

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA  
SOBRE EL VIGOR DE LAS PLANTULAS DE SORGO  
(Sorghum bicolor L. Moench)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

JUAN CARLOS ALANIS FERNANDEZ

MARIN, N. L.

MAYO DE 1986

T

SB235

A4

C.1



1080060556

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO DE LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA  
SOBRE EL VIGOR DE LAS PLANTULAS DE SORGO  
(Sorghum bicolor L. Moench)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA

JUAN CARLOS ALANIS FERNANDEZ

MARIN, N. L.

MAYO DE 1986

T  
SB235  
A4

040.633  
FA3  
1986



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. Gilberto Salinas García

Vocal



Ing. Agr. Raúl P. Salazar Sáenz

## DEDICATORIA

A mis padres:

SR. PORFIRIO ALANIS TAMEZ

SRA. ALICIA FERNANDEZ DE ALANIS

A quienes me permito con todo cariño, gratitud y respeto, ofrecerles este trabajo, en retribución de los sacrificios y la abnegación para que pudiera obtener una carrera y sin escatimar esfuerzos me labraron un porvenir.

A mis hermanos:

Gerardo

Nena

Pilo

Jaime

Ricardo

Pepita

Laura

Jose Luis y

Lupita

Con todo cariño.

A mi novia Maria del Roble con amor y respeto y a todos mis familiares.

## AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por los conocimientos adquiridos que serviran en mi vida.

A los maestros:

- Ing. Agr. Cesáreo Guzmán Flores, por tan valiosa ayuda durante el presente trabajo.
- M.C. Gilberto Salinas García, por su gran colaboración para la interpretación de las diferentes variables cuantificadas.
- Ing. Agr. Raúl Salazar Sáenz, por las correcciones sugeridas además por la gran amistad que nos une.
- A mis amigos, compañeros y maestros que a través de la convivencia diaria en las aulas, supieron estimular y compartir con sinceridad las alegrías y tristezas de mi vida de estudiante.

## INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. Taxonomía del sorgo.....	3
2.2. Estructura de la semilla del sorgo.....	3
2.3. Germinación.....	4
2.3.1. El proceso de la germinación.....	5
2.3.2. Limitantes de la germinación.....	7
2.3.2.1. Condiciones intrínsecas.....	7
2.3.2.2. Condiciones extrínsecas.....	8
2.3.2.2.1. Humedad.....	9
2.3.2.2.2. Temperatura.....	10
2.3.2.2.3. Aereación.....	11
2.4. Plántula.....	12
2.4.1. Tipos de plántulas.....	12
2.5. La fotomofogénesis en la emergencia.....	13
2.6. Factores que afectan la emergencia de las plántulas.....	15
2.7. Profundidad de siembra.....	15
2.7.1. Factores que determinan la profundidad de siembra.....	18
2.7.1.1. Costra del suelo.....	18
2.7.1.2. Nivelación.....	19
2.7.1.3. Tipo de emergencia.....	19
2.7.1.4. Contenido de oxígeno y humedad en el suelo.....	20

# INDICE

Pág.

2.7.1.5. Epoca de siembra.....	20
2.7.1.6. Tamaño de la semilla.....	20
2.7.1.7. Temperatura y tipo de suelo..	21
2.7.2. Profundidad de siembra en sorgo.....	22
3. HIPOTESIS.....	24
4. MATERIALES Y METODOS.....	25
4.1. Localidad.....	25
4.2. Genotipos utilizados.....	25
4.3. Tratamientos bajo estudio.....	27
4.4. Diseño experimental.....	27
4.5. Método de siembra.....	30
4.6. Toma de datos.....	31
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
4.7.2. Fisiológicas.....	32
4.7.2.1. Dias 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)	34
4.7.2.5. Tasa relativa de crecimiento (TRC).....	34
4.7.2.6. Tasa de crecimiento del culti vo (TCC).....	35

# INDICE

Pág.

4.8. Prácticas culturales.....	35
4.9. Análisis estadístico.....	36
5. RESULTADOS.....	37
5.1. Dias a la emergencia.....	37
5.2. Porcentaje de emergencia.....	37
5.3. Altura de plántula.....	40
5.4. Area foliar.....	43
5.5. Peso seco.....	45
5.6. TCC.....	48
5.7. TRC.....	50
5.8. TAN.....	50
5.9. Relaciones entre las variables.....	50
5.9.1. Peso seco.....	50
5.9.2. Area foliar.....	51
6. DISCUSION.....	53
7. CONCLUSIONES.....	58
8. BIBLIOGRAFIA.....	59
9. APENDICE.....	64

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO	TITULO	Pág.
<u>Cuadros del texto:</u>		
1	Efecto de la profundidad del suelo sobre la temperatura del mismo.....	21
2	Características de los genotipos estudiados	27
3	Tratamientos bajo estudio.....	28
4	Aleatorización y distribución de los tratamientos en el campo (esquema).....	29
<u>Cuadros del apêndice</u>		
1A	Análisis de varianza y coeficientes de variación de las variables bajo estudio, estimadoras del vigor de las plântulas de sorgo	65
2A	Comparaciones de medias de las variables días a la emergencia y porcentaje de emergencia, de 5 genotipos de sorgo granífero sembrados a ocho profundidades de siembra..	66
3A	Comparaciones de medias de profundidades y genotipos de la variable altura de plântula en el cultivo del sorgo. Se estimó a los 21 y 54 días posteriores a la siembra.....	67
4A	Comparación de medias de la interacción profundidad por genotipo de la variable altura de plântula estimada a los 25 días después de la siembra.....	68

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO	TITULO	Pág.
<u>Cuadros del apéndice</u>		
5A	Comparación de medias de la interacción <u>profundidad</u> por genotipo de la variable altura de plántula, estimada a los 30 días posteriores a la siembra.....	69
6A	Comparación de medias de la variable área foliar a los 21 días después de la siembra, de cinco genotipos sembrados a ocho profundidades de siembra y comparación entre las mismas a los 54 días después de la siembra.	70
7A	Comparación de medias de la interacción <u>profundidad</u> por genotipo de la variable <u>área foliar</u> , estimada a los 21 días posteriores a la siembra.....	71
8A	Comparación de medias de la variable área foliar a los 21 días después de la siembra de cinco genotipos sembrados a ocho profundidades de siembra y comparación entre las mismas a los 54 días después de la siembra.	72
9A	Comparación de medias de las variables <u>tasa de crecimiento</u> y <u>tasa relativa de crecimiento</u> en el cultivo del sorgo.....	73
10A	Correlación entre las variables.....	74

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

<u>Cuadros del apéndice</u>	TITULO	Pág.
11A	Ecuaciones de regresión considerando al peso seco a los 54 días después de la siembra como variable dependiente y las siguientes variables como independientes: días a la emergencia, porcentaje de emergencia, áreas foliares y pesos secos a los 21 y 54 días después de la siembra, así como las tasas de crecimiento, relativa de crecimiento y de asimilación neta.....	75
12A	Ecuaciones de regresión considerando al peso seco a los 54 días de la siembra como variable dependiente y como variables independientes: área foliar a los 21 y 54 días de la siembra, altura de plántula a los 21 y 54 días de la siembra, días a la emergencia y peso seco a los 21 días de la siembra.....	76

FIGURA	TITULO	Pág.
Figuras del texto:		
1	Sección de una semilla de sorgo en su madurez	5
2	Germinación de una planta monocotiledónea....	8
3	Condiciones ambientales de precipitación y temperatura, durante el período que permaneció el experimento en el campo.....	26

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

FIGURA	TITULO	Pág.
<u>Figuras del texto:</u>		
4-8	Efecto de la profundidad de siembra sobre los días a la emergencia de los genotipos de sorgo bajo estudio.....	38
9-13	Efecto de la profundidad de siembra sobre el porcentaje de emergencia de los genotipos de sorgo bajo estudio.....	39
14	Efecto de la profundidad de siembra sobre la altura de cada uno de los genotipos bajo estudio. Se estimó a los 13 días después de la siembra.....	41
15	Efecto de la profundidad de siembra sobre la altura de cada uno de los genotipos bajo estudio. Se estimó a los 24 días después de la siembra.....	41
16	Efecto de la profundidad de siembra sobre la altura de cada uno de los genotipos bajo estudio. Se estimó a los 54 días después de la siembra.....	42
17	Altura de plántula resultante de la interacción profundidad por genotipo a los 25 días de la siembra.....	44
18	Altura de plántula resultante de la interacción profundidad por genotipo a los 30 días de la siembra.....	44

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

FIGURA	TITULO	Pág.
<u>Figuras del texto:</u>		
19	Efecto de la profundidad de siembra sobre el área foliar de los genotipos de sorgo bajo estudio, estimados a los 21 días (  ) y a los 54 días (  ) posteriores a la siembra..	46
20	Area foliar a los 21 días de la siembra como resultado de la interacción profundidad por genotipo.....:.....	47
21	Efecto de la profundidad de siembra sobre el peso seco de los genotipos de sorgo bajo estudio, estimado a los 21 días (  ) y a los 54 días (  ) posteriores a la siembra.....	49

## 1. INTRODUCCION

En las zonas áridas y semiáridas del Noreste de México y específicamente en las regiones bajas del estado de Nuevo León, los cultivos se caracterizan por ser de temporal o en algunos casos de riego inseguro, ésto junto con las altas temperaturas, vientos secos y propiedades físicas del suelo, provocan un secado rápido de las capas superficiales.

Por lo anterior, la profundidad de siembra es un punto de gran importancia, ya que si la semilla queda sembrada muy superficialmente se puede presentar el problema de la falta de humedad provocando que ésta se "vacie", y si se siembra muy profundo puede ser que la emergencia se retrase y se reduzca, debido principalmente a que muchas especies agotan sus reservas antes de salir a la superficie.

Actualmente no existe unidad de criterio para establecer una profundidad de siembra adecuada, debido principalmente a la amplia variación de las condiciones climáticas, edáficas, económicas y culturales donde se realiza la agricultura. Por lo anterior, el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la F.A.U.A.N.L. inició sus estudios sobre la profundidad de siembra, en su zona de influencia.

El presente estudio es una contribución a lo anterior y tiene como objetivo principal determinar el efecto de la profundidad de siembra sobre el vigor de las plántulas de genotipos de sorgo granífero (Sorghum bicolor L. Moench).

Este cultivo representa el 20% de la producción cerealera de México, Maití citado por Zavala (1984). Además, ocupa el segundo lugar en volumen de producción y tercero en superficie sembrada, a pesar de ésto, la producción no es suficiente para abastecer el mercado nacional (Zavala, 1984).

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Taxonomía del sorgo

Según Bailey (1945), el sorgo posee la siguiente clasificación taxonómica:

Familia : Graminae  
Subfamilia : Panicoidales  
Tribu : Andropogoneas  
Género : Sorghum  
Especie : bicolor

### 2.2. Estructura de la semilla del sorgo

La semilla es el óvulo fecundado, transformado y maduro de las plantas fanerógamas por medio del cual se reproducen (Ruiz, 1977). En las semillas se almacena el germen de los progenitores, así es protegido de diversas maneras contra el medio, cuando éste sea desfavorable (Boswell, 1969).

Las semillas y los frutos de las diferentes especies varían mucho en su aspecto, forma, tamaño, situación y estructura del embrión, así como en la presencia de tejido de almacenamiento, todas estas características son útiles para poder identificarlos. En algunos casos como el del sorgo, el fruto mismo se trata como semilla (Hartmann y Kester, 1981).

La semilla del sorgo es conocida comunmente como cariósipside y consiste de tres estructuras principales que son: embrión, pericarpio y endospermo (Figura 1) (Maití, 1983).

El embrión es la planta rudimentaria dentro de la semilla (Boswell, 1969), se encuentra en la base del grano y consta

del coleoptilo, que es una vaina dura que protege a la plúmula, y de la coleorriza, que envuelve y protege a su vez a la radícula, estos dos se encuentran unidos por el mesocotilo. Toda esta estructura que dará origen a la parte aérea y subterránea de la planta respectivamente, se encuentra cubierta por el escutelo, que constituye la mayor parte del embrión (Cejudo, 1978).

El pericarpio es la cubierta de la semilla, derivada de los tegumentos del ovario y su función es proporcionar protección mecánica al embrión, haciendo posible poder manejar la semilla sin dañarla (Hartmann y Kester, 1981). Entre el pericarpio se encuentra la testa, que es altamente pigmentada y esto influye en el color del grano (Maitf, 1983), el cual varía entre el blanco, amarillo, rosa salmón y rojo (Wall, 1975).

El endospermo o tejido de almacenamiento está constituido principalmente por almidón de dos clases, que son: amilosa y amilopectina (Wall, 1975). A las semillas en las cuales el endospermo es grande y contiene la mayor parte del alimento almacenado se les llama albuminosas, el sorgo queda dentro de esta clasificación (Hartmann y Kester, 1981).

### 2.3. Germinación

Se define como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión (Salinas, 1984). Desde el punto de vista agrícola, este proceso se extiende hasta el momento en que la joven plántula aparece por encima del

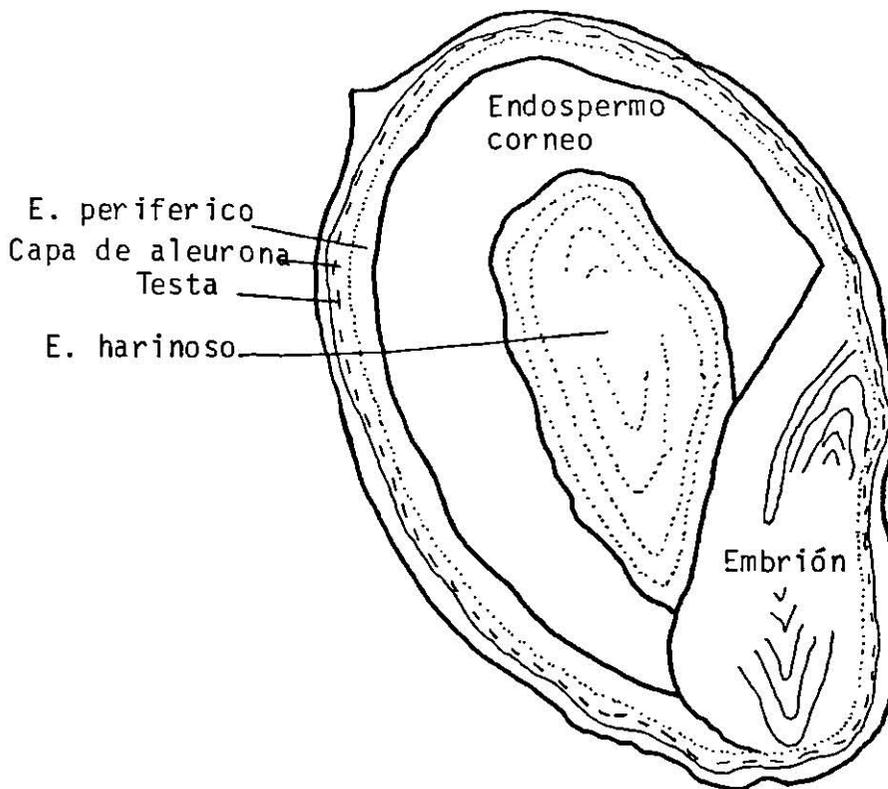


Figura 1. Sección de una semilla de sorgo en su madurez.  
(Valdivia, 1977).

terreno y se hace independiente de las reservas del embrión (Robles, 1983). Por su parte Diehl (1980) afirma que la germinación, desde un punto de vista fisiológico, constituye para la planta el paso de la vida retardada a la vida activa.

2.3.1. El proceso de la germinación.- Se puede dividir en tres etapas o estadios que son los siguientes:

Primera etapa.- Es la conocida como despertar o de activación y puede completarse en un período de minutos o de horas (Hartmann y Kester, 1981). Para reactivar el embrión, el grano debe embeber agua para que se reinicie la formación de nue-

vas células por mitosis (Sivori, 1980). La semilla seca mediante sus coloides absorbe agua, la cual ablanda las cubiertas de la semilla y ocasiona una hidratación del protoplasma, así mismo es reactivado el sistema de sintetización de proteínas (que estaba inactivo, a medida que maduró la semilla), y las enzimas que sean producidas por esta sintetización, controlarán las actividades metabólicas de la célula (Hartmann y Kester, 1981).

Segunda etapa.- Esta etapa significa digestión y translocación, aquí los sistemas celulares se han activado y los sistemas de síntesis de proteínas están funcionando para producir nuevas enzimas, materiales estructurales, compuestos reguladores, ácidos nucleicos, etc, para efectuar las funciones celulares y sintetizar nuevos materiales. Aparecen enzimas y empiezan a digerir materias de reserva (grasas, proteínas, carbohidratos) contenidos 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. El almidón, presente en las semillas del sorgo como fuente de energía, se convierte en azúcar (Hartmann y Kester, 1981).

Tercera etapa.- 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, esto trae como consecuencia el aumento del peso fresco y la disminución del peso seco de la plántula, pero disminuye el peso

de los tejidos de almacenamiento (Hartmann y Kester, 1981).

Los cambios que se acaban de describir implican un gasto de energía que será suministrada por la respiración, que es muy rápida durante la germinación y en los primeros días del crecimiento de la plántula (James, 1967).

La germinación de una planta monocotiledónea puede apreciarse en la Figura 2.

2.3.2. Limitantes de la germinación.- Para que una semilla germine y origine una nueva plántula, son necesarias diversas condiciones que se pueden agrupar en dos formas: Intrínsecas y Extrínsecas.

2.3.2.1. Condiciones intrínsecas.- Que la semilla esté normalmente constituida, tanto en su embrión como en las sustancias de reserva, puesto que como se sabe, las sustancias acumuladas en el endospermo, tienen como función exclusiva, alimentar al embrión durante el proceso de la germinación, hasta que la nueva planta posea los órganos indispensables para vivir por sí misma (Ruiz, 1977).

Tener tegumentos permeables, que permitan el paso del agua e iniciar así el proceso de la germinación (Diehl, 1980).

Estar completamente madura, o sea que el embrión haya alcanzado su completo desarrollo antes que maduren sus frutos (Ruiz, 1977).

Las condiciones internas de la semilla deben ser favora-

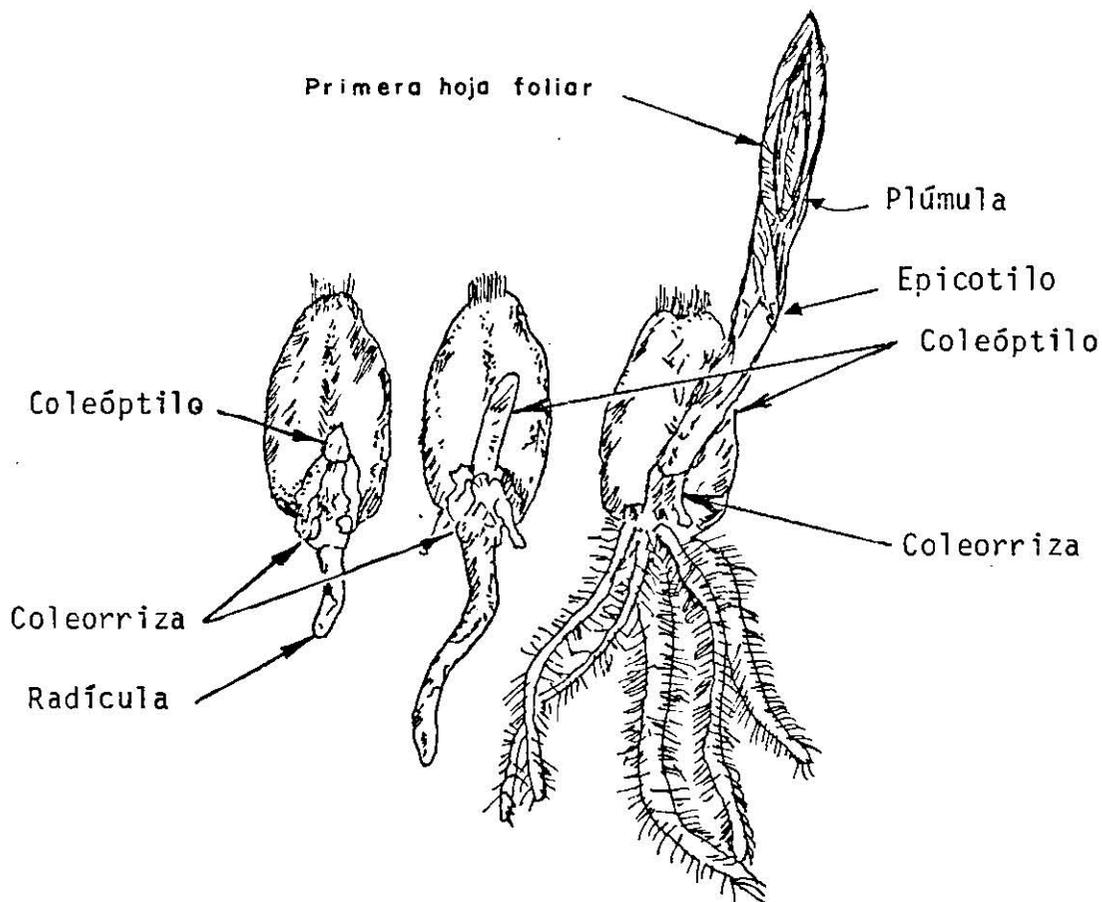


Figura 2. Germinación de una planta monocotiledónea.

bles para la germinación, ésto es, deben de haber desaparecido las barreras físicas o químicas para la germinación (Diehl 1980).

La semilla debe tener vitalidad, o sea, que no haya pasado el límite de longevidad (Diehl, 1980).

2.3.2.2. Condiciones extrínsecas.- Según James (1967), cuando la maduración de la semilla es completa, se ocupan ciertas

condiciones que debe poseer el ambiente para permitir la continuación de su desarrollo, siendo las siguientes: humedad, temperatura, aereación y luz; este último factor, en el caso del sorgo no es importante.

2.3.2.2.1. Humedad.- El agua es indispensable durante la germinación, su absorción según Hartmann y Kester (1980) 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 abosrción, al emerger la radícula y desarrollarse la plántula.

La absorción se efectúa por ósmosis a través del tegumento (Diehl, 1980). Según Ruiz (1977), durante la germinación, la humedad cumple las siguientes funciones:

- Activa al protoplasma de las células del embrión.
- Permite la disolución de las sustancias de reserva y el transporte de las mismas.
- Reblandece, hincha y facilita el rompimiento de los tegumentos de la semilla.

Por otro lado, la humedad del suelo no debe ser excesiva, por que entonces las semillas se hidratan demasiado y ésto puede traer consigo una putrefacción (Ruiz, 1977).

La cantidad de agua absorbida y el ritmo de absorción dependen de la temperatura, permeabilidad de los tegumentos, tamaño de las semillas y composición química de las reservas.

En términos generales, la imbibición cesa cuando el conte

nido de humedad es del 40 al 60% de su peso fresco inicial. Por lo que respecta a las semillas de los cereales y otras gramineas, éstas ocupan del 30 al 35% de humedad para poder germinar (Hartmann y Kester, 1981).

2.3.2.2.2. Temperatura.- Las semillas de cada especie germinan dentro de una determinada gama de temperaturas, por encima o por debajo de las cuales no se produce la germinación (Meyer, 1972). 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 (Diehl, 1980).

Sachs citado por Sivori (1980), señala la existencia de tres temperaturas, a las que llamó cardinales, con el objeto de caracterizar los requerimientos térmicos de la germinación. Las temperaturas "máximas y mínimas" determinan los límites dentro de los cuales es posible la germinación, en tanto que la temperatura "óptima" corresponde a aquella en la cual se observa el máximo porcentaje de germinación.

A veces la fluctuación de las temperaturas del día y de la noche 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 germinan, es porque las fluctuaciones de la temperatura del suelo desaparecen con

la profundidad (Hartmann y Kester, 1981).

Las semillas de sorgo, por ser cultivadas en regiones tropicales o subtropicales, se clasifican como de estación cálida con requerimientos mínimos de germinación de alrededor de 10°C, por lo que son susceptibles a daños por frío, este daño es más severo si las semillas están secas al inicio de la imbibición o si la provisión de oxígeno es reducida (Hartmann y Kester, 1981).

Según Maití (1984) la temperatura óptima para la germinación del sorgo es de 25 a 27°C, la máxima de 40°C y la mínima de 10°C.

2.3.2.2.3. Aereación.- El oxígeno que lleva el aire es indispensable durante toda la vida del embrión. Los gases que en el medio de germinación pueden afectar a la germinación de las semillas son el oxígeno ( $O_2$ ) y el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y posiblemente el etileno. En el momento que el embrión inicia la germinación, su respiración se vuelve 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. (Ruiz, 1977).

Según James (1967), las cubiertas de las semillas secas son muy impermeables a los gases, por ésto, cuando ocurre la absorción del agua, se ocasiona que se hagan permeables a los gases y con ello al oxígeno.

La provisión de oxígeno está limitada en forma muy deci-

siva cuando hay un exceso de agua en el medio, debido a que los poros del suelo están llenos de agua y por lo tanto hay poco oxígeno disponible para las semillas (Hartmann y Kester, 1981).

Los agricultores, al barbechar y rastrear durante las siembras, no solamente lo hacen para facilitar la penetración del agua, sino también con el objeto de proporcionar una buena aereación que asegure la respiración de los embriones (Ruiz, 1977).

#### 2.4. Plántula

El término plántula se refiere al estado temperano del crecimiento del embrión, desde que éste emerge de la semilla, hasta que esté totalmente independiente del alimento guardado en la misma (Holman, 1965). Osmond et al citados por Maití (1983), establecieron que la transición de la germinación de las semillas al establecimiento de la plántula en el suelo, es la fase más importante en el ciclo de vida de una planta.

2.4.1. Tipos de plántulas.- Según Holman (1965), existen dos tipos de plántulas dependiendo del tipo de emergencia que presente:

- Emergencia epígea: Es propia de plántulas que elevan el o los cotiledones fuera del suelo.
- Emergencia hipógea: Este tipo de emergencia corresponde a plántulas en las cuales el o los cotiledones permanecen bajo tierra.

Según Diehl (1980), la emergencia hipógea ocurre cuando los órganos de reserva permanecen en el suelo y solamente la yema terminal se desarrolla y da nacimiento a la plántula. Esta germinación es propia de cultivos como el sorgo, el trigo y la mayoría de las monocotiledóneas (Cronquist, 1977).

En el caso del sorgo, según Cronquist (1977), el epicotilo alcanza la superficie por su propio crecimiento, el único cotiledón absorbe el alimento del endospermo, pasándolo al resto del embrión. La radícula (cubierta por la coleorriza), es la primera parte del embrión que sale de la semilla, poco después, rompe la coleorriza, que no desempeña ningún papel en la germinación y sigue adelante convirtiéndose en la raíz primaria. A continuación, el epicotilo emerge, todavía cubierto por el coleoptilo, éste empuja hacia arriba haciéndose verde y fotosintético, pronto es roto en la punta por las primeras hojas ordinarias que se desarrollan del epicotilo.

Mientras tanto, se forman raíces adventicias del hipocotilo y finalmente de la base del tallo. El endospermo, es en gran parte, desdoblado y absorbido durante la germinación. Por otro lado, el cotiledón persiste por un tiempo después que la plántula se ha establecido, pero posteriormente también se degenera y desaparece.

## 2.5. La fotomorfogénesis en la emergencia

El desarrollo de las plantas puede modificarse de manera profunda por la luz. Según Ray (1980), en la oscuridad no se

forma clorofila, los cloroplastos no se desarrollan y las hojas no se expanden, sino que quedan pequeñas y rudimentarias. Los entrenudos se alargan más de lo normal, de tal modo que la planta pronto se vuelve muy alta y delgada, este conjunto de síntomas se conoce como ahilamiento; ésta es una respuesta de gran valor para la planta ya que ocasiona que los tallos enterrados o muy sombreados se alarguen con rapidez sin el estorbo de hojas voluminosas y en este caso inútiles, hasta que emerge y sale a la luz lo cual restablece el patrón normal de desarrollo.

El efecto de la luz de revertir el ahilamiento implica dos tipos de acciones (Ray, 1980).

- A nivel bioquímico: se requiere la luz para el último paso de la síntesis de la clorofila, la conversión de la protoclorofila amarillenta en clorofila verde. En la oscuridad se acumula la protoclorofila, la exposición de la luz produce una conversión rápida a clorofila.
- A nivel morfogenético: la luz actúa para estimular la expansión de las hojas e inhibir el alargamiento de los entrenudos, a este fenómeno se le conoce como fotomorfogénesis.

En el caso de las gramíneas, cuando la punta del coleoptilo rompe la superficie del suelo y se pone en contacto con la luz, entonces se invierte el proceso de crecimiento; cesa el alargamiento del mesocotilo, la plúmula emerge del coleoptilo y en el primer nudo brotan raíces (Wilson, 1968).

El elemento central de estos procesos es el fitocromo,

que viene siendo una cromoproteína capaz de absorber luz desde los 200 hasta los 800 nanómetros (Sivori, 1980).

## 2.6. Factores que afectan la emergencia de las plántulas

De la emergencia de las plántulas dependerá básicamente la implantación o establecimiento de cualquier cultivo en general, por lo que destaca su importancia dentro del manejo de la agricultura en general.

Maití (1983), menciona que los siguientes factores son los que más afectan a la emergencia de las plántulas.

- Factores ambientales: Aereación, humedad, temperatura, encostramiento y compactación del suelo así como la profundidad de siembra.
- Características de la semilla: Tamaño, peso, densidad, letargo, viabilidad, madurez del grano y contenido de humedad.
- Factores bióticos: Plagas y enfermedades.
- Factores de manejo: Tipo de maquinaria utilizada.

## 2.7. Profundidad de siembra

La profundidad de siembra es un factor de gran importancia en el establecimiento de los cultivos, ya que determina la velocidad de emergencia, el porcentaje de germinación y en algunos casos la densidad de población (Hartmann y Kester, 1981).

Según Maití (1984), este factor depende en gran parte del manejo que se le da al suelo y al tipo de maquinaria utilizada; asimismo Murphy (1939), afirma que éstos, son factores que

el hombre puede controlar, a diferencia de los demás factores que quizás puedan controlarse parcialmente en el mejor de los casos.

Treviño y García (1984), encontraron que la profundidad de siembra en maíz al ser mayor de 7.5 cm afecta al porcentaje de emergencia en una forma inversa, también encontraron que de las cuatro profundidades de siembra estudiadas, la profundidad de siembra intermedia de 7.5 cm es en donde se obtuvieron las plantas más vigorosas (mayor peso seco de la parte emergida y mayor longitud de hoja). Así mismo, en el cultivo del frijol ayocote (Phaseolus coccineus L.), que es una hipógea al igual que el maíz, concluyeron que existe una relación inversa entre la profundidad de siembra y el porcentaje de emergencia.

Crespo (1985), encontró que en el frijol común, que es una planta epígea, 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.

Una siembra somera, según Diehl (1973), presenta las siguientes observaciones:

-No hay riesgos de ahilamiento del tallo hipocotileo o de la parte subterránea de los tallos, ya que el alargamiento excesivo de éstos repercute en las primeras etapas del crecimiento.

- Se corren riesgos (en zonas áridas) de una desecación superficial.
- Puede presentarse el problema de predadores (pájaros especialmente) y ésto puede ocasionar que se siembre a profundidades mayores a las óptimas.

Scifres citado por Crespo (1985), señala que en una siembra somera la semilla puede germinar, pero la plántula no sobrevive, ya que necesita un soporte para su establecimiento. Según Wilson (1968), al sembrar a poca profundidad el coleoptilo alcanza la superficie y es afectado por la luz tan rápidamente que se limita el alargamiento del mesocotilo.

Por lo que respecta a siembras profundas de maíz, Andrew (1953), afirma que se obtienen rendimientos pobres debido a lo siguiente:

- Se retrasa la formación de las raíces permanentes cerca del nudo coleoptilar.
- Se requiere más tiempo para la emergencia, incrementando así la exposición a enfermedades.
- Se modifica el balance entre el tiempo de la formación de la raíz permanente y el tiempo en que decae el primer entrenudo, lo que trae como consecuencia que se pierda la capacidad absorsiva de las raíces temporales.

Así mismo, Mela (1966) afirma que cuando la semilla se siembra demasiado profundo, consume todas sus reservas antes de que el tallito aflore a la superficie, con su pérdida consiguiente, pues aunque la raíz pueda absorber las sustancias

minerales disueltas en el agua, no ocurre lo mismo con el carbono, que sólo puede ser suministrado por la función clorofiliana.

La profundidad de siembra debe ser muy regular, pues esto condiciona una emergencia homogénea y simultánea.

2.7.1. Factores que determinan la profundidad de siembra.- Maití (1984) establece que la costra del suelo así como la nivelación del terreno, son dos factores muy importantes que influyen en la profundidad de siembra. Edmont (1967), considera que la profundidad de siembra depende de: 1) tipo de emergencia; 2) del contenido de oxígeno y de humedad del suelo. Fersini (1967), afirma que la época de siembra condiciona la profundidad de siembra. Resultados encontrados por I.N.T.A.A. citados por C.I.A.T. (1980), mencionan que en frijol, la profundidad de siembra está relacionada con el tamaño de la semilla. Además, Martin (1935) señala que también depende de la temperatura y del tipo de suelo.

2.7.1.1. Costra del suelo.- En muchos suelos y particularmente en los suelos de las zonas áridas, donde se tienen pocas cantidades de materia orgánica y que a menudo carecen de una cubierta vegetal, tienden a formar una densa costra bajo la acción impactante y aflojante de las gotas de lluvia y seguido por días soleados, este encostramiento tiene o presenta como efecto principal la obstrucción mecánica a la emergencia de las plántulas que están germinando y daño a las raíces mediante la

formación de torceduras, debido a la baja permeabilidad de las mismas, Maití citado por González (1984).

La emergencia de las plántulas de sorgo para grano disminuyen si la resistencia del suelo, medida en el penetrómetro, es mayor de tres bares y cesa cuando la resistencia está entre 13 y 18 bares, dependiendo del tipo de suelo, Parker y Taylor citados por Baver (1973).

Por todo ésto se comprende que en un suelo con efecto de costra, una semilla sembrada muy profundo difícilmente podría romper la costra y así emerger.

2.7.1.2. Nivelación.- Por lo general en la agricultura del Noroeste de México, la nivelación es rudimentaria y por lo tanto de mala calidad, siendo quizá el factor más importante que afecta al establecimiento de los cultivos, ya que ocasiona una mala cama de siembra, deficiente captación, distribución y conservación de la humedad del suelo, así como la desuniformidad en la profundidad de siembra y por lo tanto una desuniforme germinación, emergencia y desarrollo posterior de las plántulas (Maití, 1983).

2.7.1.3. Tipo de emergencia.- Según Edmont (1967), las plántulas con cotiledones que emergen del suelo requieren comunmente una siembra más superficial que las plántulas cuyos cotiledones permanecen en el suelo.

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

2.7.1.5. Epoca de siembra.- Las siembras anticipadas de primavera en terrenos fríos deberán ser hechas a menor profundidad que las de verano, con suelos calientes (Fersini, 1967). Según Alsina (1976), en climas húmedos se deberá disminuir la profundidad, la cual aumenta en los secos y cálidos; en lugares fríos donde se corra el riesgo de fuertes heladas, se deberá de enterrar más profundo la semilla.

2.7.1.6. Tamaño de semilla.- Fersini (1976), establece que una buena norma a seguir en la práctica de la profundidad de siembra, será la de recubrir la semilla a una profundidad de tres veces su tamaño.

Hanumaiah y Andres citados por Elizondo (1984), compararon la germinación, vigor de plántulas, tasa de crecimiento, desarrollo de la plántula y rendimiento en repollos y nabos de semillas pequeñas, medianas y grandes y sus resultados indican que para ambas especies las semillas grandes tuvieron más alta germinación y vigor que las semillas pequeñas, también se desarrollaron más rápidamente produciendo mejores plantas y mayores rendimientos que las semillas pequeñas.

Edwards y Hartwing citados por Elizondo (1984), compararon la germinación de tres líneas isogénicas de soya las que difieren en su tamaño de semilla, encontrando que en las semillas pequeñas la germinación ocurre más rápidamente.

Semillas de sorgo de un mismo genotipo fueron agrupadas en tres tamaños, se sembraron en charolas de madera para hacer estudios de la emergencia de la plántula con relación al tamaño de la semilla; los resultados encontrados mostraron que aparentemente no se tiene efecto en la emergencia de la plántula cuando se considera un sólo genotipo (Maití, 1983).

2.7.1.7. Temperatura y tipo de suelo.- Martin (1935), observó que el desarrollo de las plántulas de sorgo a diferentes profundidades se retrasa con temperaturas bajas, encontrando que a medida que se llega a una profundidad en que la temperatura sea de 15°C se retrasa el desarrollo de las plántulas.

Yakuma citado por Baver (1966), muestra como varía la temperatura dependiendo de la profundidad y del tipo de suelo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de la profundidad del suelo sobre la temperatura del mismo.

Profundidad (cm)	Arena (°C)	Marga (°C)	Arcilla (°C)	Turba (°C)
0	40.0	33.0	21.5	23.2
5	19.4	18.5	13.7	13.9
10	12.3	10.5	7.7	5.4
20	4.8	3.0	2.2	0.7
30	1.6	1.6	0.6	0.3

Los tipos de suelos influyen de manera determinante en la profundidad que se quiera dar a las siembras, así se tiene que los suelos arenosos pierden fácilmente la humedad superficial, ésto obliga a sembrar las semillas más profundas, sin que ello sea obstáculo para que reciba el calor atmosférico, pues la es casa capacidad calorífica de ésta clase de suelos, consecuencia del pequeño porcentaje de humedad que retienen, permite el fácil acceso de aquel agente, mientras que en los suelos arcillosos, la emergencia se dificulta conforme aumenta la profundidad (Mela, 1966).

2.7.2. Profundidad de siembra en sorgo.- La semilla debe depositarse a una profundidad de 3 cm en suelo seco y de 7 cm en suelo húmedo (I.N.I.A., 1964). A "tierra venida" se recomienda sembrarlo entre 5 y 7 cm de profundidad (I.N.I.A., 1976).

De acuerdo a las conclusiones obtenidas por estudiantes del Curso de Establecimiento de Cultivos del Colegio de Gradua dos de la FAUANL, llevados a cabo en verano de 1983, indican que el cultivo del sorgo presenta diferencias altamente significativas para emerger a 10 cm de profundidad, comparada con la emergencia a 5 cm, aunque en la primera se obtuvieron altos porcentajes de emergencia pero ocurrida más lentamente. En ba se a ésto, se decidió aumentar la profundidad de siembra a 12 cm y observar su efecto en diferentes genotipos, encontrándose que algunos fueron capaces de emerger a 12 cm de profundidad con buen vigor de plántula, sin descartar la posibilidad de que éstas pudiesen emerger a profundidades mayores.

Guzmán (1984), menciona que el cultivo del sorgo es sembrado por los agricultores de las zonas bajas del estado de Nuevo León, a una profundidad de 4 a 10 cm en tierras de riego y de 7 a 17 cm en tierras de temporal.

### 3. HIPOTESIS

El vigor de las plántulas será afectado por la profundidad de siembra en una relación inversa. Esto se deberá a que las semillas sembradas a mayores profundidades tendrán que alargar el epicotilo a una distancia mayor que las sembradas más superficialmente, 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. También se espera que el porcentaje de emergencia sea menor a profundidades mayores, ya que las plántulas agotarán la reserva de sus 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, Nuevo León, cuyas coordenadas geográficas son: 25°41' Latitud Norte y 100°20' Longitud Oeste; con una altura de 537 ms nm.

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

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

Las temperaturas así como las precipitaciones ocurridas durante el tiempo que estuvo el experimento en el campo se muestran en la Figura 3.

### 4.2. Genotipos utilizados

Se probaron los siguientes genotipos: LES 12R, LES 87R, LES 88R, LES 90R y LES 99R, cuyos porcentos de germinación fueron: 74, 72, 80, 80 y 94% respectivamente, en un estudio preliminar realizado en papel secante.

Este germoplasma fué proporcionado por el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la F.A.U.A.N.L., siendo cosechado en el verano de 1983.

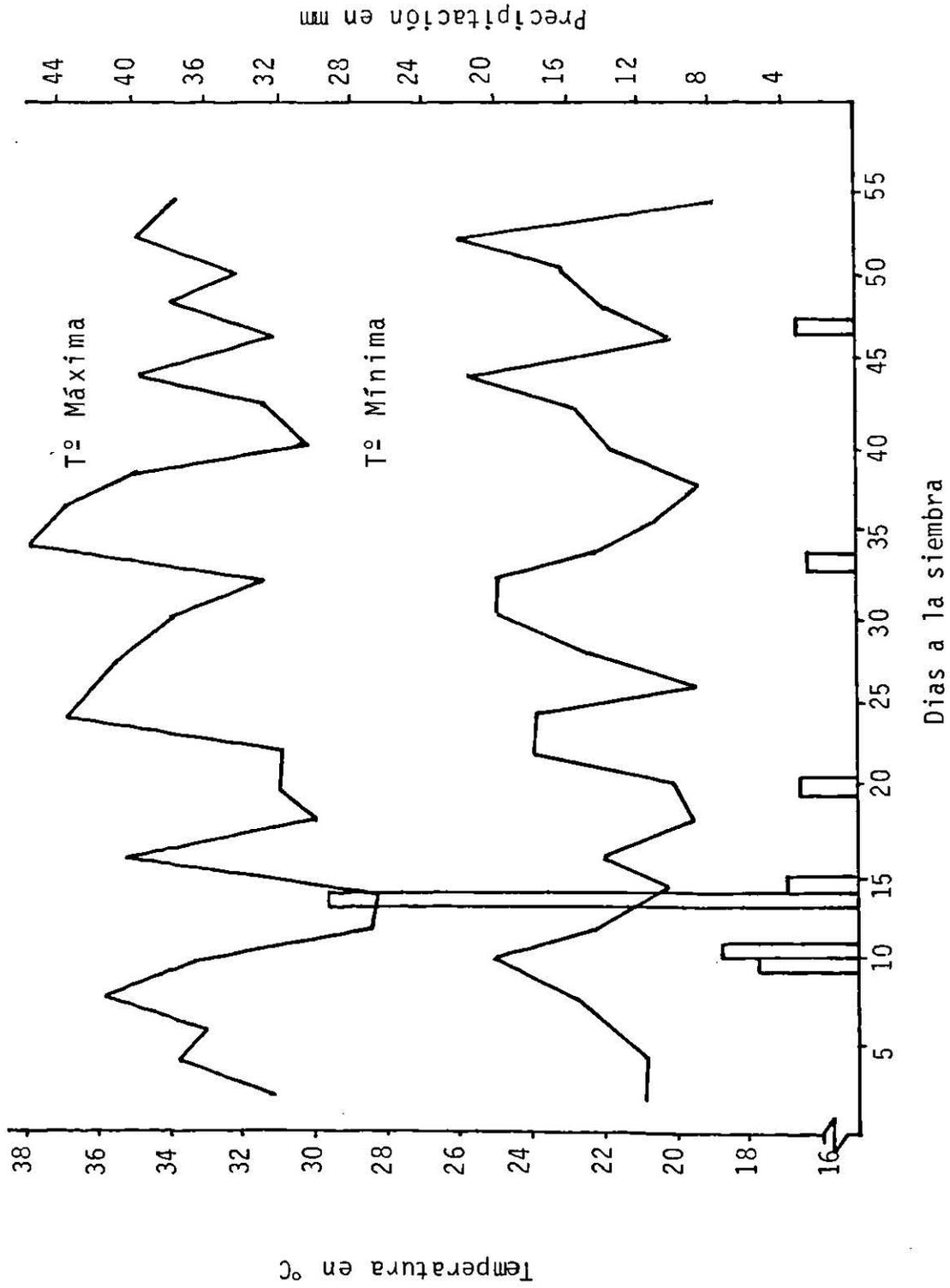


Figura 3. Condiciones ambientales en precipitación y temperatura, durante el período que permaneció el experimento en el campo.

En el Cuadro 2 se presentan las características de dicho material.

Cuadro 2. Características de los genotipos estudiados.

Genotipos	Color de testa	Peso de 100 semillas (g)	Volumen por semilla (cm <sup>3</sup> )
LES 12R	Rojo	2.28	0.022
LES 87R	Amarillo	2.32	0.020
LES 88R	Salmón	2.45	0.028
LES 90R	Rojo	2.21	0.023
LES 99R	Amarillo	2.36	0.029

#### 4.3. Tratamientos bajo estudio

Los tratamientos se formaron al combinar los 5 genotipos con 8 profundidades diferentes de siembra, generándose 40 tratamientos (Cuadro 3).

#### 4.4. Diseño experimental

Los tratamientos se aleatorizaron bajo un arreglo factorial dentro de un diseño completamente al azar. Cada tratamiento se repitió tres veces, formando en total 120 unidades experimentales y cada una de ellas estuvo formada por tres 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 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 del  $j$ -ésimo genotipo sobre el vigor de las plántulas.

$(PV)_{ij}$  = Efecto de la  $i$ -ésima profundidad sobre el  $j$ -ésimo genotipo.

$E_{ijk}$  = Error experimental.

Cuadro 3. Tratamientos bajo estudio.

Genotipos	Profundidades		Tratamientos	
LES 12R (G1)	2 cm (P1)	10 cm (P5)	G1P1	G1P5
	4 cm (P2)	12 cm (P6)	G1P2	G1P6
	6 cm (P3)	14 cm (P7)	G1P3	G1P7
	8 cm (P4)	16 cm (P8)	G1P4	G1P8
LES 87R (G2)	2 cm (P1)	10 cm (P5)	G2P1	G2P5
	4 cm (P2)	12 cm (P6)	G2P2	G2P6
	6 cm (P3)	14 cm (P7)	G2P3	G2P7
	8 cm (P4)	16 cm (P8)	G2P4	G2P8
LES 88R (G3)	2 cm (P1)	10 cm (P5)	G3P1	G3P5
	4 cm (P2)	12 cm (P6)	G3P2	G3P6
	6 cm (P3)	14 cm (P7)	G3P3	G3P7
	8 cm (P4)	16 cm (P8)	G3P4	G3P8
LES 90R (G4)	2 cm (P1)	10 cm (P5)	G4P1	G4P5
	4 cm (P2)	12 cm (P6)	G4P2	G4P6
	6 cm (P3)	14 cm (P7)	G4P3	G4P7
	8 cm (P4)	16 cm (P8)	G4P4	G4P8
LES 99R (G5)	2 cm (P1)	10 cm (P5)	G5P1	G5P5
	4 cm (P2)	12 cm (P6)	G5P2	G5P6
	6 cm (P3)	14 cm (P7)	G5P3	G5P7
	8 cm (P4)	16 cm (P8)	G5P4	G5P8

El esquema general de la aleatorización y distribución de los tratamientos en el campo se puede apreciar en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Aleatorización y distribución de los tratamientos en el campo (esquema). Orden de los números: Profundidad (cm), Genotipos (1: LES 12R, 2: LES 87R, 3: LES 88R, 4: LES 90R, 5: LES 99R) y Repetición.

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

#### 4.5. Método de siembra

La siembra se efectuó el 4 de mayo de 1985 en un lote previamente roturado, rastreado y regado. Se sembró en bolsas de plástico de color negro de un diámetro de 20 cm, a las cuales se les cortó ambos extremos, formando así un tubo de plástico, ésto es con el fin de que la tierra de las bolsas sea una continuación de la tierra en el terreno, de ésta manera las raíces de las semillas que fueron sembradas a mayor profundidad no se vean limitadas en su desarrollo por la bolsa, sino que pudieran continuar su desarrollo.

Cuando la tierra dió su punto óptimo de humedad para la siembra (determinado empíricamente), se procedió a realizar la misma. De una parte del lote se extrajo la tierra con que se llenaron las bolsas ya organizadas e identificadas por tratamiento: estas bolsas fueron colocadas sobre el suelo removido y pulverizado, acto seguido se iban llenando las bolsas, hasta la profundidad que indicaba el tratamiento, ésta se iba midiendo con una regla graduada en mm.

Se depositaron 3 semillas en cada bolsa, de manera conveniente para facilitar la polaridad de la radícula y de la plúmula al momento de la germinación, una vez hecho ésto se procedía a terminar de llenar la bolsa. Todo este procedimiento se hacía llenando una bolsa a la vez, con el objetivo de conservar la humedad de la tierra.

Al terminar de sembrar, alrededor de todas las bolsas se amontonó tierra, ésto se realizó para que no tuvieran mucha ex

posición al sol y con ésto perdieran humedad.

#### 4.6. Toma de datos

Las primeras plántulas emergieron al séptimo día, registrándose cotidianamente las plántulas emergidas hasta los 13 días después de la siembra. Posteriormente cada dos días se tomaron las alturas de las plántulas, una vez hecho ésto, a los 21 días después de la siembra, se dejó una sola plántula de las 3 sembradas originalmente en cada bolsa (ésto se realizó aleatoriamente), y las plántulas retiradas se tomaron como el primer muestreo, para obtener el peso seco y el área foliar iniciales.

Se tomaron las alturas a los 25, 30, 40, 45, 51 y 54 días después de la siembra, entonces fué cuando se procedió a realizar el muestreo final y así obtener el peso seco y área foliar finales.

#### 4.7. Variables bajo estudio

##### 4.7.1. Morfológicas

4.7.1.1. Altura de plántula.- La altura se consideró como la distancia desde el nivel del suelo hasta el ápice de la última hoja ligulada. Esta práctica se llevó a cabo con una regla graduada en mm.

4.7.1.2. Area foliar.- Para estimar esta variable se siguieron dos métodos: el "gravimétrico" y "el factor de corrección".

## 1. Método gravimétrico.

- Se pesa una hoja de papel de dimensiones conocidas, obteniendo después el peso de esa área.
- En hojas de papel del mismo tipo que el anterior, se dibujan las hojas de las plántulas previamente identificadas por tratamiento; luego dichos dibujos se recortan por su contorno y se pesan en una balanza.
- 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 = área de los dibujos recortados = área foliar de la plántula

## 2. Método "Factor de corrección"

Este método se utilizó para medir el área foliar a los 54 días posteriores a la siembra y se explica a continuación:

$$Y = \text{largo de la hoja} \times \frac{\text{ancho de la hoja}}{\text{en su parte media}} \times 0.75$$

en donde:

Y = área foliar

0.75 = factor de corrección

### 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% + 1 de las plántulas de

cada unidad experimental estuvieron emergidas. Se consideró como plántula emergida aquella cuya altura fuese mayor a 0.5 cm sobre el nivel del suelo.

4.7.2.2. Porcentaje de emergencia.- Como todos los genotipos tenían un porcentaje de germinación menor al 100%, se procedió a ajustar su porcentaje mediante la siguiente fórmula:

$$X = \frac{NPS \times 10^4}{NSS \times PSEG}$$

en donde:

X = Porcentaje de emergencia

NPS = Número de plántulas emergidas

NSS = Número de semillas sembradas

PSEG= Porcentaje de semillas que se espera que germinen.

$10^4$  = Constante

4.7.2.3. Peso seco.- Esta variable fué cuantificada a los 21 y 54 días después de la siembra. Luego de cortar las plántulas al ras del suelo se colocaron en bolsas de papel, que estaban identificadas, una vez hecho ésto se procedió a secar las plántulas mediante dos procedimientos:

- Las plántulas del primer muestro, fueron secadas en una estufa (marca Thelco, modelo 26) durante 72 horas a una temperatura de 60°C, después se pesaron en una balanza analítica (marca Sartorius, modelo 2842) registrando así, el peso seco de cada plántula.

- Por lo que respecta a las plántulas del muestreo final, éstas fueron puestas a secar en un cuarto de secado, a una temperatura de 70°C, 72 horas después se pesaron en una balanza eléctrica digital (marca Sartorius, modelo 1206).

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.

Se determinó la TAN para la etapa comprendida de los 21 a los 54 días posteriores a la siembra. La fórmula utilizada para calcularla fué la siguiente:

$$TAN = \frac{PS2 - PS1}{33} \times \frac{1}{(AF1 + AF2)(.5)}$$

en donde:

TAN = Tasa de asimilación neta  
 PS1 = Peso seco a los 21 días de la siembra  
 PS2 = Peso seco a los 54 días de la siembra  
 AF1 = Area foliar a los 21 días de la siembra  
 AF2 = Area foliar a los 54 días de la siembra  
 33 = Días entre los muestreos

4.7.2.5. Tasa relativa de crecimiento (TRC).- También es 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, 1982). Esta variable fué obtenida para la etapa de los 21 a

los 54 días después de la siembra mediante la siguiente fórmula:

$$TRC = \frac{PS2 - PS1}{33} \times \frac{1}{PS1}$$

En donde:

TRC = Tasa relativa de crecimiento

PS1 = Peso seco a los 21 días de la siembra

PS2 = Peso seco a los 54 días de la siembra

33 = Días entre los muestreos

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 21 a los 54 días posteriores a la siembra y se estimó mediante la siguiente fórmula:

$$TCC = \frac{PS2 - PS1}{33}$$

En donde:

TCC = Tasa de crecimiento del cultivo

PS1 = Peso seco a los 21 días de la siembra

PS2 = Peso seco a los 54 días de la siembra

33 = Días entre los muestros

#### 4.8. Practicas culturales

Se eliminaron las malezas que aparecieron en el ciclo, pa

ra evitar que así compitieran con el cultivo.

#### 4.9. Análisis estadístico

Los datos que se obtuvieron fueron agrupados en tablas, se calculó la media por unidad experimental; éstas fueron ordenadas y codificadas para ser posteriormente procesadas 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 corelaciones simples entre las variables, así como las ecuaciones de regresión utilizando el procedimiento de selección "por pasos" considerando al peso seco como variable dependiente y a las siguientes variables como independientes:

1. Días a la emergencia, porcentaje de emergencia, así como los pesos secos, las alturas y las áreas foliares a los 21 y 54 días posteriores a la siembra.
2. Las mismas variables citadas en el punto anterior y también TAN, TRC y TCC.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Días a la emergencia

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas en el efecto de las profundidades de siembra y entre los genotipos estudiados (Cuadro 1A).

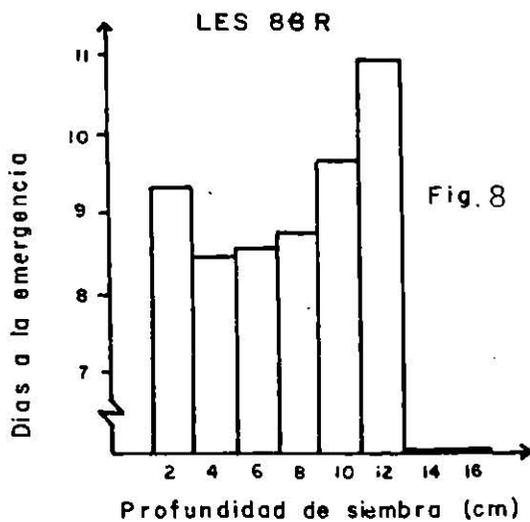
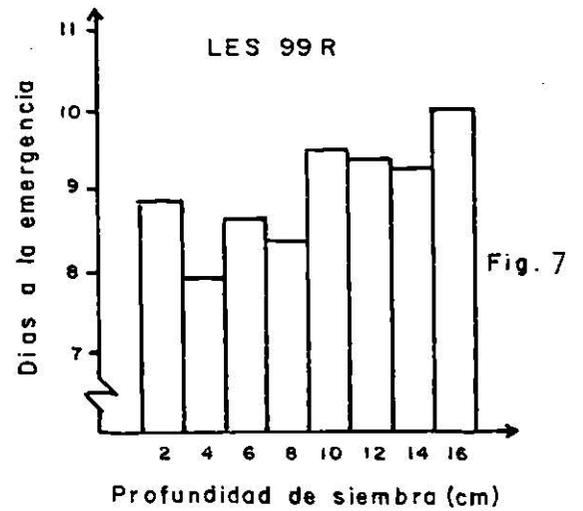
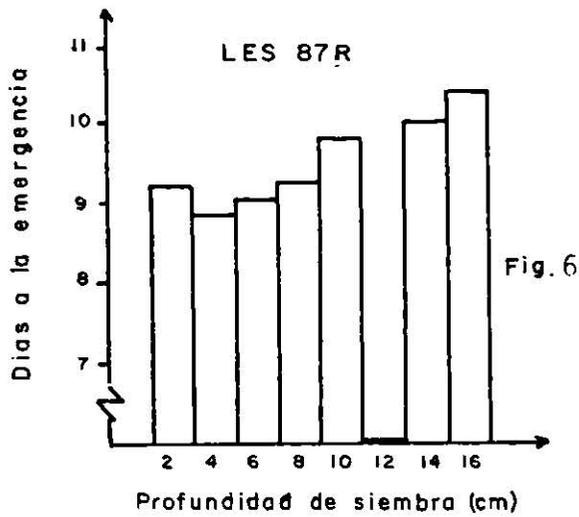
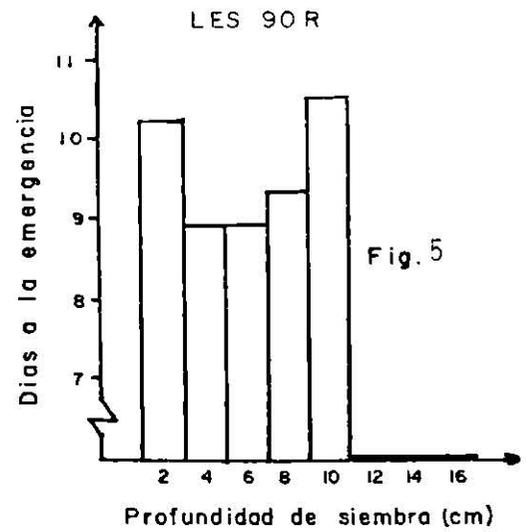
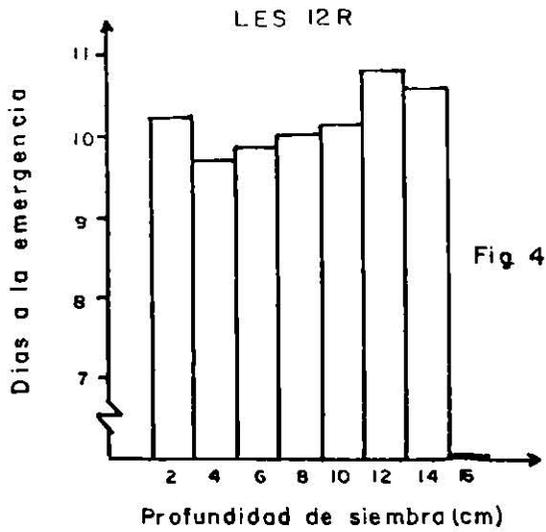
Las semillas sembradas a 4, 6 y 8 cm de profundidad fueron las que más rápido emergieron necesitando 8.7, 9.0 y 9.1 días respectivamente; mientras que la siembra superficial de 2 cm y las más profundas de 10, 14, 16 y 12 cm necesitaron más tiempo, siendo éste entre 9.6 y 10.1 días (Cuadro 2A; Figuras 4 a la 8).

De los genotipos estudiados, LES 99R, LES 88R y LES 87R fueron los que presentaron la mayor velocidad de emergencia con 9.0, 9.1 y 9.4 días respectivamente, siendo LES 12R el genotipo que más tardó en emerger con 10.2 días (Cuadro 2A).

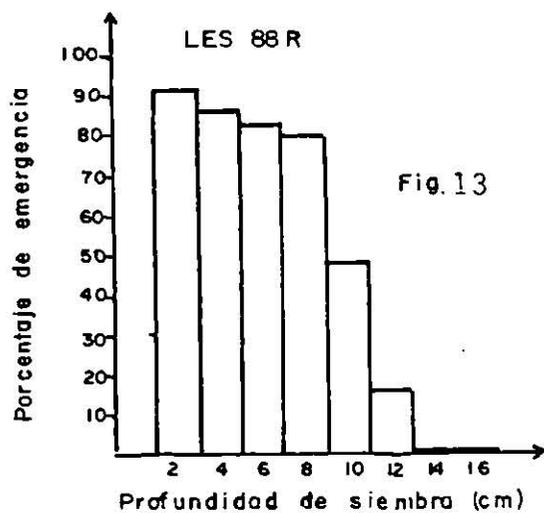
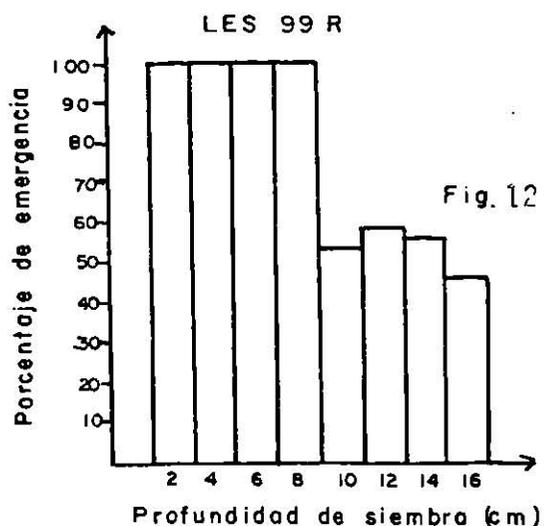
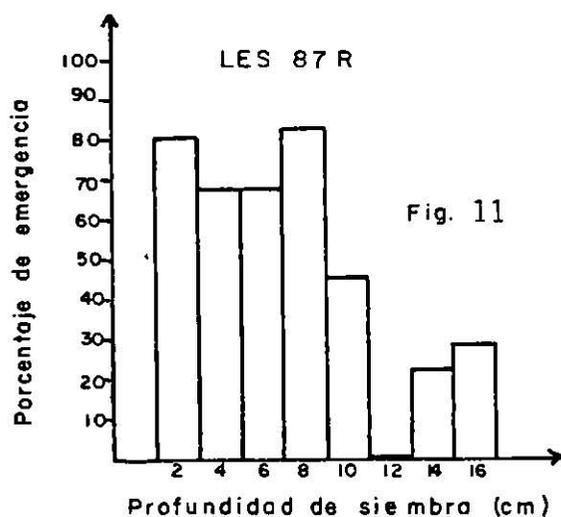
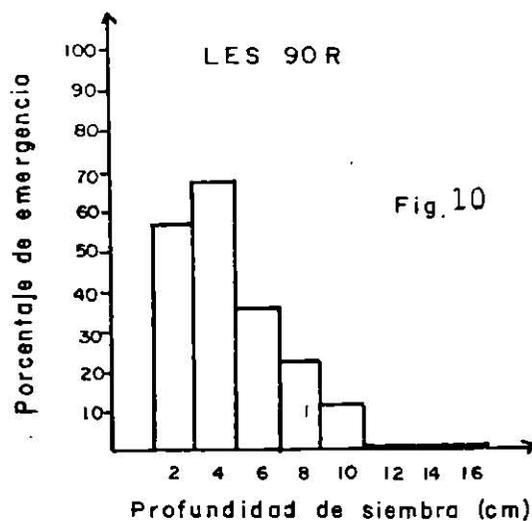
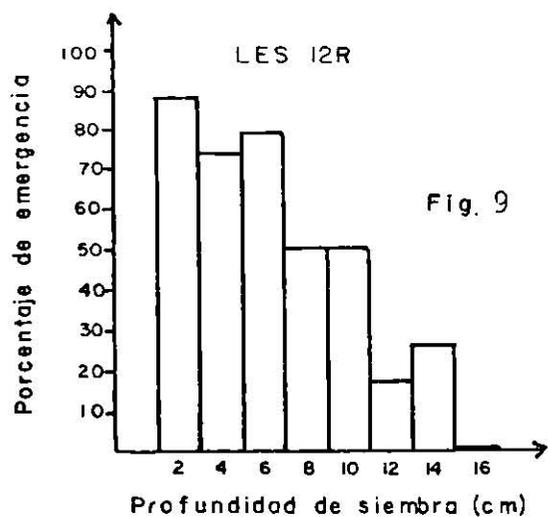
### 5.2. Porcentaje de emergencia

Se presentaron diferencias altamente significativas en el efecto de las profundidades de siembra y en los genotipos estudiados (Cuadro 1A).

Se presentó una relación inversa entre las profundidades de siembra y el porcentaje de emergencia (Figuras 9 a la 13). Los genotipos sembrados de 2 a 8 cm fueron los que mayor porcentaje de emergencia presentaron, con medias entre 70.4 y 59.1%, y el más bajo porcentaje se presentó a 12 cm con 39.3%



Figuras 4 a la 8.  
Efecto de las profundidades de siembra sobre los días a la emergencia de los genotipos bajo estudio.



Figuras 9 a la 13.  
Efecto de la profundidad de siembra sobre el porcentaje de emergencia de los genotipos de sorgo bajo estudio.

(Cuadro 2A).

Entre los genotipos, los que presentaron mayor porcentaje de emergencia fueron: LES 99R y LES 88R con 67.8 y 61.5% respectivamente, el de menor porcentaje fue LES 90R con 38.6% (Cuadro 2A).

### 5.3. Altura de plántula

Esta variable fué cuantificada en diez ocasiones durante el crecimiento del cultivo y en todas se encontró diferencias altamente significativas en cuanto a genotipos, con respecto al efecto de las profundidades de siembra, su significancia ocurrió en los primeros 4 muestreos (13, 15, 17 y 21 días después de la siembra). Además a los 25 y 30 días posteriores a la siembra, se presentaron diferencias significativas en la interacción de los factores profundidad por genotipo (Cuadro 1A).

En general, durante todo el experimento en las profundidades intermedias (4, 6, 8 y 10 cm) se encontraron las plántulas con mayor altura (Figuras 14, 15 y 16).

A los 21 días después de la siembra en las profundidades de 4, 12, 6, 8 y 10 cm se produjeron las mayores alturas de plántulas con 16.8, 16.2, 15.7, 15.6 y 14.7 cm respectivamente, mientras que las profundidades de 14, 16 y 2 cm presentaron plántulas con 13.3, 12.6 y 11.4 cm de altura, siendo esta dísticamente las menores (Cuadro 3A).

Por lo que respecta a los genotipos, a los 21 días des-

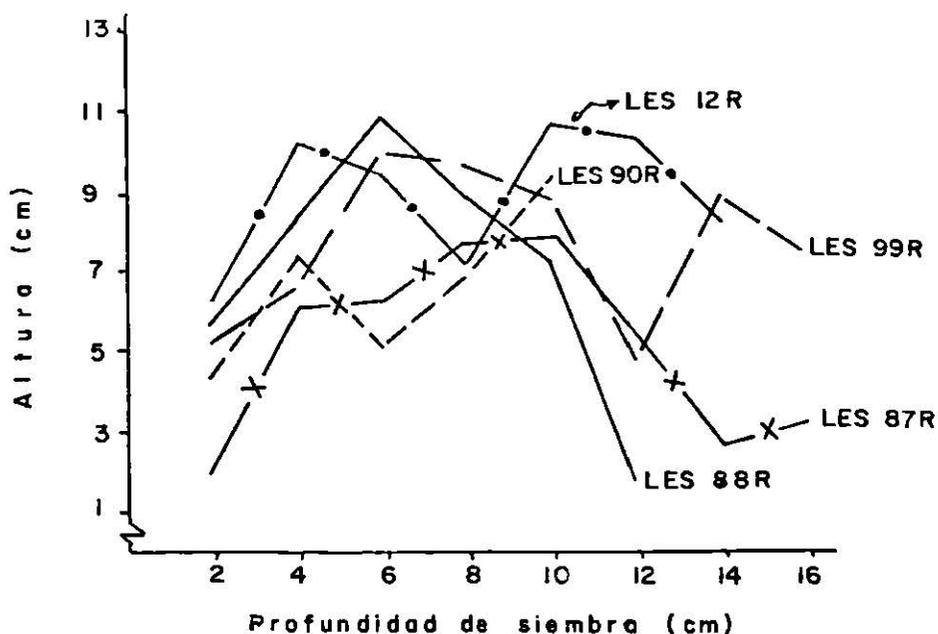


Figura 14. Efecto de la profundidad de siembra sobre la altura de cada uno de los genotipos bajo estudio. Se estimó a los 13 días después de la siembra.

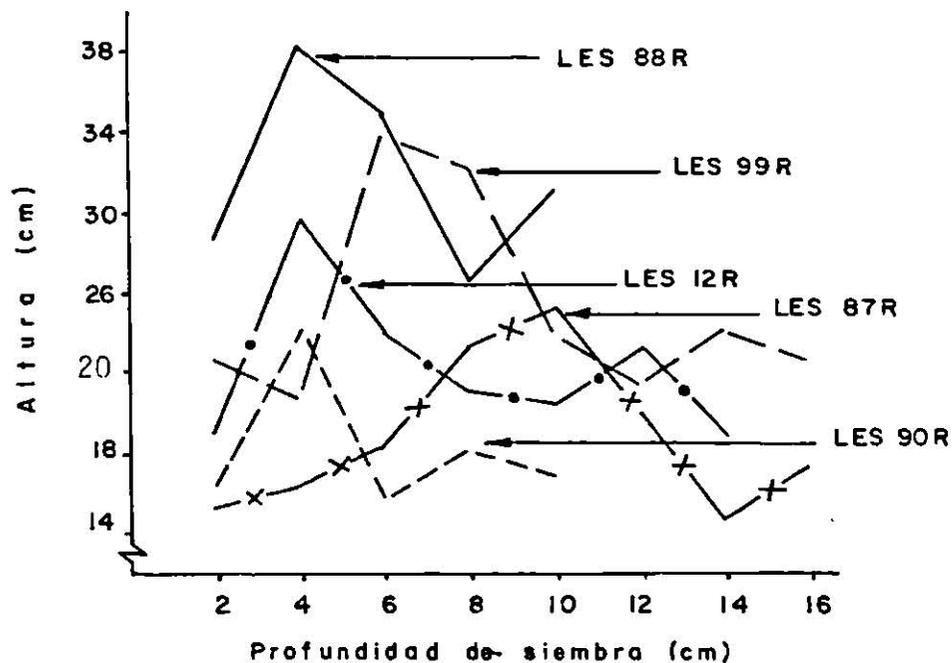


Figura 15. Efecto de la profundidad de siembra sobre la altura de cada uno de los genotipos bajo estudio. Se estimó a los 24 días después de la siembra.

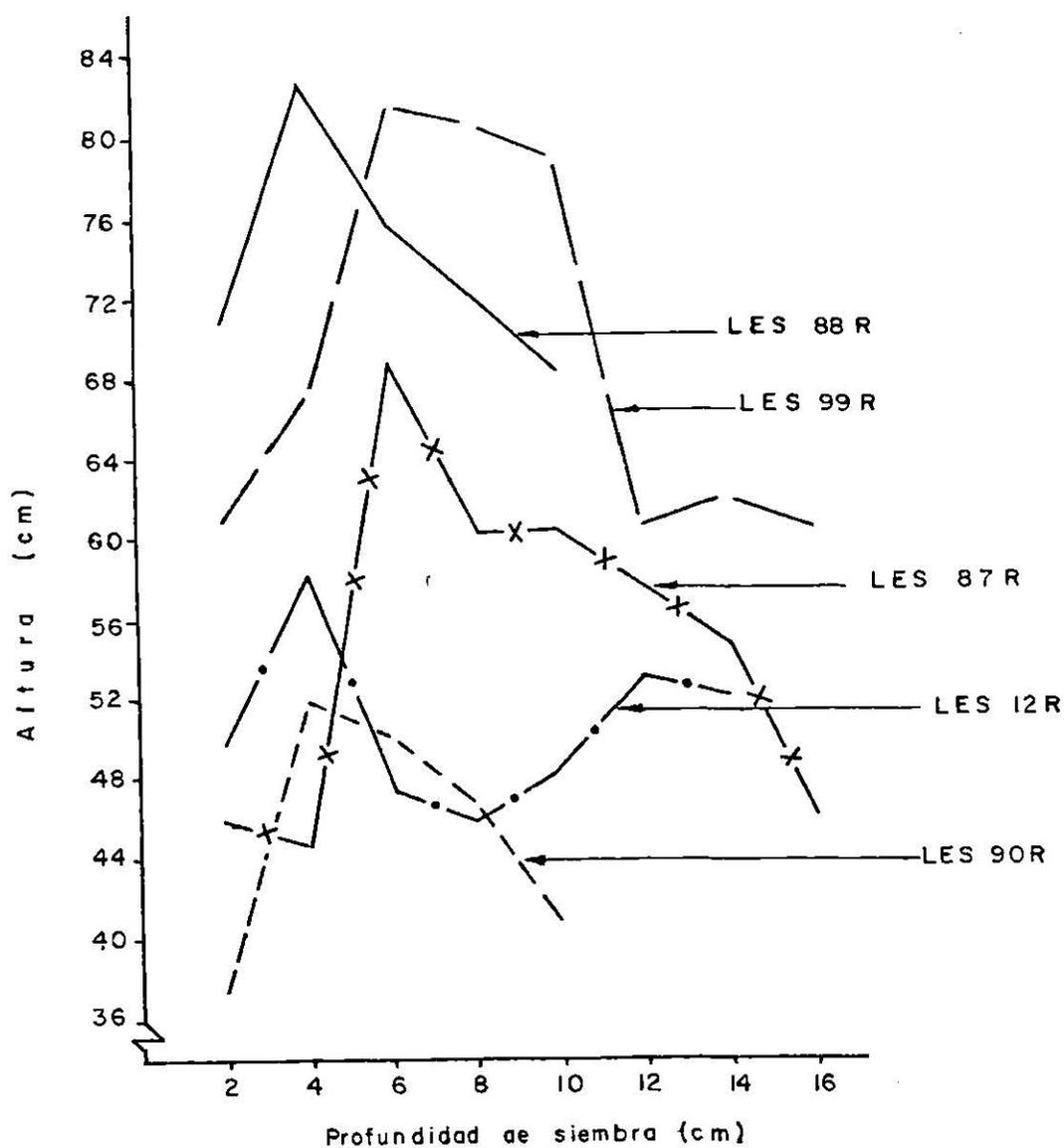


Figura 16. Efecto de la profundidad de siembra sobre la altura de cada uno de los genotipos bajo estudio. Se estimó a los 54 días después de la siembra.

pués de la siembra, LES 88R fué el que presentó las plántulas con mayor altura, siendo de 19.1 cm, mientras que los genotipos LES 90R y LES 87R fueron los que presentaron las menores alturas de plántulas con 12.2 y 11.3 cm respectivamente (Cuadro 3A).

A los 54 días de la siembra los genotipos LES 88R con 74.3 cm y LES 99R con 71.2 cm presentaron las plántulas más altas; siendo LES 87R, LES 12R y LES 90R los genotipos que obtuvieron menores alturas con 55.8, 50.5 y 45.2 cm respectivamente (Cuadro 3A).

A partir de los 25 días posteriores a la siembra, las diferencias se debieron también a la interacción profundidad por genotipo (Figura 17), encontrando que los tratamientos que presentaron las plántulas más altas, con alturas que van de 38.4 a 21.0 cm, fueron los genotipos LES 88R, LES 99R y LES 12R sembrados de los 2 a los 10 cm (Cuadro 4A). Posteriormente, 5 días después, se mantenía la misma tendencia (Figura 18), siendo los genotipos LES 88R, LES 99R y LES 12R los que presentaron las mayores alturas que fluctuaron entre 48.9 y 26.4 cm a profundidades de siembra de 2 a 10 cm (Cuadro 5A).

#### 5.4. Area foliar

A los 21 días posteriores a la siembra, se presentaron diferencias altamente significativas de los efectos de las profundidades de siembra y de los genotipos. Además, diferencias significativas en la interacción de ambos factores.

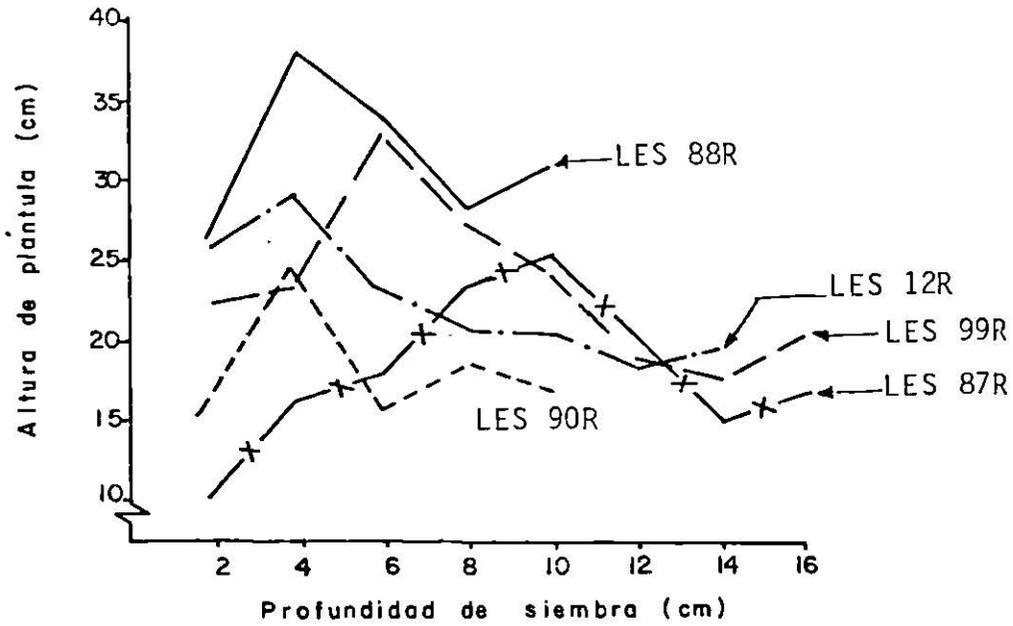


Figura 17. Altura de plántula resultante de la interacción profundidad por genotipo a los 25 días de la siembra.

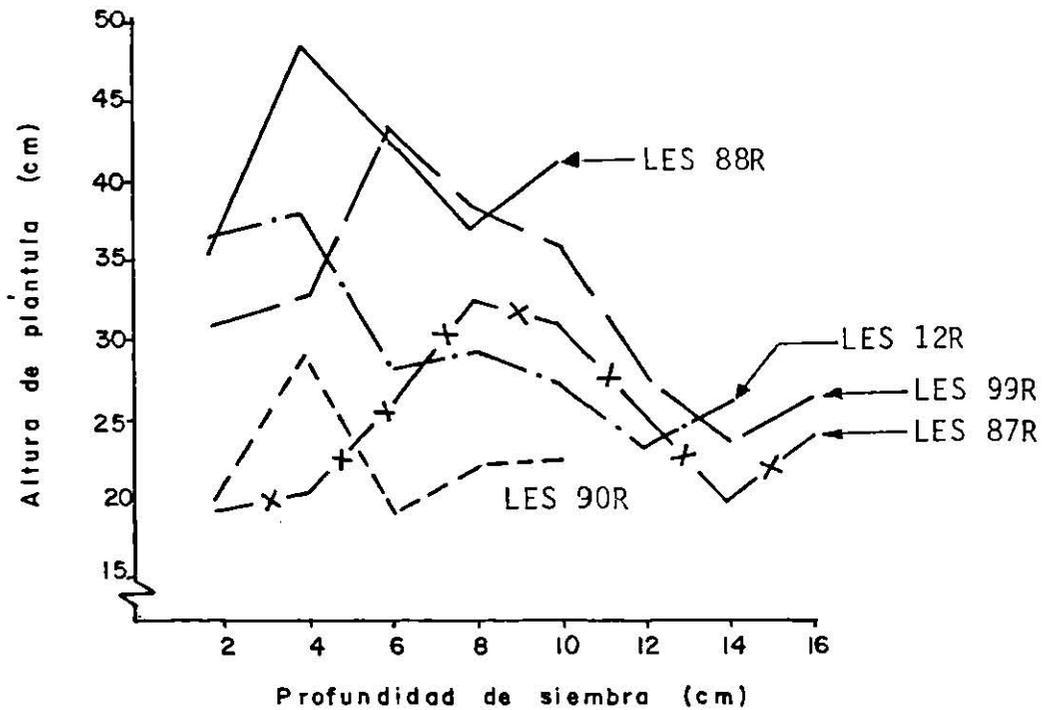


Figura 18. Altura de plántula resultante de la interacción profundidad por genotipo a los 30 días de la siembra.

A los 54 días posteriores a la siembra, sólo se encontraron diferencias altamente significativas en cuanto a genotipos (Cuadro 1A). No obstante, de acuerdo con la tendencia, en las profundidades intermedias fué en donde se presentó la mayor área foliar (Figura 19).

Así tenemos que a los 21 días posteriores a la siembra, las profundidades de 4, 6 y 8 cm presentaron la mayor área foliar con 516.24, 484.55 y 354.98 cm<sup>2</sup>, respectivamente (Cuadro 6A). Por otra parte a los 21 días posteriores a la siembra, los genotipos que presentaron las mayores áreas foliares fueron: LES 88R con 591.9 cm<sup>2</sup> y LES 99R con 426.5 cm<sup>2</sup> (Cuadro 6A).

Posteriormente, a los 54 días de la siembra, los genotipos LES 88R y LES 99R siguieron presentando las mayores áreas foliares con 1711.9 y 1625.4 cm<sup>2</sup> respectivamente (Cuadro 6A).

En relación al efecto de la interacción genotipos por profundidades, las mayores áreas foliares fueron las siguientes: LES 88R a las profundidades de 4 y 6 cm con 1124.0 y 778.4 cm<sup>2</sup> respectivamente y el genotipo LES 99R a la profundidad de 6 cm con 600.6 cm<sup>2</sup>, mientras que las menores se presentaron en el genotipo LES 87R a las profundidades de 14, 16 y 2 cm con 166.0, 144.8 y 85.9 cm<sup>2</sup> (Cuadro 7A; Figura 20).

#### 5.5. Peso seco

A los 21 días posteriores a la siembra se encontraron diferencias altamente significativas de los efectos de las profundidades de siembra y de los efectos de los genotipos.

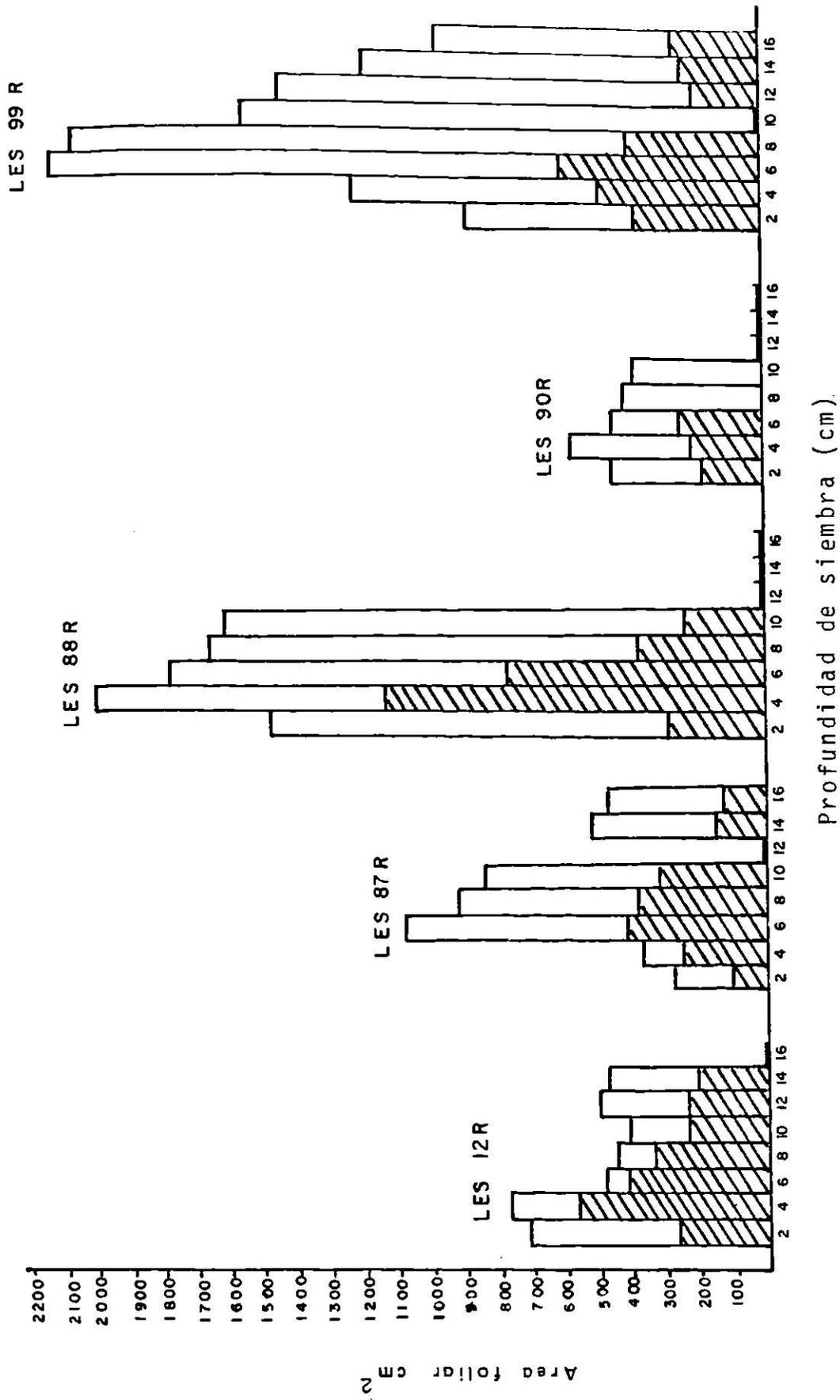


Figura 19. Efecto de la profundidad de siembra sobre el área foliar de los genotipos de sorgo bajo estudio, estimados a los 21 días (▨) y a los 54 días (□) posteriores a la siembra.

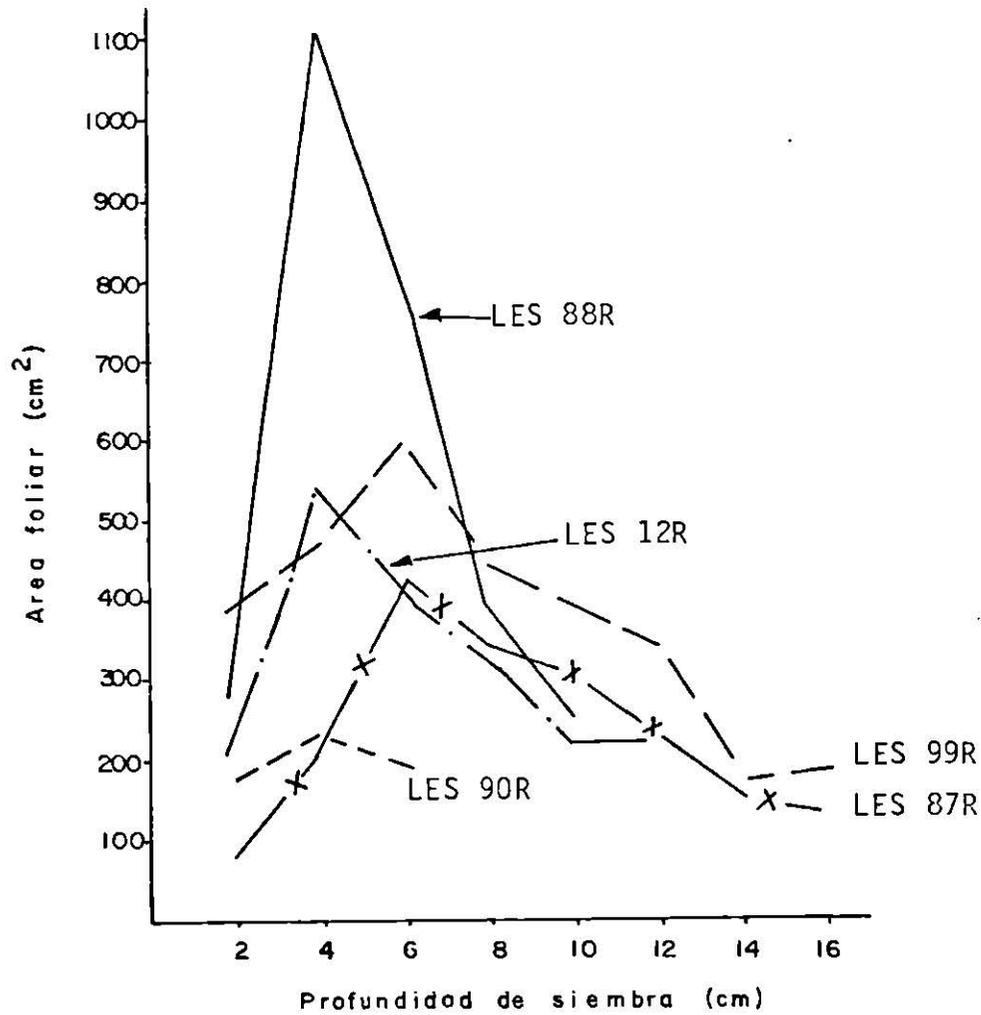


Figura 20. Area foliar a los 21 días de la siembra como resultado de la interacción profundidad por genotipo.

No se presentó ésto a los 54 días a la siembra, en donde sólo entre los genotipos se presentaron diferencias altamente significativas (Cuadro 1A).

Al igual que en el caso de la variable área foliar, se encontró que en las profundidades de siembra intermedias se presentaron los mayores pesos secos (Figura 21). Así tenemos que a los 21 días posteriores a la siembra las profundidades de 4 a 12 cm fueron las que indujeron mayor peso seco siendo éste entre 0.21 y 0.11 g, mientras que los valores menores fueron en las profundidades de 2, 14 y 16 cm, las dos primeras con 0.09 g y la última con 0.08 g (Cuadro 8A). A los 54 días de la siembra, las tendencias nos señalan que el mayor peso seco se presentó en las profundidades intermedias (Figura 21).

En lo referente a genotipos, a los 21 días a la siembra el que mayor peso seco presentó fué LES 88R con 0.24 g (Cuadro 8A). Posteriormente a los 54 días a la siembra, los genotipos LES 88R y LES 99R fueron los que presentaron mayor peso seco, siendo de 13.1 y 10.4 g respectivamente (Cuadro 8A).

#### 5.6. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC)

Se presentaron diferencias altamente significativas sólo en el caso de los efectos de los genotipos, no así en el efecto de las profundidades ni de la interacción de ambos factores (Cuadro 1A).

Los genotipos que presentaron mayor TCC fueron: LES 88R y LES 99R con 0.42 y 0.35 g/día (Cuadro 9A).

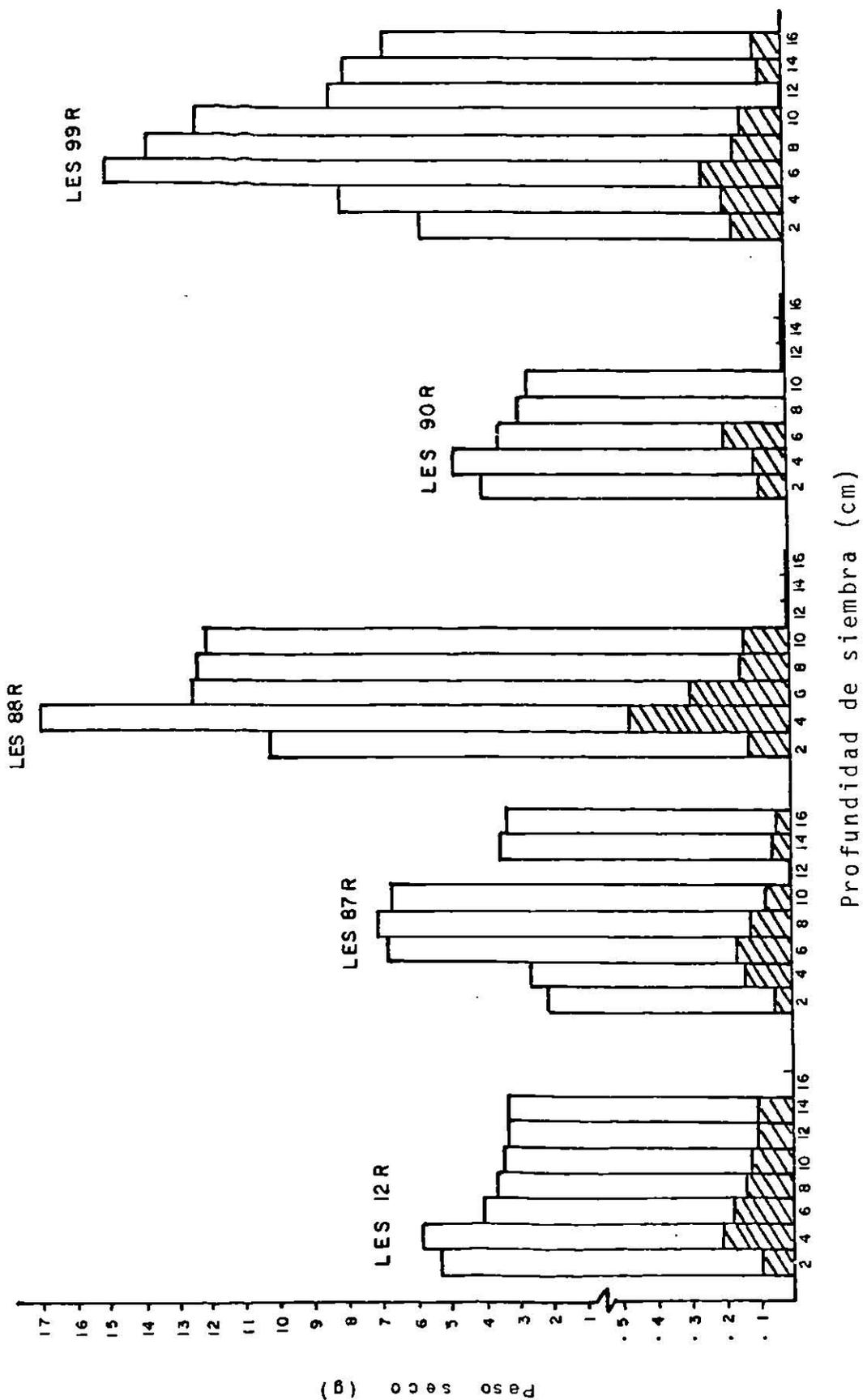


Figura 21. Efecto de la profundidad de siembra sobre el peso seco de los genotipos de sorgo bajo estudio, estimado a los 21 días (▨) y a los 54 días (□) posteriores a la siembra.

### 5.7. Tasa relativa de crecimiento (TRC)

Esta variable presentó diferencias significativas sólo entre genotipos, no así en el efecto de las profundidades ni de la interacción de ambos factores (Cuadro 1A).

Los genotipos que presentaron mayor TRC fueron LES 99R y LES 88R con 3.4 y 2.8 g/g/día. (Cuadro 9A).

### 5.8. Tasa de asimilación neta (TAN)

Los análisis para esta variable no presentaron diferencias en el efecto de las profundidades, ni de los genotipos ni de la interacción de ambos factores (Cuadro 1A).

### 5.9. Relaciones entre las variables

Se tomaron en cuenta las variables peso seco y área foliar, por considerarlas como las que mayor influencia tienen en el vigor de las plántulas.

5.9.1. Peso seco.- A los 21 días posteriores a la siembra, esta variable presentó entre otras, una correlación altamente significativa con el área foliar a los 21 días posteriores a la siembra con un coeficiente de .98; con los días a la emergencia una correlación altamente significativa y negativa con un valor de -.33, lo cual significa que al aumentar éstos, el peso seco tenderá a ser menor (Cuadro 10A).

A los 54 días posteriores a la siembra, se presentaron correlaciones altamente significativas y positivas con las si

güentes variables: área foliar a los 54 días posteriores a la siembra con .97, TCC con .99 y la altura de plántula a los 54 días posteriores a la siembra con .83. En estos casos se observa que existe una relación directa casi perfecta o sea que al aumentar estas variables, el peso seco lo hará de una manera similar.

Tomando en cuenta el peso seco a los 54 días de la siembra como variable dependiente, el análisis de regresión utilizando el procedimiento de selección "por pasos", presentó los siguientes modelos como algunos de los más apropiados para estimar el peso seco.

$$1. \text{ Peso seco} = 0.1044 + 30.1852 \text{ TCC}$$

Con una  $R^2$  de 0.99, considerándose altamente significativa.

$$2. \text{ Peso seco} = 0.1684 + 0.0069 \text{ Area foliar a los 54 días posteriores a la siembra.}$$

Con una  $r^2$  de 0.94, considerándose altamente significativa.

Estos modelos se escogieron por presentar sólo una variable y tener  $R^2$  parecidas a los demás (Cuadros 11A y 12A).

5.9.2. Area foliar.- A los 21 días posteriores a la siembra, esta variable presentó una correlación altamente significativa pero negativa con los días a la emergencia con un coeficiente de -.35, ésto significa, igual que en el caso del peso seco a los 21 días posteriores a la siembra, que al aumentar los días a la emergencia el área foliar tenderá a ser menor (Cuadro 10A)

A los 54 días posteriores a la siembra, presentó correlaciones altamente significativas con las siguientes variables:

TCC con .97 y altura a los 54 días posteriores a la siembra con .85; ésto nos explica que entre el área foliar a los 54 días de la siembra y estas variables existe una relación directa y casi perfecta.

## 6. DISCUSION

En general, los resultados nos indican que la profundidad de siembra afectó a las principales variables que estiman el vigor de las plántulas, como son el área foliar y el peso seco (Cuadro 1A); también afecta el establecimiento del cultivo, considerando que la velocidad y porcentaje de emergencia se ven afectados (Cuadro 1A).

Al igual que Cuellar (1985), la velocidad y el porcentaje de emergencia en relación a la profundidad de siembra presentan dos fases: 1) En la profundidad de siembra superficial de 2 cm, en todos los genotipos la emergencia se retrasó, esto puede explicarse si consideramos que las capas superficiales del suelo se desecan más rápidamente, afectando el desarrollo de las plántulas y provocando que no emerjan hasta que las condiciones sean favorables, en cuanto a humedad; 2) En las demás profundidades, si se mostró una relación lineal inversa de la velocidad y porcentaje de emergencia con la profundidad de siembra en el caso de todos los genotipos, esto puede explicarse en base a que a mayor profundidad de siembra la plántula tiene que desplazar sus tejidos una distancia mayor para emerger.

Por otro lado, cabe señalar que las plántulas de los genotipos LES 99R y LES 88R presentaron una velocidad y porcentaje de emergencia mayor que el resto de los genotipos; esto se explica al comparar el tamaño de las semillas entre los cultivos, encontrando que las semillas de los genotipos antes mencionados son los más grandes, y por lo tanto cuentan con una

mayor cantidad de reservas nutritivas. Similar situación reportaron Hanumaiah y Andres, citados por Elizondo (1984), sobre la emergencia de semillas de distintos tamaños en cultivos de repollos y nabos.

La altura de plántula fue afectada por la profundidad de siembra, encontrándose que en las profundidades intermedias de 4 a 10 cm era en donde se presentaron las plántulas más altas ésto es debido principalmente por que fueron las primeras plántulas en emerger (Cuadro 5).

A partir del día 25 posterior a la siembra, la interacción profundidad por genotipo determinó la altura de plántula; se pudo apreciar que los genotipos LES 88R y LES 99R presentaron las plántulas más altas, sembradas en un rango de 2 a 10 cm de profundidad, mientras que los genotipos LES 12R y LES 90R presentaron plántulas sólo en las siembras de 4 a 8 cm de profundidad; la explicación es de que LES 88R y LES 99R se establecieron en forma general antes que los demás genotipos y el tamaño de sus semillas les permitió emerger en un rango mayor de profundidades, mientras que LES 12R y LES 90R por tener menor tamaño en sus semillas, se establecieron sólo en el rango de profundidades de 2 a 8 cm (Cuadro 4A).

El área foliar y el peso seco sólo a los 21 días después de la siembra, presentaron diferencias altamente significativas por efectos de la profundidad de siembra, mostrando una relación de "campana" entre ambas variables, ésto no ocurrió a los 54 días posteriores a la siembra en donde no se presentaron diferencias entre tratamientos. Estos resultados difieren

de los encontrados por Crespo (1985), a los 32 días después de la siembra, ya que él encontró una relación inversa del peso seco y del área foliar con la profundidad de siembra, obteniendo las plantas más vigorosas en un rango de 2 a 10 cm de profundidad y el vigor disminuyó a mayores profundidades (12, 14 y 16 cm).

Sin embargo los resultados obtenidos en el presente trabajo se pueden explicar si tomamos en cuenta que al momento de la emergencia se presentan una serie de procesos fotomorfogénicos provocados por la acción de la luz, entonces se invierte el proceso del crecimiento, haciendo que las sustancias de reserva modifiquen las direcciones en que están siendo asignadas y se utilicen en la expansión foliar y el inicio del crecimiento, por todo esto las plántulas que emergieron primero (las sembradas a 4, 6, 8 y 10 cm) comenzaron a elaborar su propio alimento a través de la fotosíntesis en un período más corto que las plántulas emergidas a profundidades de 12, 14, 2 y 16 cm, aunque éstas últimas presentaron un sistema radical más desarrollado al momento de la emergencia, por lo que a los 54 días posteriores a la siembra igualaron en vigor a las plántulas sembradas en profundidades intermedias, ya que el crecimiento de la parte aérea fue más acelerado en estas plántulas una vez que emergieron.

Estos resultados son parecidos a los encontrados por Díaz citado por Robles (1983), a los 30 días después de la siembra, ya que encontró que las diferencias en peso seco de las plántulas de maíz sembradas a 5 y 15 cm de profundidad disminuyeron.

Por otro lado, Cuellar (1985) al trabajar con frijol común (Phaseolus vulgaris), encontró que a los 38 días de la siembra, aunque no hubo diferencias significativas, las plántulas de profundidades intermedias (4, 6 y 12 cm) presentaron el mayor peso seco y área foliar, esto concuerda con los resultados encontrados en éste experimento a los 54 días de la siembra, en donde tampoco hubo diferencias significativas, pero se puede apreciar que las plántulas de profundidades intermedias (4, 6, 8 y 10 cm) presentan los mayores pesos secos y áreas foliares (Figura 19 y 21). Estos resultados al igual que los de Cuellar (1985) se pueden explicar si se toma en cuenta que el vigor de las plántulas en etapas más avanzadas de desarrollo está influenciado por ciertos factores tales como la variación entre los genotipos así como por los factores ambientales tales como la temperatura y la precipitación, de esta forma se encubre el efecto de la profundidad.

Tomando en cuenta que las profundidades intermedias fueron las que proporcionaron la cama de siembra más propicia en cuanto a temperatura y conservación de la humedad en comparación con las capas superficiales y las profundidades mayores; podríamos suponer que las plántulas de las profundidades intermedias presentaron un equilibrio del crecimiento entre la raíz y el tallo, es decir, estas plántulas se desarrollaron adecuadamente debido a que se presentó una estrecha coordinación entre la absorción de las sustancias minerales disueltas en el agua y la demanda de las mismas por el aparato fotosintético de la planta. Mientras que en las plántulas sembradas

más superficialmente su sistema radicular no satisfizo las necesidades nutricionales de las hojas y del tallo al momento de la emergencia y en las plántulas emergidas de profundidades extremas sucede que el sistema radical puede estar en exceso con las pocas necesidades de los órganos aéreos y además agota las reservas considerablemente para alcanzar la emergencia.

## 7. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio y teniendo en cuenta que éstos corresponden solamente a un ciclo de evaluación, por lo que sólo son aplicables bajo las condiciones ambientales y de manejo a que estuvieron sometidos los materiales genéticos, preeliminarmente se puede concluir lo siguiente:

1. El vigor de las plántulas estimado a través del peso seco y el área foliar, fué afectado en forma significativa por la profundidad de siembra a los 21 días posteriores a la siembra encontrando que en las profundidades de 4, 6, 8 y 10 cm se presentó el máximo vigor.
2. La profundidad de siembra influyó en el establecimiento del cultivo, ya que ocasionó una reducción de la velocidad y porcentaje de emergencia a medida que la profundidad de siembra aumentó.
3. De acuerdo con los máximos valores de velocidad y porcentaje de emergencia, concluimos de que a "tierra venida" existe un rango de profundidades de 4 a 10 cm donde se logra un buen establecimiento del cultivo.
4. La hipótesis de que a mayor profundidad de siembra se ocasiona un menor vigor de las plántulas es aceptada parcialmente, debido a que en la profundidad superficial de 2 cm no se presentó dicha relación.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Alsina G., L. 1976. Horticultura general. Tercera edición. Ed. Sintés, S.A. España. 383 p.
- Bailey, L.H. 1945. Manual of cultivated plants. The Macmillan Company. New York, USA. 1116 p.
- Baver, L.D., W.H. Gardner y W.R. Gardner. 1973. Física de suelos. J.M. Rodríguez, traductor. Ed. UTEHA. México 329 p.
- Boswell, R.V. 1969. Semillas, anuario de agricultura. Ed. Continental. México. 1020 p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1978. Resúmenes analíticos sobre frijol (Phaseolus vulgaris L.). VI: 85.
- Cejudo G., H. 1978. Estudio de metodologías físicas, determinación de taninos y actividad de la enzima catecol oxidasa, en granos de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench), utilizados para alimentación. Tesis de maestría. Chapingo, México.
- Crespo M., I. 1985. Efecto de la profundidad de siembra sobre el vigor de plántula de cinco variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis de Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Cronquist, A. 1977. Introducción a la botánica. A. Marino A., traductor. Segunda edición. Ed. CECSA. México. 848 p.
- Cuellar 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. 1973. Fitotecnia general. J.M. Mateo B. traductor. Ed. Mundi-Prensa. España. 814 p.

Edmon, J.B., T.L. Senn y F.S. Andrews. 1967. Principios de horticultura. Ed. CECSA. México. 575 p.

Elizondo E., A. 1984. Evaluación del vigor de la semilla en ocho líneas de sorgo para grano (Sorghum bicolor L.) en el Municipio de Marín, Nuevo León. Tesis de Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

Fersini, A. 1976. Horticultura práctica. Segunda edición. Ed. Diana. México. 527 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.

González N., J. 1984. Efecto del encostramiento de los suelos en la germinación y emergencia de las plántulas. Seminario (Opción II-A) de Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

Guzmán B., G. 1984. Problemática en la producción de cultivos básicos en la sub-región de lomeríos suaves en las zonas bajas de Nuevo León. Tesis de 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 re-impresión. Ed. CECOSA. México. 814 p.
- Holman, R.M. y W.W. Robbins. 1965. Botánica general. E. Beltrán, traductor. Ed. UTEHA. México. 632 p.
- I.N.I.A. 1964. El cultivo del sorgo en zonas áridas. Agricultura de las Américas.
- I.N.I.A. 1976. Sorgo para grano en la región de Abasolo, Tamps I.N.I.A. Circular N° 8. 56 p.
- James, W.O. 1976. Introducción a la fisiología vegetal. LL. Pages L., traductor. Sexta edición. Ed. OMEGA. Barcelona. 328 p.
- 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 #1. Editado por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- \_\_\_ 1983. Anatomía del sorgo. Centro de Investigaciones Agropecuarias. Editado por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- \_\_\_ H. González y C.O. Alanís L. 1984. El establecimiento de los cultivos en el trópico semiárido del Nor-este de México, una síntesis práctica. Editado en la Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. México 77 p.

- Martín, 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.
- Mela, P. 1966. El suelo y los cultivos de secano. Segunda edición. Ed. AGROCIENCIA. Zaragoza. 701 p.
- Meyer, S.B., D.B. Anderson y R.H. Bohning. 1972. Introducción a la fisiología vegetal. L. Guibert, traductor. Tercera edición. Ed. EUDEBA. Buenos Aires. 579 p.
- Murphy, R.P. and A.C. Arny. 1939. The emergence of grass and legume seedlings planted at different depths in five soil types. J. Am. Soc. Agron. 31: 17-28.
- Ray, P.M. 1975. La planta viviente; serie biología moderna. A. Marino A., traductor. Séptima re-impresión. Ed. CECSA. México. 270 p.
- Robles S., R. 1982. Producción de granos y forrajes. Cuarta edición. Ed. Limusa. México. 608 p.
- Ruiz O., M. 1977. Tratado elemental de botánica. Décima cuarta edición. Ed. ECLALSA. México. 730 p.
- Salinas R., R. 1984. Apuntes del curso de producción de semillas. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Sivori, E.M., E.R. Montaldi y O.H. Caso. 1980. Fisiología vegetal. Ed. Hermisferio-Sur. Buenos Aires. 681 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.

Valdivia B., R. 1977. Estudio de algunos aspectos bioquímicos y fisiológicos relacionados con la germinación en panoja del grano de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo México. 125 p.

Wall, J.S. y W.M. Ross. 1975. Producción y usos del sorgo. O. Bottaro, traductor. Ed. Hemisferio-Sur. Buenos Aires, Argentina. 400 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.

\_\_\_\_\_ 1984. Apuntes del curso de fisiotecnia vegetal. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

\_\_\_\_\_ 1984. Estudios sobre el crecimiento y desarrollo del sorgo en México. Centro de Investigaciones Agropecuarias. Editado por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 63 p.

APENDICE

Cuadro 1A. Análisis de varianza y coeficientes de variación (CV) de las variables bajo estudio, estimadoras del vigor de las plántulas de sorgo.

	Fuente de variación			CV(%)
	Genotipo	Profundidad	Interacción	
Días a la emergencia	##	##	N.S.	6.1
Porcentaje de emergencia	##	##	N.S.	25.1
Altura de plántula a:				
13 días de la siembra	##	##	N.S.	33.0
15 días de la siembra	##	##	N.S.	26.7
17 días de la siembra	##	##	N.S.	23.2
21 días de la siembra	##	#	N.S.	24.3
25 días de la siembra	##	N.S.	#	23.0
30 días de la siembra	##	N.S.	#	22.6
40 días de la siembra	##	N.S.	N.S.	21.5
45 días de la siembra	##	N.S.	N.S.	21.4
51 días de la siembra	##	N.S.	N.S.	20.6
54 días de la siembra	##	N.S.	N.S.	19.2
Area foliar (cm <sup>2</sup> ) a los:				
21 días de la siembra	##	##	#	46.9
54 días de la siembra	##	N.S.	N.S.	60.2
Peso seco (g) a los:				
21 días de la siembra	##	##	N.S.	58.1
54 días de la siembra	##	N.S.	N.S.	60.4
Tasa relativa de crecimiento (TRC)	#	N.S.	N.S.	68.0
Tasa de crecimiento del cultivo (TCC)	##	N.S.	N.S.	64.0
Tasa de asimilación neta (TAN)	N.S.	N.S.	N.S.	27.9

# Significativo

## Altamente significativo

N.S. No significativo

Cuadro 2A. Comparaciones de medias de la variable días a la emergencia y porcentaje de emergencia, de 5 genotipos de sorgo granífero sembrados a ocho profundidades de siembra.

Días a la emergencia		Porcentaje de emergencia	
PROFUNDIDAD	MEDIA 0.05 (Tukey 4.44)	PROFUNDIDAD	MEDIA 0.05 (Tukey 4.45)
4	8.77	2	70.40
6	9.02	4	64.74
8	9.13	6	62.31
2	9.63	8	59.07
10	9.83	14	41.38
14	9.89	10	41.00
16	10.10	16	40.03
12	10.12	12	39.30
GENOTIPO	MEDIA 0.05 (Tukey: 3.98)	GENOTIPO	MEDIA 0.05 (Tukey: 3.98)
LES 99R	8.98	LES 99R	67.81
LES 88R	9.09	LES 88R	61.53
LES 87R	9.41	LES 87R	53.26
LES 90R	9.45	LES 12R	53.14
LES 12R	10.17	LES 90R	38.59

C.V.: 6.18%

C.V.: 25.55%

Cuadro 3A. Comparación de medias de profundidades y genotipos de la variable altura de plántula en el cultivo del sorgo. Se estimó a los 21 y 54 días posteriores a la siembra.

Altura a los 21 días		Altura a los 54 días	
PROFUNDIDAD	MEDIA 0.05 (Tukey:4.45)	GENOTIPO	MEDIA 0.05 (Tukey:3.98)
4	16.8	LES 88R	74.3
12	16.2	LES 99R	71.19
6	15.7	LES 87R	55.77
8	15.6	LES 12R	50.54
10	14.7	LES 90R	45.17
14	13.3		
16	12.6		
2	11.4		
GENOTIPO			
LES 88R	19.1		
LES 12R	15.7		
LES 99R	14.99		
LES 90R	12.21		
LES 87R	11.25		

C.V.: 24.3%

C.V.: 19.38%

Cuadro 4A. Comparación de medias de la interacción profundidad por genotipo de la variable altura de plántula, estimada a los 25 días después de la siembra.

TRATAMIENTO		MEDIA	0.05 (Tukey:5.63)
LES 88R	4 cm	38.4	
LES 88R	6 cm	34.9	
LES 99R	6 cm	34.4	
LES 88R	10 cm	31.0	
LES 12R	4 cm	29.8	
LES 88R	8 cm	28.4	
LES 99R	8 cm	27.9	
LES 88R	2 cm	26.8	
LES 12R	2 cm	26.2	
LES 87R	10 cm	25.1	
LES 99R	10 cm	24.6	
LES 90R	4 cm	24.3	
LES 99R	4 cm	24.0	
LES 12R	6 cm	23.8	
LES 87R	8 cm	23.5	
LES 99R	2 cm	22.7	
LES 12R	8 cm	21.0	
LES 99R	16 cm	20.6	
LES 12R	10 cm	20.4	
LES 99R	12 cm	20.3	
LES 12R	14 cm	19.9	
LES 12R	12 cm	18.8	
LES 87R	6 cm	18.2	
LES 90R	8 cm	18.1	
LES 99R	14 cm	17.8	
LES 87R	16 cm	17.3	
LES 90R	10 cm	17.2	
LES 87R	4 cm	16.4	
LES 90R	2 cm	16.2	
LES 90R	6 cm	15.9	
LES 87R	14 cm	15.4	
LES 87R	2 cm	10.7	

C.V.: 23.1%

Cuadro 5A. Comparaciones de medias de la interacción profundidad por el genotipo de la variable altura de plántula, estimada a los 30 días posteriores a la siembra.

TRATAMIENTO		MEDIA	0.05 (Tukey: 5.63)
LES 88R	4 cm	48.9	
LES 99R	6 cm	43.5	
LES 88R	6 cm	42.9	
LES 88R	10 cm	41.2	
LES 12R	4 cm	38.3	
LES 99R	8 cm	38.0	
LES 88R	8 cm	36.9	
LES 12R	2 cm	36.3	
LES 88R	2 cm	35.3	
LES 99R	10 cm	33.6	
LES 87R	8 cm	32.7	
LES 99R	4 cm	32.6	
LES 87R	10 cm	31.3	
LES 99R	2 cm	31.2	
LES 12R	8 cm	29.3	
LES 90R	4 cm	29.1	
LES 12R	6 cm	28.3	
LES 99R	12 cm	27.6	
LES 12R	10 cm	27.5	
LES 99R	16 cm	26.6	
LES 87R	6 cm	26.4	
LES 12R	14 cm	26.3	
LES 87R	16 cm	25.9	
LES 99R	14 cm	23.9	
LES 12R	12 cm	23.1	
LES 90R	10 cm	22.4	
LES 90R	8 cm	22.2	
LES 87R	4 cm	21.0	
LES 90R	2 cm	20.1	
LES 87R	14 cm	19.9	
LES 90R	6 cm	19.4	
LES 87R	2 cm	19.3	

C.V.: 22.6%

Cuadro 6A. Comparaciones de medias de la variable área foliar a los 21 días después de la siembra de cinco genotipos sembrados a ocho profundidades de siembra y comparación entre las mismas a los 54 días después de la siembra.

AREA FOLIAR A LOS 21 DIAS		AREA FOLIAR A LOS 54 DIAS	
PROFUNDIDAD	MEDIA 0.05 (Tukey: 4.48)	GENOTIPOS	MEDIA 0.05 (Tukey: 3.99)
4	516.24	LES 88R	1711.89
6	484.55	LES 99R	1625.37
8	364.98	LES 87R	676.98
10	290.76	LES 12R	556.24
12	251.55	LES 90R	484.47
2	243.38		
14	206.55		
16	162.76		
GENOTIPOS		MEDIA 0.05 (Tukey: 4.01)	
	LES 88R		591.89
	LES 99R		426.54
	LES 12R		305.54
	LES 87R		258.8
	LES 90R		205.71

C.V.: 46.9%

C.V.: 61%

Cuadro 7A. Comparación de medias de la interacción profundidad por genotipo de la variable área foliar, estimada a los 21 días posteriores a la siembra.

TRATAMIENTO		MEDIA	0.05 (Tukey: 5.61)
LES 88R	4 cm	1124.2	
LES 83R	6 cm	778.3	
LES 99R	6 cm	600.6	
LES 12R	4 cm	560.8	
LES 99R	4 cm	473.6	
LES 87R	6 cm	413.6	
LES 12R	6 cm	404.7	
LES 99R	8 cm	397.7	
LES 88R	8 cm	397.5	
LES 99R	2 cm	383.2	
LES 99R	12 cm	351.7	
LES 87R	8 cm	347.7	
LES 12R	8 cm	327.8	
LES 87R	10 cm	304.0	
LES 88R	2 cm	298.5	
LES 12R	10 cm	251.9	
LES 12R	12 cm	251.5	
LES 12R	2 cm	245.7	
LES 88R	10 cm	245.1	
LES 90R	4 cm	230.3	
LES 12R	14 cm	229.9	
LES 87R	4 cm	226.7	
LES 90R	6 cm	195.8	
LES 99R	16 cm	185.0	
LES 90R	2 cm	183.5	
LES 99R	14 cm	176.9	
LES 12R	16 cm	168.7	
LES 87R	14 cm	166.0	
LES 87R	16 cm	144.8	
LES 87R	2 cm	85.9	

C.V.: 24.3%

Cuadro 8A. Comparaciones de medias de la variable área foliar a los 21 días después de la siembra de cinco genotipos sembrados a ocho profundidades de siembra y comparaciones entre las mismas a los 54 días después de la siembra.

PESO SECO A LOS 21 DIAS			PESO SECO A LOS 54 DIAS		
PROFUNDIDAD	MEDIA	0.05 (Tukey: 4.48)	GENOTIPOS	MEDIA	0.05 (Tukey: 3.99)
4	0.21		LES 88R	13.1	
6	0.20		LES 99R	10.37	
8	0.13		LES 87R	4.87	
10	0.12		LES 12R	3.99	
12	0.11		LES 90R	3.45	
2	0.09				
14	0.09				
16	0.08				
GENOTIPOS			GENOTIPOS		
	MEDIA	0.05 (Tukey: 4.01)			
LES 88R	0.24		LES 88R	13.1	
LES 99R	0.15		LES 99R	10.37	
LES 12R	0.13		LES 87R	4.87	
LES 87R	0.10		LES 12R	3.99	
LES 90R	0.10		LES 90R	3.45	

C.V.: 59.7%

C.V.: 62.1%

Cuadro 9A. Comparación de las variables tasa de crecimiento y tasa relativa de crecimiento en el cultivo del sorgo.

TASA DE CRECIMIENTO		TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO	
GENOTIPO	MEDIA	GENOTIPO	MEDIA
LES 88R	0.419	LES 99R	3.45
LES 99R	0.347	LES 88R	2.84
LES 87R	0.145	LES 90R	2.16
LES 12R	0.135	LES 87R	1.76
LES 90R	0.128	LES 12R	1.18

C.V.: 20.26%

C.V.: 97.13%



Cuadro 11A. Ecuaciones de regresión considerando el peso seco a los 54 días después de la siembra como variable dependiente y a las siguientes variables como independientes: días a la emergencia, porcentaje de emergencia, áreas foliares y pesos secos a los 21 y 54 días después de la siembra, así como a las tasas de crecimiento, relativa de crecimiento y de asimilación neta.

Yij	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub> X <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> X <sub>2</sub>	R <sub>2</sub>	Significancia	
PS	0.1044	+ 30.1852		.99	*	*
PS	0.2211 E12	+ 30.0000	1.0000	1.00	*	*

PS : Peso seco a los 51 días a la siembra

X<sub>1</sub> : Tasa de crecimiento

X<sub>2</sub> : Peso seco a los 21 días después de la siembra

\*\* : Altamente significativo

Cuadro 12A. Ecuaciones de regresión considerando al peso seco a los 54 días de la siembra como variable dependiente y como variable independiente: área foliar a los 21 y 54 días de la siembra, altura de plántula a los 21 y 54 días de la siembra, días a la emergencia y peso seco a los 21 días de la siembra.

Y <sub>ij</sub>	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>	B <sub>4</sub> X <sub>4</sub>	B <sub>5</sub> X <sub>5</sub>	B <sub>6</sub> X <sub>6</sub>	R <sup>2</sup>	Signif.
PS	0.1684	0.0069						.94	**
PS	-0.4757	0.0069	0.0025					.96	**
PS	3.5351	0.0067	0.0020	-0.4203				.96	**
PS	2.3216	0.0065	0.0015	-0.3581	0.0491			.96	**
PS	2.6438	0.0070	0.0017	-0.2875	0.0618	-0.0287		.96	**
PS	2.8491	0.0070	0.0024	-0.2956	0.0586	-0.0303	-1.8132	.96	**

X<sub>1</sub>: Área foliar a los 54 días de la siembra

X<sub>2</sub>: Área foliar a los 21 días de la siembra

X<sub>3</sub>: Días a la emergencia

X<sub>4</sub>: Altura a los 21 días de la siembra

X<sub>5</sub>: Altura a los 54 días de la siembra

X<sub>6</sub>: Peso seco a los 21 días de la siembra

