

MICROCISIS:	1579
FECHA:	4/II/91
ENCARGADO:	Rosales

ALGUNOS ASPECTOS EN EL DESARROLLO Y LA MADURACION DE LA  
SEMILLA DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.)

Por

Felipe A. Martínez Caballero

Tesis presentada como requisito previo  
a la obtención del Título de  
Ingeniero Agrónomo

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

Abril de 1980

ALGUNOS ASPECTOS EN EL DESARROLLO Y LA MADURACION DE LA  
SENILLA DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.)

Por: Felipe A. Martínez Caballero

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para los usos que considere necesario. Para otras personas y otros fines, se reservan los derechos de autor.



Felipe A. Martínez Caballero

Abril de 1988

BIBLIOTECA WILSON POPENOE  
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
APARTADO 63  
YEGUCIGALPA HONDURAS

### DEDICATORIA:

Este trabajo va dedicado a mis padres Juan Antonio Martínez y Vilma Yolanda Caballero de Martínez con mucho cariño; a mis hermanos, tíos, abuelos, primos y de más familiares, que siempre me brindaron palabras de aliento, afecto y comprensión.

Mi dedicatoria se extiende a mi futura esposa Elena Villalvir, quien siempre me llenó de ánimos para seguir adelante, brindándome su cariño y comprensión.

## AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer a los miembros del Comité asesor por su colaboración y asistencia prestada en el presente trabajo, muy especialmente al Ingeniero, José A. Perdomo, Jefe de la Sección de Semillas.

Mi agradecimiento también va dirigido al Jefe del Departamento de Agronomía, Dr. Leonardo Corral y al Dr. Juan Carlos Rosas, Coordinador del programa de Cuarto Año en el Departamento de Agronomía, por su ayuda y facilidades prestadas.

Por su apoyo y ayuda en los trabajos de campo y laboratorio dirijo mi gratitud al Profesor Víctor Muñoz y al Asistente de Laboratorio Camilo Valerio. Así como al resto del personal del Departamento de Agronomía, que de una u otra forma contribuyeron al desarrollo del presente trabajo.

A mis compañeros de estudios y muy especialmente a mi compañero y amigo Jaime Herrera por su ayuda.

A todos ustedes muchas gracias.

Felipe A. Martínez C.

## TABLA DE CONTENIDO

	PAGINA
INTRODUCCION .....	1
REVISION DE LITERATURA .....	3
<i>Desarrollo y maduración de la semilla</i> .....	5
MATERIALES Y METODOS .....	12
<i>Procedimientos de campo</i> .....	12
<i>Ubicación</i> .....	12
<i>Cultivo de frijol</i> .....	12
<i>Etiquetado de flores</i> .....	13
<i>Cosecha de vainas</i> .....	13
<i>Pruebas de laboratorio</i> .....	15
<i>Medición de vainas</i> .....	15
<i>Medición de semilla</i> .....	15
<i>Prueba de germinación</i> .....	15
RESULTADOS Y DISCUSION .....	18
<i>Peso fresco de la vaina y semilla</i> .....	18
<i>Tamaño de vaina y semilla</i> .....	18
<i>Humedad de la semilla</i> .....	21
<i>Peso seco de la vaina y semilla</i> .....	21
<i>Germinación</i> .....	21
<i>Madurez fisiológica</i> .....	27
CONCLUSIONES .....	30
RESUMEN .....	34
BIBLIOGRAFIA .....	36
APENDICE .....	37

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ilustración del racimo de frijol mostrando el estado de floración usado para el etiquetado ...	14
2. Ilustración de la medición del largo y diámetro de la vaina y semilla de frijol .....	16
3. Peso fresco de la vaina de frijol "Catrachita" a intervalos de días después de floración .....	19
4. Peso fresco de la semilla de frijol "Catrachita" a intervalos de días después de floración .....	20
5. Largo y diámetro de la vaina de frijol "Catrachita" a intervalos de días después de floración .....	22
6. Diámetro de la semilla de frijol "Catrachita" a intervalos de días después de floración .....	23
7. Contenido de humedad del frijol "Catrachita" a intervalos de días después de floración .....	24
8. Peso seco de la semilla de frijol "Catrachita" a intervalos de días después de floración .....	25
9. Porcentaje de germinación de la semilla de frijol "Catrachita" .....	26
10. Porcentaje de germinación y humedad de frijol "Catrachita" a intervalos de días después de floración .....	28
11. Diámetro y peso de la semilla de frijol "Catrachita" a intervalos de días después de floración .....	29
12. Precipitación mensual del área de siembra del frijol desde los meses de septiembre a Diciembre de 1987 .....	32

13. Temperaturas mínima, media y máxima mensuales del área de siembra de frijol en los meses de Septiembre a diciembre de 1987 .....	33
--	----

## I. INTRODUCCION

El frijol común Phaseolus vulgaris, es una Fabaceae que se cultiva ampliamente en América Latina. Sus excelentes propiedades nutricionales la convierten en la principal fuente de proteína en la dieta de las familias de ingresos medios y bajos que utilizan proteína animal sólo en cantidades limitadas.

Tomando en cuenta el gran esfuerzo y la inversión financiera que significa el establecimiento y mantenimiento de una plantación de frijol común, la recolección oportuna es esencial para reducir pérdidas durante la trilla, prevenir daño por impacto y obtener una semilla de buena calidad. Durante el desarrollo y maduración de la semilla ocurren cambios morfológicos y fisiológicos que determinan etapas agronómicas críticas para la producción de semilla; cambios en la acumulación de materia seca, pérdida de humedad, decoloración del follaje, vainas y semillas son las principales características presentadas a medida que la semilla llega a la madurez fisiológica.

La calidad de la semilla se encuentra en su nivel más alto cuando ésta ha adquirido su madurez fisiológica, pero la alta humedad de la semilla presenta un inconveniente para su cosecha; entonces se dice que la semilla ha adquirido su

madurez fisiológica pero no su madurez de cosecha.

El periodo comprendido entre la madurez fisiológica y la madurez de cosecha o comercial representa un periodo crítico para la calidad de la semilla. Las condiciones climáticas de temperatura, lluvia y ataque de insectos en el campo son los principales aspectos adversos durante este periodo.

Las consecuencias de la reducción en calidad fisiológica de la semilla repercuten más tarde en el porcentaje de germinación y vigor de la misma.

El objetivo de esta investigación fue determinar el desarrollo y madurez de la semilla de frijol "Catrachita" en términos de eventos específicos y atributos, como ser, acumulación de materia seca, grado de deshidratación y sus interrelaciones.

## II. REVISION DE LITERATURA

El frijol común (Phaseolus vulgaris) es entre las Fabaceae de grano alimenticio, una de las especies más importante para el consumo humano. Se considera a la América Latina como la zona de mayor producción y consumo, estimándose que más del 30% de la producción mundial proviene de esta región (Voysesst, 1983).

A medida que la producción de carne, leche, huevos y pescado aumenta lentamente, las Fabaceae de grano ofrecen una solución al problema de la deficiencia cada vez mayor de proteína (Bressani, 1973).

Fernández, Geptz y López (1985), afirman que el ciclo biológico del frijol cambia según el genotipo y los factores ambientales; por ende, plantas de un mismo genotipo sembradas en condiciones diferentes p.e. 17° y 25°C no pueden tener el mismo grado de desarrollo. Por lo tanto, cada vez cobra mayor importancia el uso de una escala basada en la morfología de la planta y los cambios fisiológicos que se suceden durante su desarrollo.

Wheeler y Daxl (1979), sostienen que la planta pasa por periodos de mayor y menor susceptibilidad al daño por insectos; conocimientos de la coincidencia cronológica de

las plagas con estudios de desarrollo de las plantas, son básicos para el control integrado.

De acuerdo a la Secretaría de Recursos Naturales de Honduras (1987), la nueva variedad de frijol "Catrachita", liberada por esta misma institución, presenta excelentes características agronómicas, ya que es resistente a las principales enfermedades predominantes en el medio. Se caracteriza como una planta erecta de porte bajo, maduración uniforme, precoz, y responde muy bien a sistemas de siembra en monocultivo, relevo y asocio con maíz. Leiva y Temple (1978), sostienen que la precocidad del frijol es un carácter deseable; con ello es posible que el cultivo escape a ciertas condiciones ambientales adversas, tales como las frecuentes sequías que ocurren al final del ciclo del cultivo, en las siembras de segunda en Centro América.

"Catrachita" es el nombre varietal con que se ha liberado la línea RAB 205, cuyos progenitores son BAT 1225 y G 12727. Posee un hábito de crecimiento tipo II (arbustivo indeterminado), erecto y de guía larga con capacidad para trepar bajo relevo; las vainas concentradas en la parte media de la planta, libre de contacto con el suelo. Los días a la floración es de 35 (precoz), y alcanzan la madurez fisiológica (las vainas cambian de color verde a crema) a los 63-65 días. La planta presenta de 12 a 15 vainas. El color predominante del tallo principal es rojo. El grano presenta un color rojo, forma ovoidal y 100

semillas pesan de 29 a 30 gramos (Secretaría de Recursos Naturales, 1987).

### Desarrollo y Maduración de la Semilla

Por madurez de la semilla se refiere a los cambios funcionales que ocurren desde la fertilización hasta el desarrollo completo del óvulo (Debouk e Hidalgo, 1985).

Se tiene la costumbre de considerar una semilla madura cuando ha alcanzado su grado de desecación normal, generalmente entre 10 y 15% de humedad. Esta se refiere a la madurez práctica o de cosecha (Devlin, 1983).

Frecuentemente la madurez fisiológica precede a la madurez de cosecha (Diehl, 1985). Cambios sustanciales en peso seco, tamaño, contenido de humedad, germinación y vigor ocurren en la semilla a medida que se aproxima a la madurez fisiológica. Carlson (1973), define madurez fisiológica como un término usado para denotar un estado de desarrollo en el que se presenta el máximo incremento de materia seca. Para Crookston y Hill (1978), los mejores indicadores visuales de madurez fisiológica en soya son, el encogimiento de la semilla y la pérdida de color verde en las vainas de los nudos siete, ocho y nueve. Tapia y Garibo (1985), evaluando la madurez fisiológica en 10 variedades de frijol común encontraron que los días después de siembra (DDS) a madurez fisiológica del grano varían de 59 a 83, con periodos de llenado de 29 a 50 días a partir de la apertura

de la primer flor. Se definieron tres grupos de maduración, precoz con 59 días, intermedio con 70-74 días y tardío con 78-83 de la siembra a la madurez fisiológica. Garner (citado por Crookston y Hill, 1978), en un estudio con Phaseolus vulgaris L. relacionó los cambios de color de la semilla y vaina con la máxima acumulación de materia seca. Ellos estudiaron los cambios de color en la testa, el embrión, el cotiledón, el funículo y la vaina, y sugirieron que el color del embrión es el mejor criterio para detectar la madurez fisiológica de la semilla de frijol.

La fase reproductiva de Phaseolus vulgaris L. se encuentra comprendida entre el momento de la aparición de los botones florales y la madurez de cosecha. Los racimos se desarrollan produciendo botones que al crecer adquieren su forma típica y la pigmentación según la variedad. Un día antes que ocurra el fenómeno de antesis, el botón presenta algunos abultamientos (Fernández, Septs y López, 1975). Por otro lado Tapia y Garibo (1985), no están de acuerdo que los cambios de coloración del follaje y las vainas sean criterios exactos para la recolección. Esta decisión tomada sin ninguna base técnica conllevaría a riesgos que van desde la pérdida de calidad del producto hasta la pérdida total de la cosecha. Causas como excesiva humedad en el ambiente y el ataque de insectos a los granos hacen que estos pierdan peso y se deterioren.

Wheeler y Daxl (1978), encontraron que la variedad de

frijol "Honduras 46", rojo y negro, presenta botones florales entre los 35 y 55 DDS, flores abiertas entre 40 y 55 DDS, agujas desde 40 hasta los 55 DDS, vainas inmaduras desde 45 a 70 DDS, y vainas maduras desde 50 días hasta la cosecha. Los 55 días marcaron un punto clave en el desarrollo del cultivo; aquí la planta cambia de un período de producción a una fase de maduración. La formación de flores y agujas cesa y el número de vainas inmaduras se reduce. Perdomo (1985), en un estudio de madurez fisiológica de frijol mungo [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] encontró que el tamaño de la vaina y semilla llegaron a sus máximos valores a los 16-18 días después de la floración (DDF). Después la semilla empezó a perder humedad y el tamaño decreció y se estabilizó a los 20-22 DDF.

Existe una alta correlación entre las pérdidas en rendimiento y la reducción del área foliar ( $R^2=0.96$ ). Las principales partes morfológicas que resultan afectadas por la disminución de la eficiencia del área foliar son el número de vainas con semillas, la tasa de crecimiento del grano y el peso de la semilla (Osborne y Jackson, 1972). Wheeler y Daxl (1978), sostienen que a los 55 días de desarrollo, la planta presenta la fase de llenado, en la que los nutrientes almacenados de las hojas se traslocan al grano. En este período la planta tolera muy poco daño de follaje.

Aparentemente los frijoles comunes ajustan el tamaño

potencial de sus depósitos metabólicos, es decir, el número de vainas, a la fuente disponible, o sea al área foliar, y luego proceden a llenar la capacidad del grano (tasa de crecimiento del grano) tan rápidamente como es posible (Lee y Read, 1975)

Fernández, Gepts y López (1985), encontraron que la formación inicial de la vaina comprende el desarrollo de las valvas. Durante los primeros 10 a 13 DDF ocurre un crecimiento longitudinal de la vaina y poco crecimiento de la semilla. Cuando las valvas alcanzan su tamaño final y su peso máximo, se inicia el llenado de las vainas. Lee y Read (1975), observaron que la cavidad interlocular se presenta en las vainas a partir del período de rápida elongación hasta la senescencia de la vaina. Ellos concluyeron que la causa de la cavidad interlocular es el desequilibrio y la turgencia del endocarpio en combinación con una disminución de la división celular periclinal y la rápida elongación celular.

Respecto a la posición de la semilla en la vaina, Debouk e Hidalgo (1985) opinan que los micrópilos están dispuestos en dirección del ápice de la vaina y los rafes en dirección de la base. Asimismo calculando en base a materia seca de la semilla, la testa representa el 9%, los cotiledones el 90% y el embrión el 1%. También Drouil (1969), encontró que los integumentos que forman aproximadamente un 9% de la semilla son bajos en proteína total, ricos en

glicina y alanina y bajos en ácido glutámico y aspártico. Los cotiledones contienen más del 96% de la proteína total. El resto del embrión (1% de peso) fue la parte más rica en proteína, con alto contenido de arginina.

Perdomo (1985), en frijol mungo encontró que el contenido de humedad de la semilla fue de 75% durante los primeros DDF hasta el 90% a los ocho DDF. Después de esto, el contenido de humedad decreció rápidamente hasta alcanzar un equilibrio con la humedad relativa del ambiente a los 24 DDF. La acumulación de materia seca alcanzó sus máximos valores a los 20 DDF, y luego el peso seco de la semilla decreció ligeramente.

El peso de los granos de frijol sólo aumentan marcadamente cuando las vainas han alcanzado su tamaño y peso máximo, de 30 a 35 DDF. Al final de esta etapa los granos pierden su color verde para adquirir la característica de la variedad. La pigmentación aparece primero alrededor del hilum y luego se extiende alrededor de toda la testa. La pigmentación típica de las valvas generalmente aparece después del inicio de la pigmentación de la semilla (Fernández, Gepts y López, 1985).

En mungo cuando las vainas han llegado a madurez, la planta podría perder todo su follaje sin merma en la producción (Perdomo, 1985). Asimismo en Phaseolus vulgaris, al finalizar la etapa de maduración, también se observa el inicio de la defoliación, comenzando con las hojas

inferiores que se tornan cloróticas y se caen (Fernández, Gepts y López, 1985). Movimientos de sales o minerales en el floema son detectados, especialmente justo antes de la abscisión (Devlin y Witham, 1983).

Osborne y Jackson (1972) confirmaron que el factor de senescencia, es una sustancia activa que acelera el proceso. Ellos demostraron que el factor de senescencia aceleraba la abscisión estimulando la producción de etileno. Además Dwelle (1974) dice que es posible que el aumento en la movilización de calcio desde la zona de abscisión aumenta este proceso.

Según Debouk e Hidalgo (1985), después de la madurez fisiológica se observa un efecto de dehiscencia en las vainas de las plantas. La presencia de fibras en las suturas y en las capas pergaminosas adheridas a la superficie interna de las valvas, determina la dehiscencia. Este carácter morfo-agronómico es usado algunas veces para clasificar la variedad de frijol. Rico (1965), sostiene que el aumento de fibra puede presentarse prematuramente debido a las altas temperaturas que ocurren durante el verano.

Austin y Maclean (citados por White, 1985) afirman que la tasa de respiración para mantenimiento varía de 2 a 10 mg de  $CO_2$ /hora/g de tejido, según el tipo de tejido. La respiración para crecimiento depende de los componentes que están siendo sintetizados por la planta; celulosa y almidones 0.86, aceite 0.46, lignina 0.46, proteína 0.47 g

producido/g de carbohidratos utilizados. El componente respiración nos hace ver que cuesta más producir semillas de frijol con 22% de proteínas que granos de arroz y trigo con sólo 12%.

Se puede decir que cada hora más de luz en el día puede retardar la madurez de dos a seis días.

Silva, Vierra y Sedyama (1976), trabajando con Phaseolus vulgaris afirman que el conteo inicial de la germinación, aplicado de acuerdo a las normas internacionales de análisis de semilla, no sirvió para determinar eficientemente el vigor de ésta.

Las semillas de frijol en almacenamiento pueden ser afectadas en sus propiedades organolépticas. Estos cambios organolépticos se deben al deterioro de las fracciones lipídicas de las leguminosas. El contenido lipídico de las leguminosas constituye un porcentaje de uno a seis según la especie.

López y Christensen (1962), observaron que el ataque de hongos a frijol almacenado está determinado por la humedad del grano y el tiempo de almacenamiento, presentándose reducción del porcentaje de germinación así como otros daños del embrión. Las semillas con quebraduras en las testa son atacadas con Aspergillus sp. y Fenicillium sp. más rápidamente que aquellas con testa en buenas condiciones. Esto originó mayor pérdidas en germinación y mayor número de plantas anormales.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### Procedimientos de Campo

##### Ubicación

El desarrollo de esta investigación fue llevado a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. Situada a una altitud de 800 msnm, 14°00' latitud norte, 87°02' longitud oeste y con una temperatura media de 22°C.

##### Cultivo del Frijol

El cultivo de frijol variedad "Catrachita", fue sembrado en un área de 400 m<sup>2</sup> el 18 de septiembre de 1987. Con un arreglo espacial de 0.10 m entre plantas y 0.8 m entre surcos, obteniéndose una población de 125,000 plantas por hectárea.

El área experimental recibió las respectivas dosis de fertilización, control de plagas, malezas y aplicaciones de riego, sujetas al campo de producción de semilla "Catrachita". Estas actividades fueron realizadas por la Sección de Semillas, de acuerdo a las recomendaciones del Departamento de Agronomía de la institución.

### Etiquetado de las Flores

El día 19 de octubre fueron observadas las primeras flores, o sea 30 DDS. El etiquetado de las flores fue realizado el 23 de octubre en la tarde y el 24 de octubre en la mañana; tomándose el 24 de octubre como fecha de floración, a partir de la cual se determinaría la edad de las vainas.

Un total de 540 flores fueron marcadas con etiquetas de color blanco, adheridas con un hilo al peciolo de la flor. Las flores etiquetadas fueron aquellas que presentaban un completo desarrollo pero que todavía no estaban abiertas (Figura 1).

### Cosecha de las Vainas

Comenzando el cuarto DDF se obtuvo la primera muestra de 10 vainas. Las muestras se recolectaban cada día de por medio, entre la 1 p.m. y 2 p.m. A partir de los 10 DDF la muestra se incrementó a 30 vainas, manteniéndose así hasta los 38 DDF. Las vainas recolectadas eran inmediatamente guardadas en un bote plástico herméticamente sellado, para evitar la pérdida de humedad mientras eran llevadas al laboratorio. Una vez en el laboratorio, la muestra se pesaba para obtener peso fresco y se dividía para hacer los respectivos análisis de la vaina y semilla.

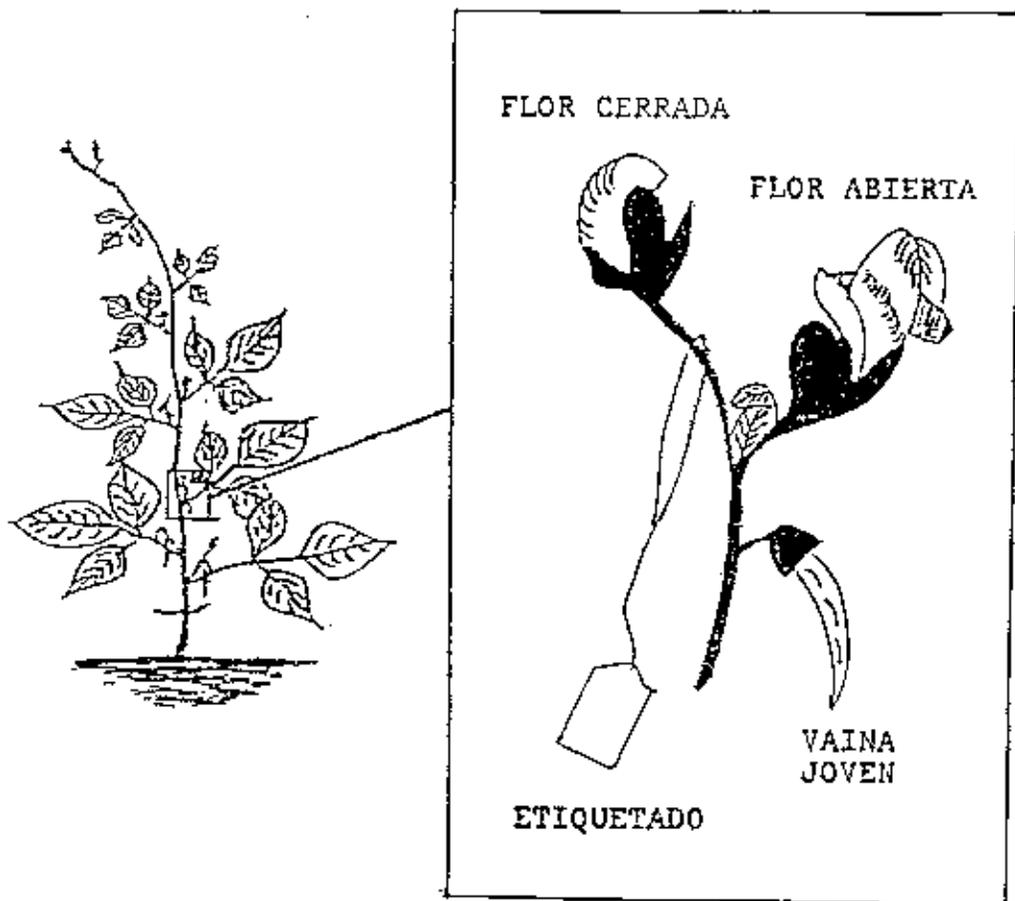


Figura 1. Ilustración del racimo de frijol mostrando el estado de floración usado para el etiquetado.

## Pruebas de Laboratorio

### Mediciones de la Vaina

Cada día de por medio, y a partir del 4to. al 38vo. DDF, las vainas eran pesadas y medidas. El peso se obtuvo usando una balanza de precisión Ohaus. El largo y diámetro en mm se obtuvo con un Caliper Vernier (Figura 2a). La muestra era posteriormente secada en un horno con aire a 105°C 24 horas para determinar materia seca.

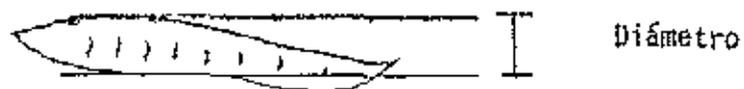
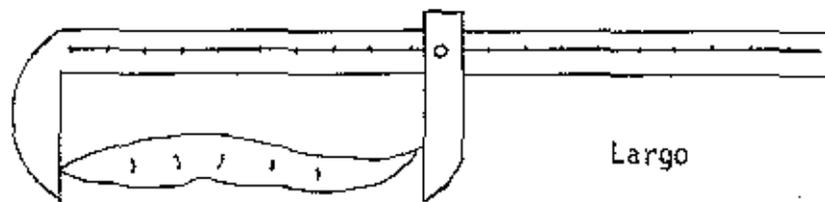
### Mediciones de la Semilla

Al igual que las vainas, las mediciones de la semilla se hacían cada día de por medio, pero debido al daño que sufrían al sacarlas de las vainas se hicieron hasta los 10 DDF. Se pesaban 40 semillas, posteriormente se ponían en un horno con aire a 105°C 24 horas para obtener materia seca. El porcentaje de humedad se calculó mediante la diferencia del peso fresco y seco.

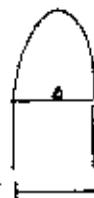
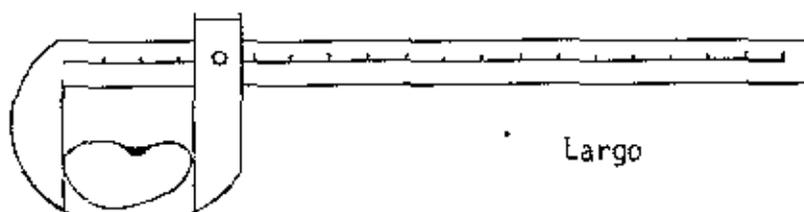
Para la medición del largo y diámetro se destinaron 20 semillas. La medición se hizo con el Caliper Vernier. Para determinar el diámetro la semilla se bisectaba por la mitad con un bisturí, y posteriormente se procedía a medir (Figura 2b).

### Pruebas de Germinación

De acuerdo a las reglas del Ministerio de Agricultura de España (1976) para las pruebas de germinación de semilla de frijol, 50 semillas se separaron para tal motivo. Las



a



Diámetro

b

Figura 2. Ilustración de la medición del largo y diámetro de la vaina y semilla de frijol.

semillas se hacian germinar en papel toalla, a una temperatura entre 20° y 30°C, y a una humedad relativa entre 80 y 90%. El primer conteo se hizo a los cuatro días y el segundo a los siete dias. El porcentaje de germinación es considerado como el porcentaje de plántulas normales.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

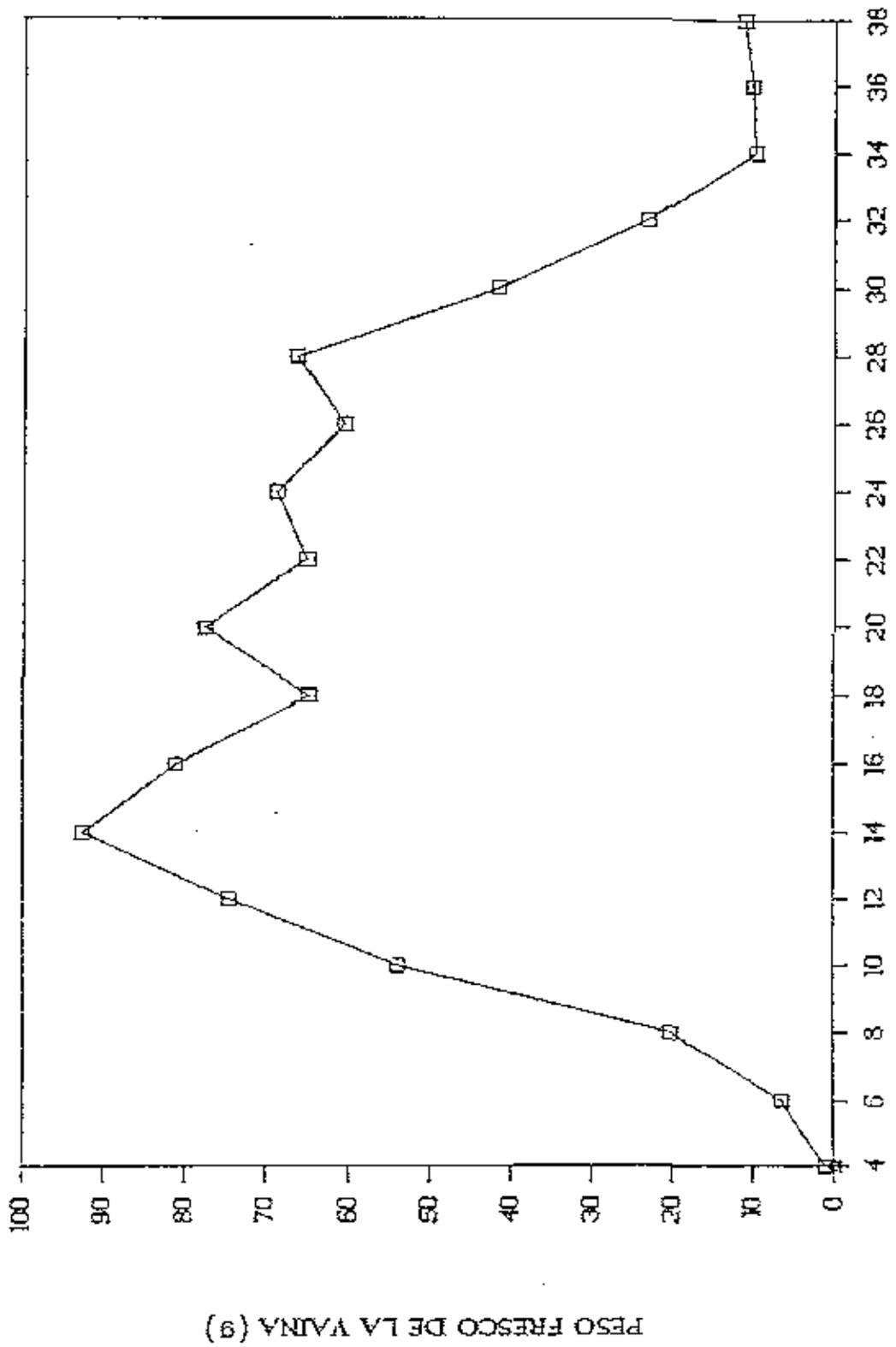
##### Peso Fresco de la Vaina y Semilla

El peso fresco de la vaina de frijol incrementó suavemente desde los dos hasta los seis DDF, luego incrementó rápidamente desde los seis días hasta los 14 DDF (Figura 3). Aquí se alcanzó el máximo aumento en peso fresco. Después de este estado el peso fresco decreció otra vez ligeramente hasta los 28 DDF. De los 28 a los 34 DDF sufrió un descenso rápido de peso, y después se mantuvo casi constante hasta los 38 DDF.

La semilla siguió el mismo patrón de crecimiento pero con la diferencia que el aumento suave de peso ocurrió hasta los 12 DDF. El incremento rápido ocurrió de 12 a 26 DDF y luego decreció de los 26 a 34 DDF; punto donde obtuvo la humedad requerida (10 a 12%) para su cosecha comercial (Figura 4).

##### Tamaño de Vaina y Semilla

El largo y ancho de la vaina de frijol siguió un mismo patrón de crecimiento. Desde los cuatro a 10 DDF ocurrió un crecimiento rápido y luego bajó su tasa de crecimiento para alcanzar su máximo valor a los 18 DDF. Después, la vaina se encogió un poco y se mantuvo casi constante hasta los 38 DDF



DIAS DESPUES DE FLORACION

Figura No. 3. Peso fresco de la vaina de frijol "Catschita" a intervalos de días después de floración.

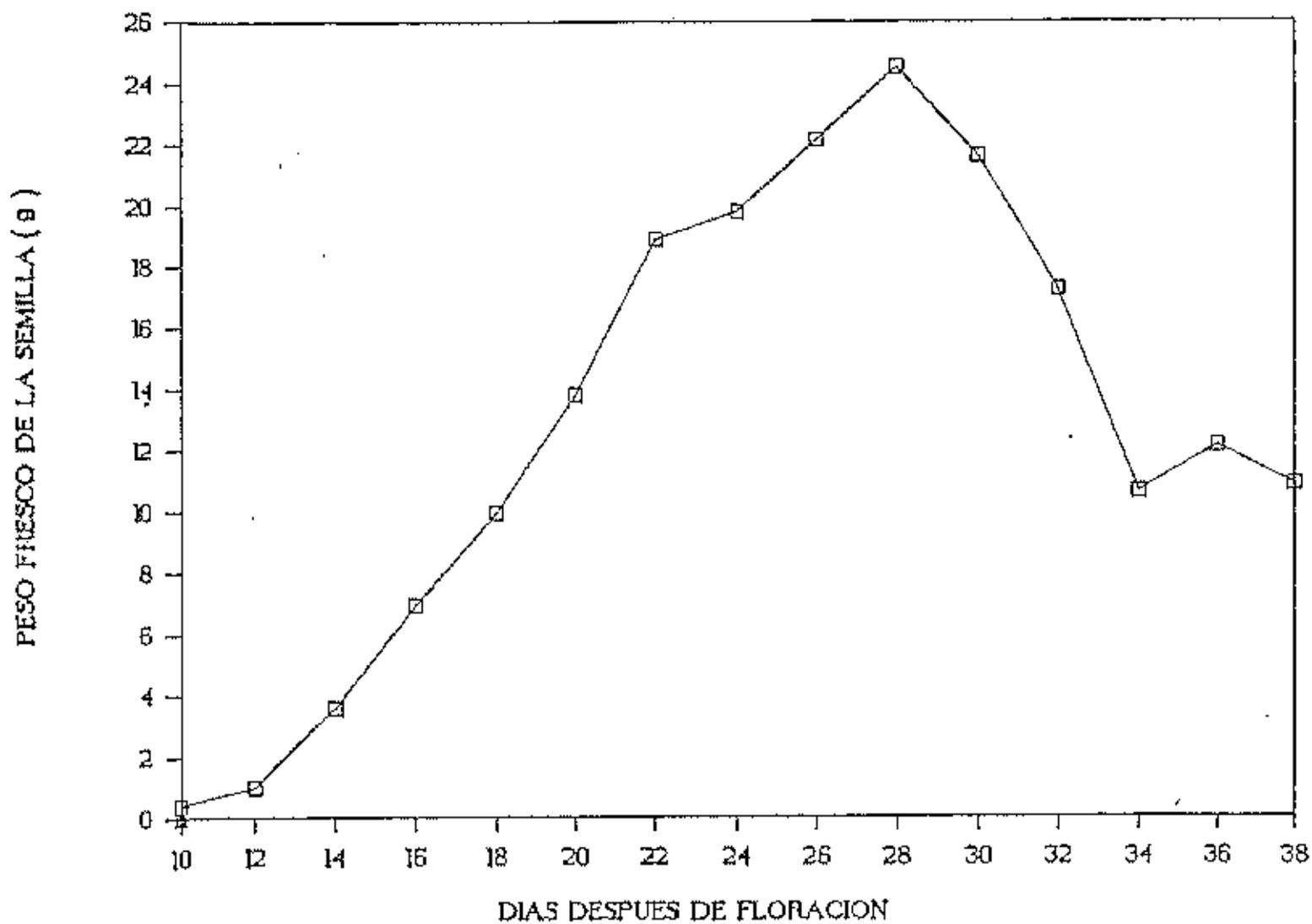


Figura No. 4. Peso fresco de la semilla de frijol "Catrachita" a intervalos de días después de floración.

(Figura 5). El diámetro de la semilla incrementó rápidamente desde los 10 a 28 DDF. Después de este punto, el diámetro decreció ligeramente hasta los 34 DDF, donde alcanzó su tamaño definitivo ya que de aquí en adelante mantuvo su tamaño casi inalterable hasta los 38 DDF (Figura 6).

#### Humedad de la Semilla

El contenido de humedad de la semilla a los 10 DDF fue de 79%. Cuatro días después incrementó a 84% y luego fue decreciendo hasta los 36 DDF, donde alcanzó la humedad de cosecha (12 a 14%) y su equilibrio con la humedad relativa del ambiente (Figura 7).

#### Peso Seco de la Vaina y Semilla

En la Figura 8, se puede observar que el peso seco de la semilla aumentó rápidamente desde los 10 hasta los 30 DDF, en donde alcanzó su máximo valor. Después bajó un poco y volvió a subir para mantenerse casi constante.

En la Tabla 1, se puede ver que el peso seco de la semilla y la vaina poseen casi el mismo modelo de aumento y descenso. El peso seco de la vaina es un poco más alto que el de la semilla, excepto a los 34, 36 y 38 DDF en que la semilla ya ha alcanzado la madurez de cosecha.

#### Germinación

En la Figura 9, se observa claramente que la germinación no ocurre sino hasta los 22 DDF, en donde se

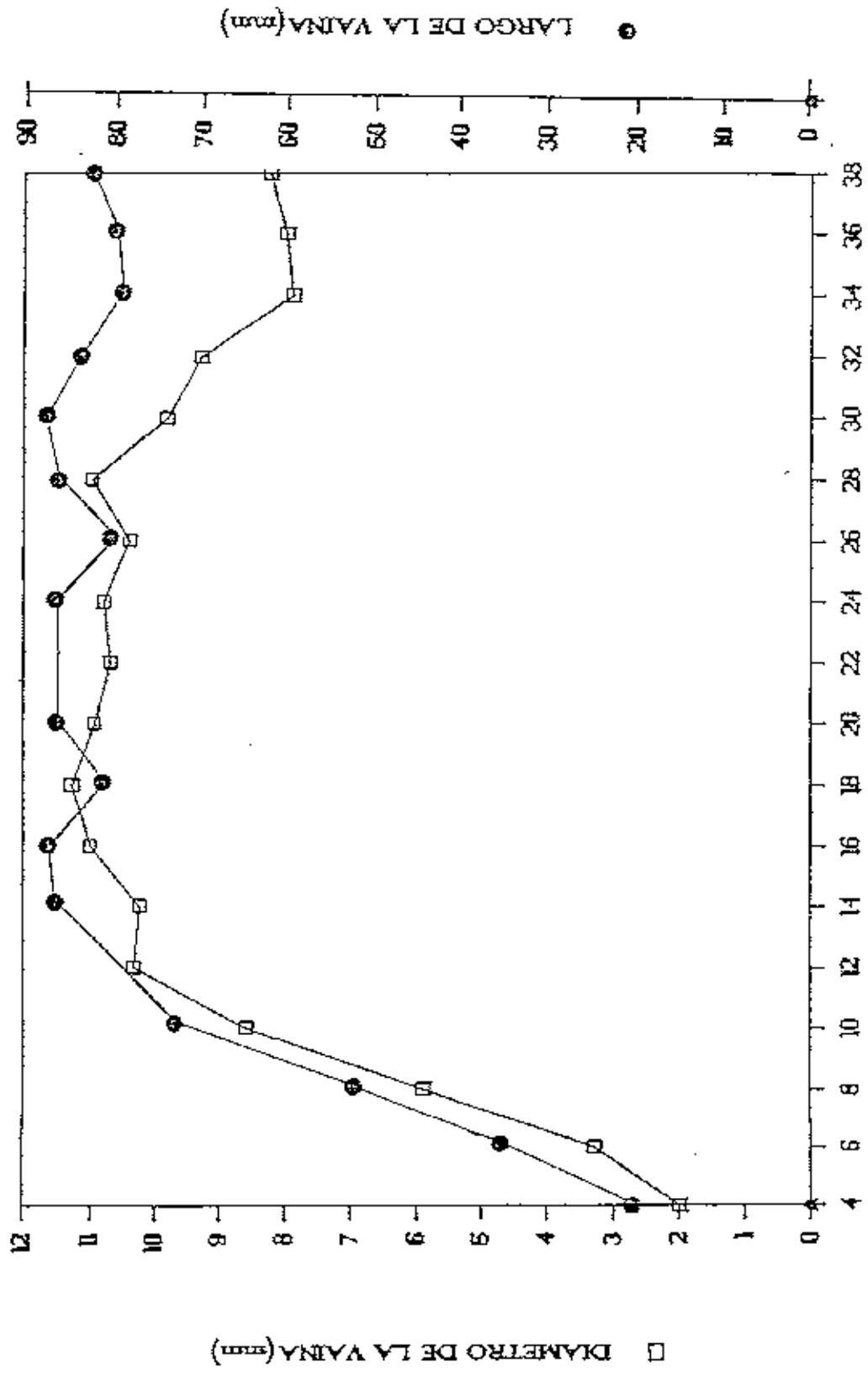
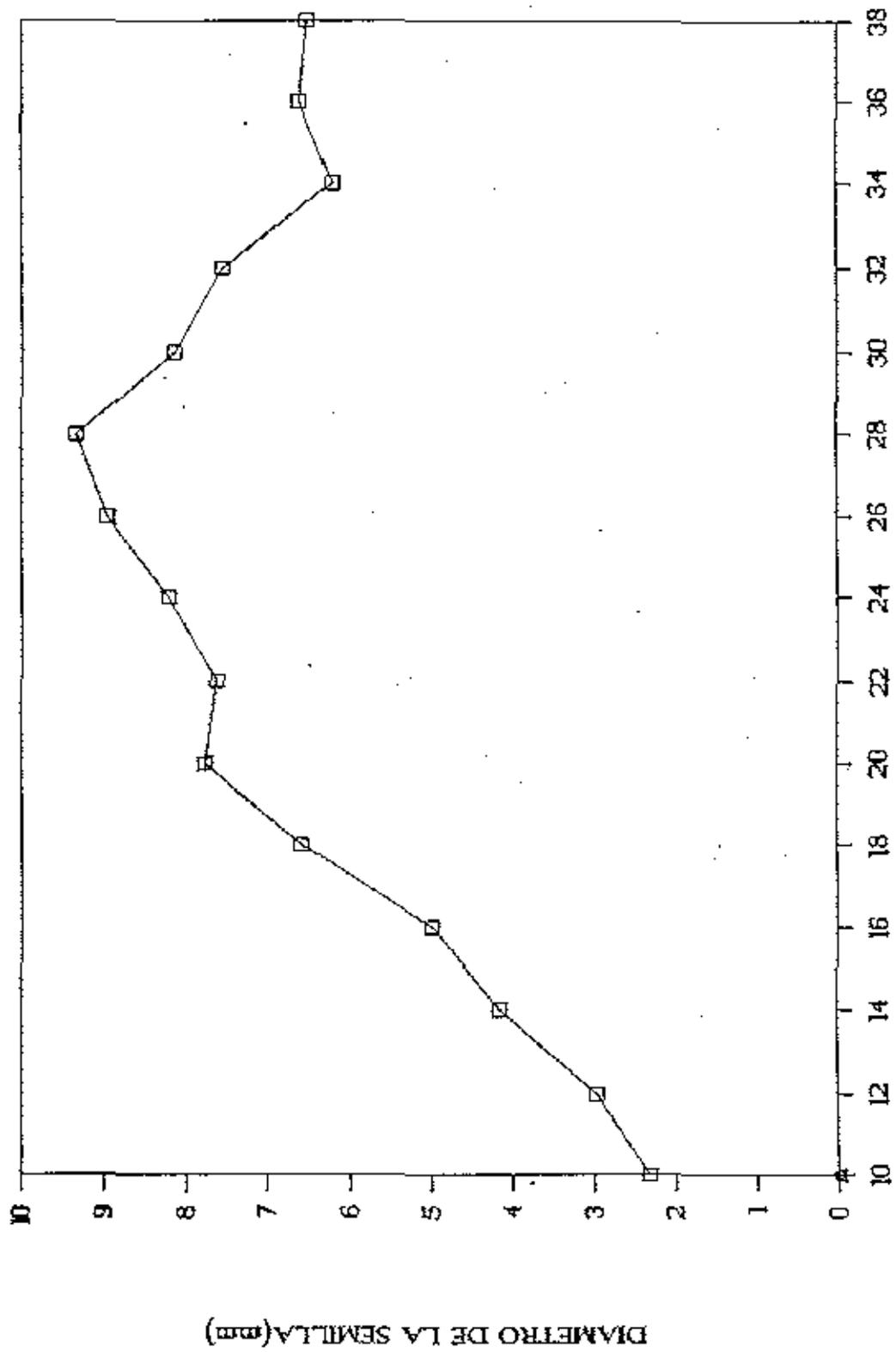


Figura No. 5. Largo y Diametro de la vaina del frijol "Catrachita" a intervalos de días después de floración.

DIAS DESPUES DE FLORACION



DIAS DESPUES DE FLORACION

Figura No. 6. Diámetro de la semilla de frijol "Catrachita" a intervalos de días después de floración.

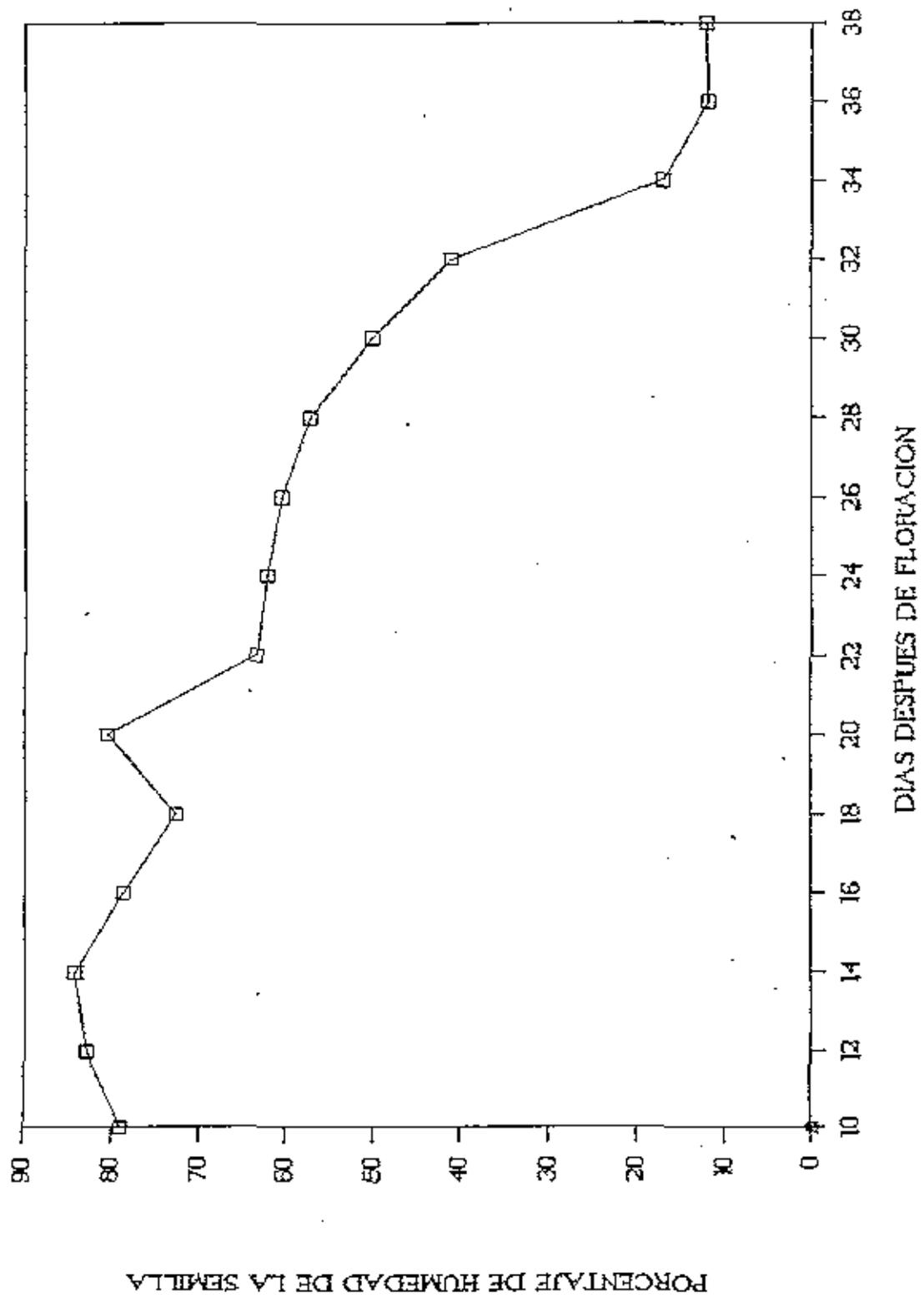


Figura No. 7. Contenido de humedad del frijol "Catrachita" a intervalos de días después de floración.

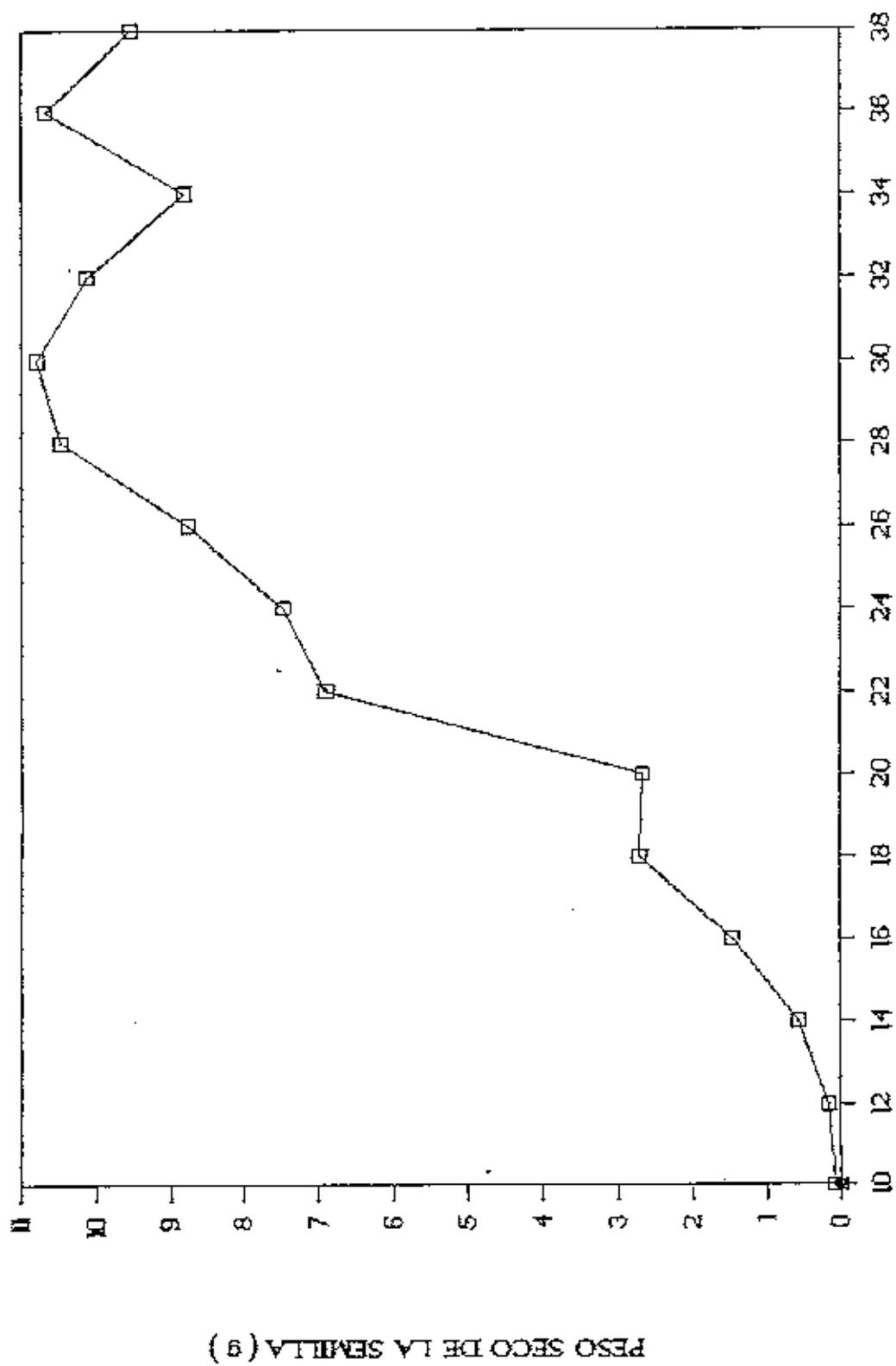


Figura No. 8. Peso seco de la semilla de frijol "Catrachita" a intervalos de días después de floración.

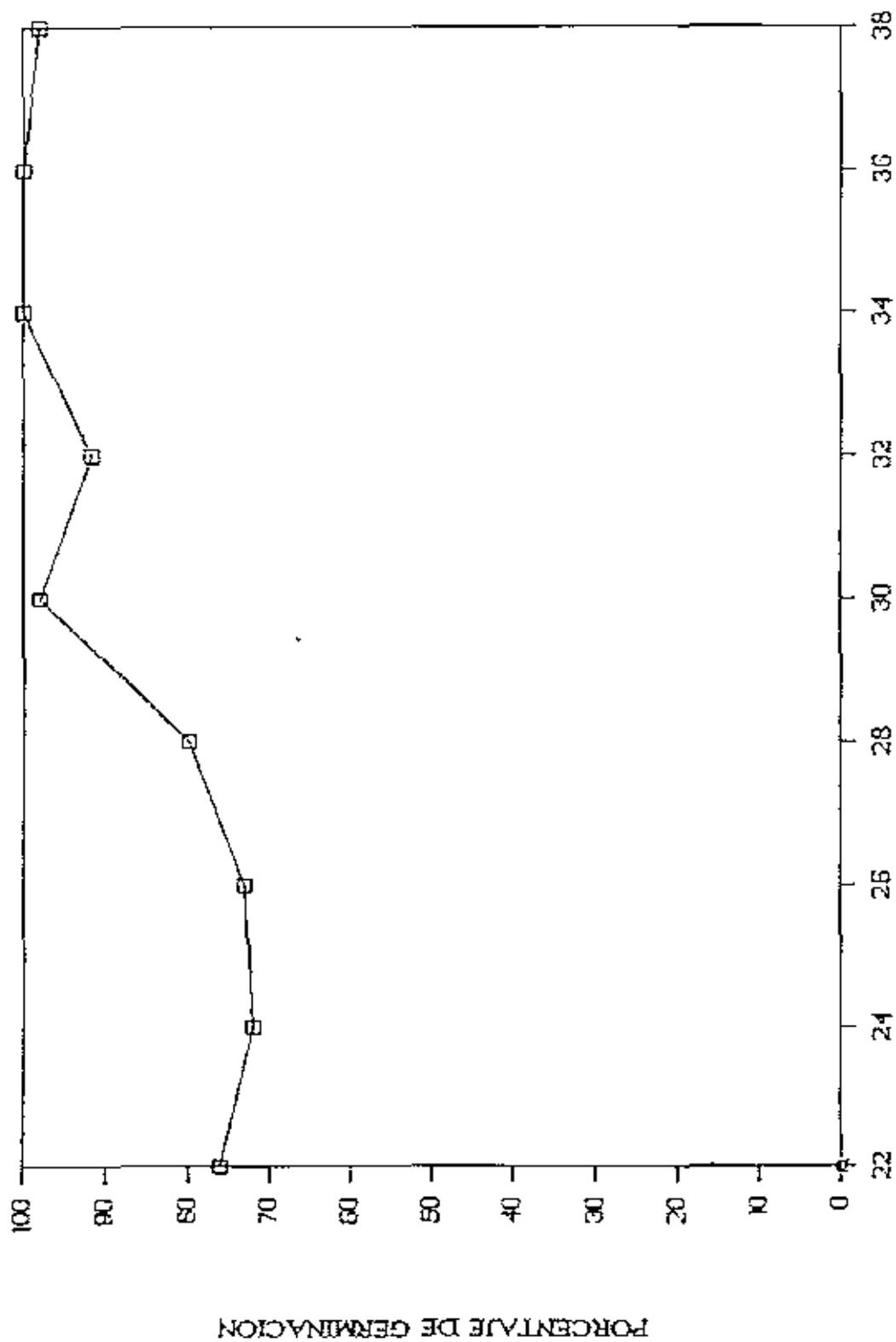


Figura No. 9. Porcentaje de germinación de la semilla de frijol "Catrachita"

obtiene un alto porcentaje de germinación (76%) Después comienza a subir la germinación hasta alcanzar sus máximos valores (100%) a los 34 y 36 DDF. El día 38 la germinación decrece a 98% presumiéndose que seguirá decreciendo a medida pasa el tiempo.

El valor más alto de materia seca de la semilla (10.80 gramos) corresponde un 98% de germinación, encontrándose muy cerca del valor de 100% de germinación.

#### Madurez Fisiológica

Considerando la materia seca como máximo índice de madurez fisiológica, las Figuras 10 y 11 muestran las diferentes interrelaciones entre ésta y otros índices a considerar.

El máximo valor de materia seca ocurrió a los 30 DDF, en donde la germinación alcanzó un valor de 98% y la humedad de la semilla un valor de 50%.

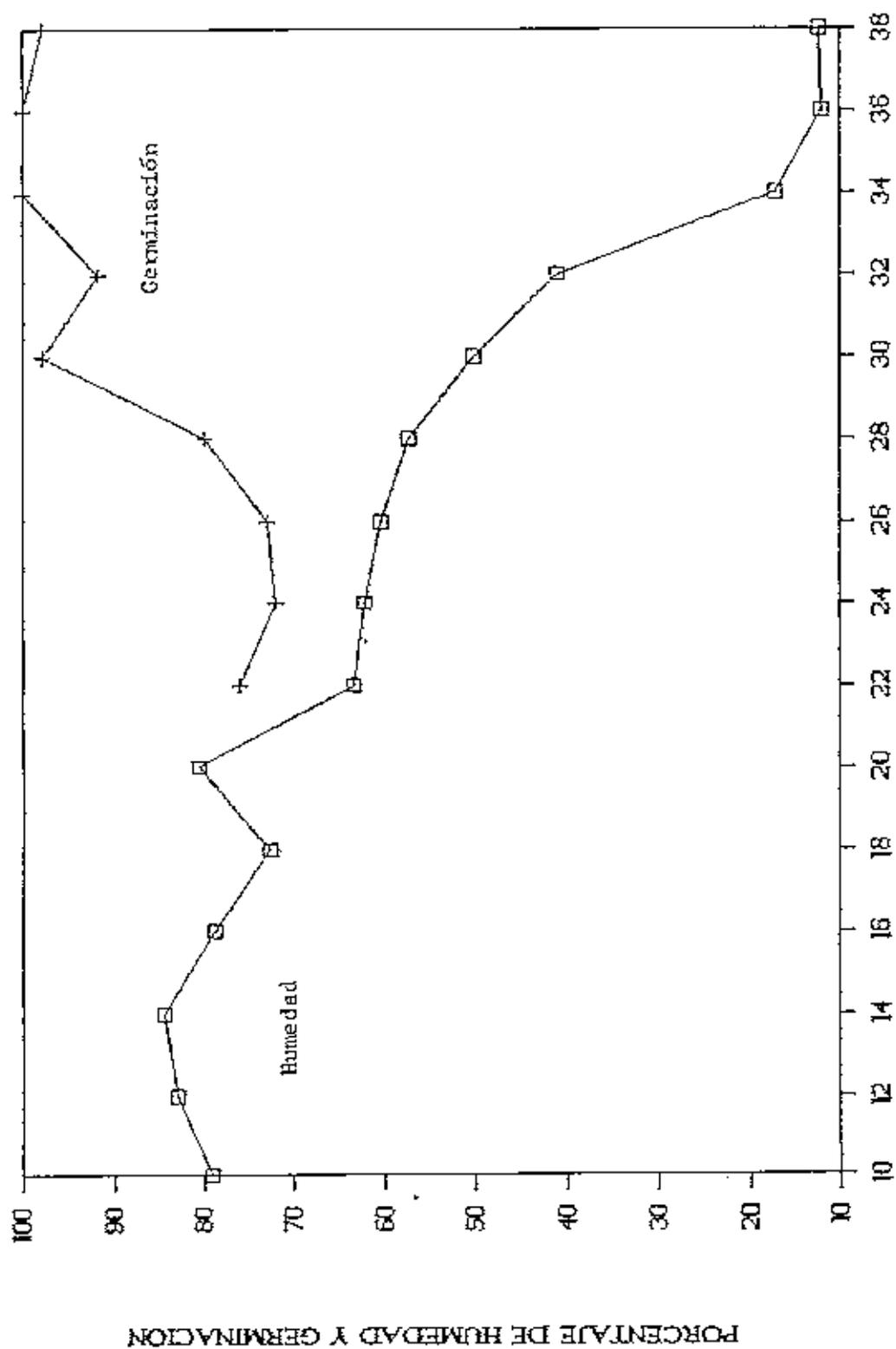
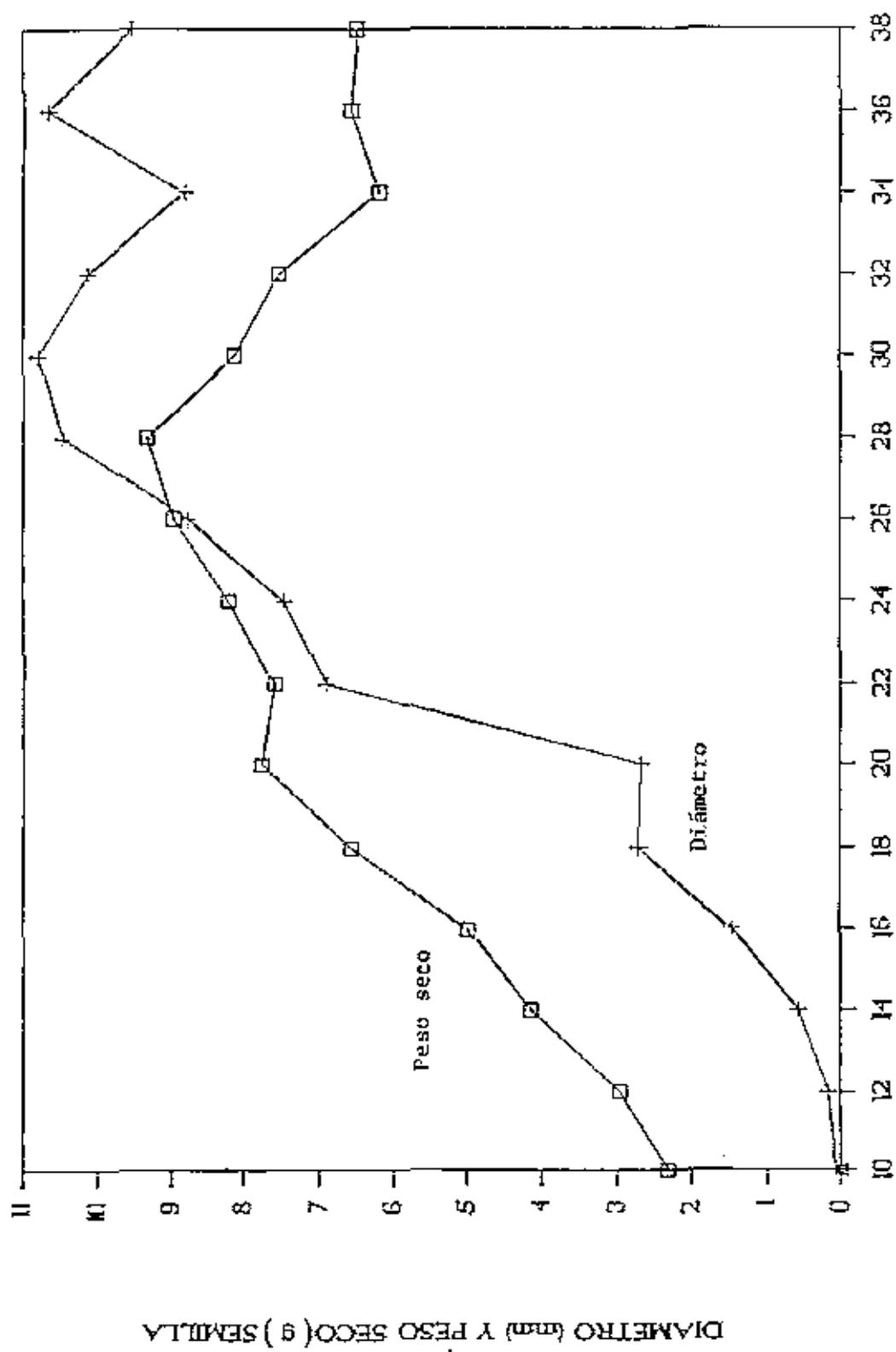


Figura No. 10. Porcentaje de germinación y humedad de frijol "Catrachita" a intervalos de días después de floración.



DIAS DESPUES DE FLORACION

Figuro No. 11. Diámetro y peso de la semilla de frijol "Catranchita" a intervalos de días después de floración.

#### IV. CONCLUSIONES

La medición de las vainas comenzó a los cuatro DDF, mientras que la medición de la semilla a los 10 DDF.

El peso fresco de la vaina comenzó a subir rápidamente desde los cuatro DDF alcanzando su mayor valor a los 24 DDF, sufriendo seguidamente una pérdida de peso que se equilibró a los 34 DDF. Igual que la vaina la semilla aumentó progresivamente su peso, pero desde los 10 DDF hasta los 28 DDF, que alcanzó su máximo valor, para luego equilibrarse a los 34 DDF. El tamaño de vaina y semilla aumentaron a medida que lo hizo la humedad. La vaina, a los 14 días ya había llegado a su máximo tamaño, pero a los 32 DDF bajó un poco para mantenerse constante. En el caso de la semilla, el mayor tamaño se logró a los 28 DDF y su tamaño constante se logró a los 34 DDF.

En la primera muestra de la semilla, a los 10 DDF, la humedad fue de 79%, obteniéndose dos días más tarde su máximo incremento de humedad (84%). Después de este máximo incremento la humedad fue decreciendo hasta los 36-38 DDF en donde alcanzó una humedad de 12-13% (madurez de cosecha).

La germinación de la semilla ocurrió hasta los 22 DDF pero con un alto índice de germinación (76%). No obstante,

su máxima germinación comenzó a mostrarse a los 30 DDF, período en el cual la humedad era de 50% y la materia seca se encontraba en su máximo nivel (10.8 gramos).

La germinación se mantuvo alta inclusive hasta los 38 DDF (última muestra), pero en este punto la humedad ya había bajado considerablemente hasta 12-13%, mientras que la materia seca sólo levemente. Esto se adjudica a que después de madurez fisiológica (30 DDF), las condiciones ambientales -temperatura y precipitación- no fueron tan perjudiciales en el período (Figuras 12 y 13).

Se puede concluir que en esta investigación la madurez fisiológica se obtuvo a los 30 DDF y la madurez comercial (12-13%) a los 36 DDF; sin embargo, la germinación no fue significativamente afectada. El tiempo requerido por esta variedad para llegar a su madurez fisiológica, la colocan sin lugar a duda dentro de las variedades precoces.

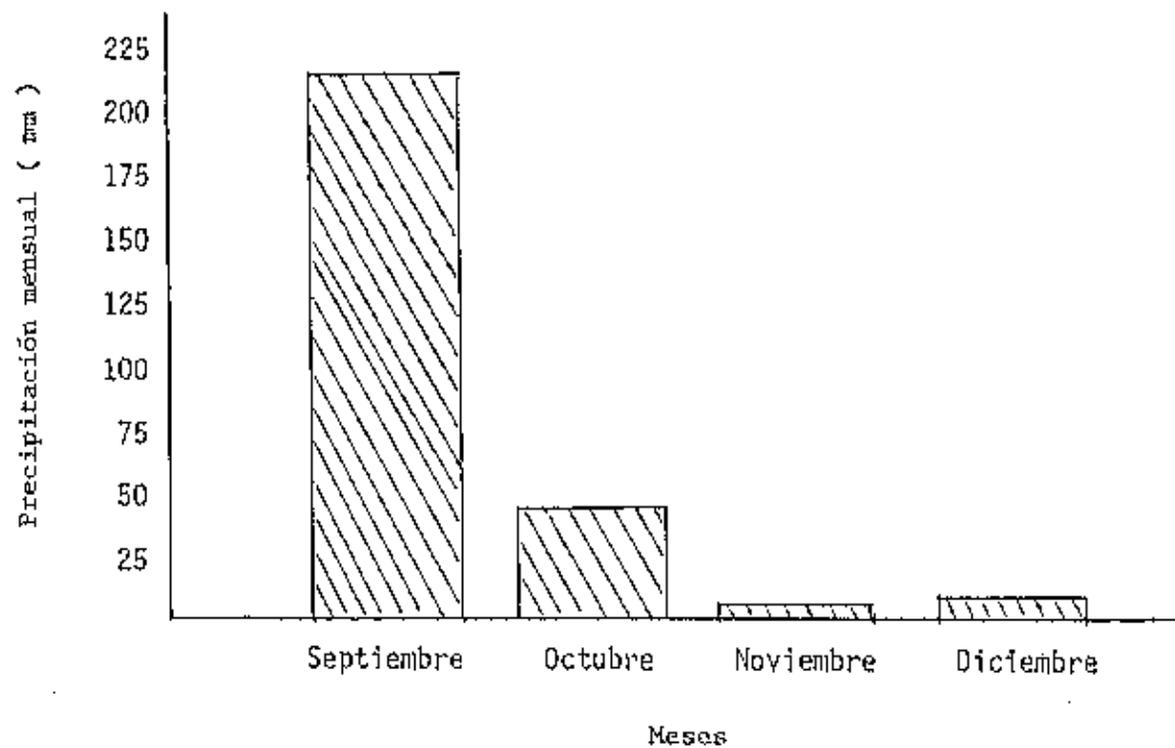


Figura 12. Precipitación mensual del área de siembra del frijol desde los meses de Septiembre a Diciembre de 1987.

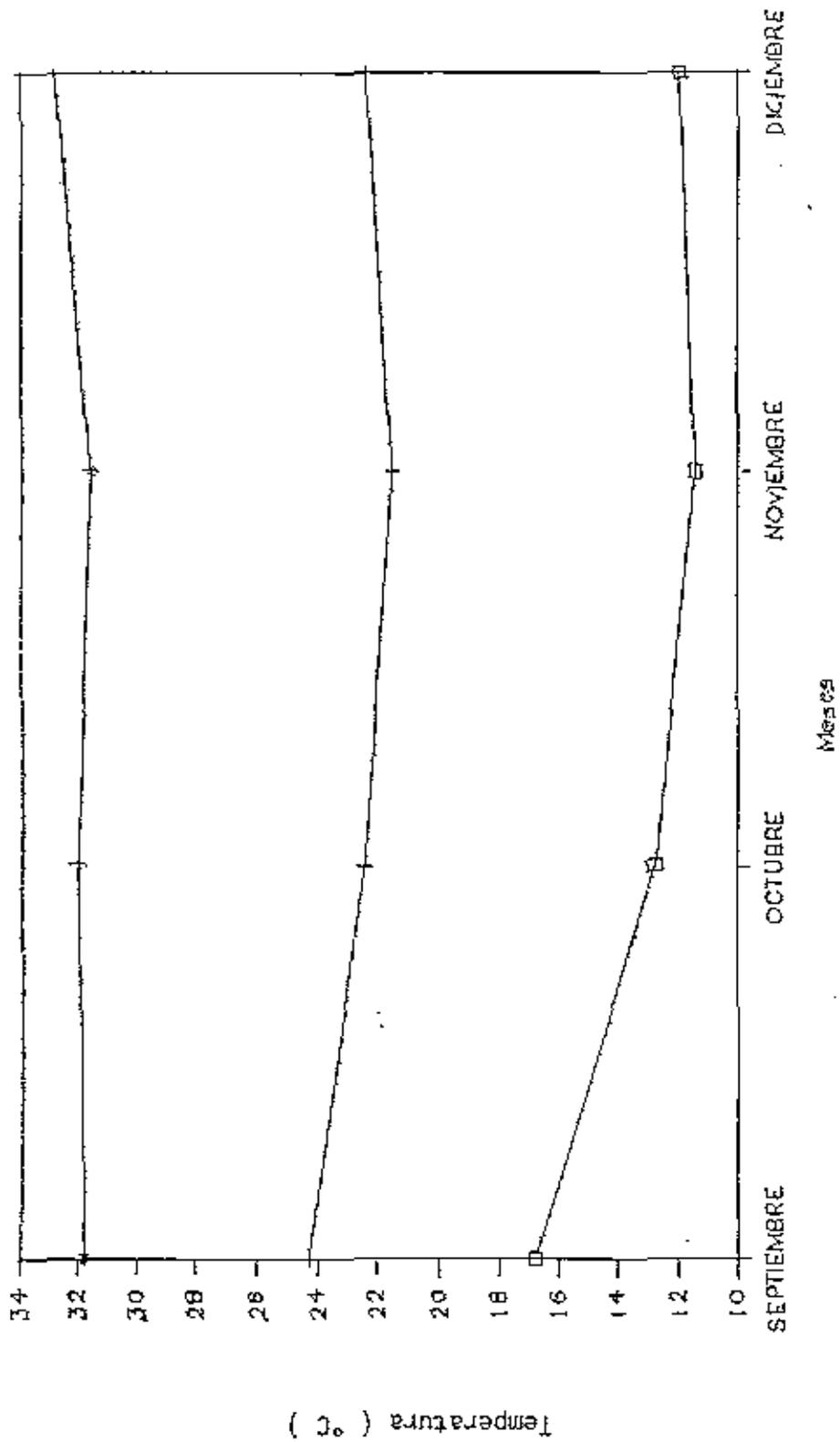


Figura 13. Temperaturas mínima, media y máxima mensuales del área de siembra de frijol en los meses de Septiembre a Diciembre de 1987.

## V. RESUMEN

El desarrollo y la maduración de la semilla de frijol común de la variedad "Catrachita" (línea RAB 205) fueron estudiados en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, durante 1987. La fecha de floración fue establecida por medio de identificación de las flores que estuviesen totalmente desarrolladas pero antes de la separación de los pétalos. El desarrollo de la semilla y vaina fue caracterizada en términos de los cambios ocurridos en tamaño, peso fresco y seco, contenido de humedad y germinación. El tamaño de la semilla y vaina aumentaron rápidamente y obtuvieron máximos valores 26-28 DDF; luego el tamaño disminuyó por deshidratación, estabilizándose a los 34-36 DDF. La humedad de la semilla fue de 79% a los 10 DDF, detectándose una disminución constante hasta alcanzar un equilibrio con la humedad relativa del ambiente a los 36-38 DDF. el peso seco de las semillas aumentó rápidamente desde los 10 DDF hasta alcanzar un máximo valor a los 30 DDF. Algunas semillas (76%) estuvieron lo suficientemente desarrolladas para germinar a los 22 DDF, la máxima germinación sin embargo, no fue alcanzada hasta los 30 DDF. La madurez fisiológica fue determinada aproximadamente a los

30 DDF; en esta etapa la materia seca y la germinación estaban a un máximo nivel, mientras que la humedad de la semilla era de un 50%. Estos resultados establecen marcas agronómicas en el desarrollo y maduración, que son críticas para determinar la fecha de cosecha y operaciones de secado para mantener la calidad de la semilla.

## BIBLIOGRAFIA

1. BRESSANI, R. M., FLORES y L.G. ELIAS. 1973. Aceptabilidad y valor nutritivo de las plantas leguminosas de grano de la dieta humana. In: D. Wall (ed.) El potencial de frijol y de otras leguminosas de grano comestible en América Latina. Cali, Colombia, --- CIAT. Serie CS-2, p. 13-15.
2. CARLSON, J.B. 1973. Morphology. In: Caldwell (ed.), Soybeans: improvement, production, and uses. American Society of Agronomy, Wisconsin, p. 87-91.
3. CROOKSTON, R.K., P.S. HILL,. 1978. A visual indicator of the physiological maturity of soybena seed. --- Crop Sci. 18:867-870.
4. DEBOUCK, D.G. y R. HIDALGO,. 1985. Morfología de - la planta de frijol común. In: M. López, F. Fer--- nández, A.V. Schoonhoven (ed.). Frijol: Investi--- gación y producción. Cali, Colombia, Centro Inter nacional de Agricultura Tropical, p.61-78.
5. DELOUCHE, J.C. 1980. Enviroment effects on seed development and seed quality. Hort. Science. 15:775-780.
6. DEVLIN, R.M. y F.H. WITHAM. 1983. Plant Physiology. 4a. ed., Boston, Willard Grant Press, 577p.
7. DIEHL, R. y J.M. BOX. 1983. Fitotecnia General. 2a. ed. Madrid, España, Mundi Prensa, 817p.
8. DEWELLE, R.B. 1974. The effects of ionizing and growth regulator upon abscission in explants of Phaseolus and Impatiens (Ph.D. Thesis. Missoula, University of Montana. 141p). .
9. ESPAÑA, MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1976. Reglas internacionales para ensayo de semillas.

10. FERNANDEZ, F., P. GEPTS y M. LOPEZ. 1985. Etapas de desarrollo de la planta de frijol. In: M. López, F. Fernández y A.V. Schoonhoven (eds.), Frijol: - Investigación y producción. Cali, Colombia. Centro Internacional de agricultura tropical. p. 61-78.
11. HONDURAS, SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES. Catrachita, nueva variedad de frijol rojo precoz y apta para sistemas de monocultivo y relevo. s.f.
12. LEE, J.M. y P.E. READ. 1975. Developmental anatomy of interocular cavitation in snap beans, Phaseolus vulgaris L. Journal of the American Society for Horticultural Science 100(4):319-325.
13. LEIVA, O.R. y S.R. TEMPLE. 1978. PCCMCA - XXIV Reunión Anual. San Salvador, El Salvador, L21/10 p.
14. LOPEZ, L.C. y C.M. CHRISTENSEN. 1962. Efecto del ataque de hongos en el frijol almacenado. Agricultura Técnica de México 2(1):33-37.
15. OSBORNE, D.J. y M.B. JACKSON. 1972. Physiological properties of abscission accelerator from senescent leaves. Nature New Biology 240:98-101.
16. OTOUL, E. 1969. Repartition des principaux acides aminés dans les différentes parties de la graine d'un cultivar de Phaseolus vulgaris L. Bulletin des Recherches Agronomiques de Gembloux. 4(2):287-301.
17. FERDOMO, J.A. 1985. Some aspects of seed development and maturation in mung bean [Vigna radiata (L.) Wilczek] (M.Sc. Thesis. Starkville, Mississippi State University. 43 p).
18. RICO, B.M. 1965. The influence of calcium, sulfur, moisture and temperature on the fiber development of snap beans (Ph.D. Thesis, College Station, Texas A & M University, 57 p).
19. SARTORI, M.R. 1971. Deterioration of bean seed (Phaseolus vulgaris L.) and its consequences (M. Sc. Thesis, Starkville, Mississippi State University, 63 p).
20. SILVA, D.M., C. VIERA y C.S. SEDIYAMA. 1976. Determinação da época adequada de colheita do feijão (Phaseolus vulgaris) com base na qualidade fisiológica das sementes. Revista Ceres 22(121):272-281.

21. TAPIA, H. y L.F. GARIBO. 1985. PCCMCA - XXI Reunión Anual. San Pedro Sula, Honduras, v. 3, 382 p.
22. VOYSEST, D. 1983. Variedades de frijol en América Latina y su origen. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 87p.
23. WHEELER, G. y R. DAXL, 1979. PCCMCA - XXV Reunión Anual. Tegucigalpa, Honduras, v. 3, L55/9 p.
24. WHITE, J.W. 1985. Conceptos básicos de fisiología de frijol. In: M. López, F. Fernández y A.V. Schoonhoven (eds.), Frijol: Investigación y producción. Cali, Colombia. Centro Internacional de agricultura tropical. p. 43-60.

APENDICE

Cuadro 1. Crecimiento, acumulación de peso seco y contenido de humedad de la vaina y semilla de frijol Cabrechiba a intervalos de días después de floración.

MUESTRA	VAINA					SEMILLA						
	DÍAS	LARGO mm	DÍMETRO mm	PESO FRESCO gr	PESO SECO gr	HUMEDAD %	LARGO mm	DÍMETRO mm	PESO FRESCO gr	PESO SECO gr	HUMEDAD	GERMINACIÓN %
1	4	19.10	3.00	1.11	0.21	89.87	9.49	2.32	0.39	0.00	79.00	2
2	6	35.90	3.28	0.39	0.84	80.34	4.71	2.96	0.97	0.16	83.00	
3	8	52.40	5.90	20.16	2.37	86.17	5.75	4.15	3.61	0.96	84.48	
4	10	73.10	8.58	53.91	6.00	81.88	6.50	5.00	6.96	1.48	78.73	
5	12	77.09	10.33	74.37	8.67	81.88	10.13	6.58	9.07	2.72	72.71	
6	14	86.72	10.25	92.82	12.89	78.65	12.57	7.76	13.83	2.69	80.54	
7	16	87.66	11.02	81.14	14.70	82.51	12.61	7.60	18.90	6.91	63.43	
8	18	81.56	11.29	64.80	13.03	79.82	13.38	9.22	19.81	7.48	62.24	76
9	20	86.57	10.96	77.83	13.53	73.94	13.87	8.90	22.20	8.77	60.49	73
10	22	86.54	10.71	65.02	13.12	82.36	14.55	9.35	24.59	10.48	57.30	80
11	24	86.54	10.81	68.67	13.77	73.70	12.96	8.14	21.68	10.80	50.18	78
12	26	80.53	10.40	60.57	10.60	80.98	12.28	7.54	17.28	10.16	41.20	92
13	28	66.55	11.00	66.19	11.47	40.93	9.92	6.20	10.68	8.84	17.22	100
14	30	67.75	9.34	41.68	10.96	12.62	10.50	6.60	12.17	10.70	12.07	100
15	32	84.20	9.32	29.25	11.86	9.61	9.90	6.50	9.31	9.96	12.29	98
16	34	78.93	7.90	9.90	9.65	12.75	9.90	6.50	10.90	9.96	12.29	98
17	36	79.83	8.80	10.80	9.31	12.75	9.90	6.50	10.90	9.96	12.29	98
18	38	82.50	8.25	11.21	9.85	12.75	9.90	6.50	10.90	9.96	12.29	98