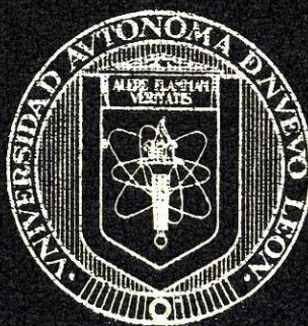


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO DE LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA  
SOBRE EL VIGOR DE PLANTULA  
DE CINCO VARIETADES DE FRIJOL  
(Phaseolus vulgaris, L.)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

IGNACIO JOSE CRESPO MUGUERZA

MARIN, N. L.

OCTUBRE DE 1985



T

SB327

C7

c.1



1080061661

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO DE LA PROFUNDIDAD DE SIEMERA  
SOBRE EL VIGOR DE PLANTULA  
DE CINCO VARIETADES DE FRIJOL  
(Phaseolus vulgaris, L.)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

IGNACIO JOSE CRESPO MUGUERZA

MARIN, N. L.

OCTUBRE DE 1985

6500 *Juan*

T  
SB327  
C7



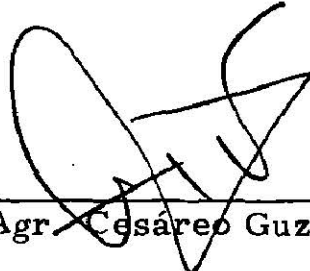
040.635  
FA 4  
1985  
C.5

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

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

Comité Supervisor :

Presidente

  
Ing. Agr. ~~César~~ Guzmán Flores

Secretario

  
Ing. M. C. Francisco Zavala García

Vocal

  
Biol. Elizabeth Cárdenas Cerda

A

Gabriela

Luis Ignacio

Mis Padres



## AGRADECIMIENTOS

- *Fundación Gran Mariscal de Ayacucho*
- *Ing. Agr. Cesáreo Guzmán Flores*
- *M. C. Francisco Zavala García*
- *Biol. Elizabeth Cárdenas Cerda*
- *Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo, F. A., U. A. N. L.*
- *A mis compañeros y amigos*

# I N D I C E

	PAGINA
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	iv
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 TAXONOMIA DEL FRIJOL	3
2.2 ESTRUCTURA DE LA SEMILLA	3
2.3 GERMINACION	5
2.3.1 El Proceso de la Germinación	5
2.4 LIMITANTES DE LA GERMINACION	7
2.4.1 Factores Intrínsecos	7
2.4.2 Factores Extrínsecos	8
2.4.2.1 Humedad	8
2.4.2.2 Temperatura	9
2.4.2.3 Aeración	11
2.5 PLANTULA	12
2.5.1 Tipos de Plántula	12
2.5.2 Factores que Afectan la Emergencia de las Plántulas	14
2.6 FENOMENOS FOTOMORFOGENICOS QUE INTERVIENEN EN LA EMERGENCIA	16
2.7 PROFUNDIDAD DE SIEMBRA	17
2.7.1 Factores que Determinan la Profundidad de Siembra	19
2.7.1.1 Tipo de Emergencia	19
2.7.1.2 Factores Ambientales	20
2.7.1.3 Tamaño de Semilla	21
2.7.2 Profundidad de Siembra en Frijol	21
3. HIPOTESIS	23
4. MATERIALES Y METODOS	24
4.1 LOCALIDAD	24
4.2 GENOTIPOS UTILIZADOS	24
4.3 TRATAMIENTOS BAJO ESTUDIO	26
4.4 DISEÑO EXPERIMENTAL	26
4.5 METODO DE SIEMBRA	28
4.6 TOMA DE DATOS	30
4.7 VARIABLES BAJO ESTUDIO	31
4.7.1 Morfológicas	31
4.7.1.1 Altura de Plántula	31
4.7.1.2 Area Foliar	31

	PAGINA
4.7.2 Fisiológicas	32
4.7.2.1 Días a la Emergencia	32
4.7.2.2 Porcentaje de Emergencia	33
4.7.2.3 Peso Seco	33
4.7.2.4 Tasa de Asimilación Neta (TAN)	33
4.7.2.5 Tasa Relativa de Crecimiento (TRC)	34
4.7.2.6 Tasa de Crecimiento (TCC)	35
4.8 PRACTICAS CULTURALES	35
4.9 ANALISIS ESTADISTICO	35
5. RESULTADOS	37
5.1 DIAS A LA EMERGENCIA	37
5.2 PORCENTAJE DE EMERGENCIA	37
5.3 ALTURA DE PLANTULA	39
5.4 AREA FOLIAR	43
5.5 PESO SECO	45
5.6 TASA DE CRECIMIENTO	47
5.7 TASA DE ASIMILACION NETA Y TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO	47
5.8 RELACIONES ENTRE VARIABLES	47
5.8.1 Peso Seco	48
5.8.2 Area Foliar	49
5.8.3 Días a la Emergencia	50
6. DISCUSION	51
7. CONCLUSIONES	56
8. BIBLIOGRAFIA	57
9. APENDICE	60

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO	TITULO	PAGINA
Cuadros del Texto :		
1	Características de los Cultivares Estudiados	26
2	Tratamientos Bajo Estudio	27
3	Aleatorización y distribución de los tratamientos en el campo (esquema).	29
4	Medias de las alturas de plántulas para cada variedad y profundidad de siembra en el cultivo de frijol, estimadas a los 15, 18, 21, 24, 27 y 32 días posteriores a la siembra.	41
Cuadros del Apéndice :		
1A	Análisis de Varianza para las Variables Bajo Estudio en la Determinación del Vigor de Plántulas de Frijol.	61-63
2A	Comparaciones de Medias de Profundidades y Variedades para las Variables Días a la Emergencia y Porcentaje de Emergencia en el Cultivo de Frijol.	64
3A	Comparaciones de Medias de Profundidades y Variedades para la Variable Altura de Plántula en el Cultivo de Frijol, Estimada a los 15 y 32 Días Posteriores a la Siembra.	65
4A	Comparación de Medias de la Interacción Profundidad por Variedad para la Variable Altura de Plántula en el Cultivo de Frijol, Estimada a los 27 Días Posteriores a la Siembra.	66
5A	Comparación de Medias de la Interacción Profundidad por Variedad para la Variable Altura de Plántula en el Cultivo de Frijol, Estimada a los 32 Días de la Siembra.	67

CUADRO	TITULO	PAGINA
6A	Comparaciones de Medias de Profundidades y Variedades para la Variable Area Foliar en el Cultivo de Frijol, Estimada a los 15 y 32 Días Posteriores a la Siembra.	68
7A	Comparaciones de Medias de Profundidades y Variedades para la Variables Peso Seco en el Cultivo de Frijol, Estimada a los 15 y 32 Días Posteriores a la Siembra.	69
8A	Comparación de Medias de Variedades para la Variable Tasa de Crecimiento en el Cultivo de Frijol, Estimada en la Etapa Comprende entre los 15 y 32 Días Posteriores a la Siembra.	70
9A	Correlaciones entre las Variables	71
10A	Ecuaciones de Regresión Considerando el Peso Seco a los 32 Días como Variable Dependiente y la Altura de Plántula, Días a la Emergencia y Area Foliar como Variables Independientes.	72
11A	Ecuaciones de Regresión Considerando el Peso Seco a los 32 Días como Variable Dependiente y la Altura de Plántula, Días a la Emergencia, Area Foliar, TAN, TRC y TCC como Variables Independientes.	73

FIGURA	TITULO	PAGINA
1	Sección de una semilla de frijol en su madurez (esquema)	5
2	Etapas de la emergencia de la semilla del frijol común ( <u>Phaseolus vulgaris</u> )	14
3	Condiciones Ambientales de Temperatura, durante el período que permaneció el experimento en el campo.	25

FIGURA	TITULO	PAGINA
4-8	Efecto de la profundidad de siembra sobre los días a la emergencia de las variedades de frijol bajo estudio.	38
9-13	Efecto de la profundidad de siembra sobre el porcentaje de emergencia de las variedades de frijol bajo estudio.	40
14-18	Efecto de la profundidad de siembra sobre el área foliar de las variedades de frijol bajo estudio, estimada a los 15 y a los 32 días posteriores a la siembra.	44
19-23	Efecto de la profundidad de siembra sobre el peso seco de las variedades de frijol bajo estudio, estimado a los 15 y a los 32 días posteriores a la siembra.	46

## 1. INTRODUCCION

El frijol constituye uno de los alimentos básicos de mayor importancia en México y en casi todos los países de América. Lo anterior indica la necesidad de realizar los estudios sobre este cultivo con el fin de aumentar el entendimiento de los principales determinantes de la producción.

El rendimiento del frijol varía debido a factores ecológicos, económicos y sociales prevalecientes en cada región en que se cultiva. En el Norte de México el medio ecológico es árido, en donde las condiciones de temperatura y sequía provocan inconvenientes en el establecimiento del cultivo. Un aspecto importante en esto es la profundidad de siembra a la que se deposita la semilla, ya que esta práctica puede determinar que el establecimiento sea adecuado o no.

Los estudios sobre la profundidad de siembra son escasos en las zonas ya mencionadas, por lo que no existe unidad de criterio para definir la profundidad de siembra en los diferentes cultivos, haciéndose necesario efectuar investigaciones tendientes a generar conocimientos para ampliar el criterio de esta práctica.

El siguiente trabajo plantea como objetivo : observar el comportamiento de plántulas de frijol de diferentes variedades, sembradas a distintas profundidades, y determinar la profundidad de siembra en la

cual se obtiene el máximo vigor de plántula.



## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 TAXONOMIA DEL FRIJOL

La clasificación taxonómica del frijol según Robles (1982), es la siguiente :

Familia	:	Leguminosae
Subfamilia	:	Papilionoideae
Tribu	:	Phaseoleae
Subtribu	:	Phaseolineae
Género	:	<u>Phaseolus</u>
Especie	:	<u>vulgaris</u>

### 2.2 ESTRUCTURA DE LA SEMILLA

La semilla es el germen de las plantas fanerógamas por medio del cual se reproducen (Schopfloch, 1963). Siendo por lo general, el resultado de un óvulo fecundado y maduro que contiene un embrión (United States..., 1962).

Diehl (1980), sostiene que cualquiera que sea su origen botánico, las semillas se componen de las siguientes partes esenciales :

- El tegumento, que procede de los tegumentos del óvulo (epistermo), tiene la función de proteger al embrión y al albúmen de daños ocasionados por golpes o acciones mecánicas moderadas, además regula

los intercambios de la semilla con el medio exterior gracias a su relativa impermeabilidad al agua y gases, permitiendo así una conservación más o menos prolongada.

- El embrión, que procede del cigoto principal, es una planta en miniatura (Cronquist, 1977), consta de las cuatro regiones siguientes : cotiledones, epicotilo, hipocotilo y radícula, que en conjunto originan a la plántula (Stevenson, 1980), (en el caso de las dicotiledóneas).

- El albúmen, que procede del cigoto accesorio, su función es la de nutrir al embrión. En la semilla de frijol, los cotiledones actúan como órganos de almacenamiento, englobando en ellos todas las reservas (semillas exalbuminadas). Las reservas contienen siempre próticos, lípidos y glúcidos, en proporciones variables. Las leguminosas en general son ricas en próticos (Diehl, 1980).

Las partes de la semilla de frijol se pueden apreciar en la Fig. 1.

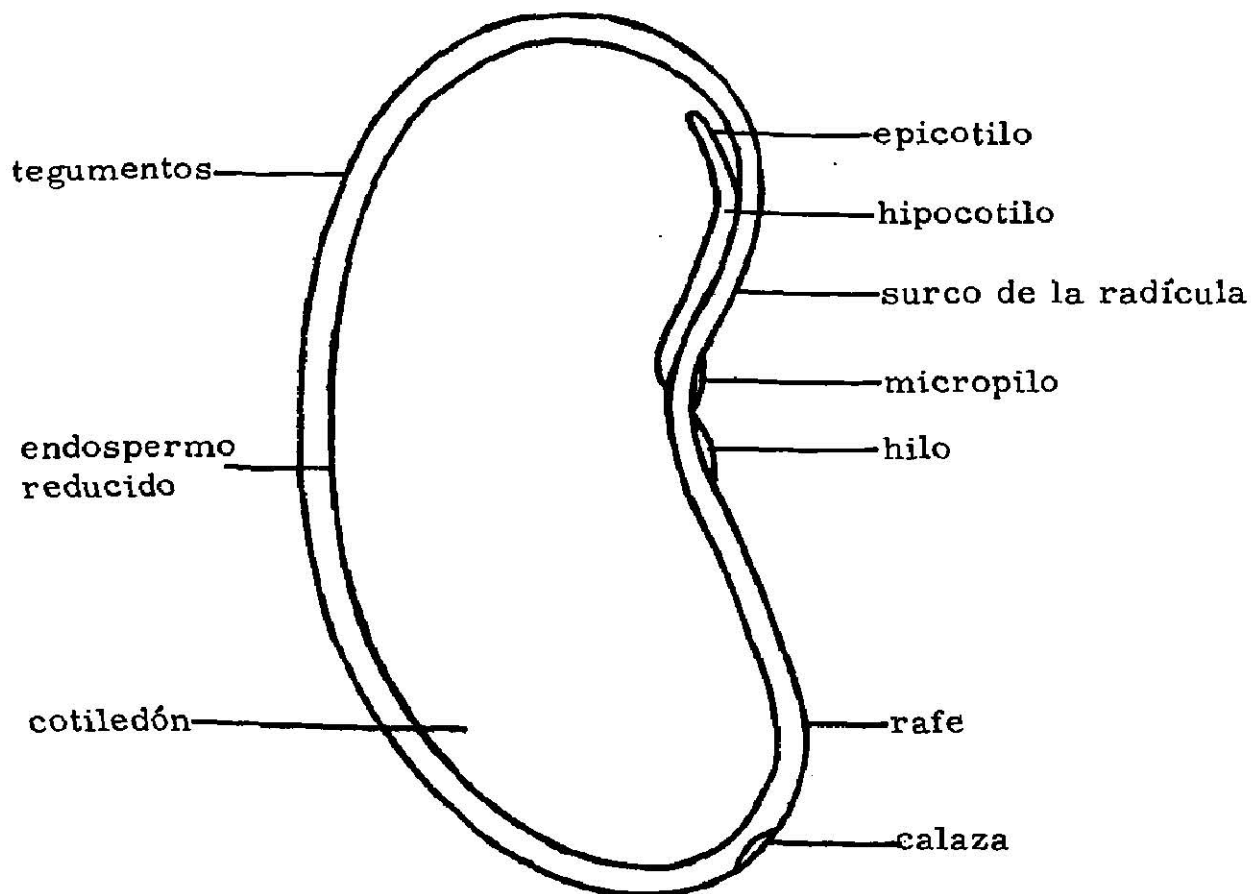


Figura 1. - Sección de una semilla de frijol en su madurez (esquema).

### 2.3 GERMINACION

Desde el punto de vista fisiológico, la germinación constituye para la planta el paso de la vida retardada a la vida activa (Diehl, 1980). Cronquist (1977), la define como el proceso que ocurre desde el momento en que el embrión reinicia su crecimiento hasta que la plántula se establece.

#### 2.3.1 El Proceso de la Germinación

El proceso de germinación se puede dividir en tres fases o esta-

díos. La primera fase consiste en la absorción del agua por la semilla, el agua se embebe por los coloides de la semilla seca y se ablandan las cubiertas de la misma, hidratándose así el protoplasma; la semilla se hincha, rompiéndose en algunos casos sus cubiertas. Los componentes del sistema de sintetización de proteínas de las células (diversas moléculas de DNA y RNA) se activan para permitir la continuación de la síntesis de proteínas, lo cual produce enzimas que controlan la actividad metabólica de la célula (Hartmann y Kester, 1981).

En la segunda fase de la germinación, la absorción de agua y la respiración continúan a un ritmo constante. Los sistemas celulares se han activado y los sistemas de síntesis de proteínas están funcionando para producir nuevas y diversas enzimas, materiales estructurales, compuestos reguladores, ácidos nucleicos, etc., para efectuar las funciones celulares y sintetizar nuevos materiales. Aparecen también enzimas que empiezan a digerir materias de reserva contenidas en los tejidos de almacenamiento a compuestos químicos más sencillos; estos compuestos luego son translocados a los puntos de crecimiento del eje embrionario para usarse en el crecimiento y la formación de nuevas partes de la planta (Hartmann y Kester, 1981).

La tercera fase de la germinación de semillas consiste en la división celular en los puntos de crecimiento separados por el eje embrionario, seguida de la expansión de las estructuras de la plántula. Una vez

que principia el crecimiento en el eje embrionario, aumenta el peso fresco y el peso seco de la plántula, pero disminuye el peso de los tejidos de almacenamiento. La respiración, medida por la absorción del oxígeno, aumenta en forma constante con el avance del crecimiento. Finalmente, cesa la actividad metabólica en los tejidos de almacenamiento (Hartmann y Kester, 1981).

## 2.4 LIMITANTES DE LA GERMINACION

El proceso de la germinación puede verse afectado por factores intrínsecos a la semilla y factores extrínsecos o ambientales.

### 2.4.1 Factores Intrínsecos

La semilla debe reunir las siguientes características para que sea posible su germinación (Diehl, 1980):

- Ser viable; ésto se refiere a que sea una semilla con embrión vivo.
- Tener vitalidad; que no haya sobrepasado el límite de longevidad.
- Estar normalmente constituída, con el embrión y reservas intactas.
- Tener tegumentos permeables, que permitan el paso del agua e iniciar así el proceso de la germinación.

## 2.4.2 Factores Extrínsecos

Son aquellos relacionados con el ambiente que circunda a la semilla; los principales son : humedad, temperatura, aeración y luz; (este último no es importante en el caso del frijol). Las diferentes clases de semillas requieren distintas cantidades de cada uno de estos factores y la interacción de ellos, su deficiencia o exceso impediría la germinación de las mismas.

### 2.4.2.1 Humedad

La absorción de agua por la semilla se realiza en tres partes :

a) una absorción inicial rápida, en la cual la semilla se embebe; b) un período lento, y c) otro incremento en la absorción, al emerger la radícula y desarrollarse la plántula (Hartmann y Kester, 1981).

Esta absorción se efectúa por ósmosis a través del tegumento que por ser más o menos celulósico, retiene cantidades importantes de agua. Posteriormente, las distasas intervendrán para hidrolizar las reservas y ponerlas a disposición del embrión. La velocidad del fenómeno de imbibición depende de la cantidad de agua libre en el suelo, teniendo en cuenta las propiedades físicas del mismo y los puntos de contacto entre las semillas y las partículas térreas. Después de la completa imbibición transcurre un tiempo más o menos largo antes de producirse la germinación propiamente dicha; ésto dependiendo de la semilla y el

grado de madurez fisiológica (Diehl, 1980).

La humedad proporcionada a la semilla en germinación puede afectar el porcentaje de ésta, así como también la velocidad de la misma, una baja disponibilidad de humedad producirá una baja y lenta germinación (Hartmann y Kester, 1981).

Las semillas de frijol germinan en suelos con contenidos intermedios de humedad hasta una cantidad superior a la capacidad de campo. La máxima cantidad de agua absorbida en porcentaje de la semilla seca es de 108% (Diehl, 1980; Hartmann y Kester, 1981).

#### 2.4.2.2 Temperatura

La temperatura a la cual se somete la semilla en el suelo es otra de las limitantes para la germinación de la misma y, quizás, el factor ambiental individual con mayor influencia, tanto en la germinación como en el subsecuente crecimiento de las plántulas. Por lo general, la velocidad de germinación aumenta en forma directa con la temperatura, es decir, la velocidad es muy baja a temperaturas bajas, pero se incrementa en forma continua a medida que asciende la temperatura; en forma similar como ocurre en una curva de velocidad de reacción química. También, arriba de un nivel óptimo, donde la velocidad es mayor, ocurre un descenso a medida que la temperatura se acerca a un límite letal y la semilla es dañada. El porcentaje de germinación baja también a

medida que la temperatura llega a niveles extremos (Diehl, 1980).

Se han definido tres temperaturas para la germinación de la semilla : mínima, óptima y máxima; las cuales varían con la clase de semillas y con las condiciones bajo las cuales maduran.

Las temperaturas óptimas son aquellas más favorables, tanto para la germinación de la semilla como para el crecimiento de las plántulas, quedando en el rango en que se produce el mayor número de plantas con la velocidad más alta. La temperatura mínima y máxima es aquella a la cual la semilla detiene el proceso de germinación, y a medida que se va acercando la temperatura a estos extremos, se hace más lento el proceso (Hartmann y Kester, 1981).

La fluctuación de las temperaturas del día y la noche a veces da mejores resultados que las temperaturas constantes, tanto para la germinación de las semillas como para el crecimiento de las plántulas; de hecho, las semillas de unas cuantas especies no llegan a germinar a temperaturas constantes. Se ha sugerido que una de las razones de que las semillas enterradas en el suelo a cierta profundidad no germina, es porque las fluctuaciones de la temperatura del suelo desaparecen con la profundidad (Hartmann y Kester, 1981).

La suma de temperaturas necesarias para que se produzca la germinación de una semilla se conoce como integral térmica; la cual varía



dependiendo del cultivo o clase de semilla. Las sumas de temperaturas necesarias para la etapa siembra-emergencia, para una profundidad de siembra de 5 cm en frijol es de 200°C.

En cuanto a las temperaturas mínimas, óptimas y máximas de germinación del frijol específicamente, requiere de 10°C como temperatura mínima, 37°C como máxima y su temperatura óptima es de 32°C (Diehl, 1980).

#### 2.4.2.3 Aeración

El oxígeno que lleva el aire es indispensable durante toda la vida del embrión. Mientras está en vida latente su respiración es muy leve, pero en el momento en que se inicia la germinación, dicha función se hace muy intensa, necesitando entonces mucho oxígeno para efectuar las oxidaciones de las sustancias orgánicas, que son la fuente de energía durante el desarrollo del embrión. Es por ésto que el suelo debe tener una buena estructura o se debe preparar bien, a fin de darle a la semilla una buena aeración que permita la respiración de los embriones (Ruíz, 1977).

La cantidad de oxígeno presente en el medio de germinación es afectada por su poca solubilidad en el agua y su lenta difusibilidad en el medio. En consecuencia, el intercambio de gases entre el medio de germinación y la atmósfera, donde la concentración de oxígeno es de 20%

puede reducirse de manera significativa por la profundidad del suelo, y en particular por una costra dura superficial que puede limitar la difusión de oxígeno (Hartmann y Kester, 1981).

Otro gas, además del oxígeno, que puede afectar a la germinación de las semillas es el dióxido de carbono; éste es un producto de la respiración y en condiciones de mala aeración puede acumularse. A profundidades mayores en el terreno, el aumento en concentración de  $\text{CO}_2$  puede en cierto grado inhibir la germinación (Hartmann y Kester, 1981).

## 2.5 PLANTULA

El término plántula se refiere al estado temprano de crecimiento del embrión, desde que éste emerge de la semilla hasta que esté totalmente independiente del alimento guardado en la misma, elaborando ya su alimento (Holman, 1965).

### 2.5.1 Tipos de Plántulas

Existen dos tipos de plántulas, dependiendo del tipo de emergencia que presente (Holman, 1965; Robbins, 1974):

1. Emergencia hipógea; corresponde a plántulas en las cuales el cotiledón o cotiledones permanecen bajo tierra.
2. Emergencia epígea; propia de plántulas que elevan el cotiledón o cotiledones fuera del suelo.

La emergencia hipógea es propia de cultivos como el maíz, trigo, chícharo y la mayoría de las monocotiledoneas. En estos cultivos, el hipocotilo permanece muy corto y no emerge del suelo (Cronquist, 1977).

La emergencia epígea corresponde a semillas de cultivos como son el frijol, la calabaza, el girasol, la higuera, etc., donde los cotiledones son elevados sobre la superficie del suelo.

La semilla de frijol no tiene endospermo, y el suministro de alimento que nutre la plántula está acumulado en los cotiledones. Después de nacida la radícula, el hipocotilo se alarga y se arquea. El ápice de este arco es la primera parte de la plántula que aparece sobre el suelo. Al crecer el hipocotilo, se enderezan y levantan ambos cotiledones en el aire. Entre tanto, la plúmula que está entre los cotiledones ha empezado a crecer y origina las hojas verdaderas y la porción de tallo que hay sobre los cotiledones (Fig. 2).

Para emerger del suelo, los cotiledones y la plúmula del frijol no son empujados por el hipocotilo, sino que éste al crecer tira de ellos, así se evita el daño al ápice vegetativo.

El alimento almacenado en los cotiledones es digerido gradualmente y transferido a otras regiones de la plántula, que crece rápidamente. Los cotiledones carnosos se vuelven verdes al ser expuestos a la luz, pero la cantidad de alimento que sintetiza es insignificante, y al consu-

mirse el alimento acumulado se marchitan y caen (Wilson, 1968).

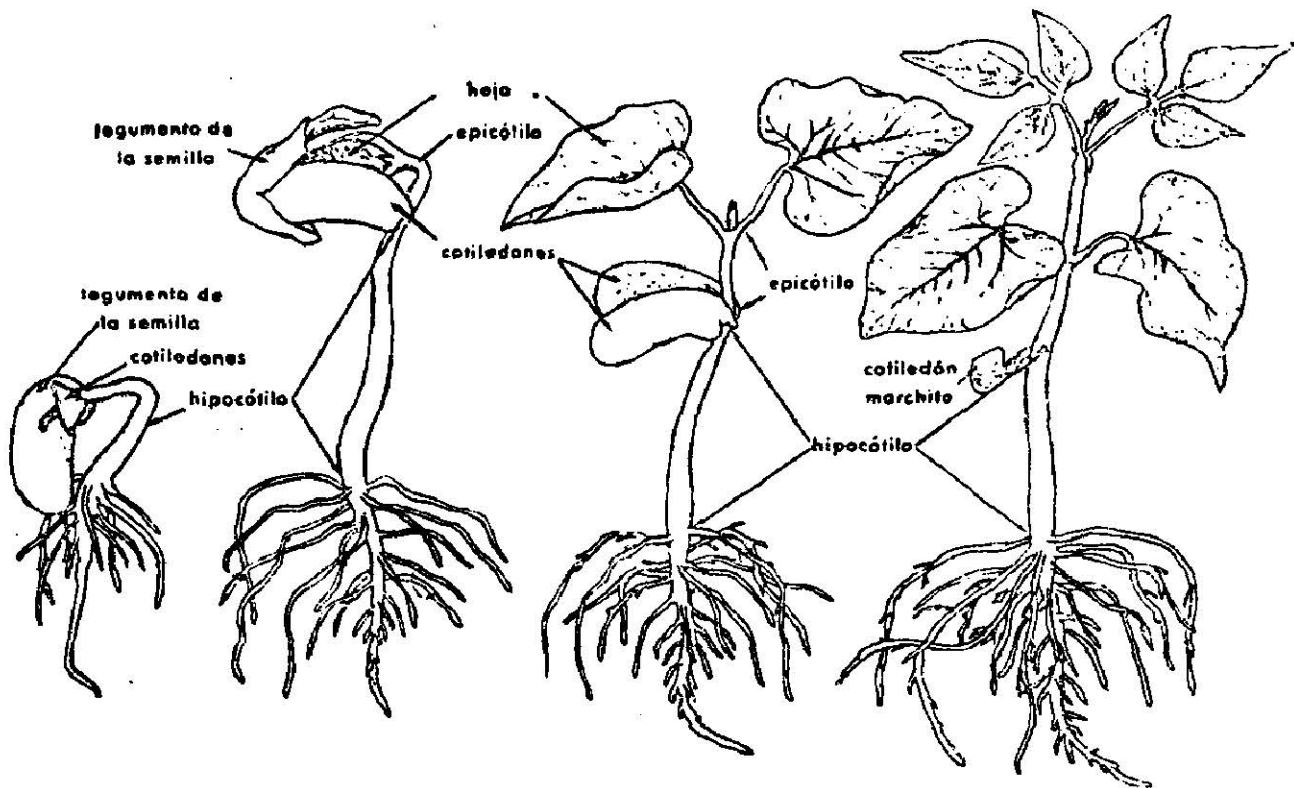


Figura 2. - Etapas de la emergencia de la semilla del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) (Robbins, 1974)

### 2.5.2 Factores que Afectan la Emergencia de las Plántulas

La emergencia de las plántulas es el resultado de una interacción compleja entre éstas y el ambiente. El crecimiento de la plántula a través de una cubierta de suelo, requiere vencer fuerzas de diferentes magnitudes encontradas en el suelo y finalmente emergen de la superfi-

cie de éste, lo cual conduce al cambio de un proceso que consume energía a uno que la produce.

Algunos factores afectan la emergencia de las plántulas; Maití, (1983), menciona los siguientes :

1. Características de la semilla.

Tamaño

Peso

Densidad

Letargo

Viabilidad

Madurez del grano

Contenido de humedad

2. Factores ambientales.

Aeración del suelo

Humedad del suelo

Temperatura del suelo

Encostramiento y Compactación del suelo

Profundidad de siembra

3. Factores bióticos.

Plagas

Enfermedades.

## 2.6 FENOMENOS FOTOMORFOGENICOS QUE INTERVIENEN EN LA EMERGENCIA

La fotomorfogénesis comprende todos los procesos dependientes de la luz, distintos de la fotosíntesis, que intervienen en el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Participa en el proceso de fotosíntesis, actuando como regulador, e influye en el tamaño, forma y la composición de los distintos órganos, así como el momento en que algunos órganos comienzan o dejan de ser formados. La luz es entonces, un factor que activa el proceso fotomorfogénico en las plantas, y las características de intensidad, duración, calidad, etc., que tenga ésta, determinan la actividad fisiológica de las mismas, provocándoles también una adaptación morfológica que les permite ajustarse y vivir bajo las condiciones ambientales en que prevalecen (Sivori, 1980).

El elemento central en estos procesos fotoactivados es la sustancia que absorbe la luz, es decir un pigmento, al que se le conoce como fitocromo, el cual es una cromoproteína capaz de absorber luz desde los 200 hasta los 800 nanómetros (Sivori, 1980).

Uno de los procesos fisiológicos en que interviene el fitocromo es el ahilamiento. Se dice que una planta está ahilada cuando al crecer en la oscuridad, presenta las siguientes características: alargada y fusiforme, hojas pequeñas e incoloras, ya que los plastos no se vuelven verdes hasta que están expuestos a la luz. Cuando el ápice de la planta sa-

le a la luz, el crecimiento ahilado se pasa a crecimiento normal (Raven, 1975).

El fenómeno del ahilamiento es de suma importancia, ya que la germinación de muchas semillas se da en la oscuridad, y el ahilamiento les permite emerger más rápidamente y con pocos daños, significando entonces un medio de supervivencia para las plántulas (Cronquist, 1977).

## 2.7 PROFUNDIDAD DE SIEMBRA

La profundidad de siembra es uno de los factores ambientales que determina la germinación de la semilla y emergencia de las plántulas. Este factor es controlable por el hombre, a diferencia de los demás factores que quizás puedan controlarse parcialmente en el mejor de los casos. Si se utiliza la profundidad de siembra en la cual se dá máxima emergencia para cada especie, debe ser posible obtener el rendimiento deseable plantando menos semillas por unidad de superficie (Murphy, 1939).

La importancia de controlar la profundidad de siembra reside en que existe una relación directa entre este factor y el vigor de las plántulas; Scifres (1972) encontró que las plántulas más vigorosas emergieron de las profundidades más superficiales en trabajos realizados en mezquite de miel (Prosopis glandulosa); encontraron también que la profundidad de siembra está de igual manera relacionada con el porcentaje

y días a la emergencia: a mayores profundidades, menor fué el porcentaje de emergencia y mayor cantidad de días para emerger las plántulas; lo que trae como consecuencia plantas más débiles que producen un bajo rendimiento. Murphy (1939), trabajó con leguminosas y pastos, y sostiene también que la profundidad de siembra fué el factor más importante que determinó la emergencia total de las plántulas en cada uno de los diferentes cultivos bajo estudio. Por su parte, Cañizo (1971), en tesis realizada sobre maíz sembrado a distintas profundidades, concluye que la profundidad de siembra es uno de los principales factores que afectan el rendimiento.

La profundidad de siembra determina la velocidad de emergencia, el porcentaje de germinación y en algunos casos la densidad de población. Si es muy somera, la semilla puede quedar en la parte superior que se seca con mucha rapidez y muere por deshidratación (Hartmann y Kester, 1981), o puede germinar la semilla, pero la plántula no sobrevive, ya que ésta necesita un soporte, aunque sea delgado, para su establecimiento (Scifres, 1972). Por otra parte, según Andrew (1953), el plantar profundo podría contribuir a rendimientos pobres en maíz de diferentes formas :

- 1) Retrasando la formación de las raíces permanentes cerca del nudo coleoptilar.
- 2) Requiriendo más tiempo para la emergencia, incrementando



así la exposición a enfermedades.

- 3) Modifica el balance entre el tiempo de la formación de la raíz permanente y el tiempo en que decae el primer entrenudo; esto trae como consecuencia que se pierda la capacidad absorbsiva de las raíces temporales.

Además, Hartmann y Kester (1981) sostienen que si es muy profunda la siembra, la plántula no es capaz de crecer lo suficiente para cuando se le agota el alimento almacenado.

#### 2.7.1 Factores que Determinan la Profundidad de Siembra

La profundidad de siembra depende de las características propias de cada semilla, y de factores ambientales que varían con la profundidad. Edmont (1967) considera que la profundidad de siembra depende de : 1) tipo de emergencia; 2) del contenido de oxígeno y de humedad del suelo. Martin (1935) señala que también depende de la temperatura y el tipo de suelo. Además I. N. T. A. A. citado por C. I. A. T. (1980) menciona que en el frijol la profundidad de siembra también está en relación con el tamaño de la semilla.

##### 2.7.1.1 Tipo de Emergencia

Generalmente, las plántulas con cotiledones que emergen del suelo requieren comúnmente una siembra más superficial que las plántulas

cuyos cotiledones permanecen en el suelo (Edmont, 1967). Según Martin (1976) dos semillas de igual tamaño, una de chícharo y otra de frijol, la del primero podrá emerger de profundidades mayores con respecto a la de frijol, ya que éste tiene que empujar los cotiledones sobre la superficie, mientras que en el chícharo los cotiledones permanecen bajo tierra y requieren menos energía para emerger. Esto lo estudiaron Treviño y García (1984) al comparar el vigor de plántula en maíz y frijol sembrados a diferentes profundidades (la primera de emergencia hipógea y el frijol de emergencia epígea), encontrando que las plántulas de frijol se ven afectadas en el peso seco de la plántula en relación inversa a la profundidad, a diferencia del maíz cuya relación fué diferente. Maití (1983) en cuanto a la semilla y la habilidad de emerger de siembras profundas, encontró diferencias entre genotipos de sorgo; en algunos, la elongación del coleoptilo y mesocotilo es mayor, lo cual les permite emerger a siembras profundas en zonas húmedas durante períodos de lluvia.

#### 2.7.1.2 Factores Ambientales

El agua y el oxígeno están presentes en los espacios porosos del suelo; así pues, si los espacios porosos del nivel superior del suelo están casi saturados, la provisión de oxígeno es el factor limitante y se requerirá una siembra relativamente profunda (Edmont, 1967).

El desarrollo de las plántulas se retrasa con temperaturas bajas; Martin (1935), observó lo anterior en plántulas de sorgo sembradas a di

ferentes profundidades, encontrando que a medida que se llega a una profundidad en que la temperatura sea de 15°C se retrasa el desarrollo de la plántula.

Las características de cada suelo son importantes en la determinación de una profundidad de siembra adecuada. La semilla emerge con más facilidad a grandes profundidades en suelos arenosos, mientras que en suelos arcillosos la emergencia se dificulta conforme aumenta la profundidad.

#### 2.7.1.3 Tamaño de Semilla

En cuanto al tamaño de la semilla, Gondé (1965) y Hartmann y Kester (1981) recomiendan sembrar a una profundidad de 3 a 4 veces el diámetro de la semilla, asegurándose que se deposita en las capas húmedas del suelo. En general, Martin (1976) sostiene que a mayor tamaño de semilla, a mayor profundidad se puede sembrar y ésta emergerá en cualquier tipo de suelo arable.

#### 2.7.2 Profundidad de Siembra en Frijol

Refiriéndose específicamente a la profundidad de siembra del frijol, S. E. P. (1983) recomienda 2 a 6 cm de profundidad, y en suelos húmedos y fríos de estructura pesada, recomienda menos.

Stitt (1934), en un estudio donde sembró variedades de frijol soya

a diferentes profundidades, encontró una reducción en el rendimiento sembrando a más de cinco centímetros en greda fina arenosa, y a 2.5 cm en suelos arcillosos. En estos suelos arcillosos con formación de costra, observó que las variedades pequeñas germinaban mejor y en menor tiempo en profundidades mayores de siembra que las variedades de semillas más grandes; ésto debido a que los cotiledones eran más pequeños y encontraban menos resistencia en romper la costra.

Viera, citado por C. I. A. T. (1978), en una investigación presentada donde midió el efecto de la profundidad de siembra sobre la productividad en frijol, concluyó en base a los resultados obtenidos, que la siembra a 10 cm de profundidad aceleraba la germinación y mejoraba el grado de establecimiento de las plantas y el rendimiento, en época de sequía comparando 10 y 15 cm la ventaja en rendimiento a la profundidad de 10 cm fué insignificante.

Treviño y García (1984) estudiaron diferentes profundidades de siembra en frijol, y los resultados encontrados en cuanto a porcentaje de emergencia y peso seco de la plántula, muestran que en general existe una relación inversa en cuanto a la profundidad de siembra y las variables antes mencionadas. Similares resultados a los anteriores obtuvo Cuéllar (1985), y además encontró que sembrando en "tierra venida" existe un rango de profundidades de 4 a 8 cm bajo el cual se logra un buen establecimiento del cultivo de frijol.

### 3. HIPOTESIS

El vigor de las plántulas se verá afectado por la profundidad de siembra, encontrándose una relación inversa entre estos factores. Lo anterior se deberá a que las semillas sembradas a mayores profundidades tendrán que alargar su hipocotilo a una distancia mayor que las sembradas más superficialmente; además, tendrán que vencer la resistencia que una mayor capa de suelo le ofrece al paso de sus cotiledones, perdiendo consecuentemente energía y tiempo para emerger; mientras que las semillas sembradas a menor profundidad, emergerán más rápidamente y aprovecharán antes la energía solar, dedicándola a la formación y desarrollo de órganos como : la radícula, el tallo y las hojas. Se espera también que el porcentaje de emergencia sea menor a profundidades mayores, ya que las plántulas agotarán las reservas de los cotiledones antes de alcanzar la superficie del suelo.

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1 LOCALIDAD

El presente estudio se efectuó en el vivero "El Canadá" perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicado en el Municipio de General Escobedo, N. L., cuyas coordenadas geográficas son: 25°42' latitud Norte y 100°20' longitud Oeste; con una altura de 537 msnm.

La temperatura promedio anual es de 20°C, con una media máxima de 28.3°C y una mínima de 13.4°C; la precipitación pluvial es de 446.3 mm anuales.

El clima es BSo/1 hx' (e') según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973).

Durante el experimento, las precipitaciones pluviales fueron de 10.5 mm y de 1 mm a los 2 y 20 días después de la siembra respectivamente; las temperaturas diarias ocurridas se muestran en la Figura 3.

### 4.2 GENOTIPOS UTILIZADOS

Se trabajó con los siguientes cultivares de frijol: Agrarista, Jaramapa, Pinto Norteño, Marco Vinicio y Delicias 71, los cuales, en una prueba realizada previa a la siembra, presentaron un porcentaje de germinación de 98, 96, 98, 100 y 95% respectivamente. Este germoplas-

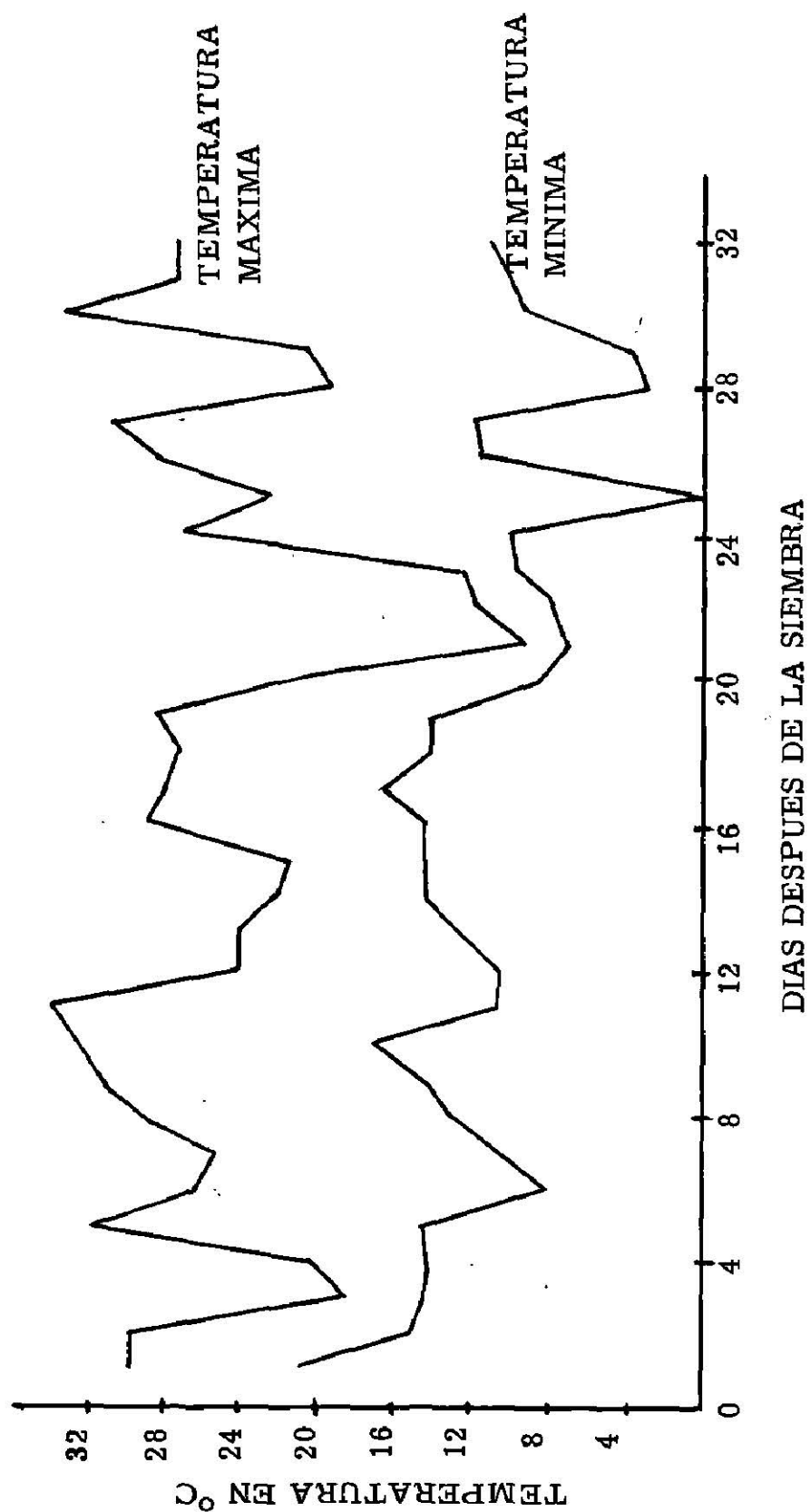


FIGURA 3. Condiciones Ambientales de Temperatura, durante el período que permaneció el experimento en el campo.

ma fué proporcionado por el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León; sus características se presentan en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Características de los Cultivares Estudiados

Variedad	Color	Tamaño	Peso de 100 Semillas	Vol. por Semilla
Agrarista	café claro	mediano a pequeño	17.80 g	0.168 cm <sup>3</sup>
Jamapa	negro opaco	mediano a grande	19.00 g	0.170 cm <sup>3</sup>
Pinto Norteño	crema con café	mediano a grande	18.50 g	0.170 cm <sup>3</sup>
Marco Vinicio	café	pequeño	16.75 g	0.152 cm <sup>3</sup>
Delicias 71	crema con café	mediano a grande	18.50 g	0.163 cm <sup>3</sup>

#### 4.3 TRATAMIENTOS BAJO ESTUDIO

Los tratamientos se formaron al combinar los genotipos con 8 profundidades de siembra diferentes, generándose 40 tratamientos (Cuadro 2).

#### 4.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los tratamientos se aleatorizaron bajo un arreglo factorial dentro de un diseño completamente al azar. Cada tratamiento se repitió 3 ve-



CUADRO 2. Tratamientos Bajo Estudio

VARIETADES	PROFUNDIDADES		TRATAMIENTOS	
Agrarista (V1)	2cm (P1)	10cm (P5)	V1 P1	V1 P5
	4cm (P2)	12cm (P6)	V1 P2	V1 P6
	6cm (P3)	14cm (P7)	V1 P3	V1 P7
	8cm (P4)	16cm (P8)	V1 P4	V1 P8
Jamapa (V2)	2cm (P1)	10cm (P5)	V2 P1	V2 P5
	4cm (P2)	12cm (P6)	V2 P2	V2 P6
	6cm (P3)	14cm (P7)	V2 P3	V2 P7
	8cm (P4)	16cm (P8)	V2 P4	V2 P8
Pinto Norteño (V3)	2cm (P1)	10cm (P5)	V3 P1	V3 P5
	4cm (P2)	12cm (P6)	V3 P2	V3 P6
	6cm (P3)	14cm (P7)	V3 P3	V3 P7
	8cm (P4)	16cm (P8)	V3 P4	V3 P8
Marco Vinicio (V4)	2cm (P1)	10cm (P5)	V4 P1	V4 P5
	4cm (P2)	12cm (P6)	V4 P2	V4 P6
	6cm (P3)	14cm (P7)	V4 P3	V4 P7
	8cm (P4)	16cm (P8)	V4 P4	V4 P8
Delicias 71 (V5)	2cm (P1)	10cm (P5)	V5 P1	V5 P5
	4cm (P2)	12cm (P6)	V5 P2	V5 P6
	6cm (P3)	14cm (P7)	V5 P3	V5 P7
	8cm (P4)	16cm (P8)	V5 P4	V5 P8

ces formando un total de 120 unidades experimentales, y cada una de ellas estuvo formada por 3 macetas.

El modelo del diseño estadístico utilizado es el siguiente :

$$Y_{ijk} = M + P_i + V_j + (PV)_{ij} + E_{ijk}$$

En donde :

- $Y_{ijk}$  = Variable cuantificada para estimar el vigor de la plántula.
- $M$  = Media general de todas las observaciones.
- $P_i$  = Efecto de la  $i$ -ésima profundidad de siembra sobre el vigor de las plántulas.
- $V_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima variedad sobre el vigor de las plántulas.
- $(PV)_{ij}$  = Efecto de la  $i$ -ésima profundidad sobre la  $j$ -ésima variedad.
- $E_{ijk}$  = Error experimental.

El esquema general de la aleatorización y distribución de los tratamientos en el campo se puede apreciar en el Cuadro 3.

#### 4.5 METODO DE SIEMBRA

La siembra se llevó a cabo el 1 de Noviembre de 1984; el lote donde se efectuó fué barbechado, rastreado y regado previamente. La siembra se hizo en bolsas de plástico negras de diámetro de 20 cm, las cuales fueron abiertas en ambos extremos formando así un tubo de plástico en donde creció la planta, ésto para que la tierra en las bolsas sea

CUADRO 3. Aleatorización y distribución de los tratamientos en el campo (esquema). Orden de los números : Profundidad (cm) - Variedad (1: Agrarista, 2: Jamapa, 3: Pinto Norteño, 4: Marco Vinicio, 5: Delicias 71) - Repetición.

GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III
14-1-1	16-1-3	02-2-2
06-5-3	16-2-1	14-3-3
14-4-2	06-4-2	08-5-2
12-4-2	06-1-1	14-3-2
12-5-1	10-4-2	02-5-3
08-1-1	02-3-1	06-3-1
04-2-3	14-1-2	06-5-2
16-3-1	14-2-2	16-3-3
08-2-3	12-1-1	08-4-2
02-1-3	08-5-1	15-5-3
08-1-2	04-2-2	04-3-3
04-1-2	14-5-1	08-2-1
06-5-1	04-3-1	02-3-3
14-1-3	10-1-1	02-1-1
04-2-2	04-4-3	04-2-1
08-5-3	04-3-2	06-3-3
10-1-2	12-2-2	12-4-1
14-4-1	12-2-1	02-4-1
10-5-3	04-4-2	08-3-2
10-2-3	02-1-2	06-1-2
14-5-3	10-4-2	16-4-1
12-3-3	06-4-2	02-4-2
04-4-1	16-4-2	08-4-1
12-4-3	06-4-2	14-4-3
02-5-2	06-5-2	16-2-2
16-1-2	08-3-3	02-5-1
06-2-3	10-3-1	06-3-2
14-5-2	02-4-3	04-1-1
02-2-1	12-5-2	16-5-3
08-1-3	16-4-2	06-2-2
10-3-2	06-2-1	02-2-3
08-3-1	10-5-2	14-2-3
12-1-3	08-4-2	16-5-1
16-1-1	10-5-1	16-3-2
04-5-2	14-3-1	04-1-3
10-2-1	12-2-3	14-2-1
12-3-1	16-2-3	04-5-3
04-5-1	10-4-3	06-1-3
10-1-3	10-2-2	12-3-2
10-3-3	02-3-2	12-1-2

una continuación de la tierra en el terreno, de manera que las raíces de las semillas sembradas a mayores profundidades no se vieran limitadas por la bolsa, sino que pudieran continuar su desarrollo en el suelo.

Cuando la tierra dió su punto óptimo de humedad para la siembra (se determinó empíricamente), se procedió a realizar la misma. De una parte del lote se extrajo la tierra con que se llenaron las bolsas y en la otra parte se colocaron las bolsas ya organizadas e identificadas por tratamiento; estas bolsas fueron colocadas sobre el suelo removido y pulverizado, se rellenaron las bolsas hasta la profundidad que el tratamiento indicaba. Esta se iba midiendo con una regla graduada, y se depositaban 3 semillas en cada bolsa, de manera conveniente para facilitar la polaridad de la radícula y plúmula al momento de la germinación, y luego se terminaba de rellenar. La operación anterior se hacía rellenando una bolsa a la vez para conservar la humedad de la tierra, y ésta se extraía gradualmente para no exponerla al sol.

Una vez sembradas todas las bolsas, se procedió a amontonar tierra alrededor de cada grupo de bolsas, también para reducir la pérdida de humedad en ellas y evitar que se cayeran.

#### 4.6 TOMA DE DATOS

Las primeras plántulas emergieron al octavo día de la siembra (8 Noviembre 84); a partir de esa fecha se fueron registrando las emergencias diarias hasta el día 15 posterior a la siembra. Para esta fecha,

se dejó una sola plántula de las 3 sembradas originalmente en cada bolsa -ésta fué escogida al azar-, y las plántulas retiradas se consideraron como primer muestreo.

Desde el día 15 de la siembra, cada tercer día se registraron las alturas de las plántulas hasta la cosecha de las mismas a los 32 días de la siembra (2 Diciembre 1984).

#### 4.7 VARIABLES BAJO ESTUDIO

##### 4.7.1 Morfológicas :

##### 4.7.1.1 Altura de Plántula

A cada plántula se le fué registrando su altura cada tres días a partir de los 15 días después de la siembra hasta que finalizó el experimento.

La altura se consideró como la distancia desde el nivel del suelo hasta la yema apical del tallo principal; dicha práctica se realizó con una regla graduada en milímetros.

##### 4.7.1.2 Area Foliar

Se tomó en cuenta la superficie foliar total de cada plántula. Esta variable se cuantificó a los 15 y 32 días después de la siembra por medio del método gravimétrico, el cual se expone a continuación :

1. Se pesa una hoja de papel de dimensiones conocidas, obteniendo después el peso de esa área.
2. En hojas de papel del mismo tipo que el anterior, se dibujan las hojas de las plántulas previamente identificadas por tratamientos; luego, dichos dibujos se recortan por su contorno y se pesan en una balanza.
3. Se determina el área que corresponde al peso de los dibujos recortados de cada plántula por medio de la siguiente ecuación :

$$x = \frac{\text{área conocida de papel} \times \text{peso de los dibujos recortados}}{\text{peso del área conocida de papel}}$$

En donde :

$$x = \text{área de los dibujos recortados} = \text{área foliar de la plántula}$$

#### 4.7.2 Fisiológicas :

##### 4.7.2.1 Días a la Emergencia

Es el intervalo de tiempo expresado en días, que comprende desde el día de la siembra hasta el día en que por lo menos el 50% de las plántulas de cada unidad experimental estuvieron emergidas, considerando como plántula emergida aquella cuyo gancho plumular se pudo observar sobre la superficie del suelo. Esta variable se cuantificó desde el día

que emergió, la primera plántula hasta los 15 días posteriores a la siembra.

#### 4.7.2.2 Porcentaje de Emergencia

Es el cociente multiplicado por 100 del número de plántulas emergidas entre el número de semillas sembradas. Las plántulas que emergieron después de los 15 días de la siembra no se tomaron en cuenta para cuantificar esta variable.

#### 4.7.2.3 Peso Seco

Esta variable se cuantificó a los 15 y 32 días después de la siembra. Luego de cortar las plántulas al nivel del suelo, se colocaron en bolsas de papel previamente identificadas; posteriormente se pusieron a secar en una estufa marca Telco, modelo 26, durante 48 horas a una temperatura de 60°C; posteriormente se pesaron en una balanza analítica marca Sartorius, modelo 2842, registrando el peso de cada plántula.

#### 4.7.2.4 Tasa de Asimilación Neta (TAN)

Es la tasa de incremento de peso seco por unidad foliar en una unidad de tiempo. Indica la eficiencia con que la plántula produce materia seca por unidad de área foliar presente (Gregory citado por Zavala, 1982). Se determinó la TAN para la etapa comprendida de los 15 a los

32 días posteriores a la siembra. La fórmula utilizada para calcularla fué la siguiente :

$$TAN = \frac{PS2 - PS1}{17} \times \frac{1}{(AF1 + AF2) (0.5)}$$

En donde :

- TAN = tasa de asimilación neta  
 PS1 = peso seco a los 15 días de la siembra  
 PS2 = peso seco a los 32 días de la siembra  
 AF1 = área foliar a los 15 días de la siembra  
 AF2 = área foliar a los 32 días de la siembra

#### 4.7.2.5 Tasa Relativa de Crecimiento (TRC)

También conocida como índice de eficiencia de producción de materia seca, trata de explicar el crecimiento en términos de peso seco, y permite comparar el crecimiento entre dos organismos (Zavala, 1984). Esta variable fué obtenida para la etapa de los 15 a los 32 días de la siembra por la siguiente fórmula :

$$TRC = \frac{PS2 - PS1}{17} \times \frac{1}{PS1}$$

En donde :

- TRC = tasa relativa de crecimiento  
 PS1 = peso seco a los 15 días de la siembra  
 PS2 = peso seco a los 32 días de la siembra



#### 4.7.2.6 Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC)

Es el incremento de peso seco por unidad de tiempo. Indica la velocidad con la que el cultivo está creciendo (Fray citado por Zavala, 1984). Esta variable se calculó también para la etapa de los 15 a los 32 días posteriores a la siembra, y se estimó por la siguiente fórmula :

$$TCC = \frac{PS2 - PS1}{17}$$

En donde :

TCC = tasa de crecimiento del cultivo

PS1 = peso seco a los 15 días de la siembra

PS2 = peso seco a los 32 días de la siembra

#### 4.8 PRACTICAS CULTURALES

Sólo se eliminaron malezas que aparecieron en las macetas para evitar la competencia entre plantas.

#### 4.9 ANALISIS ESTADISTICO

Los datos obtenidos fueron agrupados en tablas, se les calculó la media por unidad experimental; éstas fueron ordenadas y codificadas para ser procesadas posteriormente en la computadora del centro de cálculo de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Se utilizó el paquete SPSS (Statistical Package for the Social

Sciences), solicitando los análisis de varianza, las correlaciones simples entre las variables y la ecuación de regresión fija considerando el peso seco como variable dependiente y como variables independientes a las TAN, TRC y TCC.

Además, se solicitaron las ecuaciones de regresión utilizando el procedimiento de selección "por pasos", considerando las siguientes variables independientes :

1. Días a la emergencia, área foliar y altura de plántulas a los 32 días de la siembra.
2. Las mismas variables citadas en el punto anterior, además de TAN, TRC y TCC.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 DIAS A LA EMERGENCIA

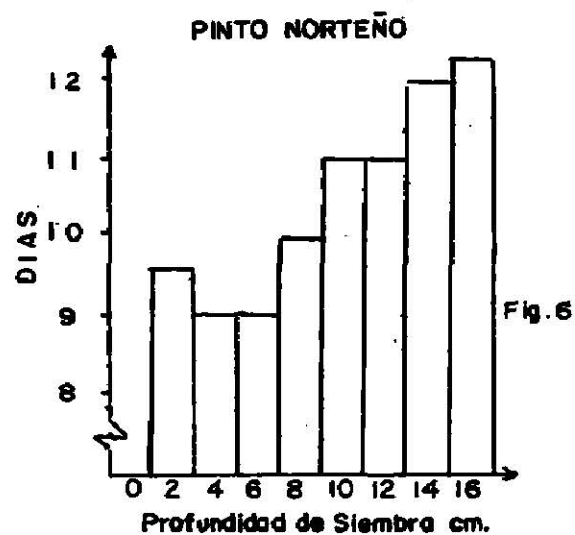
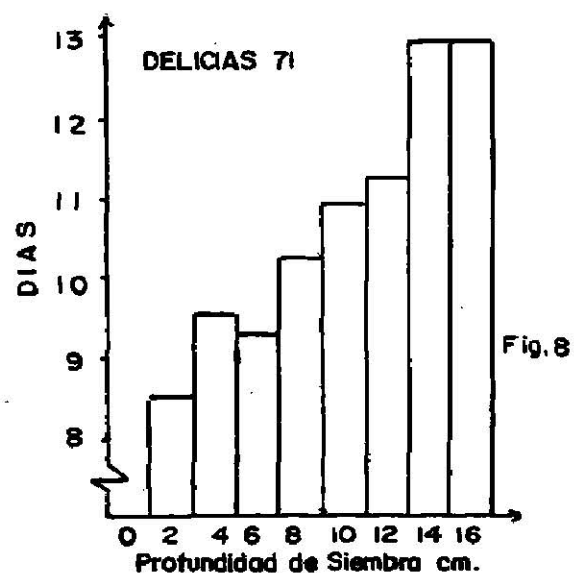
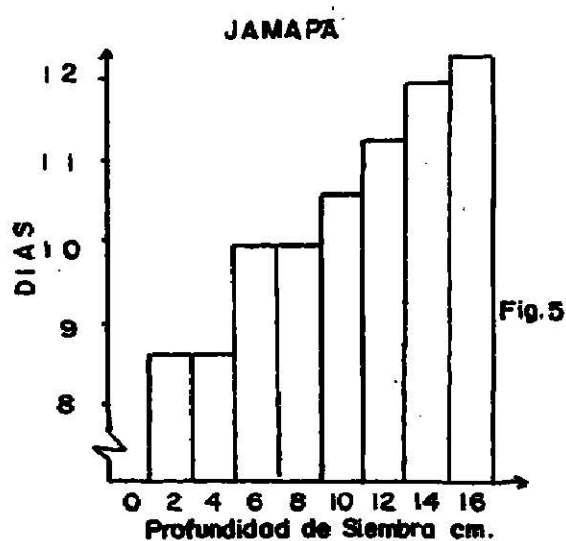
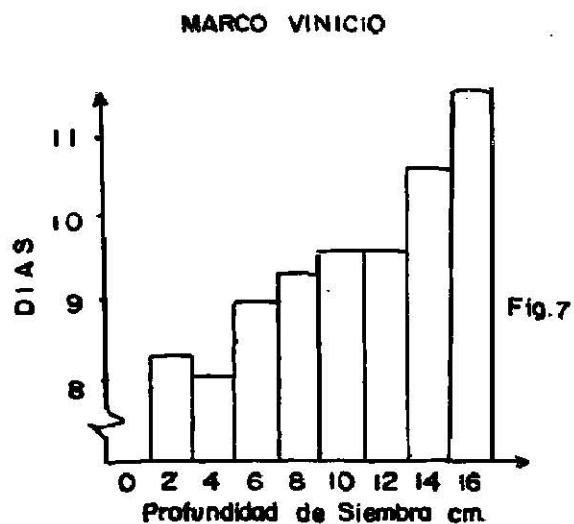
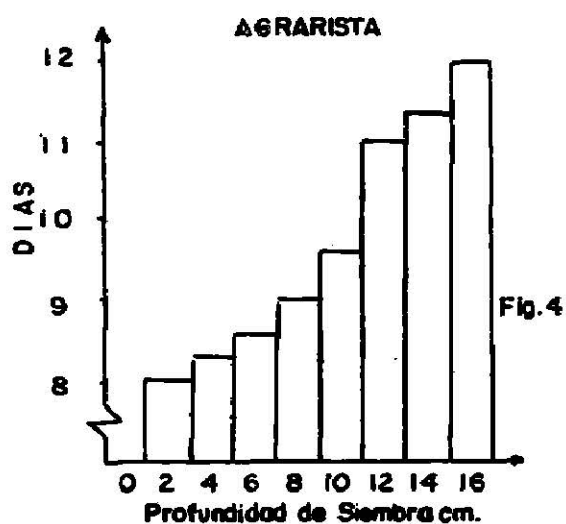
El análisis de varianza indicó únicamente diferencias altamente significativas entre las profundidades de siembra y entre las variedades estudiadas (Cuadro 1A).

En lo que corresponde a emergencia de semillas, las de 2, 4 y 6 cm de profundidad requirieron entre 8.26 y 9.20 días, siendo las que más rápido emergieron; mientras que las de 14 y 16 cm requirieron más días, con 11.80 y 12.26 respectivamente (Cuadro 2A). Lo anterior reflejó una relación directa entre la profundidad de siembra y los días a la emergencia, es decir, a mayor profundidad se requiere más tiempo para emerger (Figuras 4 a la 8).

Por otra parte, de las variedades estudiadas, la Marco Vinicio y Agrarista fueron las que presentaron la mayor velocidad de emergencia con 9.54 y 9.70 días respectivamente, y la más tardía en emerger fué Delicias 71 con 10.79 días (Cuadro 2A).

### 5.2 PORCENTAJE DE EMERGENCIA

Al igual que en días a la emergencia, aquí se presentaron diferencias altamente significativas entre profundidades de siembra y entre las variedades sembradas (Cuadro 1A).



Figuras 4 a la 8

Efecto de la profundidad de siembra sobre los días a la emergencia de las variedades de frijol bajo estudio.

Por otra parte, se presentó una relación inversa entre la profundidad y el porcentaje de emergencia; a mayor profundidad menor porcentaje de emergencia (Figuras 9 a la 13). Las semillas sembradas a 6, 2, 4, 8, 10 y 12 cm fueron las que mayor porcentaje de emergencia presentaron, con medias entre 98.53 y 89.00%, y el más bajo porcentaje se presentó a 16 cm con 71.93% (Cuadro 2A).

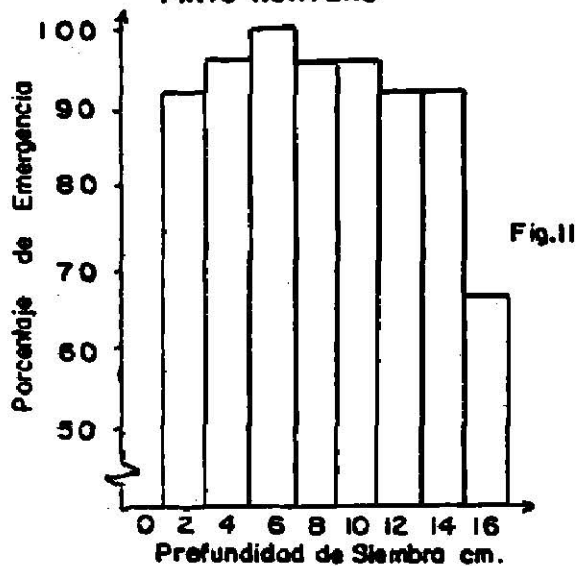
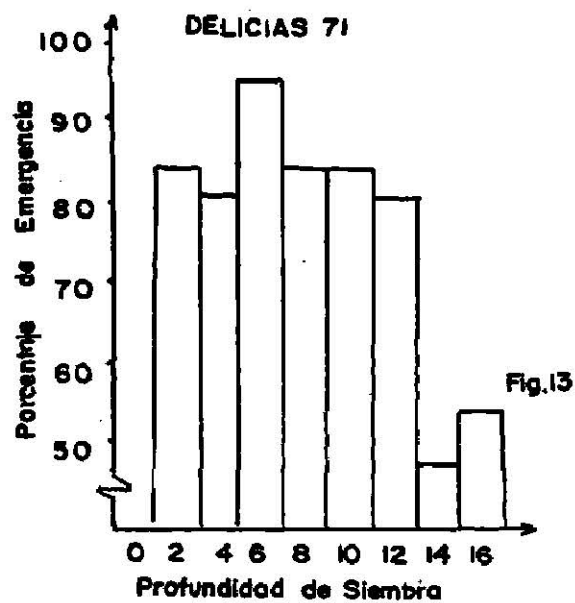
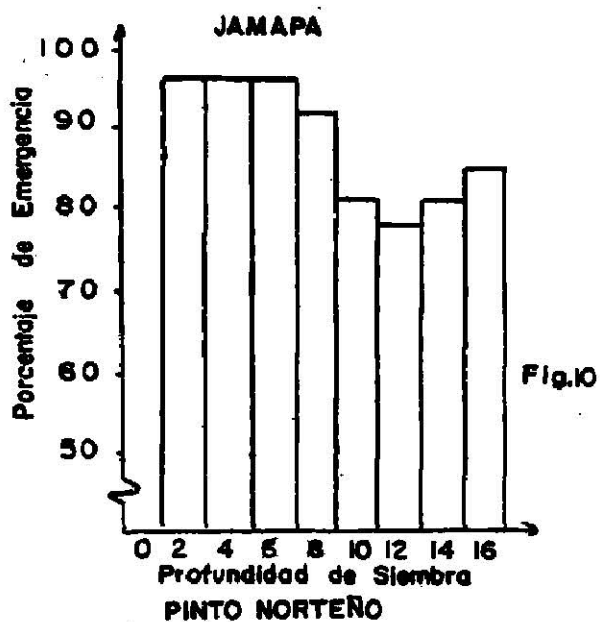
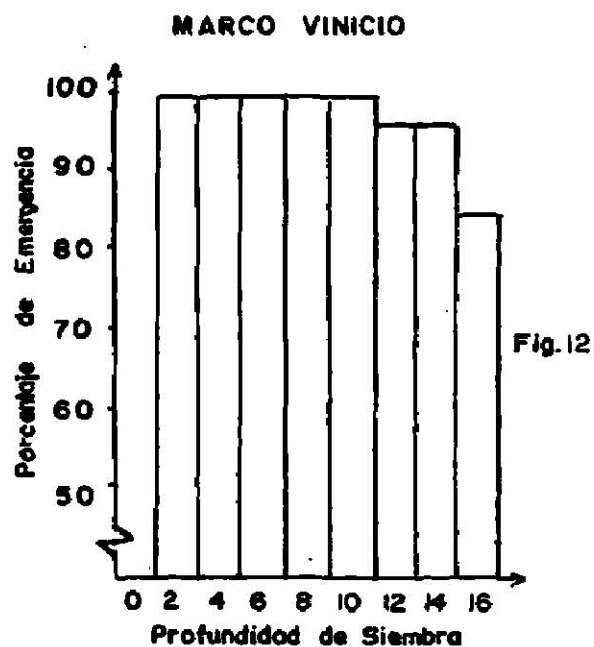
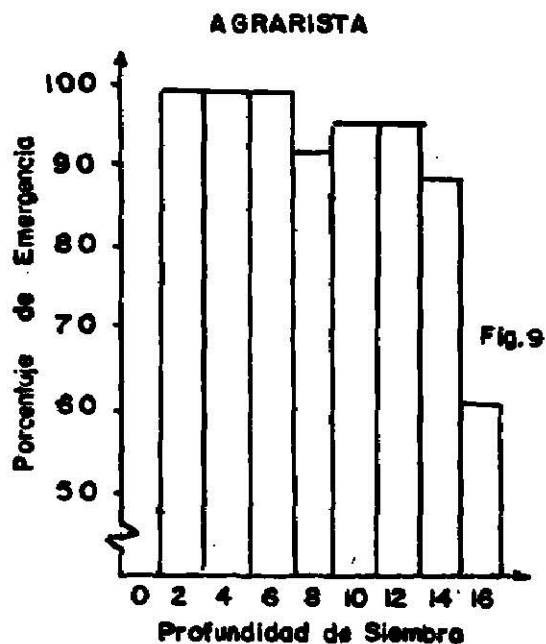
En cuanto a las variedades, las que mayor porcentaje de emergencia presentaron fueron la Marco Vinicio, Agrarista y Pinto Norteño con el 97.24, 92.62 y 91.70% respectivamente; la de menor porcentaje fue Delicias 71 con 77.45% (Cuadro 2A).

Hay que hacer notar que para esta variable se obtuvo un alto coeficiente de variación (133.45%).

### 5.3 ALTURA DE PLANTULA

Esta variable se cuantificó en seis etapas del crecimiento, y en todas se presentaron diferencias altamente significativas entre profundidades de siembra y entre variedades. Además, a los 27 y 32 días de la siembra, se presentaron diferencias significativas en la interacción de los factores profundidad por variedad (Cuadro 1A).

Se presentó una relación inversa entre la profundidad de siembra y la altura de la plántula durante todo el experimento (Cuadro 4). Al realizar la comparación de medias (Cuadro 3A) se observó que a los 15



Figuras 9 a la 13

Efecto de la profundidad de siembra sobre el porcentaje de emergencia de las variedades de frijol bajo estudio.

CUADRO 4. Medias de las alturas de plántulas para cada variedad y profundidad de siembra en el cultivo de frijol, estimadas a los 15, 18, 21, 24, 27 y 32 días posteriores a la siembra.

VARIEDAD	DIAS posteriores a la siembra	PROFUNDIDADES EN CM							
		2	4	6	8	10	12	14	16
Agrarista	15	5.3	5.2	5.5	4.1	4.6	3.6	3.0	2.4
	18	7.5	7.0	7.1	6.4	6.3	4.5	5.4	4.2
	21	8.1	7.2	7.6	7.3	7.2	5.3	6.2	5.0
	24	8.8	7.7	7.9	8.0	8.1	6.0	6.6	5.5
	27	9.2	8.2	8.4	8.1	8.3	6.4	7.1	5.9
	32	9.5	8.3	8.6	8.5	8.7	6.8	7.4	6.3
Jamapa	15	4.2	4.0	3.5	2.8	3.1	3.0	2.3	2.5
	18	6.0	5.5	4.6	5.4	4.5	3.4	3.6	3.5
	21	6.3	6.3	4.9	6.1	5.2	4.0	4.4	4.2
	24	7.3	7.0	5.7	6.4	5.3	4.8	4.8	5.0
	27	8.1	7.6	6.2	7.3	6.6	5.2	5.5	5.5
	32	8.4	7.7	7.0	7.9	7.0	5.8	5.8	6.2
Pinto Norteño	15	3.8	4.3	4.3	3.8	3.2	3.2	2.7	1.5
	18	5.1	5.7	5.6	4.8	4.5	3.8	4.1	3.5
	21	5.3	6.1	5.9	5.0	4.7	4.3	4.6	4.7
	24	5.8	6.5	6.3	5.6	5.2	4.8	4.8	4.9
	27	6.0	6.9	6.6	5.9	5.5	5.2	5.2	5.6
	32	6.2	7.3	6.9	6.0	5.6	6.0	5.4	5.8
Marco Vinicio	15	5.9	5.4	5.1	5.0	4.4	4.2	3.1	3.6
	18	7.0	6.8	6.3	6.0	5.8	6.3	5.9	4.1
	21	7.1	7.5	7.0	6.5	7.0	7.0	6.1	4.8
	24	7.8	8.1	7.5	7.0	7.5	7.4	6.7	5.3
	27	8.3	8.4	7.7	7.5	7.9	7.8	7.0	5.5
	32	8.5	8.7	7.9	7.8	8.4	8.0	7.4	5.7
Delicias 71	15	3.9	3.9	3.7	3.5	3.0	3.3	2.3	0.8
	18	4.7	4.6	4.8	4.7	3.7	3.7	2.8	3.6
	21	5.2	5.0	5.3	5.2	4.8	4.1	3.4	3.8
	24	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	4.8	4.0	4.5
	27	6.2	6.3	6.2	6.2	6.3	5.2	4.8	4.8
	32	7.1	6.8	6.4	6.6	6.5	5.6	3.3	5.1

días después de la siembra las profundidades de 2, 4 y 6 cm indujeron las mayores alturas de plántulas con 4.60, 4.54 y 4.43 cm, mientras que las profundidades de 14 y 16 cm presentaron plántulas con 2.67 y 2.16 cm de altura respectivamente, siendo estadísticamente las menores. De la misma manera, a los 32 días después de la siembra las profundidades de 2 y 4 cm presentaban las mayores alturas de plántulas con 7.94 y 7.73 cm, mientras que las de 14 y 16 cm fueron las más bajas con 5.85 y 5.80 respectivamente (Cuadro 3A).

En forma general, las variedades Marco Vinicio y Agrarista presentaron las plántulas más altas durante el experimento; a los 15 días de la siembra mostraron valores de 4.58 y 4.20 cm respectivamente, y a los 32 días tuvieron valores de 8.0 cm la Agrarista y 7.78 cm la Marco Vinicio. En esta etapa, las variedades que presentaron menor altura fueron Pinto Norteño y Delicias 71 con 6.16 y 5.92 cm respectivamente (Cuadro 3A).

A partir de los 27 días posteriores a la siembra, las diferencias se debieron también a la interacción: profundidad con variedad, encontrando que los tratamientos que presentaron las plántulas más altas con 9.20 a 7.06 cm fueron la variedad Agrarista y Marco Vinicio sembradas de 2 hasta 12 cm, y la variedad Jamapa a 2, 4 y 8 cm (Cuadro 4A). Posteriormente, a los 32 días de la siembra los tratamientos con plántulas más alta, con 9.51 a 6.96 cm, fueron: la variedad Agrarista sembrada



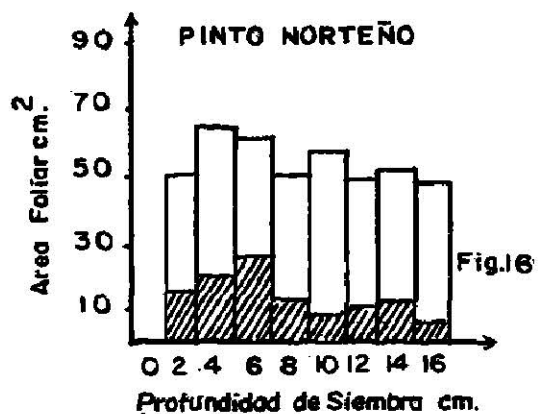
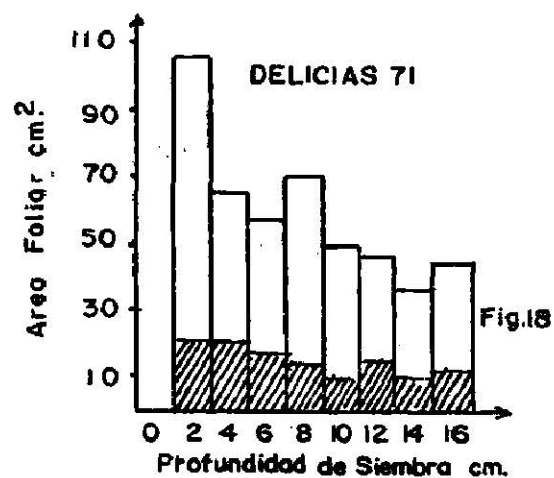
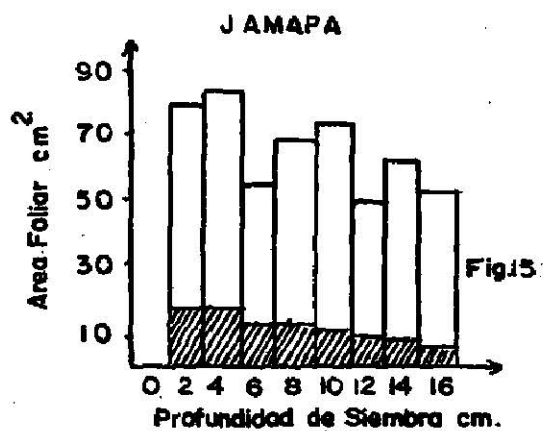
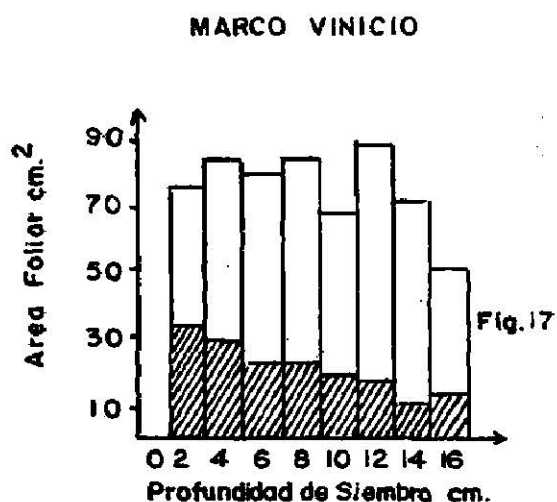
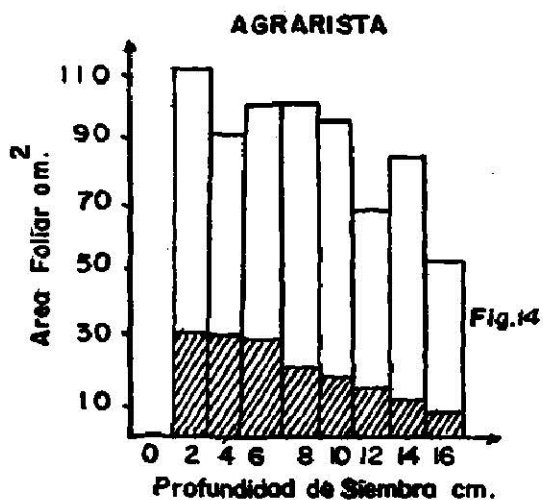
desde 2 a 14 cm, la Jamapa de 2 a 8 cm, la Pinto Norteño a 4 cm y la Delicias 71 a 2 cm (Cuadro 5A).

#### 5.4 AREA FOLIAR

Se presentaron diferencias altamente significativas entre las profundidades de siembra y entre las variedades a los 15 y 32 días después de la siembra (Cuadro 1A).

Se presentó una relación inversa entre el área foliar y la profundidad de siembra (Figuras 14 a la 18). A los 15 días posteriores a la siembra, las profundidades de 2, 4 y 6 cm presentaron las más altas áreas con 24.69, 24.52 y 21.85 cm<sup>2</sup> respectivamente, y la más baja fué a 16 cm con 7.40 cm<sup>2</sup> (Cuadro 6A). Posteriormente, a los 32 días de la siembra, las plántulas sembradas entre los 2 y 10 cm presentaron las más altas áreas con valores que van de los 78.99 cm<sup>2</sup> para la profundidad de 4 cm, hasta lo 71.80 cm<sup>2</sup> para la de 10 cm, las más bajas fueron para las sembradas a 12, 14 y 16 cm con 61.94 a 51.43 cm<sup>2</sup> (Cuadro 6A).

A los 15 días de la siembra las variedades que presentaron las ma yores áreas foliares fueron la Marco Vinicio y Agrarista con 21.04 y 20.70 cm<sup>2</sup> respectivamente, y la menor la presentó Jamapa con 13.03 cm<sup>2</sup> (Cuadro 6A). Posteriormente a los 32 días la Agrarista fué la de mayor media con 89.42 cm<sup>2</sup>, mientras que las variedades Delicias 71 y



Figuras 14 a la 18

Efecto de la profundidad de siembra sobre el área foliar de las variedades de frijol bajo estudio, estimada a los 15 (▨) y a los 32 (□) días posteriores a la siembra.

Pinto Norteño las de menor media con 56.71 y 56.31 cm<sup>2</sup> respectivamente (Cuadro 6A).

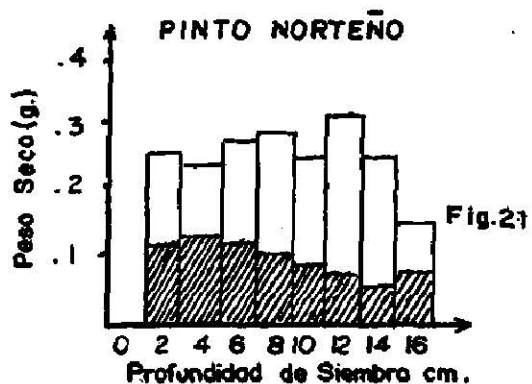
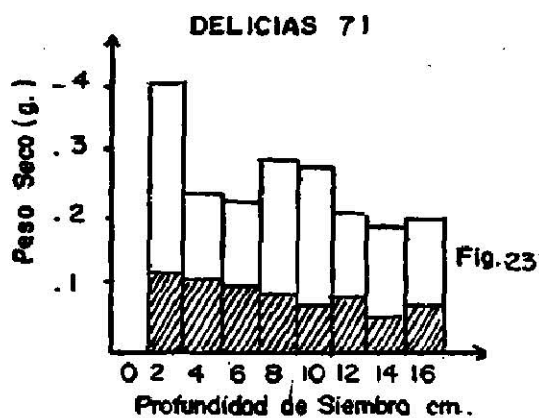
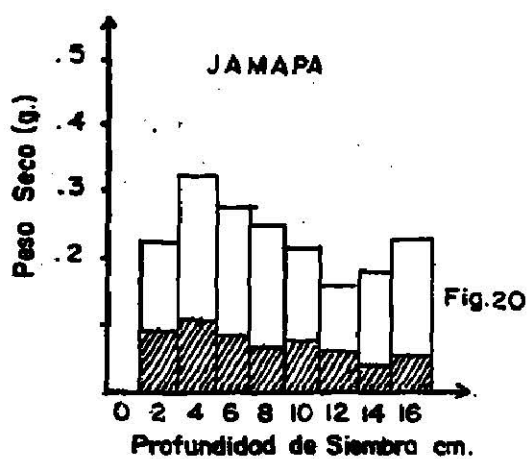
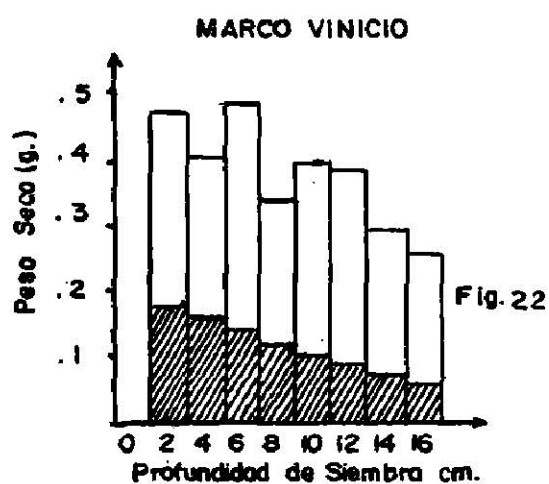
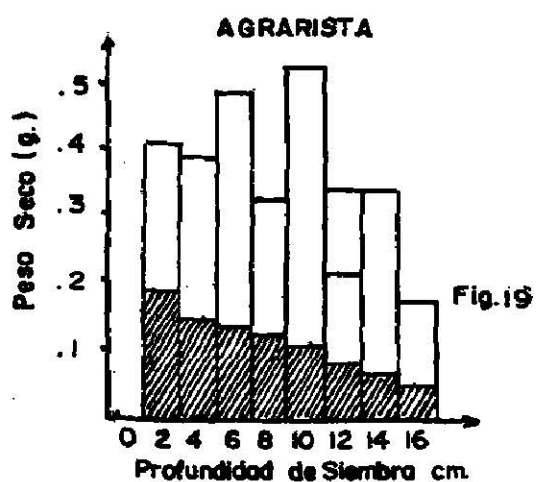
Para esta variable se obtuvieron altos coeficientes de variación (148.35 y 184.02%).

## 5.5 PESO SECO

Se presentaron diferencias altamente significativas entre profundidades de siembra y entre variedades, tanto a los 15 como a los 32 días posteriores a la siembra (Cuadro 1A).

En general se presentó una relación inversa entre el peso seco y la profundidad de siembra (Figuras 19 a la 23). A los 15 días posteriores a la siembra, la profundidad de 6 cm fué la que indujo mayor peso seco con 0.196 g, siguiéndoles las profundidades de 2 y 4 cm con 0.142 y 0.126 g respectivamente, mientras que los valores más bajos fueron para las profundidades de 12, 14 y 16 cm, presentando esta última un valor de 0.048 g (Cuadro 7A). Posteriormente, a los 32 días de la siembra, las profundidades de 2, 6, 8, 10 y 4 cm, en ese orden, indujeron los mayores pesos secos de plántulas, con 0.344 a 0.274 g, y finalmente las que presentaron menores valores fueron las profundidades de 12, 14 y 16 cm con 0.226, 0.216 y 0.182 g respectivamente (Cuadro 7A).

En cuanto a la variedades, a los 15 días Marco Vinicio y Agrarista fueron las que presentaron mayor peso seco de plántula con 0.121 y



Figuras 19 a la 23

Efecto de la profundidad de siembra sobre el peso seco de las variedades de frijol bajo estudio, estimado a los 15 (■) y a los 32 (□) días posteriores a la siembra.

0,115 g, y el menor valor lo presentó Jamapa con 0,072 g; esta tendencia se mantuvo a los 32 días de la siembra con 0,386 g Marco Vinicio, 0,287 g Agrarista y 0,211 g Jamapa (Cuadro 7A).

#### 5.6 TASA DE CRECIMIENTO

Para esta variable se presentaron diferencias altamente significativas sólo entre variedades (Cuadro 1A).

La variedad Marco Vinicio fué la que presentó mayor tasa de crecimiento con 0,015 g/día; las otras variedades presentaron valores de 0,010 a 0,0075 g/día, siendo Jamapa la menor (Cuadro 8A).

#### 5.7 TASA DE ASIMILACION NETA Y TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO

Para estas variables el análisis de varianza no presentó diferencias significativas entre profundidades de siembra, entre variedades ni para la interacción de estos dos factores (Cuadro 1A).

#### 5.8 RELACIONES ENTRE VARIABLES

En este punto se tomarán en cuenta las variables peso seco, área foliar y días a la emergencia, por considerarlas como las que mayor influencia tienen en el vigor de las plántulas.

### 5.8.1 Peso Seco

Esta variable estimada a los 15 días de la siembra presentó una correlación positiva y altamente significativa con la mayoría de las variables bajo estudio, siendo los coeficientes de correlación los siguientes : con el área foliar a los 15 días de la siembra con un coeficiente de 0.85; la altura de plántula, el área foliar y el peso seco estimados a los 32 días de la siembra con 0.67, 0.59 y 0.57 respectivamente; el porcentaje de emergencia con 0.53, y la tasa de crecimiento con 0.30 (Cuadro 9A).

A los 32 días de la siembra, presentó una correlación significativa con la tasa de asimilación neta con un coeficiente de 0.18, y además, una correlación altamente significativa con el resto de las variables. La más alta correlación fué con la tasa de crecimiento con 0.95; le sigue la tasa relativa de crecimiento con 0.61; el peso seco a los 15 días de la siembra con 0.59; la altura a los 32 días con 0.57; el área foliar a los 15 días con 0.54; los días a la emergencia con una correlación negativa de -0.53; el área foliar a los 32 días con 0.47 y el porcentaje de emergencia con 0.36 (Cuadro 9A).

Considerando el peso seco a los 32 días de la siembra como variable dependiente y TRC, TCC y TAN como variables independientes en el análisis de regresión fijo se obtuvo la siguiente ecuación :

$$PS = 0.086 - 0.39 TRC - 23.92 TCC - 286.13 TAN .$$

Con una  $R^2$  de 0.38 y considerándose altamente significativa.

El análisis de regresión utilizando el procedimiento de selección de variables independientes "por pasos", presentó los siguientes modelos como algunos de los mejores :

$$1. \text{ Peso seco} = -0.12 + 0.056 \text{ Altura de plántula a los 32 días de la siembra.}$$

Con una  $R^2$  de 0.32 y considerándose altamente significativa.

$$2. \text{ Peso seco} = 0.077 + 18.85 \text{ TAN.}$$

Con  $R^2$  de 0.91, considerándose altamente significativa.

Se escogieron estas ecuaciones por tener sólo una variable y presentar una  $R^2$  relativamente igual a las demás (Cuadros 10A y 11A).

### 5.8.2 Area Foliar

A los 15 días de la siembra presentó una correlación significativa con la tasa de crecimiento con un coeficiente de 0.19, y con la tasa relativa de crecimiento una correlación negativa de -0.18; además, presentó una correlación altamente significativa con las siguientes variables : la altura de plántula y el área foliar a los 32 días de la siembra con 0.60 y 0.54 respectivamente; con el porcentaje de emergencia de 0.46 y la tasa de asimilación neta con 0.28 (Cuadro 9A).

A los 32 días de la siembra, presentó correlaciones altamente

significativas con las variables : altura de plántula a los 32 días de la siembra con un coeficiente de correlación de 0.85; una correlación negativa con días a la emergencia de -0.60; con el porcentaje de emergencia de 0.40, y con la tasa de crecimiento con 0.33 (Cuadro 9A).

### 5.8.3 Días a la Emergencia

Esta variable presentó correlaciones negativas altamente significativas con las variables : altura de plántula a los 32 días de la siembra con -0.71; porcentaje de emergencia con -0.54, y con tasa de crecimiento con -0.32 (Cuadro 9A).



## 6. DISCUSION

Los resultados indican que la profundidad de siembra influyó en las principales variables que determinan el vigor de las plántulas, como son: el peso seco y el área foliar; además, influyó en el establecimiento del cultivo al afectar la velocidad y el porcentaje de emergencia.

Al igual que Treviño y García (1984) y Cuéllar (1985), la velocidad y el porcentaje de emergencia disminuyó a profundidades mayores, explicándose esto a que a mayor profundidad de siembra la plántula tiene que desplazar sus tejidos una distancia mayor para emerger, lo cual implica también, un mayor gasto de energía por parte de las plántulas, ya que se requiere vencer la resistencia que les ofrece el suelo a su paso; además, algunas plántulas no son capaces de crecer lo suficiente y se les agota el alimento almacenado antes de llegar a la superficie (Hartmann y Kester, 1981).

Por otro lado, los resultados muestran que las plántulas de las variedades Marco Vinicio y Agrarista presentaron una velocidad y porcentaje de emergencia mayor que el resto de las variedades; esto se explica al comparar el tamaño de las semillas entre los cultivares, encontrando que las semillas de las variedades antes mencionadas son las más pequeñas, por lo que el desplazamiento de sus cotiledones a través del suelo encuentran menos resistencia, requiriéndose entonces menor gasto de energía, concordando esto con lo mencionado por Maití (1983).

Similar situación reportó Stitt (1934) sobre la emergencia de semillas de distintos tamaños en cultivares de frijol soya.

La altura de plántula también fué afectada por la profundidad de siembra en forma inversa, encontrando que ésta fué progresivamente mayor a medida que se disminuía la profundidad; esta relación inversa concuerda con la encontrada por Treviño y García (1984) y Cuéllar (1985). Lo anterior se debe a que las plántulas emergidas de menores profundidades lo hicieron con mayor anticipación requiriendo menor energía, por lo que fueron más vigorosas y consecuentemente más altas que las plantas que emergieron de profundidades mayores.

A partir del día 27 posterior a la siembra, la interacción profundidad X variedad determinó la altura de plántula. Se pudo apreciar que las variedades Agrarista y Marco Vinicio presentaron las plántulas más altas sembradas en un rango de 2 a 12 cm de profundidad, mientras que las variedades Delicias 71 y Pinto Norteño presentaron plantas altas sembradas sólo a la profundidad de 2 y 4 cm respectivamente. La explicación es que Agrarista y Marco Vinicio se establecieron en general antes que las demás variedades y el tamaño de sus semillas les permitió emerger de mayores profundidades, mientras que Pinto Norteño y Delicias 71 por el mayor tamaño de sus semillas lograron establecer antes las plántulas sembradas a las profundidades más superficiales, resultando éstas las más vigorosas (Cuadros 4A y 5A).

El área foliar y el peso seco presentaron resultados similares en cuanto a su relación inversa con la profundidad de siembra; dicha relación también la encontraron Treviño y García (1984), y se puede explicar por el rápido establecimiento de las plántulas sembradas más superficialmente, confirmando este hecho las correlaciones negativas encontradas en el área foliar y el peso seco con los días a la emergencia (Cuadro 9A), y la importancia de este factor con el peso seco demostrada en el análisis de regresión (Cuadros 10A y 11A). Además se sabe que al emerger e incidir la luz sobre el gancho plumular, comienzan procesos fotomorfogénicos que a través del fitocromo provocan que las reservas se destinen en mayor cantidad al desdoblamiento del gancho plumular, la expansión foliar y el inicio del crecimiento, elaborando la planta su propio alimento a través de la fotosíntesis (Kendrick, 1976), las plántulas que se sembraron a mayor profundidad retrasaron estos fenómenos.

A los 15 días de la siembra las plántulas sembradas de 2 a 6 cm de profundidad presentaban los mayores valores de área foliar y peso seco, ya que fueron las plántulas que antes emergieron en comparación con las demás profundidades de siembra; sin embargo, a los 32 días de la siembra, las plántulas sembradas de 2 a 10 cm fueron las más vigorosas, es decir, las profundidades de 8 y 10 cm igualaron en vigor a las profundidades superficiales (Cuadro 6A), lo cual se piensa que pudo ser debido a que las semillas sembradas a esas profundidades encontraron un equilibrio entre el crecimiento de la raíz y la parte emergida de la

planta, presentándose una coordinación en la absorción de agua y nutrientes por la raíz y la demanda de los mismos por los puntos de crecimiento en la parte emergida. Estos resultados concuerdan con los presentados por Días citado por Robles (1982), quien encontró que las diferencias de peso seco en plantas de maíz sembradas a 5 y 15 cm de profundidad disminuyeron en los muestreos realizados a los 15 y 30 días de la siembra.

La variación existente en peso seco y área foliar entre variedades, tiene la misma explicación que se ha manejado en cuanto al menor tiempo para emerger y establecerse las variedades Marco Vinicio y Agrarista en comparación con las demás; de hecho, la tasa de crecimiento indicó que fueron las variedades que mayor velocidad de crecimiento tuvieron, mientras que Jamapa fué la de más lento crecimiento, y por ende la que menor vigor presentó (Cuadro 8A).

Por otro lado, la no significancia en la variación de la TAN (Cuadro 1A), lleva a pensar que las variaciones en peso seco son debidas al área foliar de las plántulas; lo anterior lo confirma la correlación altamente significativa ( $r = 0.47$ ) que se obtuvo entre el peso seco y el área foliar (Cuadro 9A).

En general, se puede aceptar la hipótesis planteada de que el vigor de las plántulas se verá afectado por la profundidad de siembra, pero además se debe agregar que la profundidad que se emplee está relacio-

nada también con la variedad que se siembre y las condiciones ambientales prevalcientes; de hecho, Treviño y García (1984) y Cuéllar (1985) trabajaron en condiciones de altas temperaturas, mientras que el presente trabajo fué realizado en condiciones de temperatura más bajas, lo cual explica las diferencias en los resultados entre las investigaciones, en cuanto al menor rango de profundidades de siembra que ellos sugieren.

También se puede afirmar que se cumplió el objetivo planteado de determinar la profundidad de siembra en la cual se obtiene el máximo vigor de plántula. Guzmán (1984) reporta que en la región manejan profundidades de siembra de 4 a 6 cm para el cultivo de frijol en condiciones de riego, y en el presente trabajo se obtuvo que el vigor de las plántulas estimado por el peso seco y el área foliar, es similar a un rango de 2 a 10 cm de profundidad, por lo que pudiera recomendarse sembrar a estas profundidades, dependiendo de las condiciones ambientales prevalcientes.

## 7. CONCLUSIONES

1. La profundidad de siembra influyó en el establecimiento del cultivo presentando una relación inversa con la velocidad y el porcentaje de emergencia; es decir, éstas fueron menores a medida que la profundidad aumentó.
2. Considerando el peso seco y el área foliar como estimadores del vigor de las plántulas, las profundidades de siembra de 2 a 10 cm indujeron las plántulas más vigorosas.
3. Se acepta la hipótesis planteada de que a mayor profundidad de siembra, el vigor de las plántulas disminuirá, debido a que hay mayor gasto de energía en la emergencia de las mismas.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Andrew, R.H. 1953. The Influence of Depth of Planting and Temperature Upon Stand and Seedling Vigor of Sweet Corn Strains. *Agronomy Journal* 45:32-35
- Cañizo O., J.A. 1971. Efectos de Profundidades de Siembra, Herbicidas y Distribuciones de Plantas en el Cultivo del Maíz sin Escardas. Escuela Nacional de Agricultura. Tesis Profesional. Chapingo. México.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1978. Resúmenes Analíticos Sobre Frijol (Phaseolus vulgaris L.). II:158
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1980. Resúmenes Analíticos Sobre Frijol (Phaseolus vulgaris L.). VI:85
- Cronquist, A. 1977. Introducción a la Botánica. A. Marino A., Traductor. Segunda Edición. CECSA. México. 848 p.
- Cuéllar D., G. 1985. Efecto de la Profundidad de Siembra Sobre el Vigor de las Plántulas de Frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis de Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Diehl, R., J.M. Mateo B. y P. Urbano T. 1980. Fitotecnia General. J.M. Mateo B., Traductor. Mundi-Prensa. España.
- Edmon, J.B., T.L. Senn y F.S. Andrews. 1967. Principios de Horticultura. CECSA. México. 575 p.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía. Segunda Edición. Editado en la U.N.A.M. México. 246 p.
- Guzmán B., G. 1984. Problemática en la Producción de Cultivos Básicos en la Sub-Región de Lomerías Suaves de las Zonas Bajas de Nuevo León. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Hartmann, H.T. y D.E. Kester. 1981. Propagación de Plantas, Principios y Prácticas. A. Marino A., Traductor. Segunda reimpresión. CECSA. México. 814 p.

- Holman, R. M. y W. W. Robbins. 1965. *Botánica General*. E. Beltrán, Traductor. UTEHA. México. 632 p.
- Kendrick, R. E. y B. Frankland. 1976. *Phytocrome and Plant Growth*. Printed and bound in Great Britain at The Camelot Press Ltd., Southampton. pp. 37-47
- Maití, R. K. 1983. *Evaluación del Sorgo Bajo Condiciones de "Stress" Múltiple en los Trópicos Semiáridos del Nor-este de México*. Centro de Investigaciones Agropecuarias. Folleto No. 1. Editado por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Martin, J. H., J. W. Taylor and R. W. Leukel. 1935. Effect of Soil Temperature and Depth of Planting on the Emergence and Development of Sorghum Seedlings in the Greenhouse. *J. Am. Soc. Agron.* 27:660-665
- Martin, J. H. 1976. *Principles of Field Crop Production*. Third Edition. MacMillan Publishing Co. New York. pp. 203-204.
- Murphy, R. P. and A. C. Army. 1939. The Emergence of Grass and Legume Seedlings Planted at Different Depths in Five Soil Types. *J. Am. Soc. Agron.*, 31:17-28
- Robbins, W. W., T. E. Weier y C. R. Stocking. 1974. *Botánica*. A. Blackaller V., Traductor. Limusa. México. 608 p.
- Robles S., R. 1982. *Producción de Granos y Forrajes*. Cuarta Edición. Limusa. México. 608 p.
- Ruiz O., M. 1977. *Tratado Elemental de Botánica*. Decima Cuarta Edición. ECLALSA. México.
- Schopfloch, R. 1963. *Enciclopedia Agropecuaria Práctica*. Editorial El Ateneo. Buenos Aires. Tomo I. pp. 249.
- Scifres, C. J. and J. R. Brock. 1972. Emergence of Hancy Mezquite Seedling Relative to Planting Depth and Soil Temperature. *Journal of Range Management*. 25 (3) : 217
- Secretaría de Educación Pública. 1981. *Frijol y Chícharo*. Manual para la Educación Agropecuaria. Area Producción Vegetal. Tercera Edición. Trillas, S. A. México. 56 p.



- Sivori, E. M., E.R. Montaldi y O.H. Caso. 1980. Fisiología Vegetal. Hemisferio Sur. Buenos Aires. 681 p.
- Stevenson, F.F. y T.R. Mertens. 1980. Anatomía Vegetal. Limusa. México. 209 p.
- Stitt, R.E. 1934. The Effect of Depth of Planting on the Germination of Soybean Varieties. J. Am. Soc. Agron., 26:1001-1004.
- The United States Department of Agriculture. Semillas. CECSA. México. 1020 p.
- Treviño del R., E. y E. García S. 1984. Efecto de la Profundidad de Siembra Sobre el Vigor de las Plántulas de Maíz (Zea Mays L.) y Frijol (Phaseolus spp.). Tesis de Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Wilson, C.L. y W.E. Loomis. 1968. Botánica. I.L. Coll, Traductor. Primera Edición en Español. UTEHA. México. 682 p.
- Zavala G., F. 1982. Interrelación entre los Caracteres Fisiotécnicos del Híbrido y sus Progenitores Sobre el Rendimiento de Grano y Estimación de Parámetros Genéticos en Sorgo para Grano (Sorghum bicolor (L.) Moench). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México. 310 p.
- Zavala G., F. 1984. Apuntes del Curso de Fisiotecnia Vegetal. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

9. A P E N D I C E

CUADRO 1A. Análisis de Varianza para las Variables Bajo Estudio en la Determinación del Vigor de Plántulas de Frijol.

Fuentes de Variación	Días a la Emergencia		Porcentaje de Emergencia		Altura de Plántula a los 15 días		Altura de Plántula a los 18 días		Altura de Plántula a los 21 días	
	G.L.	S.C.	G.L.	S.C.	G.L.	S.C.	G.L.	S.C.	G.L.	S.C.
Profundidad	7	195.525 **	7	7,973.700 **	7	83.838 **	7	74.860 **	7	59.681 **
Variedad	4	27.417 **	4	5,294.967 **	4	45.431 **	4	79.067 **	4	87.949 **
Prof. x Var.	28	12.183 (N.S.)	28	4,439.967 (N.S.)	28	13.584 (N.S.)	28	20.360 (N.S.)	28	22.176 (N.S.)
Error	80	56.667	80	12,755.333	80	32.107	80	46.059	80	40.121
Total	119	291.792	119	30,463.967	119	174.970	119	220.346	119	209.927

\* Significativo      \*\* Altamente Significativo      (N.S.) No Significativo

CUADRO 1A. Continuación

Fuentes de Variación	Altura de Plán- tula a los 24 días		Altura de Plán- tula a los 27 días		Altura de Plán- tula a los 32 días		Area Foliar a los 15 días		Area Foliar a los 32 días	
	G.L.	S.C.	G.L.	S.C.	G.L.	S.C.	G.L.	S.C.	G.L.	S.C.
Profundidad	7	61.891 **	7	64.609 **	7	71.442 **	7	453.332 **	7	11,668.104 **
Variedad	4	91.159 **	4	79.143 **	4	83.592 **	4	1,487.720 **	4	21,520.220 **
Prof. x Var.	28	20.263 (N.S.)	28	23.206 *	28	33.039 *	28	1,004.183 (N.S.)	28	9,624.051 (N.S.)
Error	80	39.927	80	37.532	80	50.234	80	2,926.474	80	18,455.344
Total	119	213.240	119	204.489	119	238.308	119	9,971.709	119	61,267.720

CUADRO 1A. Continuación

VARIABLES	Peso Seco a los 15 días		Peso Seco a los 32 días		Tasa de Asimilación Neta (TAN)		Tasa Relativa de Crecimiento (TRC)		Tasa de Crecimiento (TCC)	
	G.L.	S.C.	G.L.	S.C.	G.L.	S.C.	G.L.	S.C.	G.L.	S.C.
Fuentes de Variación										
Profundidad	7	0.113 **	7	0.326 **	7	0.000 (N.S.)	7	0.058 (N.S.)	7	0.000 (N.S.)
Variedad	4	0.045 **	4	0.504 **	4	0.000 (N.S.)	4	0.030 (N.S.)	4	0.001 **
Prof. x Var.	28	0.020 (N.S.)	28	0.377 (N.S.)	28	0.000 (N.S.)	28	0.251 (N.S.)	28	0.001 (N.S.)
Error	80	0.042	80	1.072	80	0.000	80	0.457	80	0.003
Total	119	0.220	119	2.279	119	0.000	119	0.797	119	0.006

CUADRO 2A. Comparaciones de Medias de Profundidades y Variedades para las Variables Días a la Emergencia y Porcentaje de Emergencia.

DÍAS A LA EMERGENCIA			PORCENTAJE DE EMERGENCIA		
PROFUNDIDAD	MEDIA	0.05 (Tukey : 0.71)	PROFUNDIDAD	MEDIA	0.05 (Tukey : 10.66)
2	8.26		6	98.53	
4	8.73		2	94.86	
6	9.20		4	94.86	
8	9.73		8	93.40	
10	10.40		10	91.93	
12	10.80		12	89.00	
14	11.80		14	81.60	
16	12.26		16	71.93	
VARIEDAD	MEDIA	0.05 (Tukey : 0.53)	VARIEDAD	MEDIA	0.05 (Tukey : 8.06)
Marco Vinicio	9.54		Marco Vinicio	97.24	
Agrarista	9.70		Agrarista	92.62	
Jamapa	10.46		Pinto Norteño	91.70	
Pinto Norteño	10.50		Jamapa	88.54	
Delicias 71	10.79		Delicias 71	77.45	

CV : 26.33%

CV : 133.45%

CUADRO 3A. Comparaciones de Medias de Profundidades y Variedades para la Variable Altura de Plántula en el Cultivo de Frijol, Estimada a los 15 y 32 Días Posteriores a la Siembra.

ALTURA A LOS 15 DIAS			ALTURA A LOS 32 DIAS		
PROFUNDIDAD	MEDIA	0.05 (Tukey : 0.534)	PROFUNDIDAD	MEDIA	0.05 (Tukey : 0.2115)
2	4.60		2	7.94	
4	4.54		4	7.73	
6	4.43		8	7.35	
8	3.84		6	7.34	
10	3.63		10	7.25	
12	3.40		12	6.45	
14	2.67		14	5.85	
16	2.16		16	5.80	
VARIEDAD	MEDIA	0.05 (Tukey : 3.13)	VARIEDAD	MEDIA	0.05 (Tukey : 0.5063)
Marco Vinicio	4.58		Agrarista	8.00	
Agrarista	4.20		Marco Vinicio	7.78	
Pinto Norteño	3.32		Jamapa	6.96	
Jamapa	3.17		Pinto Norteño	6.16	
Delicias 71	3.03		Delicias 71	5.92	

CV : 33.10%

CV : 28.36%

CUADRO 4A. Comparación de Medias de la Interacción Profundidad por Variedad para la Variable Altura de Plántula en el Cultivo de Frijol, Estimada a los 27 Días Posteriores a la Siembra.

TRATAMIENTO		MEDIA	0.05 (Tukey : 2.249)
Agrarista	2cm	9.20	
Agrarista	6cm	8.44	
Marco Vinicio	4cm	8.42	
Marco Vinicio	2cm	8.32	
Agrarista	10cm	8.32	
Agrarista	4cm	8.23	
Agrarista	8cm	8.11	
Jamapa	2cm	8.05	
Marco Vinicio	10cm	7.91	
Marco Vinicio	12cm	7.76	
Marco Vinicio	10cm	7.73	
Jamapa	4cm	7.55	
Marco Vinicio	8cm	7.46	
Jamapa	8cm	7.27	
Agrarista	14cm	7.06	
Marco Vinicio	14cm	6.94	
Pinto Norteño	4cm	6.86	
Pinto Norteño	6cm	6.63	
Jamapa	10cm	5.55	
Agrarista	12cm	6.38	
Delicias 71	4cm	6.33	
Delicias 71	10cm	6.28	
Delicias 71	6cm	6.23	
Delicias 71	8cm	6.22	
Jamapa	6cm	6.19	
Delicias 71	2cm	6.16	
Pinto Norteño	2cm	6.04	
Agrarista	16cm	5.88	
Pinto Norteño	8cm	5.86	
Pinto Norteño	16cm	5.63	
Jamapa	16cm	5.54	
Jamapa	14cm	5.51	
Marco Vinicio	16cm	5.49	
Pinto Norteño	10cm	5.46	
Delicias 71	12cm	5.24	
Pinto Norteño	14cm	5.23	
Jamapa	12cm	5.17	
Pinto Norteño	12cm	5.17	
Delicias 71	14cm	4.77	
Delicias 71	16cm	4.76	



CUADRO 5A. Comparación de Medias de la Interacción Profundidad por Variedad para la Variable Altura de Plántula en el Cultivo de Frijol, Estimada a los 32 días de la Siembra.

TRATAMIENTO		MEDIA	0.05 (Tukey : 2.603)
Agrarista	2cm	9.51	
Agrarista	10cm	8.67	
Marco Vinicio	4cm	8.65	
Agrarista	6cm	8.60	
Agrarista	8cm	8.52	
Marco Vinicio	2cm	8.45	
Jamapa	2cm	8.40	
Marco Vinicio	10cm	8.35	
Agrarista	4cm	8.27	
Marco Vinicio	12cm	8.04	
Marco Vinicio	6cm	7.89	
Jamapa	8cm	7.85	
Marco Vinicio	8cm	7.77	
Jamapa	4cm	7.66	
Marco Vinicio	14cm	7.37	
Agrarista	14cm	7.35	
Pinto Norteño	4cm	7.25	
Delicias 71	2cm	7.12	
Jamapa	10cm	7.03	
Jamapa	6cm	6.96	
Pinto Norteño	6cm	6.85	
Delicias 71	4cm	6.83	
Agrarista	12cm	6.81	
Delicias 71	8cm	6.57	
Delicias 71	10cm	6.51	
Delicias 71	6cm	6.41	
Agrarista	16cm	6.27	
Pinto Norteño	2cm	6.22	
Jamapa	16cm	6.21	
Pinto Norteño	12cm	6.04	
Pinto Norteño	8cm	6.03	
Jamapa	14cm	5.81	
Pinto Norteño	16cm	5.80	
Jamapa	12cm	5.79	
Marco Vinicio	16cm	5.67	
Pinto Norteño	10cm	5.64	
Delicias 71	12cm	5.57	
Pinto Norteño	14cm	5.42	
Delicias 71	16cm	5.06	
Delicias 71	14cm	3.29	

CV : 30.03%

CUADRO 6A. Comparaciones de Medias de Profundidades y Variedades para la Variable Area Foliar en el Cultivo de Frijol, Estimada a los 15 y 32 Días Posteriores a la Siembra.

AREA FOLIAR A LOS 15 DIAS		AREA FOLIAR A LOS 32 DIAS			
PROFUNDIDAD	MEDIA	0.05 (Tukey : 5.10)	PROFUNDIDAD	MEDIA	0.05 (Tukey : 12.82)
2	24.69		4	78.99	
4	24.52		2	77.76	
6	21.85		8	75.63	
8	17.42		6	72.10	
10	13.86		10	71.80	
12	13.18		12	61.94	
14	10.02		14	55.31	
16	7.40		16	51.43	
VARIEDAD	MEDIA	0.05 (Tukey : 3.86)	VARIEDAD	MEDIA	0.05 (Tukey : 2.90)
Marco Vinicio	21.04		Agrarista	89.42	
Agrarista	20.70		Marco Vinicio	77.05	
Pinto Norteño	14.80		Jamapa	64.11	
Delicias 71	13.53		Delicias 71	56.71	
Jamapa	13.03		Pinto Norteño	56.31	

CV : 148.35%

CV : 184.02%

CUADRO 7A. Comparaciones de Medias de Profundidades y Variedades para la Variable Peso Seco en el Cultivo de Frijol, Estimada a los 15 y 32 Días Posteriores a la Siembra.

PESO SECO A LOS 15 DIAS			PESO SECO A LOS 32 DIAS		
PROFUNDIDAD	MEDIA	0.05 (Tukey : 13.27)	PROFUNDIDAD	MEDIA	0.05 (Tukey : 0.096)
6	0.196		2	0.344	
2	0.142		6	0.322	
4	0.126		8	0.298	
8	0.100		10	0.286	
10	0.088		4	0.274	
12	0.078		12	0.226	
14	0.058		14	0.216	
16	0.048		16	0.182	
VARIEDAD	MEDIA	0.05 (Tukey : 3.13)	VARIEDAD	MEDIA	0.05 (Tukey : 0.072)
Marco Vinicio	0.121		Marco Vinicio	0.386	
Agrarista	0.115		Agrarista	0.287	
Pinto Norteño	0.088		Delicias 71	0.231	
Delicias 71	0.076		Pinto Norteño	0.226	
Jamapa	0.072		Jamapa	0.211	

CV : 10%

CV : 21.94%

CUADRO 8A. Comparación de Medias de Variedades para la Variable Tasa de Crecimiento en el Cultivo de Frijol, Estimada en la Etapa Comprendida entre los 15 y 32 Días Posteriores a la Siembra.

VARIEDADES	MEDIA	0.05 (Tukey : .0031)
Marco Vinicio	0.015	
Agrarista	0.010	
Pinto Norteño	0.00875	
Delicias 71	0.00875	
Jamapa	0.00750	

CV : 5%

CUADRO 9A. Correlaciones entre las Variables

VARIABLES	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>
Peso Seco 15 días (X <sub>1</sub> )	-	.85**	.57**	.59**	.67**	.53**	-.80NS	-.13NS	.30**	.00NS
Area Foliar 15 días (X <sub>2</sub> )		-	.43**	.54**	.60**	.46**	-.78NS	-.18*	.19*	-.10NS
Peso Seco 32 días (X <sub>3</sub> )			-	.47**	.57**	.36**	-.53**	.61**	.95**	.69**
Area Foliar 32 días (X <sub>4</sub> )				-	.85**	.40**	-.60**	.07NS	.33**	.08NS
Altura 32 días (X <sub>5</sub> )					-	.54**	-.71**	.13NS	.42**	.20*
% de Emergencia (X <sub>6</sub> )						-	-.54**	.16NS	.23**	.10NS
Días a la Emergencia (X <sub>7</sub> )							-	.04NS	-.32**	-.04NS
TRC (X <sub>8</sub> )								-	.76**	.79**
TCC (X <sub>9</sub> )									-	.80**
TAN (X <sub>10</sub> )										-

\* : Correlación Significativa  
 \*\* : " " Altamente Significativa  
 NS : " " No Significativa

CUADRO 10A. Ecuaciones de Regresión Considerando el Peso Seco a los 32 Días como Variable Dependiente y la Altura de Plántula, Días a la Emergencia y Area Foliar como Variables Independientes.

Yij	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub> X <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> X <sub>2</sub>	B <sub>3</sub> X <sub>3</sub>	R <sup>2</sup>	Significancia
PS	-0.12	0.056			0.32	**
PS	0.23	0.039	-0.022		0.36	**
PS	0.22	0.043	-0.022	-0.0003	0.36	**

PS : Peso Seco

X<sub>1</sub> : Altura de Plántula a los 32 Días de la Siembra

X<sub>2</sub> : Días a la Emergencia

X<sub>3</sub> : Area Foliar a los 32 Días de la Siembra

\* Significativo

\*\* Altamente Significativo

CUADRO 11A. Ecuaciones de Regresión Considerando el Peso Seco a los 32 Días como Variable Dependiente y la Altura de Plántula, Días a la Emergencia, Area Foliar, TAN, TRC y TCC como Variables Independientes.

$Y_{ij}$	$B_0$	$B_1 X_1$	$B_2 X_2$	$B_3 X_3$	$B_4 X_4$	$B_5 X_5$	$B_6 X_6$	$R^2$	Significancia
PS	0.077	18.85						0.91	**
PS	0.31	17.27	-0.021					0.96	**
PS	0.27	19.53	-0.017	-0.22				0.97	**
PS	0.20	19.27	-0.014	-0.22	0.60			0.97	**
PS	0.19	19.17	-0.014	-0.21	0.006	0.001		0.97	**
PS	0.19	19.15	-0.014	-0.21	0.005	0.001	0.0001	0.97	**

$X_1$  : TAN

$X_4$  : Altura a los 32 Días de la Siembra

$X_2$  : Días a la Emergencia

$X_5$  : TRC

$X_3$  : TCC

$X_6$  : Area Foliar a los 32 Días de la Siembra

