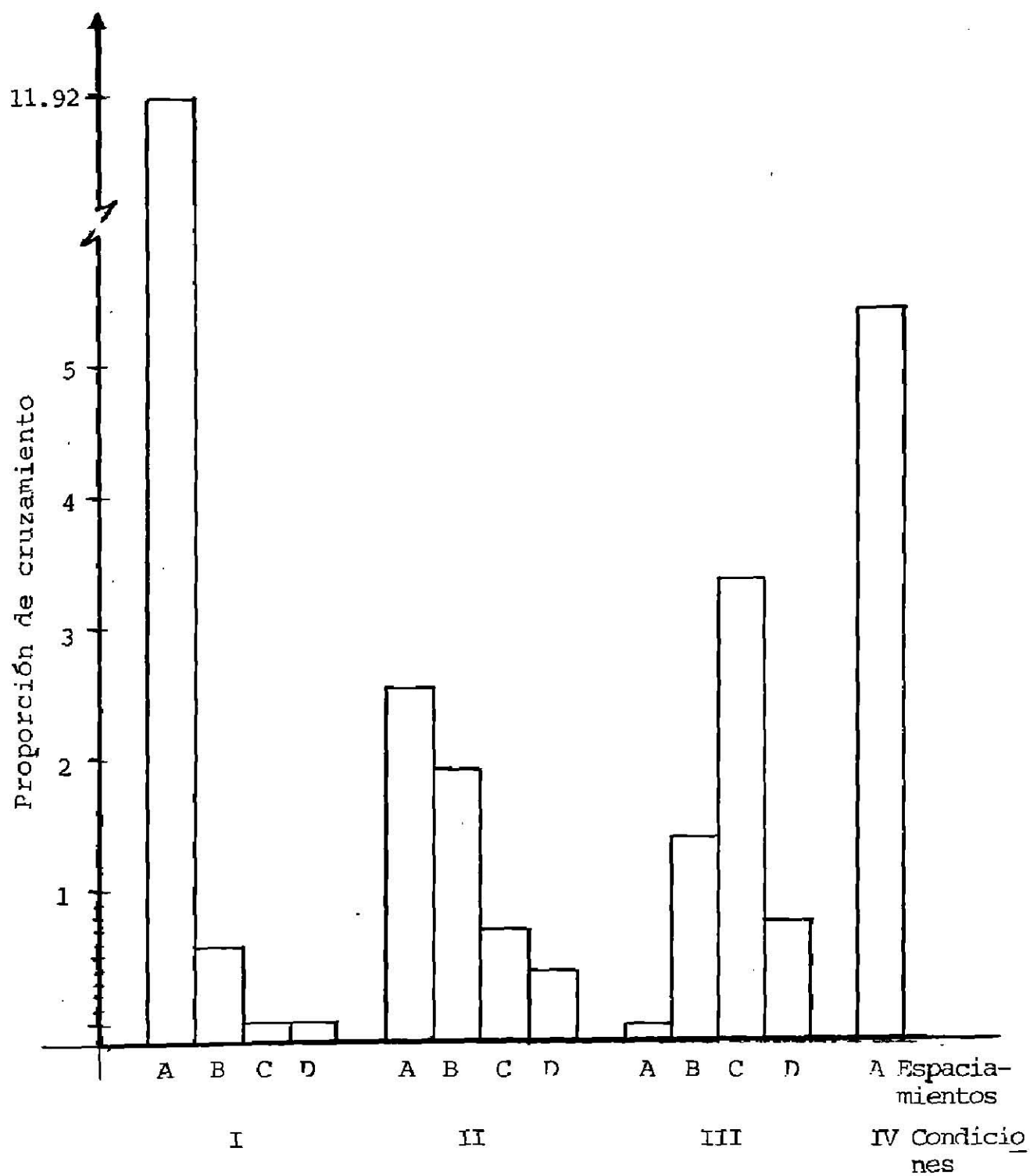


FIGURA 4. Comportamiento de los valores de la proporción de cruzamiento.

CUADRO 6. Valores promedio de cruzamiento para los espaciamientos, condiciones y promedio de condiciones.

Cuarta condición	Espaciamientos				Por condición			Promedio de condiciones		
	IV	A	B	C	D	I	II	III	I	II
5.41	4.82	1.32	1.37	0.39	3.12	1.41	1.39	1.97		

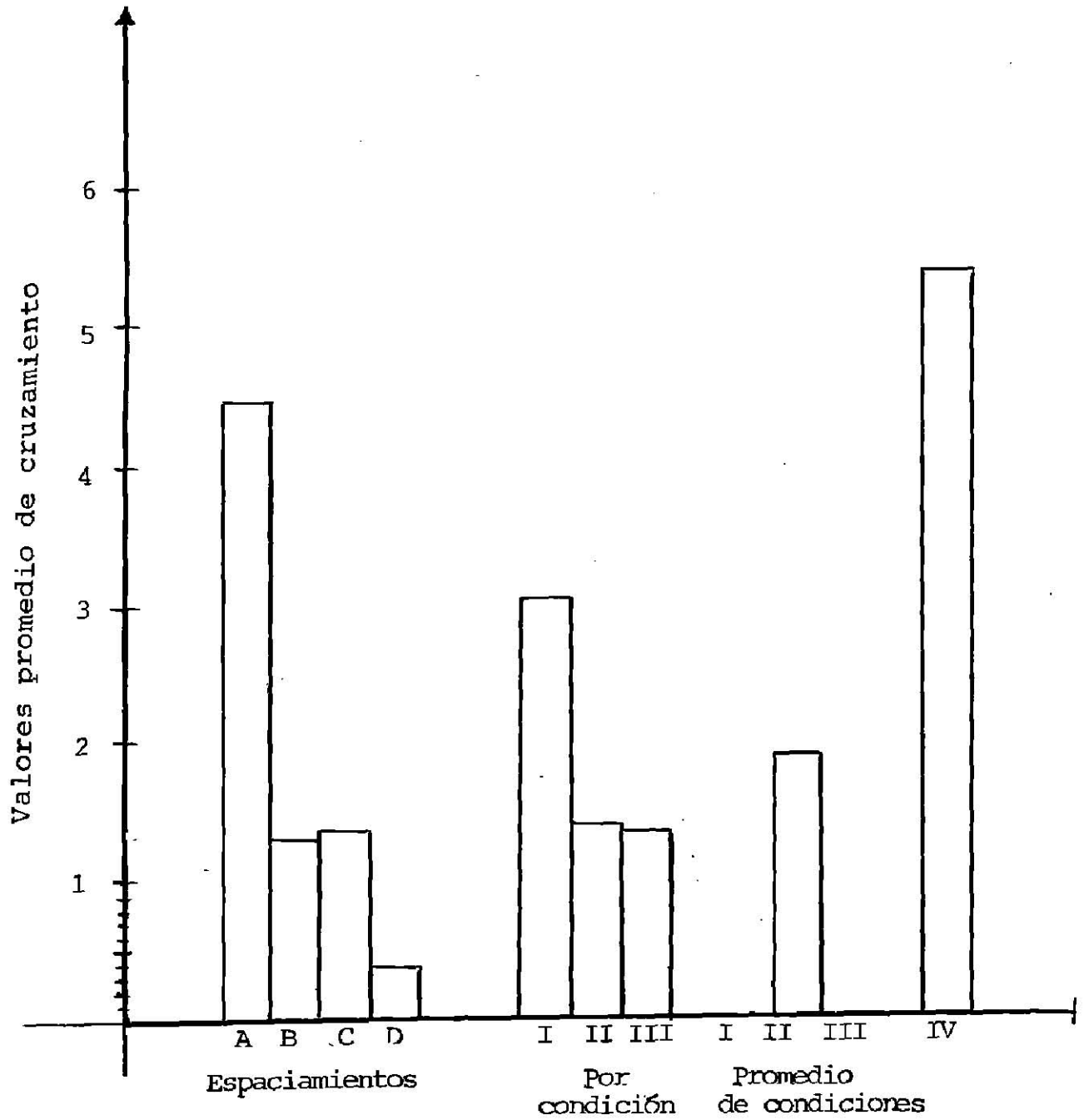


FIGURA 5. Valores promedio del cruzamiento para los espaciamientos, condiciones y promedio de condiciones.

## 5. DISCUSION

Considerando los objetivos planteados en esta investigación, así como los factores predominantes en la misma, la discusión que se expone corresponde al efecto que presentaron los tratamientos en las secciones de trabajo.

De acuerdo a la información presentada en el Cuadro 2 para los cultivares Jamapa y Selección # 4, concuerda con los materiales Puebla-194 y Michoacán-128 utilizados por Miranda (1971) como genotipos masculino y femenino respectivamente, labor que fue posible gracias a características fenotípicas y período de floración semejantes.

Respecto a los datos del Cuadro 3 se tiene que el cultivar Jamapa fue más precoz que el cultivar Selección # 4, al menos para esta localidad y estación de siembra. Además, el tiempo de inicio de la floración en las últimas tres condiciones fue menor comparado con la primera condición, resultado posiblemente de la deficiente preparación del suelo y almacén de agua en éste. Al tener menos humedad disponible, las plantas ponen a funcionar sus mecanismos de precocidad para dar por resultado una área foliar menor, reproducción más rápida y más temprana y cosecha pobre (Poehlman, 1983).

La tercera condición necesitó de más tiempo para alcanzar

el 100% de floración y presentó el período de floración mayor, lo cual posiblemente se debió a la reducción en la entrada de luz hacia el cultivo causada por la malla utilizada para confinar a Apis mellifera L. Escalante (1980) define dicho sombreado como la variación de la intensidad luminosa causada por la intercepción de luz que además tiene efecto sobre la temperatura y humedad ambiental; por lo tanto es de esperarse que se afecten los procesos fisiológicos en las plantas, en este caso el de floración.

No se tiene la certeza del grado de sombreado que originó la malla, ni la magnitud de su influencia en el desarrollo de la floración, sólo se le denomina como un factor que afecta al mecanismo regulador de la floración (Poehlman, 1983).

La coincidencia mayor en la floración de la última condición probablemente se debió a las aplicaciones frecuentes de insecticida con las altas temperaturas ambientales predominantes, formando así un microclima desfavorable que detuvo la floración de los cultivares a un mismo tiempo, aunque no existe evidencia en la literatura que confirme esto.

De acuerdo a los datos del Cuadro 4 el número de plantas sin vainas aumentó a medida que disminuyó el espaciamiento en los tratamientos. Al respecto, algunos investigadores señalan que en los cultivos se generan aspectos de competencia, indi-

cando que esta puede ser por humedad disponible en el suelo, nutrientes, luz y disponibilidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (Weier y Barbour, 1970; Francis, 1978; Harper, 1977). Caprio (1981) denomina como "interferencia" a los cambios en el ambiente efectuados por la proximidad de individuos; en cambio Donald (1963) menciona que es más adecuado el término "competición", por el efecto mutuo de los organismos uno sobre el otro.

La manifestación de la competencia en el rendimiento de vainas por plantas fue el ejemplo de que las plantas superiores responden al desequilibrio fisiológico y exhiben su plasticidad como uno de los más poderosos mecanismos reactivos al efecto de la densidad, contribuyendo para regular la producción reproductora de una población (Harper, 1977).

La tercera condición presentó acentuación en los valores de la relación disminución del espaciamiento de los tratamientos y aumento en el número de plantas sin vainas, hecho que pudo deberse al sombreado producido por la malla instalada en cada tratamiento. En varios experimentos se ha comprobado la relación directa entre el sombreado y el rendimiento: por ejemplo, Wahua y Miller (1978) trabajando en soya (Glycine max L.) Calland y Protana con sombreados de 20 a 93% en tres estadios de desarrollo encontraron que el sombreado en la etapa de floración disminuyó el rendimiento en 2 a 90%, de acuerdo a la in



tensidad de sombreado aplicada y que esto se debió a patrones diferentes de respuesta en los componentes del rendimiento.

Fortaleciendo lo anterior, Cooper (1966) menciona que sombreados de 51, 76 y 92% en alfalfa (Medicago sativa L.) después de la emergencia de plántulas reducen el rendimiento por planta, en forma proporcional al grado de sombreado aplicado.

Una justificación de que el sombreado fue debido a la mancha se observó en la elongación considerable de los entrenudos y decoloración de las plantas en general durante su desarrollo. Existen evidencias del efecto de la luz sobre la fisiología y morfología de las plantas. Al respecto, Crookston, et al. (1975) encontró que Phaseolus vulgaris L. (variedades Redkote y Michelite-62) cultivado en intensidades luminosas bajas mostró altura mayor, grosor menor de las hojas y área foliar menor. Ante esta deficiencia de luz, Adams (1967) comenta que en este mismo cultivo opera un mecanismo de compensación entre los componentes del rendimiento, de tal forma que el aumento de uno ocasiona una disminución en otro.

Para comprender la relación aumento en el número de plantas sin vainas a medida que disminuye la distancia de los tratamientos, sobre todo en los espaciamientos menores, se tiene que en los tratamientos con 0.07 y 0.80 m de distancia entre variedades existió la misma competencia (Figura 2), por presen

tarse, según Donald (1963) competición inter e intra planta, de finidas como la que se verifica entre plantas vecinas y cuando una hoja sombrea a otra en una misma planta, respectivamente.

Por último, este mismo autor señala que la competición por luz no es entre especies o entre plantas, es una competición entre hojas. Un factor que además pudo causar sombreado gradual, competencia por luz y disminución en el rendimiento en las plantas de los tratamientos fue la barrera física formada de tres surcos contiguos con plantas de Sorghum bicolor (L.) Moench. colocada entre cada tratamiento, aunque esto no explica las diferencias en cantidad de número de plantas sin vainas.

El resultado del menor espaciamiento en la primera condición no siguió el comportamiento de la relación antes mencionada, deduciendo que una de las causas fue la baja población de plantas presente en el tratamiento.

Respecto a los datos del Cuadro 5, el porcentaje de cruzamiento en Phaseolus vulgaris L. es inversamente proporcional a la distancia que separa los cultivares durante su desarrollo, manifestándose claramente en la segunda condición, parcialmente en la primera y tercera condiciones. El comportamiento de estos valores concuerda con los obtenidos en esta misma leguminosa por Casas (1958), Crispín (1960), Mackie y Smith (1935), Miranda (1971), y en otras leguminosas Allard (1954) y Garber

y Odland (1926).

La superioridad del porcentaje de cruzamiento en el espaciamiento menor de la primera condición (Figura 4) puede deberse al contacto físico que sufrieron las estructuras florales, consecuencia del gran desarrollo vegetativo que favoreció el traslape por completo de los cultivares, pese a la baja población presente (Cuadro 4). La adecuada preparación en el suelo del tratamiento en cuestión posiblemente contribuyó a la buena capacidad de almacén de agua y disponibilidad para las plantas; deduciendo que los cambios en todos los aspectos del crecimiento, en las modificaciones de anatomía, morfología y fisiología de las plantas está directa e indirectamente afectado por el abastecimiento de agua (Kramer, 1979). La magnitud del valor de la condición que se discute sólo se compara con el porcentaje máximo de cruzamiento (13%) encontrado por Kristoferson (1921) en esta misma especie.

En los valores del cruzamiento de la segunda condición, no se apreció claramente la función de Apis mellifera L., por haberse comportado de manera semejante a otras investigaciones realizadas bajo condiciones naturales de cruzamiento. Por ejemplo, en una investigación realizada por Miranda (1971), con espaciamientos entre variedades de 0.90 y 0.10 m se obtuvieron resultados de 1.71-1.79 y 3.51-3.66%, respectivamente, guardan

do cierta semejanza con los espaciamientos 0.80 y 0.07 m de la condición en estudio que arrojaron valores de 1.97 y 2.55%, respectivamente. Las diferencias entre ambos casos no son muy significativas a pesar de la ligera variabilidad en la comparación de espaciamientos, variedades distintas y condiciones ecológicas utilizadas en los estudios.

En los dos primeros espaciamientos de la tercera condición, se obtuvieron porcentajes de cruzamiento superiores comparados con los valores de los espaciamientos idénticos en las condiciones anteriores (Figura 4). Además, el segundo valor (3.38%) correspondiente al espaciamiento 1.60 m es ligeramente menor respecto al porcentaje máximo de cruzamiento natural (3.66%) obtenido por Miranda (1971), pero en una distancia entre variedades de 0.10 m.

De acuerdo a lo expuesto, se deduce que el comportamiento del cruzamiento se debió a la acción polinizadora de Apis mellifera L. durante la floración de los cultivares. Por otra parte, se puede decir que la declinación del grado de cruzamiento en los dos últimos valores de esta misma condición se debió a la reducción del espaciamiento, el cual tuvo dos efectos: primeramente al disminuir el espacio entre cultivares la malla utilizada para confinar a A. mellifera L. agudizó el sombreado sobre éstos, hecho representado por la elongación y clo

rosis que manifestaron las plantas, causando baja producción de flor, reflejado en la cosecha de vainas (Cuadro 4), proporcionando menos oportunidad al cruzamiento; por último, se redujo a la vez el espacio disponible para el desplazamiento y actuación de A. mellifera L. lo cual es comprobado por la deficiente movilidad y aglomeraciones de estos insectos en áreas reducidas.

En el Cuadro 6 y Figura 5 se observa que el valor del cruzamiento de la cuarta condición resultó superior al efecto promedio del cruzamiento en los espaciamientos idénticos, por condición y promedio de las demás condiciones. La situación anterior pudo deberse a la influencia de los factores físicos en el cruzamiento, ya sea, por el contacto directo en las flores de ambos cultivares, transporte de polen de un cultivar a otro por el viento o persona al aplicar repetidamente el insecticida; o bien, como dichas aplicaciones se realizaron bajo condiciones de temperatura y humedad relativa desfavorables, es posible que hayan producido algún desequilibrio fisiológico en las plantas, manifestándose en la ocurrencia desincronizada de los cambios estructurales por los que pasa la flor, favoreciendo además, la coincidencia en la floración entre ambos cultivares (Cuadro 3), dando por resultado una mayor oportunidad para el cruzamiento.

## 6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y a los objetivos planteados en la presente investigación, se concluye lo siguiente:

1. El cruzamiento natural presentó un promedio de 3.12%
2. El control de la entomofauna favoreció el cruzamiento inducido, debido a un incremento en la coincidencia de la floración entre los cultivares.
3. Apis mellifera L. no incrementó el cruzamiento inducido.
4. A manera general, el cruzamiento aumentó a medida que se disminuyó el espaciamiento entre los cultivares.

## 7. RECOMENDACIONES

Con referencia a las observaciones realizadas en esta investigación se proponen las recomendaciones siguientes:

Buscar las dimensiones y orientación adecuadas de las cajas para mejor estancia y funcionamiento de A. mellifera L.

Indagar el efecto de los insecticidas sobre la fisiología de las plantas y en particular de su floración.

Establecer trabajos experimentales tendientes a conocer la eficiencia en cuanto a cruzamientos en otra estación de siembra y en otros materiales de Phaseolus vulgaris L.

En base a las variables medidas y los resultados alcanzados, implementar trabajos utilizando algún diseño estadístico para auxiliar el establecimiento e interpretación de los resultados del cruzamiento.

## 8. RESUMEN

El cruzamiento en frijol (Phaseolus vulgaris L.) es el método por medio del cual se obtiene variación genética. En el mejoramiento genético de esta leguminosa, es común realizar cruzamientos, cuya eficiencia esta determinada por características propias de los cultivares involucrados así como también de factores de naturaleza física y biológica.

La presente investigación se realizó con el fin de conocer algunas de las variables determinantes para la obtención del cruzamiento, planteando así los siguientes objetivos: cuantificar el cruzamiento natural entre dos cultivares de P. vulgaris L. en las condiciones ecológicas del ciclo temprano de Marín, N.L.; verificar el efecto del control de la entomofauna sobre el cruzamiento inducido; estimar la eficiencia del cruzamiento inducido utilizando a Apis mellifera L. como agente polinizador en forma libre y confinada; y observar la influencia del espaciamiento entre los dos cultivares en la aparición del cruzamiento.

El experimento estuvo formado por una sección de condición natural en la cual operó la polinización libre y tres secciones más de condiciones artificiales para la actuación de la polini-



zación inducida mediante Apis mellifera L. libre, A. mellifera L. confinada y con la aplicación de insecticida durante la floración. Se utilizaron espaciamientos entre cultivares de 0.07, 0.80, 1.60 y 2.40 m, como variable de influencia en la presencia del cruzamiento.

Se midió el proceso de floración y cosecha; la semilla así obtenida se sembró posteriormente en camas tipo almácigo para observar su manifestación fenotípica y medir finalmente la aparición del grado de cruzamiento.

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluyó que el cruzamiento natural presentó un promedio de 3.12%; además, el control de la entomofauna favoreció el cruzamiento inducido, mas que todo debido a un incremento en la coincidencia de la floración entre los cultivares; por otra parte, Apis mellifera L. no incrementó el cruzamiento inducido; y por último, el cruzamiento aumentó a medida que se disminuyó el espaciamiento entre los cultivares.

Con referencia a las observaciones alcanzadas se recomienda adecuar la orientación y dimensiones de las cajas para mejor estancia y funcionamiento de A. mellifera L.; indagar el efecto de los insecticidas en la floración de las plantas; establecer trabajos experimentales tendientes a conocer la efi-

ciencia del cruzamiento en otra estación de siembra y en otros materiales de Phaseolus vulgaris L.; y finalmente implementar investigaciones utilizando algún diseño estadístico para auxiliar el establecimiento e interpretación de los resultados del cruzamiento.

## 9. BIBLIOGRAFIA CITADA

- Adams, M.W. 1967. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field bean Phaseolus vulgaris L. Crop Sci. 7:505-510
- Allard, R.W. 1954. Natural hybridization in lima beans in California. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 64:410-416.
- \_\_\_\_\_. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. Trad. de la primera edición en Inglés por J.L. Montoya. Ed. Omega. Barcelona, España. 498 p.
- Andrade A., E. 1976. Técnicas de polinización en varias leguminosas. II Reunión Departamental. Departamento de Leguminosas Comestibles. INIA. SAG., México. 128-147 p.
- Brauer H., O. 1973. Fitogenética aplicada. Ed. Limusa. México. 518 p.
- Buishand, T.J. 1956. The crossing of beans (Phaseolus spp.) Euphytica 5:41-50.
- Caprio D.C., J.G. 1981. Efecto de la densidad de población en la morfología, asignación de la materia seca y de la energía, y eficiencia en la producción de semilla en el frijol (Phaseolus vulgaris L.) Tesis de D.C. Colegio de Postgra-

duados. Chapingo, México.

Casas D., E. 1958. Herencia de tres caracteres morfológicos en frijol y su relación con la obtención de variedades puras. Tesis Profesional. E.N.A. Chapingo, México.

Cázares E., B. 1979. Longevidad del polen de frijol (Phaseolus spp.). Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Cooper, C.S. 1966. Response of birdsfoot trefoil and alfalfa to various levels of shade. *Crop Sci.* 6:63-66.

Crispín M., A. 1960. Cruzamiento natural en el frijol. *Agric. Téc. Méx.* INIA, SAG. 11:38-39.

\_\_\_\_\_. 1974. Logros obtenidos en las investigaciones sobre el cultivo del frijol en México. *Agric. Téc. Méx.* 3(8): 277-282.

Crookston, R.K., K.L. Treharne, P. Ludford and J.L. Ozbun. 1975. Response of beans to shading. *Crop Sci.* 15:412-417.

Díaz C., T.G. 1981. Cruzamiento natural en Phaseolus coccineus L. Tesis de M.C., Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Donald, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants.

Adv. Agron. 15:1-118.

Escalante E., J.A. 1980. Efecto del sombreado artificial sobre el rendimiento y sus componentes en frijol (Phaseolus vulgaris L.) var. Michoacán 12-A-3. Tesis de M.C., Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Falconer, D.S. 1981. Introducción a la genética cuantitativa. Trad. del Inglés por F. Márquez S. Ed. CECSA. México. 430 p.

FAUANL. 1986. Reporte climatológico. Estación Climatológica Marín. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N.L.

Francis, C.A. 1978. Multiple crooping potentials of beans maize. Hort Sci. 13(1):12-17.

Garber, R.J. and T.E. Odland. 1926. Natural crossing in soybeans. J. Amer. Soc. Agron. 18:967-970.

Harper, J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press. New York. 892 p.

Hernández B., G. y J. Tay V. 1975. Programa de fitomejoramiento de frijol. Programa de investigaciones con becarios CIAT. Cali, Colombia. 10 p.

- Kramer, P.J. 1979. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Trad. al Español por L. Tejada. Ed. Edutex, S.A. México. 538 p.
- Kristofferson, K.B. 1921. Spontaneous crossing in the garden bean Phaseolus vulgaris L. Hereditas 2:395-400.
- Labougle R., J.M. y J.A. Zozaya R. 1986. La apicultura en México. Revista Ciencia y Desarrollo, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México. XII, 69:17-36.
- Lépiz I., R. 1976. Cruzamiento artificial en frijol. Memoria del sexto Congreso Nacional de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética. 580-582 pp.
- Mackie, W.W. and F.L. Smith. 1935. Evidence of field hybridization in beans. J. Amer. Soc. Agron. 27:903-909.
- Martínez, E. 1976. Abejas y colmenares. Ed. Marymar. Buenos Aires, Argentina. 11-17 pp.
- Mateo B., J.M. 1961. Leguminosas de grano. Primera Edición. Ed. Salvat, S.A. Barcelona, España. 550 p.
- Miranda C., S. 1966. Mejoramiento del frijol en México. Folleto No. 13. INIA, SAG, México. 36 p.
- \_\_\_\_\_. 1966. Identificación de las especies mexicanas y cul-

tivadas del género Phaseolus. Serie de investigación No. 8. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

\_\_\_\_\_. 1967. Infiltración genética entre Phaseolus coccineus L. y Phaseolus vulgaris L. Serie de investigación No. 9. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 48 p.

\_\_\_\_\_. 1971. Cruzamiento natural en frijol. Agric. Téc. Méx. INIA, SAG. 3(2):48-52.

Núñez G., S. 1979. Cruzamiento artificial en frijol Phaseolus vulgaris L. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Palmer, J.R. 1967. Bees aid bean pollination. The South Africa Bee Journal. 39:12-13.

Poehlman, J.M. 1983. Mejoramiento genético de las cosechas. Trad. del Inglés por N. Sánchez D. Limusa, México. 453 p.

Rendón S., L.A. 1983. Control hormonal de órganos reproductivos en Phaseolus vulgaris L. cv cacahuete-72. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Robles S., R. 1981. Producción de granos y forrajes. Segunda Edición. Ed. Limusa. México. 592 p.

Root, A. 1974. ABC y XYZ de la apicultura: enciclopedia de la

cría científica y práctica de las abejas. 9a. edic. Librería Hachette S.A. Buenos Aires, Argentina.

Wahua, T.A.T. and D.A. Miller. 1978. Effects of shading on the  $N_2$  fixation yield, and plant composition of field grown soybeans. Agron. J. 70:387-392.

Weier, R.T. and M.G. Barbour. 1970. Botany an introduction to plant biology. Fourth edition. John Wiley and Sons. Inc. New York. 708 p.

Wester, R.E. and H. Jorgensen. 1950. Emasculation unnecessary in hybridizing lima beans. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 55:384-390.

Wigton, R.J. 1959. Snap bean crossing technique. Bean Improvement Cooperative Report No. 2:19-20.



