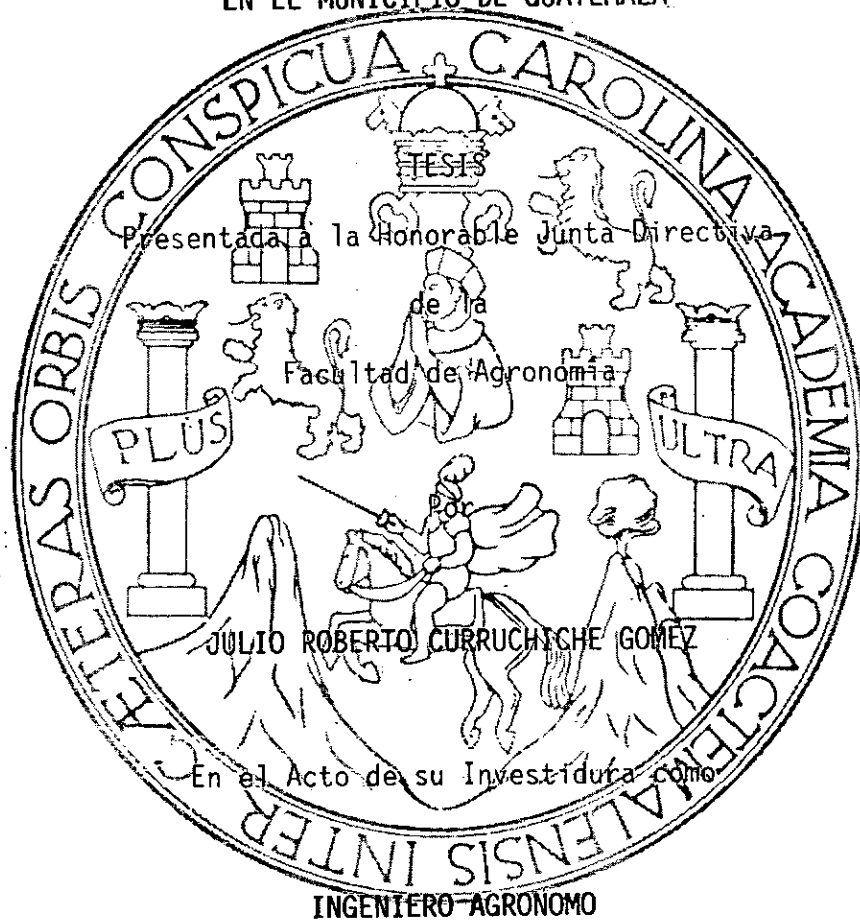


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTUDIO FENOLOGICO DEL FRIJOL (*Phaseolus-vulgaris* L.)  
EN RELACION A LA FERTILIZACION CON NIVELES DE N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O  
EN EL MUNICIPIO DE GUATEMALA



En el Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 1989

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
01  
T(1286)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Lic. Roderico Segura Trujillo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Aníbal B. Martínez
Vocal 1o.	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez G.
Vocal 2o.	Ing. Agr. Jorge Sandoval Illescas
Vocal 3o.	Ing. Agr. Wotzbellí Méndez Estrada
Vocal 4o.	P. Agr. Hernán Perla González
Vocal 5o.	P. Agr. Julio López Maldonado
SECRETARIO	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio



Referencia .....

Asunto .....

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

11 de octubre de 1989

Ingeniero Agrónomo  
Hugo Tobías Vásquez  
Director del Instituto de  
Investigaciones Agronómicas  
Facultad de Agronomía

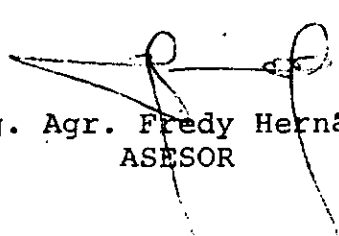
Ingeniero Tobías:

Tengo el agrado de informarle que he concluido la revisión del trabajo de tesis del estudiante JULIO ROBERTO CURRUCHICHE GOMEZ, cuyo título es "ESTUDIO FENOLOGICO DEL FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.) EN RELACION A LA FERTILIZACION CON NIVELES DE N, P<sub>2</sub>, O<sub>5</sub> Y K<sub>2</sub> O EN EL MUNICIPIO DE GUATEMALA".

Este trabajo cumple con los requisitos establecidos, además contribuye en la información del cultivo de frijol, por lo que recomiendo la aprobación correspondiente para la publicación.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Ing. Agr. Fredy Hernández Ola  
ASESOR

FHO/ndo.

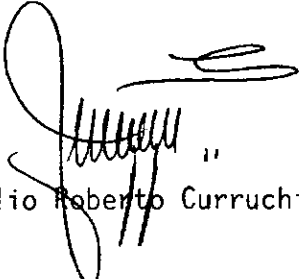
Guatemala, septiembre de 1989.

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de  
Guatemala.  
Presente

En cumplimiento con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado "ESTUDIO FENOLOGICO DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN RELACION A LA FERTILIZACION CON NIVELES DE N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  EN EL MUNICIPIO DE GUATEMALA.

Someto ante ustedes el presente trabajo, en cumplimiento al requisito exigido previo a optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Respetuosamente,

  
Julio Roberto Curruchiche G.

## ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Por haber iluminado mi camino.

A MI MADRECITA

María de la Cruz Gómez  
Quien descansa la paz del sueño eterno,  
que mi agradecimiento llegue hasta su  
morada.

A MI ESPOSA

Olga Marina Orellana de Curruchiche.  
Por su constancia, abnegación y compren  
sión, para ayudarme a salir adelante.

A MI HIJO

Julio Roberto  
Para que mi constancia le sirva de ejem  
plo y en el futuro sea algo mejor.

A MIS HERMANOS

Miguel Angel (Q.E.P.D.)  
María Luisa  
Víctor Eduardo  
Virginia Esperanza

A MIS SOBRINOS

Luis Alfredo (Q.E.P.D.)  
Eduardo Roberto

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS

## TESIS QUE DEDICO

- A: Mi Patria Guatemala
- A: Universidad de San Carlos de Guatemala
- A: Facultad de Agronomía
- A: Dirección General de Servicios Agrícolas
- A: Instituto para el Desarrollo Económico  
Social de América Central -IDESAC-.

## AGRADECIMIENTO

- A: Ing. Agr. Fredy Hernández Ola  
Por su valiosa asesoría y colaboración para realizar el presente trabajo.
- A: Al área de procesamiento de datos de la Facultad de Agronomía por su colaboración en la parte analítica.
- A: Personal de campo del Instituto Indígena Santiago por su colaboración en la realización del presente trabajo.
- A: Las ternas examinadoras de los seminarios I y II de Tesis, por sus valiosos aportes al trabajo.

# I N D I C E

	<u>Página No.</u>
RESUMEN	i
1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION	3
3. HIPOTESIS	5
4. OBJETIVOS	6
5. REVISION DE LITERATURA	7
5.1. CONCEPTOS DE FENOLOGIA	7
5.2. ESTUDIOS FENOLOGICOS REALIZADOS EN FRIJOL Y OTROS CULTIVOS	8
5.3. ESTUDIOS DE FERTILIZACION REALIZADOS EN FRIJOL Y OTROS CULTIVOS	15
6. MATERIALES Y METODOS	18
6.1. DESCRIPCION DEL AREA EXPERIMENTAL	
6.2. MATERIALES	19
6.3. METODOS	20
6.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO	29
7. RESULTADOS Y DISCUSION	31
7.1. CONDICIONES CLIMATICAS	
7.2. ANALISIS DE CORRELACION MULTIPLE	38
7.3. ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE MEDIAS	40
7.4. INDICE DE AREA FOLIAR (IAF) EN RELACION AL NUMERO DE VAINAS POR PLANTA DE FRIJOL	44
7.5. TASA DE CRECIMIENTO RELATIVO (TCR) Y ASIMILACION NETA (TAN) EN RELACION AL RENDIMIENTO EN PESO DE FRIJOL	47
8. CONCLUSIONES	



9.	RECOMENDACIONES	53
10.	BIBLIOGRAFIA	55
11.	APENDICE	58

i

ESTUDIO FENOLOGICO DEL FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris L.*) EN RELACION A LA  
FERTILIZACION CON NIVELES DE N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O EN EL MUNICIPIO DE GUATEMALA  
(Resumen)

BEANS PHENOLOGY (*Phaseolus Vulgaris L.*) RELATED TO N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> AND K<sub>2</sub>O  
FERTILIZATION IN GUATEMALA  
(Abstract)

El trabajo que a continuación se presenta, fue realizado en los campos agrícolas del Instituto Indígena Santiago, ubicado en el kilómetro 14.5 de la carretera Roosevelt del municipio de Guatemala, con el objeto de determinar el grado de influencia y/o correlación existente, entre los factores climáticos: Temperatura, Humedad Relativa y Horas de Brillo Solar, los fenómenos fisio-morfológicos: crecimiento, desarrollo y rendimiento de la planta y su relación con la aplicación de diferentes niveles de fertilizante en ésta área; para lo cual se utilizaron como materiales: la variedad criolla de frijol "Rabia de Gato", los espacios de exploración de fertilización 40-60 Kgs./Ha. de Nitrógeno (Urea 46%), 30-40-50 Kgs./Ha. de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 40-50 Kgs./Ha. de K<sub>2</sub>O, distribuyéndose aleatoriamente en 12 tratamientos y 1 testigo absoluto, mediante un diseño experimental de bloques al azar.

Las variables de planta evaluadas fueron: Longitud de tallo principal, área foliar, Número de ramas por planta, Número de flores por planta, Número de vainas por planta y rendimiento en peso por tratamiento. Las variables de clima se refirieron a temperatura, humedad relativa y horas de brillo solar. Para medir el grado de influencia y/o correlación existentes entre las variables mencionadas, se realizaron análisis de correlación para los 12 tratamientos y el testigo absoluto. De acuerdo a los valores obtenidos se encontró que el tiempo y los factores climáticos considerados, influyen directamente y están altamente correlacionados con la longitud del tallo principal, área foliar, número de ramas por planta y número de flores por planta, sin que influya significativamente el nivel de fertilización aplicado sobre el grado de correlación existente; pues ya que los valores del coeficiente de correlación que mide el grado de asociación existente, se mantiene alto, aún variando los niveles de fertilización aplicados.

Para la determinación de la influencia ejercida por los niveles de fer

tilización aplicados sobre cada una de las variables de planta evaluadas, se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey, encontrándose que no existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos para longitud de tallo principal, área foliar, número de ramas por planta y número de flores por planta, sin embargo para el número de vainas por planta y peso (Kgs./Ha.), si existen diferencias significativas, siendo en ambos casos los tratamientos No. 6, 4 y 2 en los que se aplicaron, 40-50-50 Kgs./Ha., 40-40-50 Kgs./Ha. y 40-30-50 Kgs./Ha. de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  los que presentaron los mejores resultados, en base a los mismos puede decirse que los macronutrientes considerados ejercen influencia directa sobre el rendimiento del frijol en el área de estudio. Para determinar la relación existente entre los factores climáticos citados, los niveles de fertilización aplicados y los fenómenos fisio-morfológicos de la planta de frijol, se realizó un análisis cuali-cuantitativo de los parámetros del crecimiento, Índice de Área Foliar, Tasa de crecimiento Relativo y Tasa de Asimilación Neta, mediante 3 etapas de análisis, una de campo, una fase de laboratorio, una de gabinete, en base a los datos obtenidos se realizaron los cálculos correspondientes, llegando a establecer de acuerdo a los valores obtenidos que dichos parámetros están altamente correlacionados con los factores del clima estudiados y los niveles de fertilización que arrojaron los mayores promedios en rendimiento, ya que la mayor producción de materia seca total obtenida, corresponde a los tratamientos No. 6, 4 y 2 mismos que produjeron los mayores promedios en rendimiento de grano de frijol.

## 1. INTRODUCCION

Desde tiempos pre-hispánicos se ha utilizado el frijol como uno de los cultivos alimenticios básicos más importantes en Guatemala, por ser este grano parte integral de la dieta diaria de la gran mayoría de la población y una de las fuentes principales de proteína; ya que representa de 20 a 30% de la ingesta total. Debido a la importancia del cultivo, en cuanto a la disponibilidad de su alto contenido de proteína que pueda ser accesible para los sectores económicamente menos favorecidos del país, se hace necesario el conocimiento más profundo, de los factores del ambiente que en forma significativa ejercen influencia sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del mismo. El estudio fenológico consiste precisamente en determinar, el efecto que producen las condiciones ambientales sobre los procesos fisio-morfológicos de la planta, lo cual se traduce en la capacidad de producción que ésta tenga posteriormente. Es un hecho que el clima y el suelo son factores del ecosistema que más influencia ejercen sobre la producción de los cultivos, razón por la que con el presente estudio, se pretende aportar información sobre la relación que guardan los factores clima-suelo con los fenómenos de crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de frijol. Para lo cual se realizan análisis de correlación múltiple y de varianza entre los elementos climáticos temperatura, humedad relativa y horas de brillo solar vrs. las variables longitud de tallo principal, área foliar, número de ramas por planta, y número de vainas por planta, llegando a determinar de ésta manera el grado de influencia ejercido por estos factores sobre los parámetros de crecimiento morfológicos (Índice de Área Foliar) y fisiológi-

cos (Tasa de crecimiento relativo, Tasa de asimilación neta) de la planta. Así mismo, através de la aplicación al suelo de diferentes niveles de fertilización, determinados en base a observaciones de campo se espera aportar información con un grado mayor de confiabilidad, sobre los niveles de fertilización con Nitrógeno, Fósforo y Potasio más adecuados a utilizar en el área de estudio, estableciendo para ello 12 tratamientos con diferentes niveles de N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O más un testigo absoluto, mediante un diseño experimental en "bloques al azar" con tres repeticiones. No obstante la importancia que reviste el cultivo, desde el punto de vista socio-económico para el país, no existen a la fecha suficientes investigaciones que demuestren el grado de influencia ejercido por los factores ambientales sobre el comportamiento de las plantas, tal es el caso del factor clima cuyo efecto es despreciado al reportarse simplemente como un error experimental en investigaciones realizadas. Así mismo, es una práctica común encontrar u observar agricultores utilizando fórmulas y niveles de fertilización, basados en criterios empíricos y no como producto de resultados emanados de investigaciones técnicas, provocando con ello un deterioro cada vez más acelerado de los suelos.

## 2. DEFINICION DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION

El problema básico en el estudio de los seres vivos, en sus condiciones naturales, consiste en establecer las relaciones existentes entre éstos y el ambiente que los rodea, tanto en su aspecto físico como biológico, durante el proceso de crecimiento, desarrollo y rendimiento. No obstante la importancia que presenta el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en cuanto a la adquisición de su grano, por los sectores económicamente menos favorecidos del país, no existen a la fecha suficientes estudios serios y sustentados de investigaciones técnicas que demuestren el grado de influencia ejercido por los factores climáticos: temperatura, precipitación, humedad relativa y horas de brillo solar sobre los fenómenos fisio-morfológicos de la planta (crecimiento, desarrollo y rendimiento) a nivel de localidad, mediante un análisis cuali-cuantitativo de los parámetros de crecimiento de la planta (Índice de Área Foliar, Tasa de Crecimiento Relativo y Tasa de Asimilación Neta), para la determinación del contenido de fotosintatos absorbidos y la producción de materia seca total generada durante su ciclo vegetativo como materia prima para la producción de grano y no como regularmente se ha venido tomando este aspecto, en estudios realizados, en los que se reporta este fenómeno como un simple error experimental, generalizando los resultados obtenidos a nivel de zona o región productora de frijol, sin tomar en cuenta la variabilidad de clima que pueda encontrarse al interior de la misma. Por otro lado, encontramos que en nuestro medio, son también relativamente pocos los ensayos de abonamiento que se han realizado en este cultivo, tomando en cuenta la interacción

clima-suelo-planta. Sin embargo, sí se ha podido demostrar que el abonamiento es uno de los medios más eficaces para incrementar los rendimientos, la calidad y las ganancias (29). De allí que resulte pertinente la justificación de todo esfuerzo bien encaminado a desarrollar un programa de abonamiento adecuado, no obstante debe recordarse que no es posible llevar a la realidad un abonamiento eficiente, sin haber evolucionado también otros aspectos de la producción.

### 3. HIPOTESIS

- Los elementos climáticos temperatura, humedad relativa y horas de brillo solar, están directamente asociados con el crecimiento y desarrollo del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), sin influir significativamente el nivel de fertilización aplicado.
  
- La fertilización con N -  $P_2O_5$  y  $K_2O$  influye en forma significativa, sobre el número de vainas por planta y en el rendimiento en peso del frijol en el área de estudio.



#### 4. OBJETIVOS

##### — GENERALES:

Determinar la fenología y la respuesta a la aplicación de niveles crecientes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

##### — ESPECIFICOS:

Determinar el efecto que ejercen los elementos climáticos sobre el cultivo de frijol, considerando diferentes niveles de fertilización.

Evaluar el efecto que provoca la aplicación de niveles crecientes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el rendimiento del cultivo de frijol.

## 5. REVISION DE LITERATURA

### 5.1 CONCEPTOS DE FENOLOGIA:

Gonzáles (13), define a la Fenología, como la rama de la ciencia biológica que estudia los fenómenos periódicos de los seres vivos y sus relaciones con las condiciones ambientales, tales como la temperatura, luz, humedad, etc.

Según Martínez y Tico (21), Fenología es el estudio de la relación entre el clima y los hechos que suceden periódicamente en la vida de los vegetales y animales.

Guzmán (17), define a la Fenología como la ciencia que estudia la influencia que ejerce el tiempo atmosférico sobre los cultivos y animales, conociéndose el crecimiento y desarrollo o volúmen con el transcurso de los días, siendo posteriormente objeto de la Fenometría.

Font Quer (11), definió la Fenología, como el estudio de los fenómenos biológicos, acomodados a cierto ritmo periódico, como la brotación de las florecencias, la maduración de los frutos, etc. Como es natural estos factores se relacionan con el clima de la localidad en que ocurre.

## 5.2 ESTUDIOS FENOLOGICOS REALIZADOS EN FRIJOL Y OTROS CULTIVOS:

### 5.2.1 Influencia de la Temperatura:

La duración e intensidad de la temperatura influye en los vegetales de manera directa, para desempeñar la totalidad de sus funciones vitales, por lo que las plantas necesitan absorber determinada cantidad de calorías para su crecimiento y desarrollo.

Guerra Martínez, L. (18), en su investigación sobre Fenología en sus nueve variedades de Soya (*Glycine max L.*), bajo condiciones de campo e invernadero en el municipio de Guatemala, indica, que el vigor de una planta es representado por su área foliar, su altura y días a floración, lo que repercute en el rendimiento de la misma, lográndose éste mediante una temperatura mas o menos uniforme durante el desarrollo de la planta.

Jones citado por Roseo, et. al (28), indica que a 10°C; no ocurre crecimiento de la planta de frijol.

García Chuvac, A. (12), en su informe investigativo sobre el estudio fenológico de ocho variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*) bajo condiciones de campo e invernadero en el municipio de Guatemala, informa que temperaturas constantes, influyen positivamente en el incremento de la altura de las plantas.

Mateo citado por Roseo, et. al (23), indica que una planta necesita como mínimo 8°C para germinar, 15°C para florecer y 17°C

para madurar.

García citado por Uzcategua, Ives y Chacón (33), reporta que el frijol se adapta mejor a temperatura media de 19 a 22°C, máxima de 30°C y mínima de 8.3°C sobre altitudes de 500 a 2,600 m.s.n.m.

El Banco de Guatemala (4), informa, que desde el punto de vista agronómico, las zonas más apropiadas para producir frijol, son aquellas con temperaturas que oscilan entre 18 y 27°C, humedad relativa baja (menor de 70%), con suelos arenosos y permeables.

Dalel citado por Montoya, García e Icasa (24), encontró que en plantas de frijol de 15 días de sembrado, los incrementos de temperatura por encima de 25°C, dieron como resultado un mayor número de hojas, así como un incremento de área foliar total de cada planta. La relación área foliar total a 25°C, fue cerca del doble que a 15°C, la temperatura más baja en la cual se presenta floración es 15°C, y a temperaturas entre 24 y 30°C, el frijol no florece. El tiempo entre floración y cosecha de vainas es influenciado por temperaturas entre 15.5 y 24°C, el lapso floración-cosecha, se realizó en término de 12 días, mientras que a temperaturas de 22.2°C, dicho lapso se redujo a 10 días.

Orellana P. A. (25), en su investigación sobre fenología en Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), indica que el área foliar y el número de flores por planta, están altamente correlacionados,

además de la temperatura del aire, con el tiempo, temperatura del suelo, humedad relativa, precipitación y horas de brillo solar.

Alvarez y Richardson (3), en su investigación sobre frijol ejotero, reportan que el frijol crece bien en regiones de clima moderadamente cálidos, en climas muy cálidos o durante las las estaciones calurosas se acorta el período de producción de vainas, con temperaturas altas o lluvias excesivas pueden caerse las flores o vainas recién formadas. El efecto de temperaturas mayores acorta el ciclo de desarrollo del cultivo, su interacción con la luz y la humedad influyen en el crecimiento y rendimiento de la planta en diferentes grados, debido a que son factores que participan en el proceso fisiológico de la planta, especialmente en los parámetros: tasa de crecimiento relativo y tasa de asimilación neta para la producción de materia seca total.

#### 5.2.1 Influencia de la Luz:

Robin y Stoking (27), indican que las plantas que crecen expuestas al sol son llamadas plantas de luz tienen tallos y hojas cortas y gruesas, las que crecen en la obscuridad (etiolación), poseen los entrenudos largos, las hojas de tamaño muy reducido, su sistema radicular poco desarrollado, ya que la luz es uno de los factores que pueden controlar el crecimiento de manera distinta a través de la fotosíntesis.

García Chuvac A. (12), en su mismo informe sobre fenología en frijol, menciona que deficiencias luminosas, producen mala

formación de tallos, razón por la que las plantas jóvenes tienden a buscar la parte donde la luz es más intensa, indicando a la vez que cuando la luz es muy intensa, da a la planta una coloración verde oscuro, consistencia a la parte leñosa y activa la absorción radicular, restringiendo el crecimiento hormonal de los tallos desarrollados, olores y sabores de las plantas, igualmente que en sus frutos.

La intensidad de la luz, no es factor crítico en la determinación del comportamiento de las plantas de día largo y de día corto, más bien es la duración de los períodos diarios alternantes de la luz y la obscuridad lo que determina el comportamiento de la floración (23).

Englemán (10), indica que las variedades de hábito de crecimiento indeterminado tienen más nudos en el tallo principal, que las variedades de hábito determinado, ofreciendo mejores posibilidades a la respuesta de la ramificación y área foliar, la cual está muy influenciada por las condiciones ambientales, posiblemente luz y agua disponibles en el suelo.

### 5.2.3 Influencia de la Radiación Solar:

Los factores intensidad, longitud, duración de onda y periodicidad de la luz afectarán la germinación de la semilla, crecimiento, forma y color de las plantas; también la época y abundancia de floración (23).

García Chuvac, A. (12), en base a su investigación Fenológica en frijol, indica que la intensidad de la luz repercute en el proceso fotosintético de la planta, afectando fundamentalmente la formación de materia seca y por ende el rendimiento de la planta.

Cuando se siembra en primavera, o sea cuando los días son más largos, se da la floración tardía, por lo tanto acortando artificialmente la duración del día, las variedades de floración tardía adelantarán la floración, esto sucede cuando el vegetal dispone de condiciones favorables de temperatura, humedad, etc. para crecer; pero cuando la duración del día no es adecuado para la floración, la planta tiende a crecer indefinidamente, provocando el fenómeno del del gigantismo (9).

Un cultivo verde que cubre totalmente el suelo tiene un albedo de 20 a 25%, la parte infrarroja del espectro es reflejada en un 45%, la parte visible en un 4.5% y la parte verde en un 9%. En el suelo del cultivo tenemos entonces sólo de 5 a 10% de la radiación original, consistente casi solo de rayos infrarrojos, dando como consecuencia que las hojas inferiores tengan poca participación en la transpiración y asimilación, mientras que la respiración permanece alta por la temperatura, en general pierden más  $\text{CO}_2$  por respiración que lo que asimilan (13).

#### 5.2.4 Influencia de la Humedad del Suelo y la Lluvia:

La humedad es indispensable para las plantas, pues ya que el agua se encarga de disolver los principales minerales del suelo.

El período de germinación es el más crítico, ya que una humedad excesiva puede resultar perjudicial después de iniciado su crecimiento, teniendo la ventaja este cultivo de poder soportar períodos cortos de sequía (32).

De acuerdo al hábito de vida de la planta con respecto a la humedad, las plantas pueden ser divididas en: Tropófitas si tienen adaptación a sequedad relativa, Higrofitas si tienen adaptación a la humedad constante y Acuáticas si tienen adaptación a la vida en el agua (21).

El cultivo de frijol requiere una humedad adecuada como cualquier otro, para poder lograr un normal desarrollo, por la forma en que puede disolver los minerales contenidos en el suelo antes que éstos sean absorbidos por las raíces, precisarán éstos de agua para la formación de tejidos, de acuerdo a los diversos hábitos de crecimiento o desarrollo que ésta tenga, se adapta en mejor forma a los suelos que poseen buen drenaje y deben de estar comprendidos entre los 0 y 1800 m.s.n.m. (7).

Los suelos ricos en materia orgánica son ideales para el cultivo, debido a que tienen gran capacidad de retención de humedad ya que en un momento dado pueden proporcionar humedad, durante los períodos de crecimiento rápido o durante temporadas secas (32).

Guerra Martínez, L. (18), en su informe investigativo sobre fenología en soya, indica que además de un suelo fértil y condiciones



adecuadas, se requiere abundancia de agua y tiempo cálido para obtener una producción alta.

Aguirre y Salas (1), establecen que el frijo se desarrolla bien en lugares, donde la precipitación oscila entre 500 y 2,000 milímetros de lluvia anuales.

#### 5.2.5 Efectos de la Humedad Relativa:

El déficit de saturación de humedad dentro del cultivo es menor, por ésto y debido a los débiles movimientos del aire, las hojas inferiores transpiran muy poco, permaneciendo más tiempo húmedas, lo que las hace susceptibles al ataque de hongos (5).

Guazzelli (15), en forma general reporta que las exigencias climáticas del cultivo del frijol, para un período vegetativo de 90 días, de 200 a 300 mm. de precipitación son suficientes, encontrándose la mayor exigencia entre la germinación y la floración completa, con un requerimiento de 110 a 180 mm. períodos de 15 días antes de la floración, pueden ser críticos para el cultivo, puesto que se traducen en abortos florales, disminución del número de vainas y peso seco del grano, el rendimiento es favorecido con una mínima temperatura diaria mayor a 17°C, amplitudes diurnas y nocturnas de temperatura menor de 10°C, evaporación diaria menor a 4-7 mm. humedad relativa mayor de 85.5% y radiación solar menor de 412.8 cal por metro cuadrado por día.

### 5.3 ESTUDIOS DE FERTILIZACION REALIZADOS EN FRIJOL Y OTROS CULTIVOS:

Gudiel (16), indica que el frijol se adapta a diferentes condiciones de suelo, siempre que éstos no sean demasiado pesados, prefiriendo los franco arcillosos y francos, con un ph de 6.0 a 7.5.

Los requerimientos de fertilización no pueden ser definidos simplemente con obtener la diferencia entre la cantidad de nutrimentos requeridos por la planta, para un nivel de rendimiento dado y el contenido natural de éstos en el suelo; sino considerando además la dinámica en el suelo de los elementos que habrán de aplicarse, para incluir las pérdidas que ocurran por efecto de lixiviación, volatilización, fijación, etc. (26).

Cooke, citado por Salguero Sosa (29), recomienda, que para lograr el uso más económico del fertilizante, se debe escoger la cantidad óptima de fertilizante adecuado y la aplicación de éste en el lugar preciso y tiempo oportuno. El mismo autor indica que la forma usual, para encontrar la dosificación de fertilizantes para un cultivo se basa en los experimentos de campo, donde se prueban diferentes cantidades de fertilizantes y midiendo los resultados que dan éstos, se pueden hacer las debidas recomendaciones.

Gudiel (10), indica que para obtener una cosecha de frijol de 40 quintales por manzana el cultivo extrae del suelo 150 libras de Nitrógeno, 60 libras de Fósforo y 140 libras de Potasio.

Para el rendimiento adecuado de cualquier cultivo es preciso conocer los requerimientos nutricionales de la planta y el nivel de fertilizante del suelo en que se desarrolla. Las necesidades de nutrimento del frijol, han sido estudiadas por diferentes investigadores, los cuales han concluido que esta planta tiene un contenido alto de Nitrógeno, mediano de Fósforo, Potasio y Calcio y bajo de Magnesio y Azufre, dando así una relación promedio para: N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O: S; Ca: Mg: de 1: 0.22: 0.70: 0.027: 0.30: 0.053 (22).

Pincinat, citado por Ajquejay (2), informa que en ensayos de fertilización realizados en frijol, 42 Kgs. de Nitrógeno y 46 Kgs. de Fósforo por hectárea, fueron suficientes para elevar el rendimiento de frijol de 2,000 a 2,746 Kgs./Ha. y que tal dosificación en presencia de 24 Kgs. de Potasio, bajo el rendimiento a 1,780 Kgs./Ha. En otra experiencia el mismo autor señala (2), que en la aplicación de 32 Kgs. de Nitrógeno y 32 Kgs. de Fósforo, se obtuvo un rendimiento de 1,917 Kgs./Ha. de frijol.

En el valle de Chimaltenango 14, 80 y 50 Kgs./Ha. de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> respectivamente, resultó ser la dosificación más económica, mientras que 60 Kgs. de N y 80 Kgs. de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por Hectárea, incrementaron significativamente los rendimientos de frijol (4).

En un estudio realizado durante 1979 (4), para evaluar el efecto de densidades de siembra y dosis de N y P sobre el rendimiento de distintas variedades de frijol, bajo las condiciones de Jalpatagua

y Jutiapa, no se encontró respuesta significativa, aún en dosis de 120 Kgs./Ha. de N y  $P_2O_5$  aplicados en niveles crecientes que guardaron la proporción 1:1.

En Ipala Chiquimula (26), un requerimiento de 50 Kgs./Ha. de N, aumentó el rendimiento de 790 a 1,030 Kgs./Ha. en suelos donde no observó respuesta significativa a la aplicación de  $P_2O_5$  por ser altos en fósforo, pues el análisis de Fósforo resultó arriba de 5.7 microgramos por mililitro señalados como nivel crítico para este nutrimento.

Un requerimiento similar de N (58 Kgs./Ha.), en presencia de 50 Kgs./Ha. de  $P_2O_5$  y  $K_2O$  respectivamente (24), fue determinado durante 1973 por el programa de nutrición vegetal de ICTA (26), sin embargo, resultados experimentales logrado en el valle de Monjas, El Progreso (Jutiapa), revelaron la necesidad de aplicar 101 Kgs./Ha. de N, para incrementar el rendimiento de 353 a 1,052 Kgs./Ha. y 40 Kgs./Ha. de  $P_2O_5$  para elevar el rendimiento de 450 a 986 Kgs./Ha. de frijol (29).

## 6. MATERIALES Y METODOS

### 6.1 DESCRIPCION DEL AREA EXPERIMENTAL

#### 6.1.1 Ubicación Geográfica:

El presente estudio se llevó a cabo en los campos experimentales del Instituto Indígena Santiago, ubicado en el kilómetro 14.5 carretera Roosevelt de la zona 7, ciudad capital, con coordenadas  $14^{\circ} 35' 11''$  de latitud norte y  $90^{\circ} 31' 58''$  de longitud oeste y una altitud de 1502.32 metros sobre el nivel del mar.

#### 6.1.2 Condiciones Climáticas:

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdrige (19), el área experimental se encuentra ubicada en la zona ecológica: bosque sub-tropical seco, con una precipitación media anual de 1.246.8 mm., temperatura media anual de  $18.2^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa media anual de 79% y una velocidad de viento de 16.67 Kms./hora.(19).

#### 6.1.3 Características del Suelo:

De acuerdo a la clasificación de suelos de Charles Simmon's (30), el suelo del área experimental corresponde a los suelos Guatemala, cuyas características son las siguientes: suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre cenizas volcánicas débilmente cementada, en un clima húmedo seco.

El suelo superficial a una profundidad alrededor de 30 cms. franco arcilloso, café oscuro de estructura granular bien desarrollada.

#### 6.1.4 Análisis Químico del Suelo:

Los resultados del análisis químico del suelo realizado previo al establecimiento del cultivo se muestran en el siguiente cuadro.

Disponibilidad de P - K - Ca - Mg.

Textura	PH	Microgramos/ml.		meg/100 ml. de suelo		
		P	K	Ca	Mg	Ca/Mg.
Franco arcilloso	6.5	42.26	179.3	12.1	2.50	4.84

FUENTE: Laboratorio de Suelos de ICTA.

De acuerdo al análisis y en base a los resultados obtenidos, puede mencionarse que el PH se establece como ligeramente ácido, considerándose adecuado para el crecimiento y desarrollo del cultivo de frijol (12), el Fósforo se encuentra en un nivel alto, mientras que el Potasio, Calcio y Magnesio, se encuentran dentro de un rango normal o adecuado, la relación Calcio-Magnesio, se encuentra también en un nivel adecuado de acuerdo a las exigencias del cultivo.

## 6.2 MATERIALES

### 6.2.1 Características de la Variedad Utilizada:

El material utilizado, fue la variedad criolla denominada regionalmente "RABIA DE GATO" la cual los agricultores por selección han utilizado por años, cuyo tipo de planta es arbustivo, de

guía corta, vainas de color café claro y tienden a dar de 6 a 7 granos cada una, con un promedio de 20 vainas por planta, posee ramas en los primeros 3 ó 4 nudos del tallo principal, sus hojas trifoliadas son de tamaño mediano, en cada ramillete dá sólo 3 vainas que son coreaceas, poco dehicentes y resisten la humedad, flores de color morado, florece entre los 25 y 30 días, hábito de crecimiento indeterminado, el peso de 100 semillas equivale a 20 gramos, el grano es de color negro opaco y de forma medianamente arriñonado. Es susceptible a la competencia con las malezas, por su precosidad se cree que es tolerante o escapa a la sequía, aprovecha la humedad atmosférica como el sereno o rocío (20).

Presenta una amplia estabilidad de rendimiento, bajo condiciones imperantes adversas, genéticamente puede ser un material de gran valor en programas de mejoramiento varietal (12).

#### 6.2.2 Fuentes de Fertilizantes:

Nitrógeno: Urea al 46% de Nitrógeno

Fósforo : Triple superfosfato al 46% de  $P_2O_5$

Potasio : Muriato de potasio al 60% de  $K_2O$ .

### 6.3 METODOS

#### 6.3.1 Factores:

Los factores que se estudiaron son los distintos niveles o modalidades de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, siendo éstos los siguientes:

	Niveles a Usar
Nitrógeno (N).....	40 - 60 Kgs./Ha.
Fósforo ( $P_2O_5$ ).....	30 - 40 - 50 Kgs./Ha.
Potasio ( $K_2O$ ).....	40 - 50 Kgs./Ha.

### 6.3.2 Tratamientos:

Están constituidos por los diferentes niveles de fertilización con Nitrógeno, Fósforo y Potasio, los que mediante un diagrama de árbol quedaron distribuidos de la manera siguiente:

- 1)  $N_1P_1K_1$  (40-30-40 Kgs./Ha.)
- 2)  $N_1P_1K_2$  (40-30-50 Kgs./Ha.)
- 3)  $N_1P_2K_1$  (40-40-40 Kgs./Ha.)
- 4)  $N_1P_2K_2$  (40-40-50 Kgs./Ha.)
- 5)  $N_1P_3K_1$  (40-50-40 Kgs./Ha.)
- 6)  $N_1P_3K_2$  (40-50-50 Kgs./Ha.)
- 7)  $N_2P_1K_1$  (60-30-40 Kgs./Ha.)
- 8)  $N_2P_1K_2$  (60-30-50 Kgs./Ha.)
- 9)  $N_2P_1K_2$  (60-40-40 Kgs./Ha.)
- 10)  $N_2P_2K_2$  (60-40-50 Kgs./Ha.)
- 11)  $N_2P_3K_1$  (60-50-40 Kgs./Ha.)
- 12)  $N_2P_2K_2$  (60-50-50 Kgs./Ha.)
- 13)  $N_0P_0K_0$  (testigo absoluto)

Donde:

$N_1 - N_2$  : Representan los niveles de fertilización 40-60 Kgs./Ha. de Nitrógeno.

$P_1 - P_2 - P_3$ : Representan los niveles de fertilización 30-40-50 Hgs./Ha.



de fósforo.

$K_1 - K_2$  : Representan los niveles de fertilización 40-50 Kgs./Ha.  
de Potasio.

$N_0 - P_0 - K_0$ : Representan al testigo absoluto.

### 6.3.3 Diseño Experimental:

El diseño experimental empleado fue un "Bloques al Azar" con 3 repeticiones, cuyos tratamientos fueron distribuidos aleatoriamente en cada uno de los bloques o repeticiones.

### 6.3.4 Modelo Estadístico:

Para la evaluación de los tratamientos, se utilizó el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variables respuestas de la  $ij$ -ésima unidad experimental.

$U$  = Efecto de la media general.

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$E_{ij}$  = Error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental.

$i$  = 1,2,..... 13

$j$  = 1,2,3

### 6.3.5 Tamaño de la Unidad Experimental:

La unidad experimental consistió de 4 surcos de 5 mts. de largo con distanciamientos de siembra de 0.40 mts. entre surcos

y 0.30 mts. entre plantas, dando una área bruta de 8.00 mts.<sup>2</sup> La Parcela neta a cosechar la constituyen los 2 surcos centrales, dejando 0.5 mts. de borde en cada uno de los extremos de los surcos, dando una área neta de 3.2 mts.<sup>2</sup>

#### 6.3.6 Variables a Evaluar:

En cada una de las unidades experimentales se llevó a cabo un control estricto durante todo el ciclo del cultivo de las variables que a continuación se citan:

- Longitud de Tallo Principal:

Se determinó midiendo desde la base hasta la punta del tallo primario o principal.

- Area Foliar:

Se determinó midiendo el largo y el ancho de las hojas ubicadas en la parte media de la planta, utilizando el método de contorno y pesada para obtener el coeficiente mórfico y aplicarlo a la fórmula:

$$\text{Area foliar} = (l \times a) f$$

Donde:

l = largo

a = ancho

f = coeficiente mórfico

- Número de Ramas por Planta:  
Se determinó a través de conteos.
  
- Número de Flores por Planta:  
Se determinó mediante el conteo de flores abiertas completamente.
  
- Número de vainas por Planta:  
Se determinó a través de conteos de los frutos cuajados.
  
- Peso de los granos por tratamiento:  
Se determinó pesando los granos obtenidos en cada uno de los tratamientos.

#### 6.3.7 Datos Climáticos:

Durante todo el ciclo del cultivo se realizaron lecturas periódicas de los siguientes elementos del clima:

- Temperatura:  
Con el uso de termómetro se realizaron lecturas diarias durante el primer período de desarrollo del cultivo a 1.0 y 1.5 metros sobre el nivel del suelo, con el propósito de establecer el valor promedio de la temperatura del aire. En las siguientes fases de desarrollo las lecturas se realizaron cada tres días.
  
- Humedad relativa:  
Se utilizaron los datos de humedad relativa reportados por

el INSIVUMEH\* para todo el ciclo vegetativo del cultivo.

- Horas de Brillo Solar:

Se estimó haciendo uso de los datos reportados por el INSIVUMEH para todo el ciclo vegetativo del cultivo.

- Requerimientos de Riego:

Estuvieron basados en el uso consumtivo para las diferentes etapas del ciclo vegetativo del cultivo, de acuerdo a las características físicas del suelo y el tiempo de riego para el sistema por aspersión.

#### 6.3.8 Análisis de la Información:

Con el propósito de establecer el efecto del tiempo, temperatura, humedad relativa, horas de brillo solar y requerimientos de riego, sobre la longitud del tallo principal, área foliar, número de ramas por planta, número de flores por planta y número de vainas por planta; se efectuaron análisis de correlación múltiple para los 12 tratamientos y el testigo, efectuándose igual análisis entre variables.

Análisis de varianza de acuerdo con el diseño empleado para: longitud del tallo principal, área foliar, número de ramas por planta, número de flores por planta, número de vainas por planta y peso de los granos por tratamiento, pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey en los que resultaron significativos.

\* Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Tarjeta de Control Climatológico.

Para la determinación de la respuesta a los niveles de fertilización con N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  también se recurrió a un análisis de varianza para los 12 tratamientos, pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey en los que resultaron significativos.

El análisis del crecimiento, desarrollo y rendimiento en cuanto a su interpretación cuali-cuantitativa, se realizó mediante observación y medición de los parámetros: Índice de Area Foliar (IAF), Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) y Tasa de Asimilación Neta (TAN), durante las etapas del ciclo vegetativo de la planta: Tomando en cuenta que el IAF expresa la relación existente entre el área fotosintética total del cultivo y el área de suelo ocupada por la planta ( $m^2/m^2$ ), la TCR determina el incremento en peso que experimenta la planta en un intervalo reducido de tiempo (gr/gr/día) y la TAN representa el aumento en peso seco por unidad de área foliar por tiempo ( $gr/cm^2/día$ ), siendo un indicador de la eficiencia del cultivo en la producción de materia seca por unidad de área foliar. Su análisis fue necesario realizarse en 3 fases de la manera siguiente:

- Fase de Campo:

En cada tratamiento, se tomaron 3 plantas semanalmente, a las que se les determinó: Longitud de tallo principal, Area foliar, Número de ramas por planta, Número de flores por planta y Número de vainas por planta.

Fase de Laboratorio:

A las plantas muestreadas, se les separó las hojas, tallos, flores y frutos, colocándose en bolsas de papel kraft, bien identificadas y con agujeros, para luego llevarse al horno para su secamiento donde permanecieron durante 48 horas a 55°C, determinándose al final de cada período el peso seco del material vegetativo, a través de pesadas en balanza analítica.

Fase de Gabinete:

Una vez obtenidos los datos requeridos, se procedió al cálculo de los parámetros de crecimiento y su respectivo análisis, mediante las fórmulas siguientes:

$$IAF = \frac{\text{Area foliar}}{\text{Area sembrada}}$$

$$TCR = \frac{\log_e W_2 - \log_e W_1}{t_2 - t_1}$$

Donde:

$\log_e$  = logaritmo natural

$W_1$  = peso seco, lectura anterior

$W_2$  = peso seco, lectura posterior

$t_1$  = tiempo anterior

$t_2$  = tiempo posterior (8 días después de tiempo anterior).

$$\text{TAN} = \frac{(W_2 - W_1) (\log_e AF_2 - \log_e AF_1)}{(t_2 - t_1) (AF_2 - AF_1)}$$

Donde:

$AF_1$  = Area foliar, lectura anterior

$AF_2$  = Area foliar, lectura posterior

Para recabar la información, se utilizaron boletas en las que se registraron aspectos relacionados con el crecimiento, datos climáticos, tiempo y pesos secos. Con respecto al análisis del rendimiento, las variables utilizadas para su evaluación fueron: número de vainas por planta, muestreando para ello 3 plantas por tratamiento (parcela neta) cuando las vainas se encontraban maduras, contando el número de vainas de ellas, para obtener un dato promedio.

- Peso de 100 semillas, este dato se obtuvo, contando 100 semillas y luego fueron pesadas en balanza analítica para ser expresado su peso en gramos.
  
- Rendimiento en kilogramos por hectárea, la cantidad de grano obtenido en la cosecha, en cada tratamiento (parcela neta), fue pesada en una balanza de torción, para luego estandarizar el 14% de humedad, para su posterior expresión en kilogramos por hectárea.

## 6.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO

### 6.4.1 Tratamiento de la Semilla:

La semilla fue tratada con desinfectante cerezán (N-etil-mercuri-toluensulfoanilida), a razón de 0.16 onzas por 4 libras de semilla utilizada en el ensayo.

### 6.4.2 Preparación del Terreno:

Tres semanas antes de la siembra, se realizó la labor de aradura a profundidad de 0.30 mts., luego, 8 días antes de la siembra se realizaron 2 pasadas de rastra, durante la cual se incorporaron al suelo 4.55 kgs. de volatón granulado al 2.5% (Phoxim. Dietoxitiofosforiloxiimino)-fenilacetnitrilo, proporcionalmente a la aplicación de 97.40 kgs./Ha. con el propósito de prevenir plagas del suelo.

### 6.4.3 Fertilización:

La fertilización se realizó de acuerdo a la distribución de los tratamientos diseñados para cada unidad experimental, la cual se efectuó a los 10 días después de haber emergido las plantas, colocando el fertilizante en bandas laterales a lo largo de los surcos, separado 7 cms. de la base de los tallos y enterrado a una profundidad de 5 cms.

### 6.4.4 Control de Plagas y Enfermedades:

El control de plagas y enfermedades se efectuó, de acuerdo a las necesidades que presentó el cultivo durante su desarrollo,



lo cual dicho sea de paso, únicamente manifestó en el último período del ciclo vegetativo un brote de roya (*Uromyces phaseoli*), en uno de los tratamientos, pero que de ninguna manera alteró el desarrollo del ensayo.

#### 6.4.5 Control de Malezas:

El control de malezas se efectuó, en forma manual, de acuerdo a las necesidades que presentó el cultivo, realizándose 3 limpiezas durante el desarrollo del mismo.

#### 6.4.6 Cosecha:

La cosecha se realizó, cuando las vainas presentaron un color a amarillo o cremoso (café claro), pero todavía no abiertas, arrancando las plantas desde su base en forma manual, luego se amontonaron para su crecimiento final, para después proceder a la trilla y así obtener el grano.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1 CONDICIONES CLIMATICAS

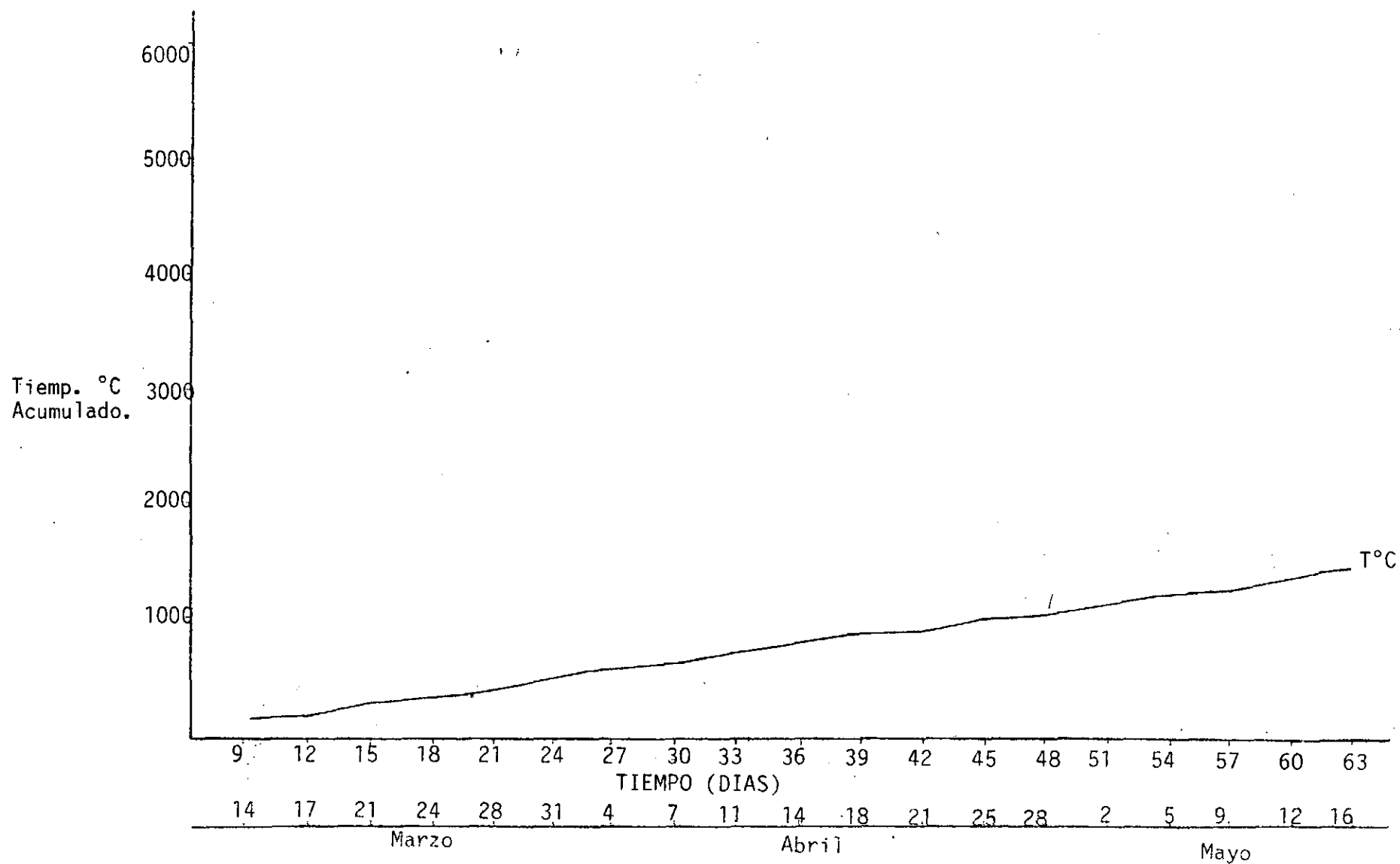
Durante el ciclo del cultivo (desde la germinación 5 de marzo hasta la cosecha 16 de mayo), se presentaron las siguientes condiciones climáticas en el área experimental:

Temperatura media	: 20.79°C.
Precipitación pluvial media	: 13.33 mm.
Humedad relativa media	: 74.31%
Horas de brillo solar media	: 8.67 hrs.

El ciclo del cultivo fue de 73 días, siendo necesario que se acumularan un total de 1,507.1°C de temperatura y 623.7 horas de brillo solar (cuadro No. 1A del apéndice), se observó que a lo largo del ciclo del cultivo, la temperatura media diaria, presentó un rango de 19.0 a 23.0°C, considerando los promedios, se observó que los menores promedios de temperatura se obtuvieron en el período comprendido entre el 5 y el 14 de marzo, siendo de 19°C, entre el 20 y 28 de marzo con 20.2°C. Los mayores promedios de temperatura entre lecturas, se obtuvieron el 21 y 28 de abril, 5 y 12 de mayo con un valor de 23.4 y 22.1°C respectivamente. Según Guazzelli (15), estos valores se mantuvieron dentro del rango de temperatura adecuado para el crecimiento y desarrollo del cultivo de frijol.

En cuanto a los valores de la precipitación, puede decirse que se mantuvieron bajos ya que por la época en que se realizó

Figura. No. 1 Valores promedio acumulados de temperatura (T)°C durante el período estudiado.

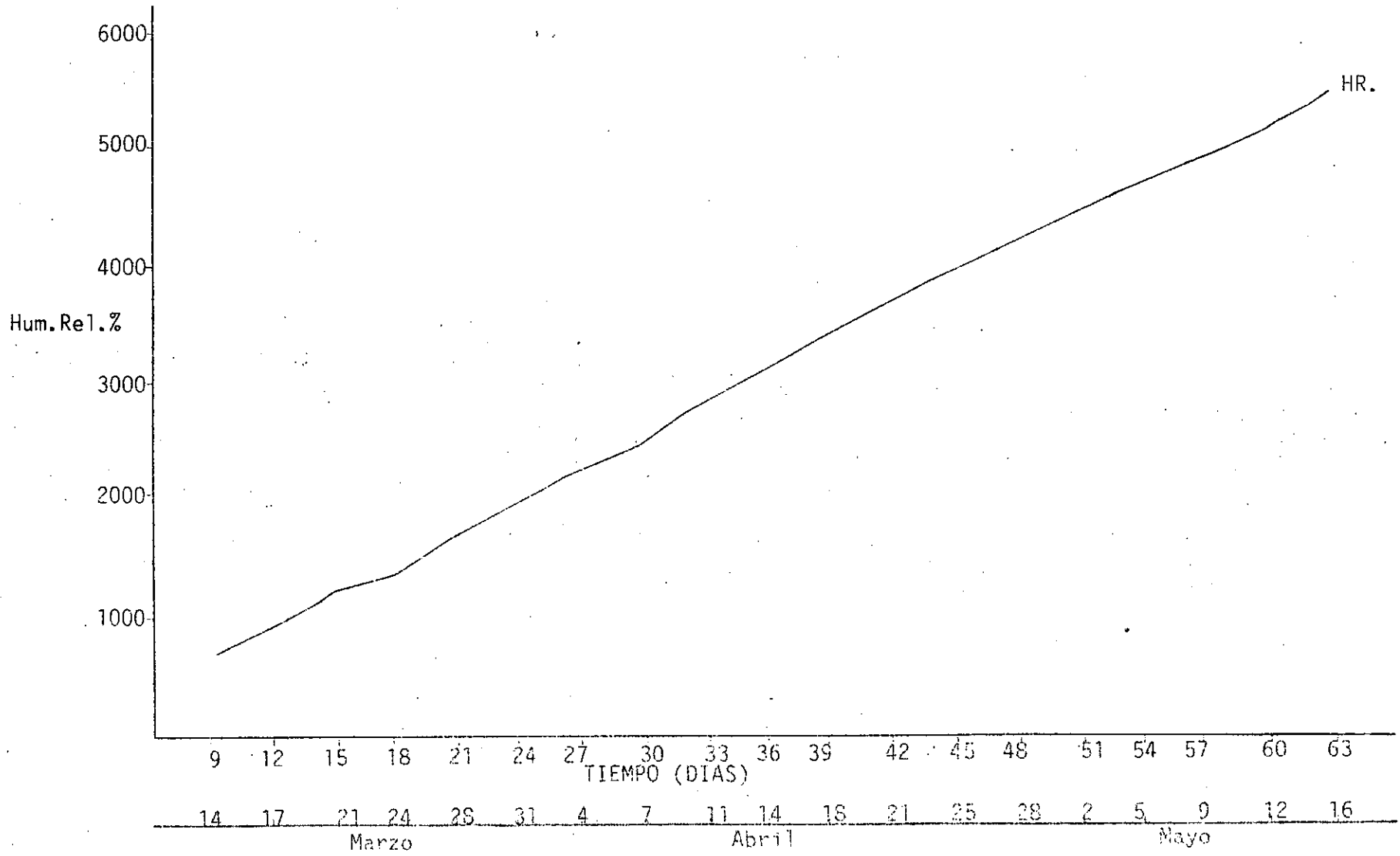


el estudio, apenas se presentaron 10 días de lluvias muy leves, haciendo estos un total de 39.98 mm. durante todo el desarrollo del cultivo. Es importante anotar que el experimento fue sometido a riego por aspersión, aplicándose éste cada 6 días durante 3 horas, pues de acuerdo a observaciones de campo y por experiencias obtenidas en la región, en este tipo de actividades, se considera que este espacio y tiempo de riego es suficiente para lograr un buen desarrollo de la planta de frijol.

A lo largo del ciclo del cultivo, la humedad relativa presentó valores variables comprendidos dentro de un rango de 53 a 86%, considerando los promedios entre lecturas, se observó que los valores más bajos de humedad relativa, se presentaron en los periodos comprendidos entre el 2, 5 y 9 de mayo con valor de 54.4%, entre el 24 y 28 de marzo con valor de 65.7%. Los mayores promedios entre lecturas se obtuvieron en los periodos comprendidos entre el 14 y 17 de marzo con valor de 73.8%, entre el 11, 14 y 18 de abril con valor de 82.1%.

En relación a las horas de brillo solar, se presentaron valores que oscilan desde 3.0 hasta 10.0 horas por día, observando los promedios más bajos entre lecturas se ve que estos se obtuvieron en los periodos comprendidos entre el 17, 21 y 24 de marzo, 11 y 14 de abril, 2, 5 y 12 de mayo con valores de 3.7, 4.0 y 6.5 horas respectivamente. Los valores promedios más altos entre lecturas se obtuvieron entre el 26 y 28 de marzo, 4 y 7 de abril, 5 y 9 de mayo con valores de 8.8, 9.5 y 10.0 horas de brillo solar respecti-

Figura No. 2 Valores promedio acumulados de humedad relativa (HR) %, durante el periodo estudiado.



vamente.

Tal y como se esperaba éstos elementos del clima, mostraron interdependencia, esta situación dio como resultado que al producirse variación, en alguno de ellos, influyera sobre los demás y se crearan las condiciones favorables para el establecimiento de limitaciones en el crecimiento y desarrollo de la planta de frijol, un ejemplo de ello pudo observarse en el período comprendido entre el 21, 25 y 28 de abril, en donde se dio un incremento ostensible de la temperatura,  $26.3^{\circ}\text{C}$ , lo que provocó la caída de flores de un buen número de plantas.

Figura No. 3

Valores promedios acumulados de horas de brillo solar (HBS) Hrs. durante el período estudiado.

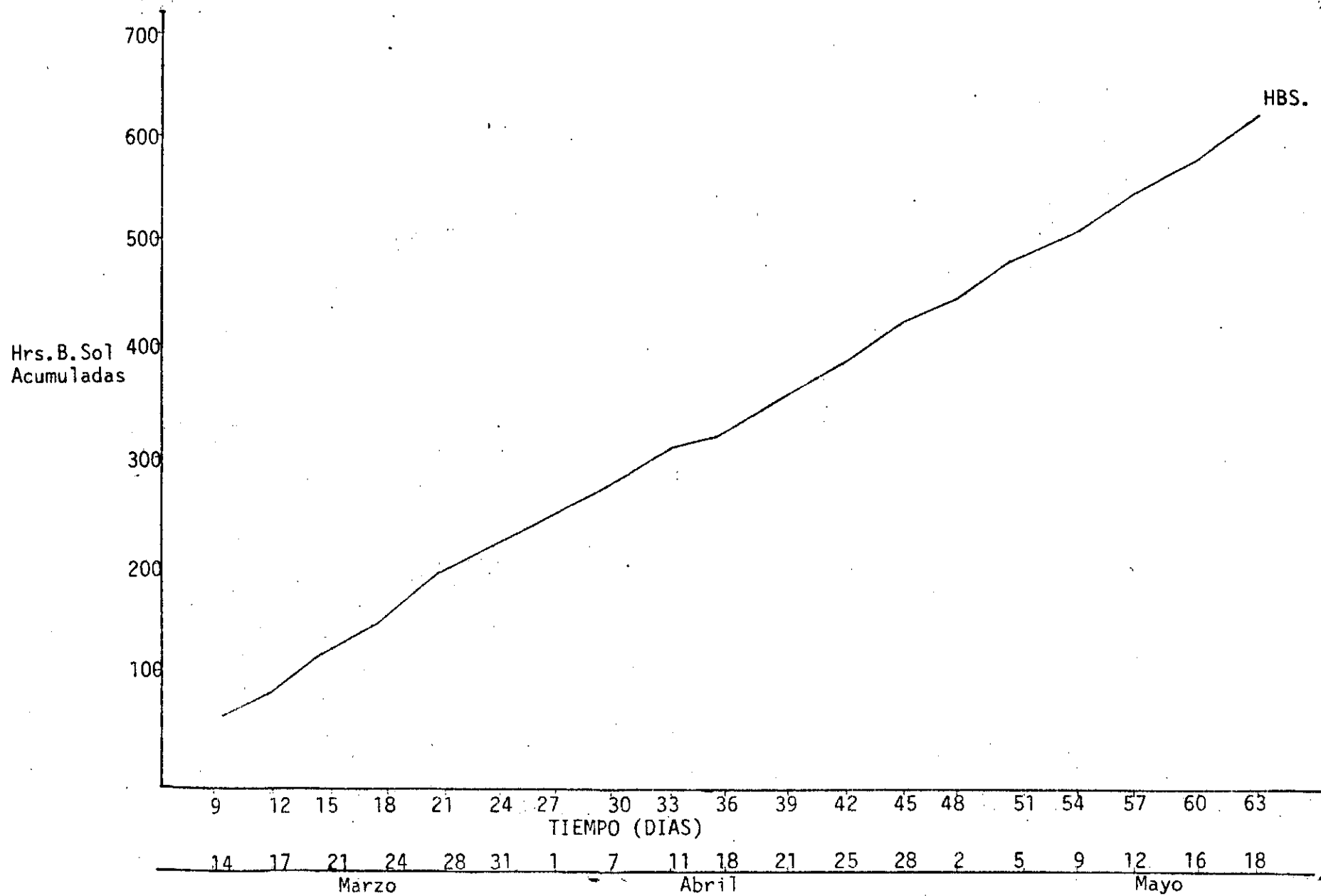
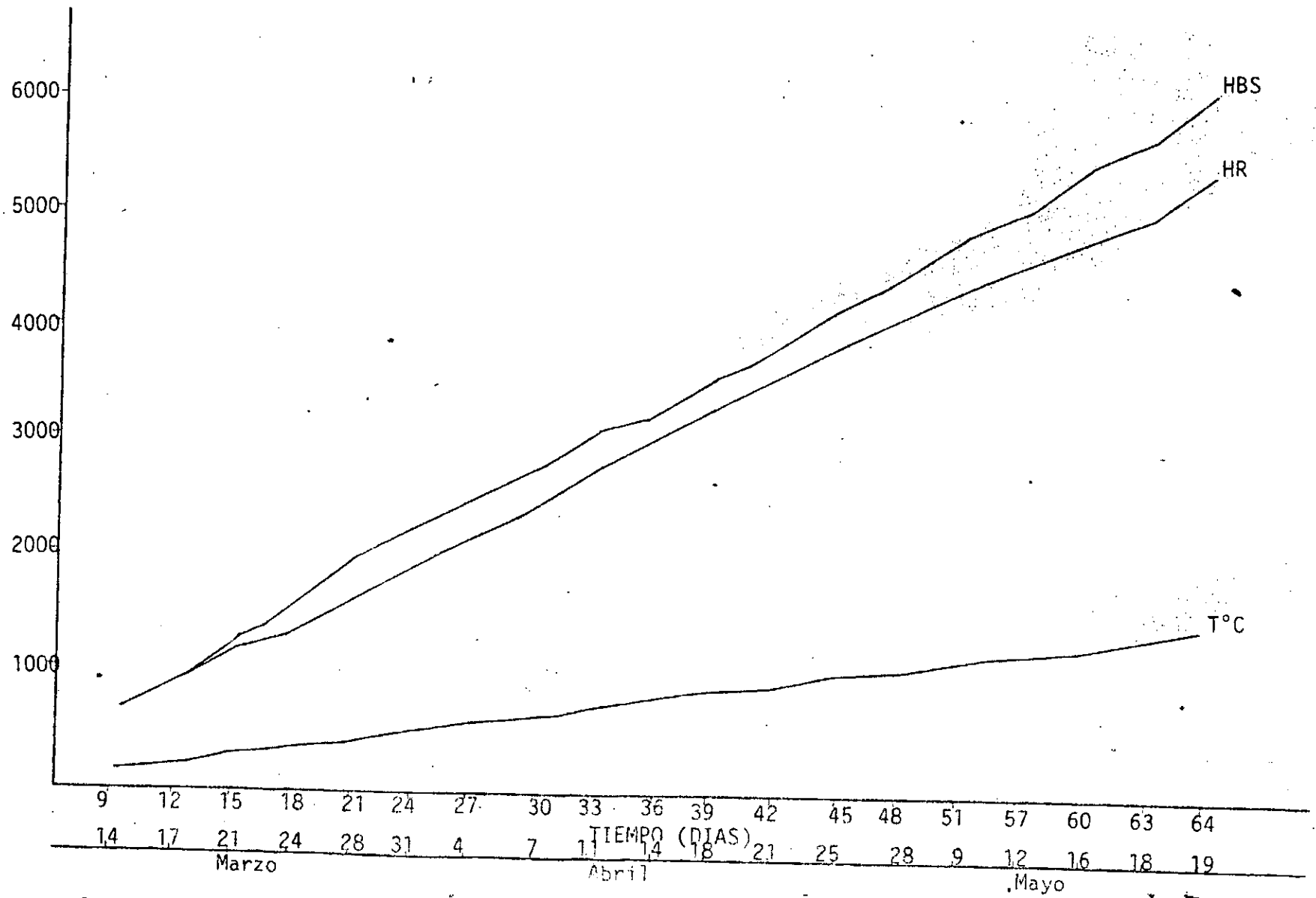


Figura No. 4 Variables climáticas acumuladas; temperatura (T)°C, Humedad (Hr)% y Horas de Brillo Solar (HBS) Hrs. durante el período estudiado.





## 7.2 ANALISIS DE CORRELACION MULTIPLE

Para la longitud del tallo principal del frijol, no se observa ninguna variación en el coeficiente de correlación múltiple, el cual presenta un valor de 0.99 para todos los tratamientos.

En cuanto al área foliar del frijol, el valor del coeficiente de correlación múltiple presenta valores de 1.00 para los tratamientos No. 1 (40-30-40)\*, No. 8 (60-30-50) y No. 13 (testigo), para los tratamientos restantes presenta un valor de 0.99.

Para el número de ramas por planta de frijol, el coeficiente de correlación múltiple presenta valores de 0.95 para el tratamiento No. 7 (60-30-40), 0.97 para los tratamientos No. 2 (40-30-50), No. 3 (40-40-40) y No. 6 (40-50-50), 0.98 para el tratamiento No. 13 (testigo), para los tratamientos restantes presenta un valor de 0.96.

En el número de flores por planta de frijol, se obtuvieron coeficientes de correlación múltiple que van de 0.87 en el tratamiento No. 8 (40-50-50), 0.88 en los tratamientos No. 3 (40-40-40), No. 4 (40-40-50) y No. 5 (40-50-40), 0.89 en los tratamientos No. 2 (40-30-50), No. 8 (60-30-50), 0.90 para los tratamientos No. 1 (40-30-40), No. 13 (testigo) y de 0.92 para los tratamientos restantes.

Para el número de vainas por planta de frijol, se observan coeficientes de correlación múltiple de 0.96 para el tratamiento

---

\*N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O.

No. 13 (testigo), 0.97 para los tratamientos No. 1 (40-30-40), No. 2 (40-30-50), 0.99 para los tratamientos No. 3 (40-40-40), No. 6 (40-50-50), NO. 7 (60-30-40) y No. 11 (60-50-40) para los tratamientos restantes presenta un valor de 0.93.

De acuerdo a los resultados obtenidos, puede deducir lo siguiente: La longitud del tallo principal, el área foliar, el número de ramas por planta y el número de flores por planta de frijol, están altamente correlacionados con el tiempo, temperatura, precipitación, humedad relativa y horas de brillo solar en esta localidad.

La correlación existente no es afectada en alto grado por el nivel de fertilización, es decir, que ésta se mantiene en valores altos al variar la cantidad de fertilizante aplicado. Estos resultados indican el alto grado de asociación o dependencia que existe entre las variables mencionadas y los elementos climáticos sin que influya significativamente el nivel de fertilización aplicado.

#### 7.2.1 CORRELACION ENTRE VARIABLES

De acuerdo a los resultados obtenidos, según los coeficientes de correlación, solamente se encuentra alta correlación entre las variables: Longitud de tallo principal contra número de ramas por planta presentando un valor de 0.96 y número de flores por planta contra número de vainas por planta con un valor de 0.96 (cuadro No. 3A).

### 7.3 ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE MEDIAS

De acuerdo con los análisis de varianza realizados, no se encontraron diferencias significativas debido al efecto de los niveles de fertilización aplicados, para longitud de tallo principal, área foliar, número de ramas por planta y número de flores por planta.

Para el número de vainas por planta (cuadro No. 2), de acuerdo al análisis de varianza, se encontró alta significancia entre los niveles de fertilización estudiados (cuadro No. 3), tomando en cuenta lo anterior, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey (cuadro No. 4), donde resultaron 3 tratamientos comportándose igual estadísticamente con los mayores valores. El mayor promedio obtenido de vainas por planta, se obtuvo al aplicar 40 N, 50  $P_2O_5$  y 50  $K_2O$  kgs./Ha. (tratamiento No. 6), siendo de 46.97 vainas. El promedio más bajo se obtuvo con el tratamiento No. 13 (testigo absoluto), en el que no se aplicó ningún nivel de fertilización, siendo éste de 30.10 vainas por planta.

Cuadro No. 2 Número de vainas por planta de frijol, considerando 12 tratamientos de fertilización y un testigo.

Tratamiento	B L O Q U E S			$\bar{X}$
	I	II	II	
1	37.0	37.3	37.1	37.13
2	35.3	35.4	37.0	35.87
3	37.7	38.0	38.2	37.97
4	41.0	40.1	39.0	40.03
5	34.2	35.7	37.6	35.83
6	39.1	47.2	54.6	46.97
7	38.0	36.1	35.4	36.50
8	42.6	37.9	40.1	40.20
9	35.4	36.4	37.7	36.50
10	36.7	37.6	35.9	36.73
11	36.2	34.9	37.9	36.33
12	40.5	37.3	39.6	39.13
13	30.1	29.9	30.3	30.10

Cuadro No. 3 Análisis de varianza para número de vainas por planta de frijol.

FUENTE DE VARIACIÓN	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	FC	Significancia
BLOQUES	2	14.160160	7.080	1.178	0.3256
TRATAMIENTOS	12	516.597700	43.050	7.160**	0.0001
ERROR	24	144.293000	6.012		
TOTAL	38	675.050800			

Coefficiente de Variación: 6.5%

\*\* Alta Significancia.

Cuadro No. 4 Prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para la variable número de vainas por planta de frijol.

TRATAMIENTO	$\bar{x}$				
6	46.97	a			
4	40.03	a	b		
8	40.20	a	b		
12	39.13		b	c	
3	37.97		b	c	d
1	37.13		b	c	d
10	36.73		b	c	d
7	36.50		b	c	d
9	36.50		b	c	d
11	36.33		b	c	d
2	35.83		b	c	d
5	35.83		b	c	d
13	30.10			c	d

En lo que respecta a rendimiento en peso (Kgs./Ha.) cuyos resultados se presentan en el cuadro No. 5 se observa que de acuerdo al análisis de varianza, se encontró alta significancia entre los niveles de fertilización estudiados (cuadro No. 6), tomando en cuenta lo anterior se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey (Cuadro No. 7) donde resultaron 3 tratamientos comportándose igual estadísticamente. El mayor promedio de rendimiento en peso de grano, se obtuvo al aplicar 40 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 50 K<sub>2</sub>O Kgs./Ha. (tratamiento No. 4), obteniéndose 38.40

quintales por manzana (2494.11 Kgs./Ha.). El promedio de rendimiento más bajo se obtuvo con el tratamiento No. 13 (testigo), en el que no se aplicó ningún nivel de fertilización, siendo de 26.27 quintales por manzana (1706.97 Kgs./Ha.).

Cuadro No. 5 Rendimiento en peso de frijol (Kgs./Ha.), considerando 12 tratamientos de fertilización y un testigo.

Tratamientos	B L O Q U E S			PROMEDIO $\bar{X}$
	I	II	III	
1	1862.80	1905.57	1728.40	1832.27
2	2366.00	2457.54	2385.47	2403.00
3	2100.42	1927.08	1776.43	1934.64
4	2590.64	2462.08	2429.63	2492.11
5	2286.79	2107.57	2168.61	2187.66
6	2088.10	2045.24	1980.97	2061.91
7	2012.79	1899.81	2040.04	1984.21
8	2104.33	2002.40	2082.90	2063.21
9	1999.14	1967.32	2020.57	1995.69
10	1974.47	1999.14	1908.26	1960.63
11	2117.31	2057.59	2206.27	2127.06
12	2141.99	2061.47	1895.26	2032.91
13	1631.66	1787.49	1701.77	1706.97

Cuadro No. 6 Análisis de varianza para rendimiento en peso de frijol (Kgs./Ha.).

VARIACION	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Significancia
BLOQUES	2	16.6964	8.3482	6.96	0.0019
TRATAMIENTOS	12	770.4185	64.2015	53.56**	0.0001
ERROR	24	75.5169	1.1987		
TOTAL	38	862.6318			

Coefficiente de Variación: 3.45%

\*\* Alta Significancia.

Cuadro No. 7 Prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para la variable rendimiento en peso de frijol (Kgs./Ha.).

TRATAMIENTOS	$\bar{x}$				
4	2492.11	a			
2	2403.00	a			
5	2187.66	b			
11	2127.06	b	c		
6	2061.91	b	c	d	
8	2063.21	b	c	d	
12	2032.91		c	d	
9	1995.69		c	d	
7	1984.21		c	d	
10	1960.63			d	e
3	1934.64			d	e
1	1832.27				e f
13	1706.97				f

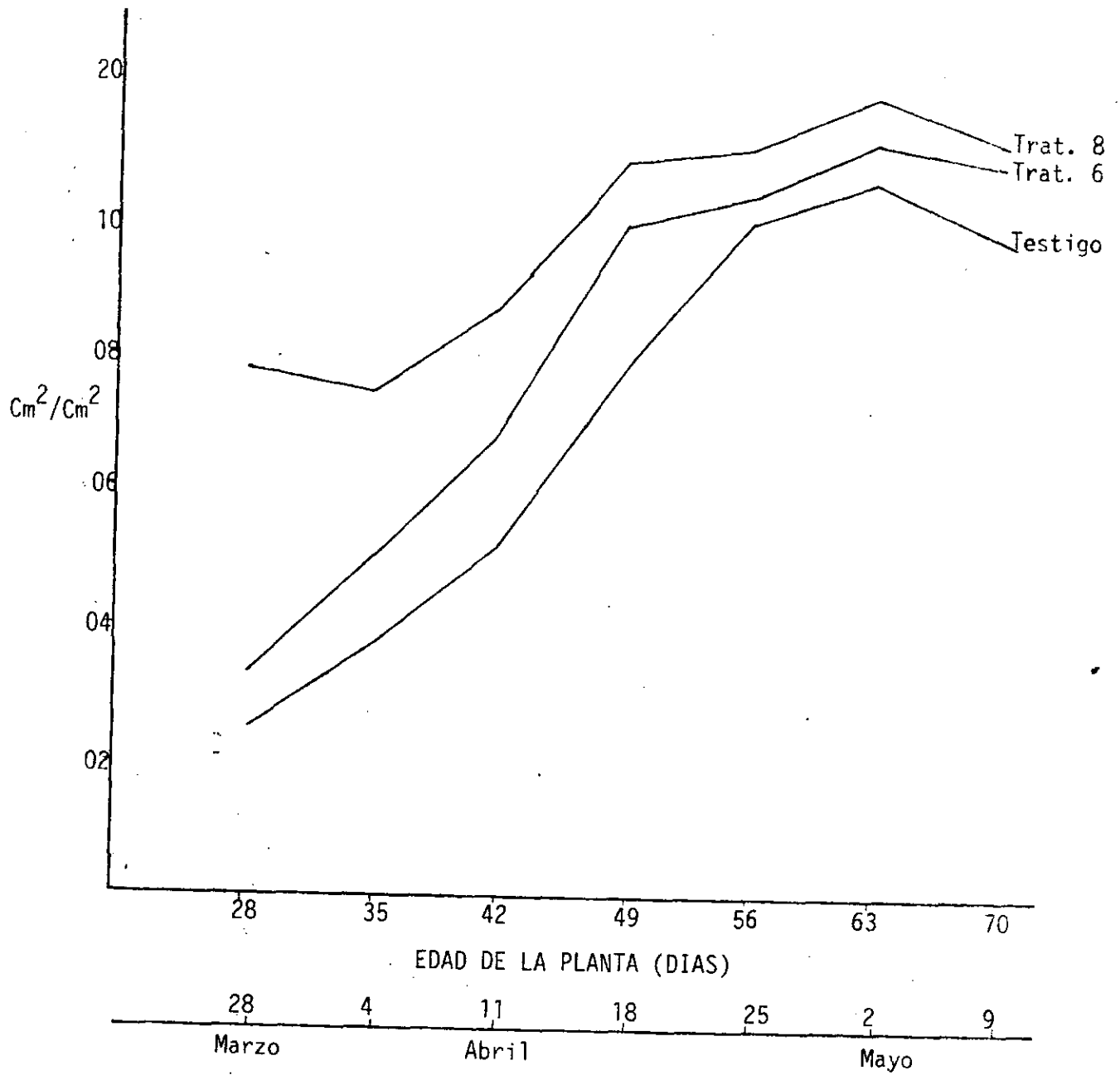
7.4 INDICE DE AREA FOLIAR (IAF) EN RELACION AL NUMERO DE VAINAS POR PLANTA DE FRIJOL

En relación al índice de área foliar respecto al número de vainas por planta de frijol (cuadro No. 4A) se observó que en términos generales los 13 tratamientos siguen el mismo patrón de crecimiento, tal y como se muestra en la figura No. 5, en donde a manera de ejemplo se presenta la tendencia para los tratamientos No. 6 (40-50-50), No. 8 (60-30-50) y No. 13 (testigo) las curvas que se obtienen son de tipo sigmoide, observándose que al principio el aumento del índice de área foliar es acelerado

para el tratamiento No. 6 y testigo, conservándose de la misma manera hasta las lecturas comprendidas entre el 18 y 25 de abril respectivamente, presentando un descenso en la última fase de desarrollo, durante las lecturas 2, 9 y 16 de mayo. No así para el tratamiento No. 8 (60-30-50) en el que se observa un índice de área foliar constante en la primera fase de desarrollo, durante las lecturas 28 de marzo y 4 de abril, manifestando luego un incremento acelerado durante las lecturas 11, 18 y 25 de abril prolongándose hasta el 2 de mayo, presentando inmediatamente después un marcado descenso del 9 del mismo mes, durante la última fase del desarrollo. El aumento continuo del IAF presentado por los tratamientos citados como ejemplo, durante las etapas de crecimiento del cultivo obedece a que existe absorción constante de fotosintatos por parte de la planta ya que las hojas en este período presentan mayor área fotosintética total, desde las lecturas 4 de abril a 2 de mayo. Como puede observarse en la figura correspondiente, a partir de la lectura 2 de mayo hacia adelante se presenta un descenso en el IAF lo cual coincide con el aumento rápido de peso del grano ya que las vainas en desarrollo atraen todo el material del resto de la planta, causando senescencia en las hojas.



Figura No. 5 Valores promedios acumulados para Índice de Area Foliar ( $\text{Cm}^2/\text{Cm}^2$ ), durante el período estudiado.

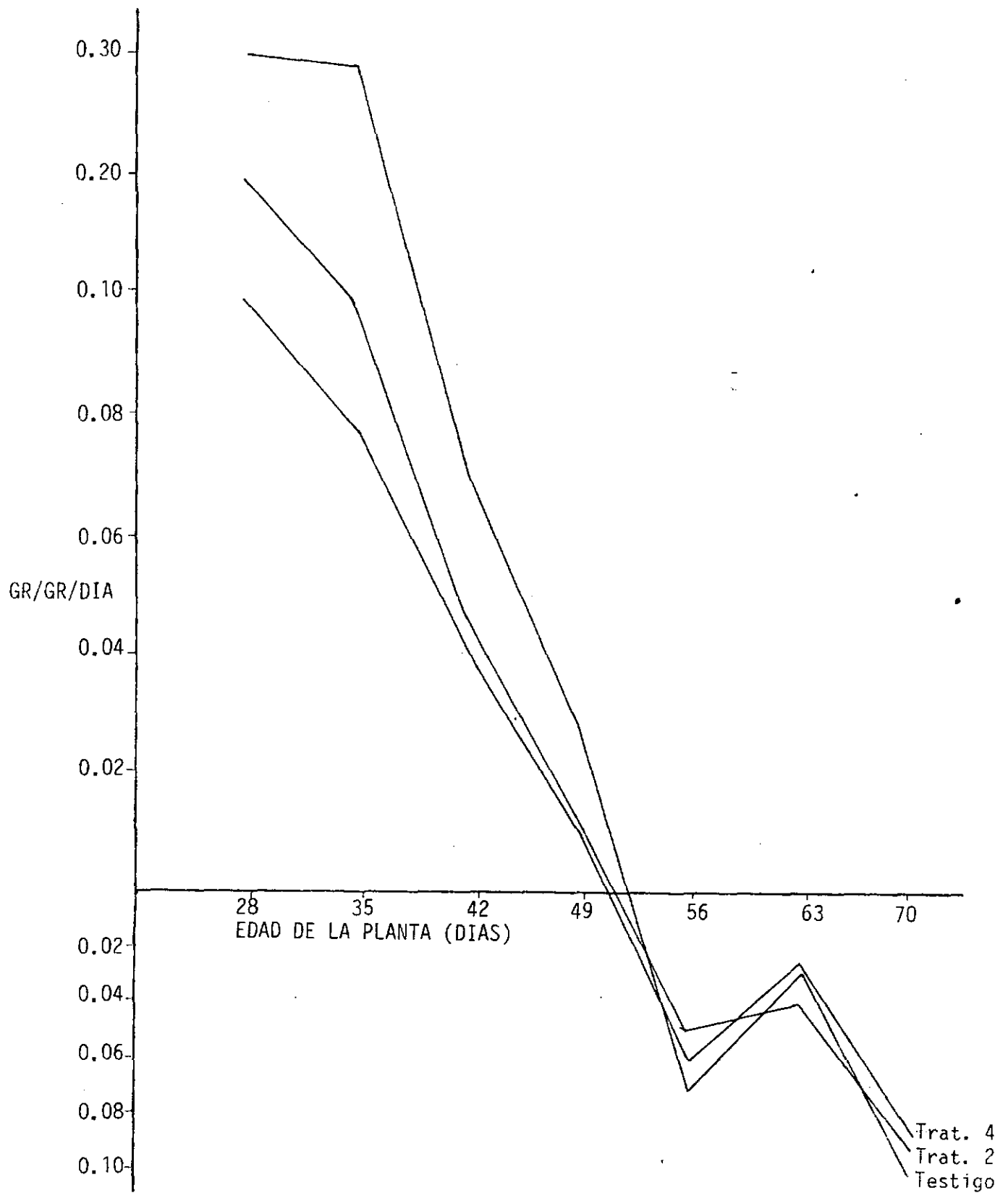


#### 7.5 TASA DE CRECIMIENTO RELATIVO (TCR) Y ASIMILACIÓN NETA (TAN) EN RELACION AL RENDIMIENTO EN PESO DE FRIJOL

Respecto a las tasas de crecimiento relativo y asimilación neta (cuadro No. 4A), se observó que los 13 tratamientos siguen en forma similar el mismo patrón de crecimiento, tal como se muestra en las figuras No. 6 y No. 7 en las que a manera de ejemplo se presenta la tendencia de las curvas para los tratamientos No. 4 (40-40-50), No. 2 (40-30-50) y No. 13 (testigo), obteniéndose curvas de tipo sigmoide, pudiendo observarse al inicio para el caso de la tasa de crecimiento relativo (TCR), los tratamientos No. 4 y No. 2 presentan un comportamiento descendente desde las primeras etapas de su desarrollo tal y como lo demuestran durante las lecturas realizadas desde el 4 de abril hasta el 25 del mismo mes, inmediatamente después durante un período muy corto tienden a ascender, lectura 2 de mayo, para luego presentar el mismo comportamiento descendente en la última fase, como puede observarse en la figura respectiva.

Con relación al tratamiento No. 13 (testigo), se observa que al inicio presentó un comportamiento constante de crecimiento durante un período corto, lecturas 28 de marzo a 4 de abril, para luego seguir la misma tendencia de los tratamientos No. 4 y No. 2 en las siguientes etapas de desarrollo. Como puede observarse en la figura respectiva la TCR disminuy continuamente con el aumento en edad de la planta, siendo al principio muy elevada como consecuencia del crecimiento de la misma que en las primeras fases aumenta rápidamente la superficie foliar. Así

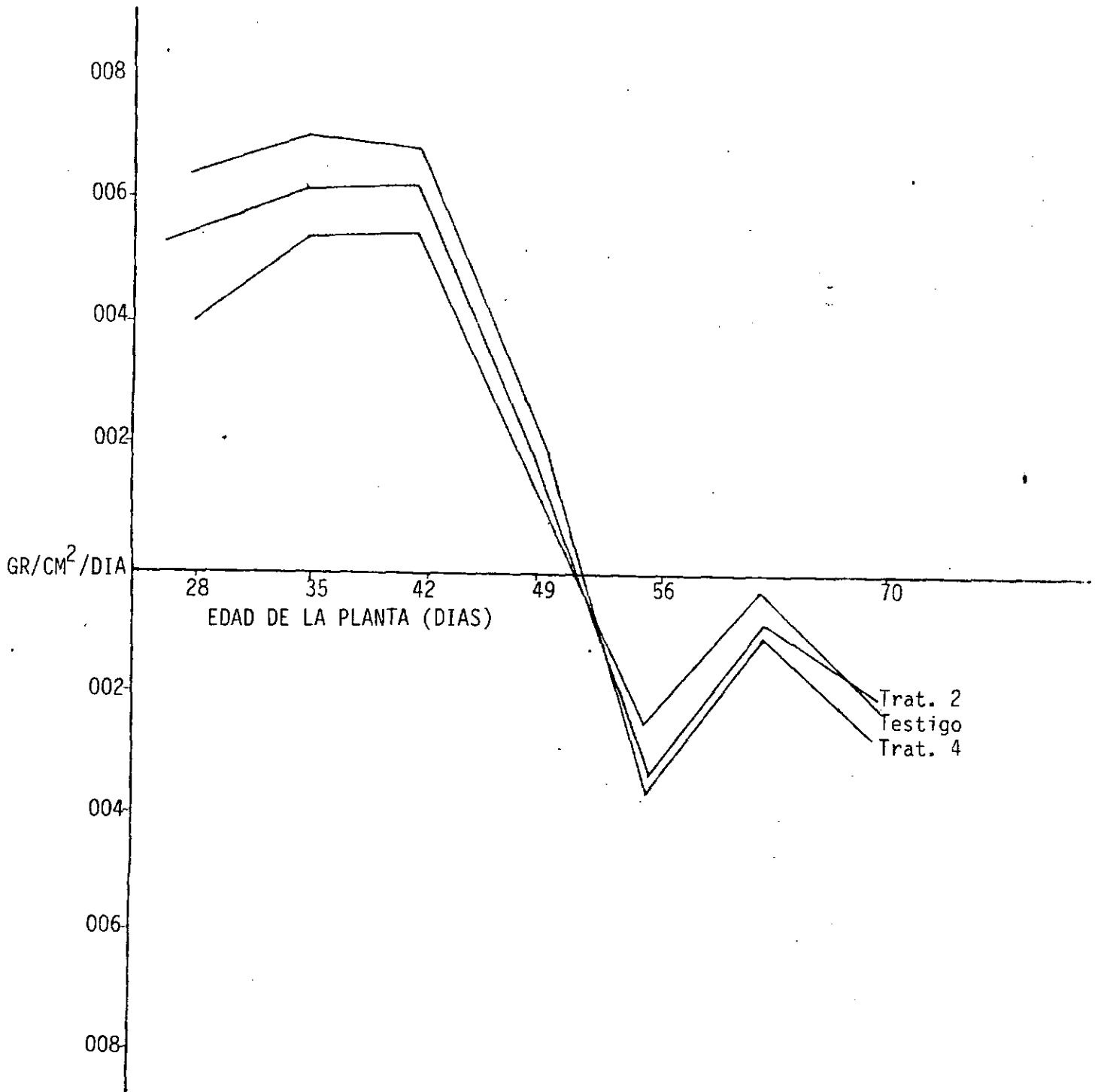
Figura No. 6 Valores promedios acumulados para Tasa de Crecimiento Relativo (GR/GR/DIA) durante el período estudiado.



mismo, puede notarse que los valores de TCR fluctúan en la última etapa del ciclo de crecimiento, el valor negativo que se observa a los 52 días de edad de la planta es debido a una activa disminución en el área foliar. Entre los 56 días de edad en relación con el período anterior. A esta disminución se presenta un aumento entre los 63 días de edad, para luego descender completamente como consecuencia de la senescencia y caída de algunas hojas.

En relación a la tasa de asimilación neta (TAN) como, puede observarse en la figura referida a la misma, los tres tratamientos citados como ejemplo, la tendencia presentada por las curvas es similar, ocurriendo al inicio del desarrollo de la planta un comportamiento ascendente durante las lecturas realizadas del 28 de marzo al 4 de abril, presentando posteriormente un período constante de asimilación hasta la lectura tomada el 11 de abril, para luego presentar un comportamiento fuertemente descendente hasta el 25 de abril, seguido de un período corto de ascenso, según lectura realizada el 2 de mayo para que finalmente vuelva a mostrar descendencia en la última fase de su desarrollo. Como puede notarse al final del ciclo de crecimiento del cultivo se presentan valores negativos, debido a que muchas hojas se encuentran senescentes y no fotosintetizan; pero si respiran activamente, como consecuencia de ello la eficiencia del cultivo en cuanto a producción de materia seca por unidad de área foliar, se reduce al mínimo.

Figura No. 7 Valores promedios acumulados para Tasa de Asimilación Neta ( $GR/CM^2/DIA$ ) durante el período estudiado.



## 8. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio y bajo las condiciones de clima y suelo del área, se llegaron a obtener las siguientes conclusiones;

- La temperatura, humedad relativa y horas de brillo solar están áltamente asociados con el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de frijol
- Para que se inicie la fase de floración deben transcurrir como promedio 27 días, desde la germinación con una suma térmica de 444.1°C de temperatura y 200.4 horas de brillo solar.
- Para que se inicie la fase de fructificación transcurren como promedio 36 días desde la germinación, con una suma térmica de 795,9°C de temperatura y 336.0 horas de brillo solar.
- Para completar el ciclo del cultivo transcurren 73 días después de la germinación, con una suma térmica de 1505.1°C de temperatura y 623.7 horas de brillo solar.
- El nivel de fertilización 40 N, 40 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 50 K<sub>2</sub>O Kgs. por hectárea, resultó ser el que arrojó el mayor promedio en rendimiento frijol en esta área.
- Debido a la agresividad que presenta la variedad criolla estudiada (Rabia de Gato) bajo condiciones adecuadas de estudio, responde favorablemente a la fertilización en el municipio de Guatemala.
- Los parámetros de crecimiento estudiados IAF, TCR y TAN están

directamente asociados con la temperatura, humedad relativa y horas de brillo solar y en forma indirecta con la fertilización.

- En condiciones de la época de estudio, la variedad criolla estudiada, logra satisfacer mejor sus requerimientos de temperatura, humedad relativa y horas de brillo solar, reduciendo el tiempo requerido para completar su ciclo vegetativo.

## 9. RECOMENDACIONES

- Realizar otros estudios fenológicos, considerando varias localidades, épocas de siembra y variedades en diferentes zonas productoras de frijol del país, para obtener así información más amplia sobre el comportamiento en crecimiento, desarrollo y rendimiento de la planta.
- Para agricultores de la zona sujeta de estudio, se recomienda aplicar 40 Kgs./Ha. de Nitrógeno, 40 Kgs./Ha. de Fósforo y 50 Kgs./Ha. de Potasio; siempre y cuando el cultivo se establezca en localidades con ambientes similares al del área en la que se estableció el ensayo.
- Realizar otros estudios de investigación en condiciones de origen si es posible simultáneamente, referentes a fenología y fertilización de frijol, tomando en cuenta diferentes épocas de siembra y variedades, para obtener un mayor grado de confiabilidad y consistencia en los resultados obtenidos y de ésta manera ofrecer alternativas sobre el uso de fertilizantes y manejo de las plantas a agricultores de distintas zonas productoras en el país, sobre la base de resultados concretos.
- Investigar otras variables fenológicas del cultivo de frijol, tales como % de germinación, vigor, tipo de crecimiento, color de la hoja, color de la semilla, número de nudos, etc. y de ésta forma establecer con mayor precisión el efecto del clima sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y hábito de vida, para poder así seleccionar las variedades más adecuadas



para las diferentes condiciones climáticas del país.

- Realizar estudios en diferentes épocas de siembra para detectar con mayor precisión el efecto del clima en cuanto a fotoperíodo, estabilidad en el hábito de crecimiento, efectos de altas y bajas temperaturas en la floración, tolerancia a la sequía o exceso de humedad.

10. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIRRE, J. A.; SALAS, J. 1965. Zonificación del cultivo de frijol en Centro América y Panamá. Turrialba (C. R.) 15(4) : 300-306.
2. AJQUEJAY, S. 1980. Efecto de la densidad y fertilización en seis genotipos diferentes de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en el sur-oriente de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 32 p.
3. ALVAREZ, E.; RICHARDSON, L. W. 1977. El frijol ejotero. México, Secretaría de Agricultura y Ganadería. Folleto de Divulgación No. 26. p. 14-17.
4. ARRUDA, F. B.; TUBELIS, A.; LINO, D. F. 1980. Efecto de temperatura media diaria en la producción de frijol. Ceres (Bra.) 15(4) :413-417.
5. BARCELLO, C. J. et al. 1980. Fisiología vegetal. Madrid, España, Pirámides. p. 655-656.
6. CARDOBNA, C.; CAMACHO, I. M.; OROZCO, S. M. 1959. Variedades mejoradas de frijol. Bogotá, Colombia, Departamento de Investigación Agrícola. Boletín de Divulgación No. 18. 24 p.
7. COLOMBIA. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1980. Estudio climatológico; informe anual del programa de frijol. Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 9-11.
8. DEL VALLE BARRERA, R. 1975. Efecto de la fertilización con N, P, K en el sistema maíz-frijol asociado. México, Continental. p. 27-29.
9. DEVLIN, R. M. 1976. Fisiología vegetal. 3a. ed. Barcelona, España, Omega. p. 446-448.
10. ENGLEMAN, E. M. 1972. Contribuciones al conocimiento del frijol (Phaseolus vulgaris L.). México, Secretaría de Agricultura y Ganadería, Folleto de Divulgación No. 17. p. 29-31.
11. FONT QUER, P. 1979. Diccionario de botánica. España, Labor. p. 460-462.
12. GARCIA CHUVAC, A. 1985. Estudio fenológico de ocho variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.), bajo condiciones de campo e invernadero en el municipio de Guatemala., Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 49-52.
13. GONZALES, V. R. 1969. Investigación sobre el frijol soya. Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Boletín Técnico

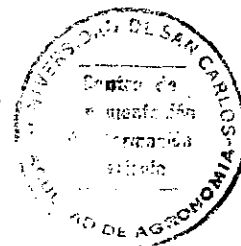
No. 55. p. 32.

14. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. s.f. Cultivo del frijol. Guatemala. p. 16-19.
15. GUAZZELLI, R. J. 1981. Exigencias climáticas del frijol. Cali, Colombia, Sección de Investigación Agrícola. Boletín de Divulgación No. 34. 26 p.
16. GUDIEL, V. M. 1980. Manual agrícola Superb. 5a. ed. Guatemala, Superb. 292 p.
17. GUZMAN, L. G. 1970. Organización de redes fenológicas y manejo de los datos; curso para meteorología. Guatemala, Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. p. 18.
18. GUERRA MARTINEZ, L. 1984. Estudio fenológico en nueve variedades de soya (Glycine max L.), bajo condiciones de campo e invernadero en el municipio de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 29 p.
19. HOLDRIDGE, L. R. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Trad. por Humberto Jiménez. San José, C. R., IICA. 216 p.
20. MARTINEZ RAMIREZ, M. A. 1978. Rendimiento de cinco variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.), en siembra de primera en siete municipios de Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 28 p.
21. MARTINEZ, P. M.; TICO, R.L. 1974. Agricultura práctica. Madrid, España, Sopena. p. 205-212.
22. MARTINI, J. A.; PINCHINAT, A. M. 1967. Ensayo de abonamiento de frijol (Phaseolus vulgaris L.), en el invernadero con tres suelos de áreas frijoleras en Costa Rica. Turrialba (C.R.) 17(4): 411-416.
23. MENDEZ, A. E. 1979. Microclima. 2a. ed. Madrid, España, Pirámides. p. 101-103.
24. MONTOYA, M.; GARCIA, B. 1971. Metodología para la zonificación ecológica del frijol (Phaseolus vulgaris L.), en Centro América. Turrialba (C.R.) 14(4) : 119-132.
25. ORELLANA POLANCO, A. D. 1986. Estudio fenológico del tomate (Lycopersicon esculentum Mill), en relación a la fertilización con niveles de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O en Monjas, Jalapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 24 p.
26. PALENCIA, J. A. 1974. Algunos aspectos sobre la fertilización de maíz en Guatemala. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. 11 p.

27. ROBIN, W.; STOKING, C. R. 1976. Botánica. 3a. ed. México, Limusa. p. 253-255.
28. ROSEO, M. H.; VIVES, L. A.; CHACON, Z. A. 1975. Exigencias climáticas del frijol (Phaseolus vulgaris L.). Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Boletín Técnico No. 79. p. 17.
29. SALGUERO SOSA, E. R. 1976. Ensayo comparativo de abonamiento químico y orgánico en maíz y frijol para el valle de Monjas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 19.
30. SIMMONS, CH. S.; TARANO, J. M.; PINTO, J. H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsana. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
31. SOKOL, P. F.; XIMINA, T. A.; PIVOVAROV, V. F. 1977. Influencia del ambiente en el crecimiento y desarrollo del tomate (Lycopersicon esculentum Mill) y el guisante (Pisum Sativum). Cuba. Instituto Pansoviético de Mejoramiento de Hortalizas. Informe Científico-Técnico No. 6. p. 34-37.
32. STATYER, R. C. s.f. El efecto del agua interna en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos. Australia, Universidad Nacional de Australia, Escuela de Investigación de Ciencias Agrícolas y Fenológicas. 19 p.
33. UZCATEGUA, N. A.; VIVES, L. A.; CHACON, Z. 1974. Exigencias climáticas del frijol (Phaseolus vulgaris L.). Turrialba (C.R.) 7(2) : 37.

Vo. Bo.

*Patruelle*



11. A P E N D I C E

APENDICE I

Cuadro No. 1 A Valores promedios acumulados de los elementos climáticos y el tiempo.

FECHA	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
14-3-88	9	178.2	694	71.4
17-3-88	12	236.7	924	91.6
21-3-88	15	310.2	1237	127.4
24-3-88	18	365.7	1456	158.9
28-3-88	21	444.1	1724	200.4
31-3-88	24	506.9	1944	228.2
04-4-88	27	591.3	2242	254.5
07-4-88	30	656.6	2482	284.2
11-4-88	33	740.6	2819	318.1
14-4-88	36	795.9	3069	336.0
18-4-88	39	879.0	3397	369.5
21-4-88	42	941.3	3641	393.9
25-4-88	45	1027.7	3963	431.5
28-4-88	48	1094.5	4192	456.9
02-5-88	51	1183.3	4450	492.4
05-5-88	54	1249.0	4677	515.7
09-5-88	57	1132.5	4907	556.3
12-5-88	60	1398.1	5117	583.9
16-5-88	63	1507.1	5509	623.7

$X_1$  = Tiempo (días).       $X_2$  = Temperatura del aire (°C)

$X_3$  = Humedad relativa (%).       $X_4$  = Horas de brillo solar (hrs.).

APENDICE II

Cuadro No. 1 A

Análisis de correlación múltiple para la longitud de tallo principal (Y1), área foliar (Y2), número de ramas por planta (Y3), número de flores por planta (Y4), número de vaina por planta (Y5) Vrs. tiempo, temperatura, humedad relativa y horas de brillo solar, considerando 12 tratamientos de fertilización y un testigo.

TRATAMIENTOS	LONG. TALLO		AREA FOLIAR		No. RAMAS/PLANTA		No. FLORES/PLANTA		No. VAINAS/PLANTA	
	Y1		Y2		Y3		Y4		Y5	
	R2	Rm	R2	Rm	R2	Rm	R2	Rm	R2	Rm
1	0.99	0.99	1.00	1.00	0.92	0.96	0.81	0.90	0.95	0.97
2	0.99	0.99	0.99	0.99	0.94	0.97	0.80	0.89	0.94	0.97
3	0.99	0.99	0.99	0.99	0.95	0.97	0.77	0.88	0.98	0.99
4	0.99	0.99	0.99	0.99	0.93	0.96	0.77	0.88	0.97	0.98
5	0.99	0.99	0.99	0.99	0.92	0.96	0.78	0.88	0.97	0.98
6	0.99	0.99	0.99	0.99	0.95	0.97	0.75	0.87	0.98	0.99
7	0.99	0.99	0.99	0.99	0.90	0.95	0.85	0.92	0.99	0.99
8	0.99	0.99	1.00	1.00	0.93	0.96	0.79	0.89	0.97	0.98
9	0.99	0.99	0.99	0.99	0.92	0.96	0.85	0.92	0.97	0.98
10	0.99	0.99	0.99	0.99	0.92	0.96	0.85	0.92	0.97	0.98
11	0.99	0.99	0.99	0.99	0.93	0.96	0.85	0.92	0.99	0.99
12	0.99	0.99	0.99	0.99	0.92	0.96	0.84	0.92	0.97	0.98
13	0.99	0.99	1.00	1.00	0.96	0.98	0.81	0.90	0.93	0.96

R2 = COEFICIENTE DE DETERMINACION  
 Rm = COEFICIENTE DE CORRELACION MULTIPLE

APENDICE III

Cuadro No. 3 A Análisis de correlación múltiple entre las variables: longitud de tallo principal, área foliar, número de ramas por planta, número de flores por planta y número de vainas por planta.

CORRELACION MULTIPLE	Longitud de Tallo Principal	Area Foliar	Número de Ramas por Planta	No. de Flores por Planta	No. de Vainas por Planta
LONGITUD DE TALLO PRINCIPAL					
AREA FOLIAR	0.7959				
NUMERO DE RAMAS POR PLANTA	0.9554**	0.7334			
NUMERO DE FLORES POR PLANTA	0.6891	0.7833	0.5049		
No. DE VAINAS POR PLANTA	0.6345	0.5818	0.4170	0.8994**	

\*\* ALTA SIGNIFICANCIA



APENDICE IV

Cuadro No. 4 A Valores promedios acumulados de índice de área foliar (IAF), tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN) y el tiempo. Para los tratamientos No. 8, 6, 4, 2 y testigo respectivamente.

FECHA	TIEMPO (Dias)	INDICE AREA FOLIAR			TASA CRECIMIENTO REL.			TASA ASIMILACION NETA		
		T. 8	T. 6	T. 13	T. 4	T. 2	T. 13	T. 4	T. 2	T. 13
28/3/88	28	0.7855	0.3615	0.2555	0.3183	0.1994	0.1099	0.0065	0.0055	0.0042
4/4/88	35	0.7582	0.5110	0.3760	0.2921	0.0985	0.0770	0.0071	0.0062	0.0054
11/4/88	42	0.8742	0.6786	0.5229	0.0718	0.0473	0.0412	0.0069	0.0063	0.0055
18/4/88	49	1.4190	0.9950	0.7740	0.0294	0.0122	0.0101	0.0025	0.0018	0.0015
25/4/88	56	1.6422	1.2472	1.0870	-0.0701	-0.0573	-0.0601	-0.0038	-0.0033	-0.0025
2/5/88	63	1.9565	1.6845	1.3382	-0.0308	-0.0412	-0.0280	-0.0014	-0.0010	-0.0009
9/5/88	70	1.6348	1.4648	0.9815	-0.0825	-0.0902	-0.0999	-0.0027	-0.0020	-0.0021

DISEÑO: " B L O Q U E S A L A Z A R "

12 Tratamientos

1 Testigo

3 Repeticiones



BLOQUE III

9	12	3	4	2	5	1	11	7	8	6	10	13
---	----	---	---	---	---	---	----	---	---	---	----	----

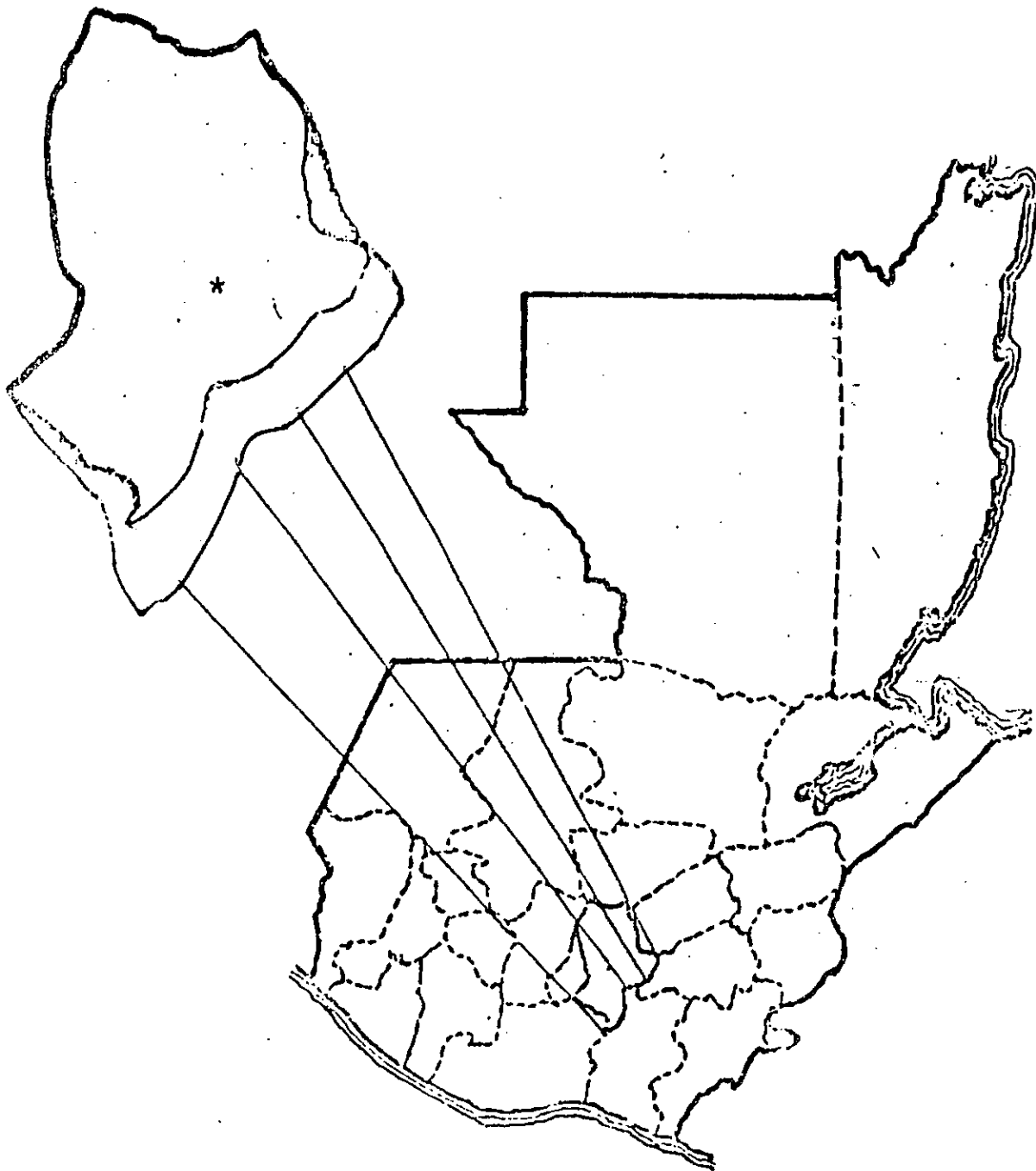
BLOQUE II

8	10	11	13	12	3	7	9	6	1	5	2	4
---	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---

BLOQUE I

3	4	7	8	5	13	6	2	10	9	12	11	1
---	---	---	---	---	----	---	---	----	---	----	----	---

Mapa de la República de Guatemala y localización geográfica del departamento de Guatemala, que muestra el lugar donde se localiza el experimento.




UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA  
GUATEMALA, C. A.

27/X/1989

"IMPRIMASE"

  
ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.  
DECANO



COPIA DE LA BIBLIOTECA CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA