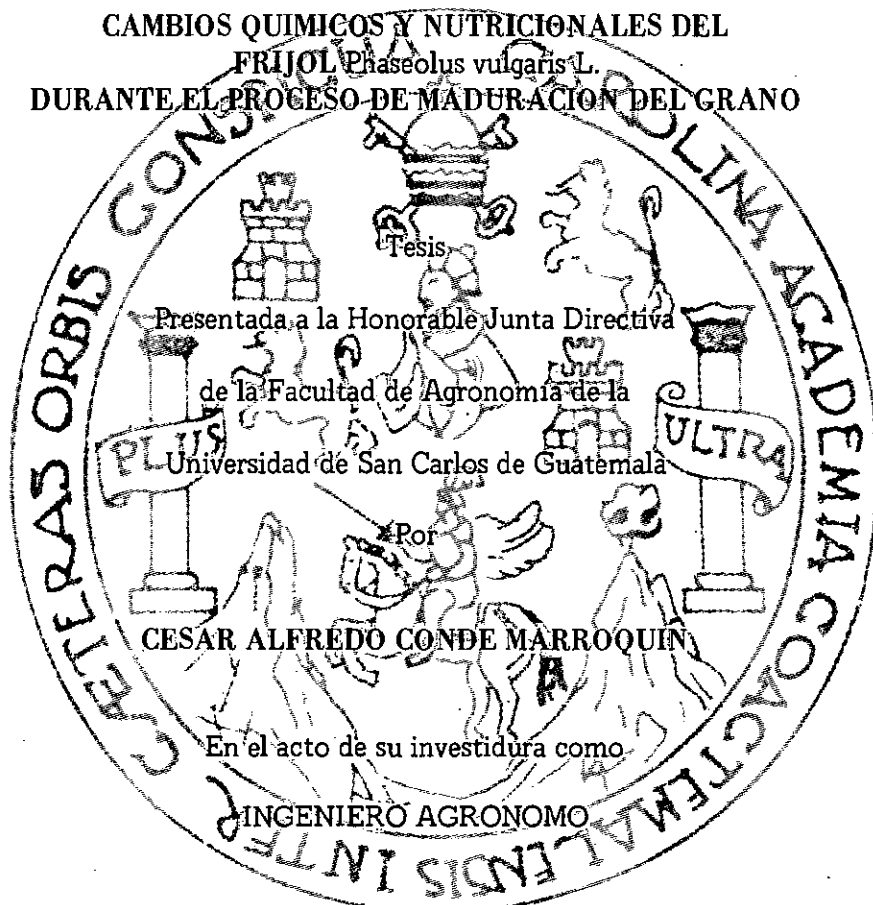


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

CAMBIOS QUIMICOS Y NUTRICIONALES DEL
FRIJOL *Phaseolus vulgaris* L.
DURANTE EL PROCESO DE MADURACION DEL GRANO



Presentada a la Honorable Junta Directiva
de la Facultad de Agronomía de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

CESAR ALFREDO CONDE MARROQUIN

En el acto de su investidura como
INGENIERO AGRONOMO

en el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Octubre de 1,974

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

Pd. Guate., nov. 8.74

DL
01
+(909)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. Roberto Valdeavellano

**JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

Decano:	Ing. Agr. Edgar L. Ibarra
Vocal 1o.:	Ing. Agr. Salvador Castillo O.
Vocal 2o.:	Ing. Agr. Ronaldo Prado
Vocal 3o.:	Ing. Agr. Carlos Guillermo Aldana
Vocal 4o.:	P.A. Napoleón Medina
Vocal 5o.:	P.A. Miguel Carballo
Secretario:	Ing. Agr. Oswaldo Porres

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

Decano:	Ing. Agr. Edgar L. Ibarra
Examinador:	Ing. Agr. J. Anibal Palencia
Examinador:	Ing. Agr. Humberto Ortiz Arniel
Examinador:	Dr. José de Jesús Castro
Secretario:	Ing. Agr. Oswaldo Porres G.

INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA

COSTA RICA
EL SALVADOR
GUATEMALA

APARTADO POSTAL 118

OFICINA SANITARIA PANAMERICANA
OFICINA REGIONAL DE LA
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

CARRETERA ROOSEVELT ZONA 11
GUATEMALA, C. A.

CABLE: I N C A P

HONDURAS
NICARAGUA
PANAMA

TELEFONOS: 43-7-42 AL 43-7-47
Y 43-4-33 AL 43-4-38

4 de Octubre de 1974

Señor Decano de la
Facultad de Agronomía
Ingeniero Edgar Leonel Ibarra
Presente

Estimado Señor Decano:

Por medio de la presente deseo notificarle que he revisado el trabajo de tesis de grado para obtener el título de INGENIERO AGRONOMO, del Br. César Alfredo Conde Marroquín. Dicho trabajo titulado "CAMBIOS QUIMICOS Y NUTRICIONALES DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) DURANTE EL PROCESO DE MADURACION DEL GRANO", ha sido encontrado enteramente satisfactorio, y en mi opinión, llena ampliamente los requisitos para su aceptación como tál.

Por lo anteriormente indicado, agradeceré mucho que usted se sirva revisar el trabajo, a fin de dar su visto bueno para que el sr. Conde Marroquín pueda llevar a cabo su examen de tesis respectivo.

Agradeciendo su atención, lo saluda,

Atentamente,

Luiz G. Elías
Dr. Luiz G. Elías, Científico
División de Ciencias Agrícolas
y de Alimentos

LGE/mr



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

Guatemala, 10. de Octubre de 1974.

Señor Decano de la
Facultad de Agronomía
Ingeniero Edgar Lionel Ibarra
Presente.

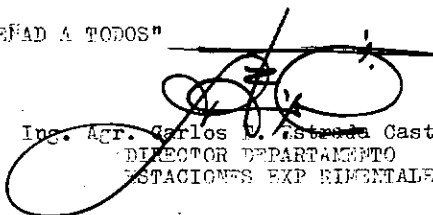
Señor Decano:

Atentamente me permito manifestarle que he asesorado al Br. CESAR ALFREDO COMDE MARROQUIN en la elaboración de su Tesis de Grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo.

Dicho trabajo intitulado "CAMBIOS QUIMICOS Y NUTRICIONALES DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) DURANTE EL PROCESO DE MADURACION DEL GRANO", llena ampliamente los requisitos para ser aceptada como Tesis de Grado y constituye efectiva aportación a las ciencias agrícolas en nuestro medio.

Sin otro particular me suscribo como su atento servidor.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. Carlos M. Estrada Castillo.
DIRECTOR DEPARTAMENTO
ESTACIONES EXPERIMENTALES.

CEEC/mur.



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1546

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

Guatemala, 8 de octubre de 1974.

Señor Decano de la
Facultad de Agronomía
Ing. Agr. Edgar L. Ibarra
Presente.

Señor Decano:

Atentamente me permito manifestar a usted que he tenido bajo consideración el trabajo de tesis, desarrollado por el Br. César Alfredo Conde Merroquín, titulado "CAMBIOS QUIMICOS Y NUTRICIONALES DEL FRIJOL PHASEOLUS VULGARIS L. DURANTE EL PROCESO DE MADURACION DEL GRANO"; el cual estimo satisface los requisitos establecidos para el efecto.

Sin otro particular, con las muestras de mi más alta deferencia, me suscribo del señor Decano, atento y seguro servidor.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Carlos H. Aguirre C.
ASESOR.

CHAC/rcdem.



HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De acuerdo a las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado "CAMBIOS QUIMICOS Y NUTRICIONALES DEL FRIJOL *Phaseolus vulgaris* L. DURANTE EL PROCESO DE MADURACION DEL GRANO.

Con el propósito de llenar con él, el último requisito para optar al título de INGENIERO AGRONOMO en el grado de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,



César Alfredo Conde Marroquín

DEDICO ESTE ACTO

A la facultad de Agronomía

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

DEDICO ESTA TESIS

A mis padres

A mi esposa

A mis hijos

AGRADECIMIENTO

Quiero por este medio patentizar mi agradecimiento a las muchas personas que de una u otra forma, colaboraron para la realización de éste trabajo, en especial a: Dr. Ricardo Bressani, Dr. Luíz Gonzaga Elías, Dr. Edgar Braham, Lic. Antolín del Busto, Licda. María Elena Ordóñez, Don Lauro Rivera, Don Carlos Urrutia, Sr. Enrique Amézquita, P.A. Jorge Mario González, Sra. María Antonieta Rottman, Srta. Vilma Chavarría, Sr. Gabriel Morales, Sr. Luis Jiménez, y en general a todo el personal de la división de Ciencias de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, en cuyos laboratorios y finca experimental se llevó a cabo éste trabajo.

Asímismo quiero dejar constancia de mi reconocimiento a los Ingenieros Agrónomos Alfonso Velásquez y Alvaro Muñoz, quienes en todo momento me prestaron su valiosa y entusiasta colaboración.

CONTENIDO

1. INTRODUCCION
2. REVISION DE LITERATURA
 - 2.1 Botánica y ecología del frijol
 - 2.2 Clasificación botánica
 - 2.3 Ecología del frijol
 - 2.3.1 Climas
 - 2.3.2 Suelos
 - 2.4 Centro de origen
 - 2.5 Estudios de maduración
 - 2.6 Factores tóxicos del frijol
 - 2.7 Composición química del frijol
 - 2.8 Fraccionamiento y extracción de las proteínas del frijol.
3. MATERIALES Y METODOS
 - 3.1 Procedencia y recolección de las muestras
 - 3.2 Tratamiento de las muestras
 - 3.3 Análisis químicos
 - 3.4 Pruebas biológicas
 - 3.4.1 Dietas
 - 3.4.2 Animales experimentales
 - 3.4.3 Factores inhibidores del crecimiento
 - 3.4.4 Pruebas de digestibilidad
 - 3.5 Composición química proximal de las vainas
4. RESULTADOS
 - 4.1 Fases de maduración
 - 4.2 Sobrevivencia y peso del páncreas
 - 4.3 Frijol asoleado
 - 4.4 Desarrollo de pigmentos
 - 4.5 Vainas de frijol

5. DISCUSION

- 5.1 Semillas, composición química proximal y mineral
- 5.2 Solubilidad de proteína (Cuadro No.7)
- 5.3 Aminoácidos
- 5.4 Ensayos biológicos
 - 5.4.1 Frijol crudo
 - 5.4.2 Frijol cocido
- 5.5 Desarrollo de pigmentos
- 5.6 Pruebas biológicas
- 5.7 Vainas de frijol

6. RESUMEN

7. BIBLIOGRAFIA

8. APENDICES

TABLAS Y FIGURAS

1. Período vegetativo del frijol, Variedad S 19 N.
2. Análisis químicos en frijol crudo y cocido.
3. Composición de las dietas (Ensayos biológicos)
4. Composición química proximal del frijol negro durante las diferentes etapas fisiológicas de maduración (g/°o base fresca)
5. Composición mineral del frijol negro, durante las diferentes fases fisiológicas de maduración. Muestras crudas (base fresca)
6. Cambios en el valor nutritivo del frijol negro durante la maduración (muestras cocidas).
7. Fraccionamiento de proteína durante las diferentes fases fisiológicas de maduración (frijol crudo)
8. Composición química proximal de las vainas (Base seca)
- 8.1 Composición química proximal de las vainas (Base fresca).
- 8.2 Ensayos biológicos en ratas, vainas secas.
9. Lisina, aminoácidos azufrados totales, metionina, cistina y aminoácidos libres totales del frijol negro, durante las diferentes fases fisiológicas de maduración.
10. Análisis de varianza efectuados en frijol durante cuatro diferentes fases fisiológicas de maduración.

FIGURA 1

11. Relación entre inhibidores de crecimiento y tiempo de

sobrevivencia de ratas alimentadas con frijol negro, durante la maduración.

FIGURA 2

12. Resumen de tendencias seguidas por los aminoácidos libres totales, digestibilidad, inhibidores de crecimiento, proteína, índice de eficiencia protéica y aminoácidos azufrados totales durante la maduración.

FIGURA 3

13. Solubilidad de proteína del frijol común durante la maduración.

APENDICE

Fotografías de los granos y vainas en diferentes etapas de maduración.

1. INTRODUCCION

Las semillas de leguminosas constituyen alimentos importantes en las dietas de las poblaciones de los trópicos y subtrópicos, ya que constituyen fuentes de proteínas y calorías (46, 6, 37). Es bastante conocida la importancia de estas semillas, especialmente la del frijol *Phaseolus vulgaris* L. en la dieta de la población centroamericana.

Se han llevado a cabo estudios y encuestas que demuestran que el frijol es, después del maíz *Zea mays*, L, el alimento más importante de los pobladores de esta región (12, 20, 21, 22, 23, 48, 53). Asimismo, se ha encontrado que la variedad más consumida en Guatemala y en El Salvador es la negra, mientras que en los demás países del área, se consumen variedades de otros colores con preferencia a la del color negro (46).

También se han realizado abundantes investigaciones en cuanto a fertilización, reproducción, insecticidas, control de malezas, suelos, plagas, enfermedades, etc. como se puede observar en la bibliografía de frijol del IICA (27).

A pesar de estos hallazgos, es muy poco lo que se ha investigado acerca de los aspectos fisiológico-nutricionales, investigación que es imprescindible para un mejor entendimiento de los procesos que se llevan a cabo durante la maduración del grano, con el fin de poder explicar, entre otras cosas, las diferencias en el valor nutritivo entre especies, variedades o cultivares encontradas por algunos autores (6). Además este conocimiento puede contribuir a lograr una mejor utilización de las proteínas del frijol mediante la selección genética.

La mayoría de las investigaciones sobre el valor nutritivo de leguminosas para alimentación se ha llevado a cabo en semilla madura, posiblemente porque ésta es la forma en que son generalmente consumidas. Los resultados indican que las semillas

de leguminosas son de un valor nutritivo relativamente bajo, lo cual, se ha atribuido a la presencia de factores antinutricionales termolábiles, los cuales incluyen inhibidores de tripsina, hemaglutininas y otros (30, 47); además la proteína es deficiente en aminoácidos azufrados (6, 16) y es de baja digestibilidad (47).

Este trabajo se desarrolló con el objeto de determinar el efecto de la maduración del grano sobre la composición química y el valor nutritivo del frijol negro *Phaseolus vulgaris* L.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Botánica y ecología del frijol:

El frijol común *Phaseolus vulgaris* L. es una planta herbácea de raíz anual fibrosa, tallos herbáceos de crecimiento determinado e indeterminado. Es de crecimiento determinado cuando presenta inflorescencia terminal y es de crecimiento indeterminado cuando presenta la inflorescencia en las axilas; la planta será guiadora en el primer caso y trepadora en el segundo. Las hojas son alternas, compuestas de tres folíolos con los extremos acuminados.

Otras características son inflorescencia en racimo con flores pediceladas con cinco sépalos, cinco pétalos, diez estambres y un pistilo, el cáliz gamosépalo, los pétalos difieren en forma y conjunto, constituyendo la corola el pétalo más grande en forma de estandarte, los pétalos laterales forman las alas y los restantes unidos por sus bordes forman la quilla; los estambres son diadelfos y constan de filamento y antera, nueve filamentos soldados y un décimo está libre. En el centro de la flor se encuentra el pistilo, que consta de ovario, estilo y estigma; el fruto es una vaina o legumbre.

Las raíces forman nudosidades características, nódulos de Gasparin, donde se encuentran las bacterias nitrificantes, las cuales pertenecen principalmente a la especie *Rhizobium leguminosarum* (50, 54).

2.2 Clasificación botánica:

Entre los frijoles comestibles, el género *Phaseolus* es el más numeroso con ciento cincuenta especies, de las cuales la más cultivada y conocida es la especie *Phaseolus vulgaris* (3).

1. Taxonomía:

Reino:

Vegetal

Subreino:	Traqueofitas
División:	Espermafita
Subdivisión:	Angiospermas
Clase:	Dicotiledoneas
Subclase:	Diapétalas
Familia:	Leguminosa
Subfamilia:	Papilionácea
Género:	Phaseolus
Especie:	vulgaris

2.3 Ecología del frijol:

2.3.1 Climas:

Según el sistema inicial de clasificación ecológica de Holdridge, las zonas de mayor vocación para este cultivo son la subtropical seco y montano bajo seco (36). Según Masaya (35), la zona subtropical coincide con el mayor volumen de producción de frijol en Guatemala, afirmando que la zona montano bajo húmeda puede ser una zona productora si se usa el sistema de cultivo sólo; además, menciona que la zona bosque tropical seco, es apropiada para este cultivo con preferencia a otro.

2.3.2 Suelos:

Para el cultivo del frijol se necesitan suelos franco arcillosos y bien húmedos, profundidad 20 a 25 cms., PH 6.5 a 7.0 (36). Según Molina (38), el frijol se desarrolla bien en suelo de tipo Chicoy, Jalapa, suelo de los valles, suelos aluviales, Mongoy, Pinula, Salamá, Cuilapa, Coloma y Quezada.

2.4 Centro de Origen:

El frijol común *Phaseolus vulgaris* L. es nativo de América; Miranda Colin (37), siguiendo las normas establecidas por Decandolle (1,886) y Vavilov (1,949-50) para determinar el centro de origen de las especies cultivadas, localiza el centro de origen primario de esta leguminosa en la parte occidental del área

Guatemala-México, a una elevación de 1,200 metros, región en donde se ha encontrado una gran variación genética, así como la mayoría de plagas y enfermedades que atacan al frijol y variedades del mismo resistentes a estas enfermedades.

2.5 Estudios de maduración:

Trabajos sobre la maduración del maíz realizados por Bressani y Conde (5) han indicado una disminución en el contenido de nitrógeno, fibra cruda y cenizas, mientras que el extracto ~~estéreo~~ y los carbohidratos aumentan. La zeína aumenta durante la maduración, el nitrógeno soluble en álcali primero se incrementa y luego decrece 16 días después de la floración. El nitrógeno soluble en ácido decrece constantemente durante el desarrollo del grano.

Estos resultados han sido corroborados por los obtenidos por Gómez Brenes y Col. (24), quienes informan que durante el proceso de maduración del grano de maíz, sucede un descenso de proteína, fibra cruda, cenizas, fósforo y hierro en tanto que el contenido de grasa y carbohidratos aumenta. El fraccionamiento nitrogenado reveló un incremento de zeína y un descenso de la fracción de nitrógeno soluble en agua. Se encontró una disminución de triptofano, lisina y metionina, en tanto que la arginina aumentó al progresar la maduración. Se observó también un descenso apreciable en el índice de eficiencia protéica en ratas, reflejando así los cambios progresivos que ocurren en la concentración de zeína y de los aminoácidos durante la maduración del grano.

Beevers y Poulson (4) estudiaron la síntesis de proteína de los cotiledones de arveja durante la maduración y encontraron que, inicialmente el contenido de proteína se incrementó con un período rápido de deposición entre 21 y 27 días después de la floración. Después del 28vo. día la tasa de acumulación protéica declinó a medida que la semilla maduraba y se deshidratava. Ya maduró el cotiledón de arveja contenía cerca de 25% de proteína que se componía de albúminas y globulinas en una

proporción de 1:1.4. La síntesis de globulina predominó con la madurez.

2.6 Factores toxicos del frijol:

Una revisión sobre los factores tóxicos de las semillas leguminosas usadas para alimento, fue publicada por Liener (32) en 1,962; en ella indica como pueden eliminarse estos factores; entre estos medios el mejor ha sido la cocción por 10 ó 30 minutos y a 15 libras de presión. La cocción en olla abierta por cuatro horas fue tan buena como la cocción por 10 o 30 minutos en autoclave. La concentración de lisina y metionina no cambia por la cocción, mientras que los grupos de E-Amino-lisina, disminuyen al aumentar el tiempo de cocción.

2.7 Composición química del frijol:

La Composición química y anatómica de semillas leguminosas informada por varios autores (3, 8, 46, 52) establece que la cubierta, los cotiledones, y el eje embrionario, son las principales estructuras de la semilla del frijol. Según Powrie (45) constituyen respectivamente un 7.7 90.5 y 1.8°/o de la semilla respectivamente.

Singh y col. (52) y Powrie y col. (45) concluyen que los cotiledones son los mayores componentes del peso del frijol y poseen la mayor proporción de proteína, carbohidratos, lípidos y minerales como hierro y fósforo. La fracción más abundante del frijol está representada por los carbohidratos y según Bressani y col. (8) los carbohidratos solubles constituyen el 61.4°/o y la fibra cruda el 6.6°/o en base seca. Eichelberger (14) y, Paterson y Churchill (42) informan que el frijol contiene 35.2°/o de almidón.

Las leguminosas usuales contienen una cantidad similar de proteína cruda total, entre 18 y 25°/o (8, 9, 10, 29); algunas contienen hasta 30°/o (43). Además se ha informado que la cubierta, cotiledones y ejes embrionarios, contienen 4.8, 27.5 y

47.6^o/o respectivamente del total de proteína (45).

La ceniza representa el 4.1^o/o del frijol en base seca (8) y el hierro, calcio y fósforo son los minerales que se presentan en cantidades apreciables encontrándose valores de 7.25, 207 y 417 mg^o/o respectivamente (3).

2.8 Fraccionamiento y extracción de las proteínas del frijol:

Osborne (41) y Ritthausen (49) extrajeron la proteína de frijoles secos, usando solución de cloruro de sodio, luego precipitaron parte de las proteínas extraídas saturando el extracto con sulfato de amonio. Según Osborne (41), en la proteína del frijol 8.5^o/o es albumina y 63^o/o globulina. Waterman y col. (55) separaron las proteínas extraídas con cloruro de sodio por medio de la precipitación fraccionada con sulfato de amonio en tres proteínas que denominaron faseolina, faseolina y confaseolina.

Más recientemente Evans y Kerr (17) reportaron acerca de la extracción y precipitación de algunos constituyentes nitrogenados de frijoles secos, encontrando que una solución de HCl a pH 1.5 extrajo la mayor cantidad de nitrógeno. Soluciones de NaOH a un mayor pH de 7.0 así como soluciones de HCl con un pH de 3.8 extrajeron las menores cantidades de proteína.

Las proteínas extraídas con una solución al 2^o/o de cloruro de sodio y precipitadas por medio diálisis contenían 14.63^o/o de nitrógeno. Esta proteína se separó en cuatro componentes por medio de columnas de DEA celulosa.

Powrie (44) extrajo los compuestos nitrogenados del frijol con varios solventes e indicó que con cuatro extracciones sucesivas con EtOH 70^o/o o con EtOH más acetato de sodio pudo extraer 10.4 y 11.47^o/o del nitrógeno total. También informó dicho autor que los solventes alcalinos permiten la extracción óptima de los constituyentes nitrogenados.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Procedencia y recolección de las muestras:

El material usado para este estudio fué frijol negro *Phaseolus vulgaris* L. de la variedad S-19 N, cultivado en un área de 960 m². en la finca experimental del INCAP, San Antonio Pachalí. La finca está ubicada en la jurisdicción de San Juan Sacatepéquez, departamento de Guatemala, a 41 Kms. de la capital, a una altura de 1,480 m. sobre el nivel del mar; tiene una precipitación pluvial de 1.16 m. con temperatura templada. Está localizada a latitud de 14° 43' y long. de 90° 39' (40). Según la clasificación ecológica de Holdridge se puede considerar dentro de la zona climática "montano bajo húmeda" (36).

Los suelos de esta estación experimental se pueden clasificar como de la serie "Guatemala fase pendiente", que varía de "Guatemala franco arcilloso" casi típico, en una capa muy delgada de suelo franco arcilloso café amarillento (1), tanto el suelo como el clima se consideran aptos para frijol.

El frijol usado es una variedad que en San Antonio Pachalí ha demostrado rendimientos hasta de 40 ~~qq~~ por manzana. Su período vegetativo es de 90 a 110 días. de la siembra a la floración hay aproximadamente de 43 a 45 días; la floración se inicia en las ramas inferiores de la planta y sube hasta cubrirla en un período de 8 a 10 días.

De la floración al inicio de formación del grano hay un lapso de 20 a 22 días, de aquí al frijol en estado "camagüe" hay 14-15 días y hasta el grano seco o sea apto para cosecharse hay 15-17 días (Tabla 1).

La siembra se efectuó el 21 de julio de 1,972 dejando una distancia de 60 cms. entre surco y 10 cms. entre plantas. La floración se inició el 5 de septiembre y se hicieron los siguientes cortes:

Primer corte: 2 de octubre de 1,972.

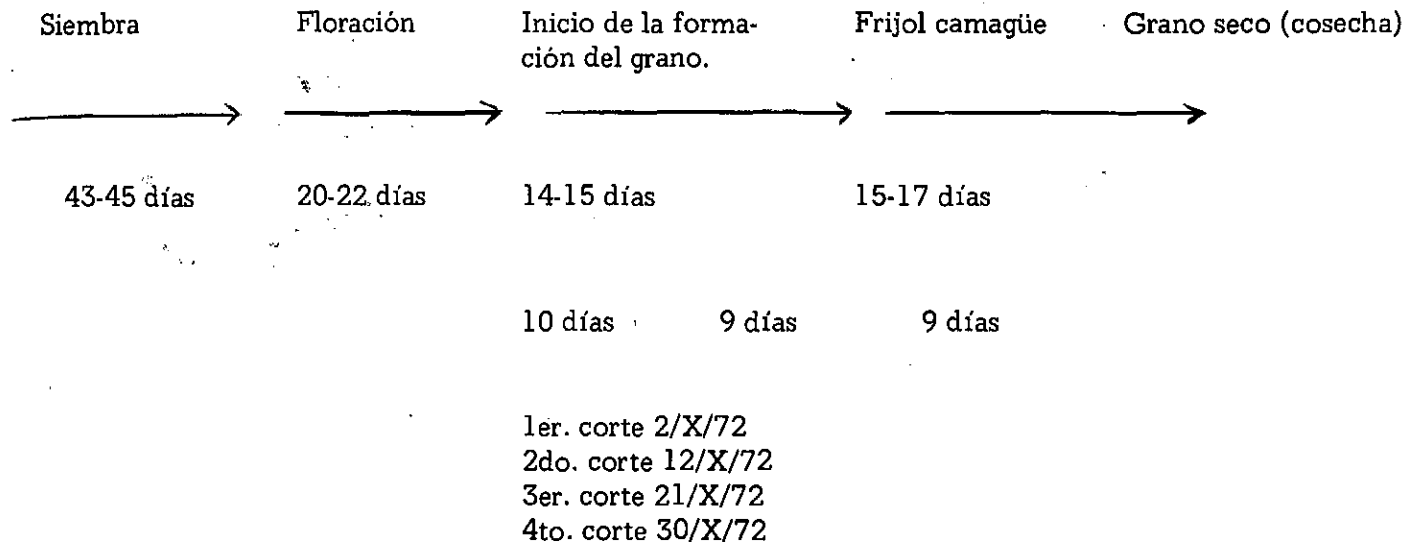
Segundo corte: 12 de octubre de 1,972

Tercer corte: 21 de octubre de 1,972

Cuarto corte: 30 de octubre de 1,972.

TABLA 1
PERIODO VEGETATIVO DEL FRIJOL *Phaseolus Vulgaris* L.

Variedad SI9N



Siembra: Julio 21 de 1,972

Floración: septiembre 5 de 1,972

Formación del grano: septiembre 27 de 1,972.

La primera muestra se recolectó 5 días después que empezó la formación del grano (27 días después del inicio de la floración).

Por cada muestra se cosecharon vainas frescas dentro de toda el área (estratificada) en cantidad suficiente para obtener 2 Kg. de grano seco previo cálculo. La primera muestra fue tomada 72 días después de la siembra o sea 5 días después del inicio de la floración y a 82, 91 y 99 días de la siembra, fueron recolectadas respectivamente, las otras tres muestras, es decir con intervalos de 9-10 días entre muestras.

El cuarto corte se dividió en cuarto corte "A" recién cortado sin asolear (liofilizado) y cuarto corte "B" asoleado tres días.

3.2 Tratamiento de las muestras:

Cada muestra fue llevada al laboratorio inmediatamente después de la recolección, las semillas fueron separadas de las vainas y cada muestra se dividió en dos partes: una parte se secó en frío, en un liofilizador marca Virtis, y la otra parte fue cocida en un autoclave a 16 libras de presión y 121°C. de temperatura, luego se secaron en horno de aire caliente por 22 horas a 50°C. Las muestras crudas y las muestras cocidas ya secas fueron molidas en un molino Wiley con un tamiz de 40 mallas, luego se guardaron en frascos de vidrio y se almacenaron en un cuarto refrigerado a 4°C. hasta que fueron requeridas para análisis químicos y para pruebas biológicas.

Las vainas fueron secadas, molidas, y sometidas a análisis químico proximal así como a pruebas biológicas.

3.3 Análisis químicos:

Se usaron los métodos de la A.O.A.C. (2) para las determinaciones de humedad, nitrógeno, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y calcio. La determinación del contenido de fósforo se hizo usando la técnica desarrollada por Fiske y Subarrow (19) modificada por Lowry y López (33) y para hierro se utilizó el método de Jackson (28) y Moss y Mellón (39).

La solubilidad del nitrógeno fue determinada de acuerdo a la metodología descrita por Hasbun (25), la lisina como E-Amino-lisina fue estimada por medio del Método de Carpenter (11), modificado por Conkerton y Frampton (13).

Los Aminoácidos azufrados, metionina y cistina fueron determinados individualmente por métodos microbiológicos, usando medio sintético de cultivo, Difco (Difco laboratories, Detroit, Michigan) y la bacteria *Leuconoctoc mesenteroides* P-60. Los aminoácidos libres fueron estimados por el método Alfa-amino nitrógeno modificado (18).

El resumen de los análisis efectuados se presentan en la tabla 2.

TABLA 2

ANALISIS QUIMICOS EN FRIJOL CRUDO Y COCIDO.

Phaseolus vulgaris L.

Composición química proximal:

Humedad
 Grasa
 Fibra cruda
 Proteína
 Carbohidratos (Por diferencia)

Minerales:

Calcio
 Fósforo
 Hierro

Aminoácidos:

Lisina
 Metionina
 Cistina
 Aminoácidos libres

Solubilidad de nitrógeno en diferentes solventes:

H₂O
 KCl al 5°/o
 NaOH 0.01 N
 Etanol al 70°/o

ANALISIS QUIMICOS EN VAINAS SECAS DE FRIJOL.

Composición Química Proximal

ENSAYOS BIOLOGICOS EN FRIJOL CRUDO Y COCIDO.

IEP

Digestibilidad aparente.
 Mortalidad, e hipertrofia del páncreas.

ENSAYOS BIOLOGICOS EN VAINAS SECAS DE FRIJOL

IEP
 Mortalidad.

3.4 Pruebas biológicas:

3.4.1 Dietas:

Se evaluó el efecto de los factores inhibidores del crecimiento y/o factores antifisiológicos por medio de dos experimentos, usando dietas con muestras crudas alimentando a ratas en crecimiento.

Las muestras cocidas se usaron para las pruebas de índice de eficiencia protéica (IEP) y la digestibilidad de la proteína; en los dos casos (frijol crudo o cocido) la muestra de frijol seco fue agregada para proporcionar cerca de 10⁰/o de proteína en la dieta, que consistió en: mezcla mineral (26) 4.0⁰/o, aceite de hígado de bacalao 1⁰/o, aceite de soya 5.0⁰/o y suficiente almidón de maíz para ajustar a 100⁰/o; todas las dietas fueron suplementadas con 5 Ml de solución de vitaminas (34) (Tabla 3).

3.4.2 Animales experimentales:

Se usaron ratas macho de 21 días de edad de la cepa Wistar del bioterio del INCAP.

Para el índice de eficiencia protéica se usaron ocho ratas macho por tratamiento o, distribuidas al azar por peso entre los diferentes grupos experimentales, y el promedio de diferencia de peso entre grupos no sobrepasó un gramo. Los animales fueron puestos en jaulas de alambre individuales, de fondo levantado y perforado; el alimento y el agua fueron proporcionados ad libitum. El experimento duró 28 días y en el caso de las muestras crudas el período experimental dependió del tratamiento de sobrevivencia de las ratas. la ingesta de alimentó así como la ganancia en peso fueron anotados semanalmente. El IEP (gramo de peso ganado/ gramo de proteína ingerida) se calculó al final del período experimental.

TABLA 3
COMPOSICION DE LAS DIETAS
(ENSAYOS BIOLOGICOS)

MUESTRAS CRUDAS (Frijol)

Días después de la siembra	72	82	91	99 (A)	99 (B)
Harina de frijol	37.9	40.6	37.0	39.0	40.4
Minerales	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Aceite de soya	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Aceite de bacalao	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Almidón de maíz	52.1	49.4	53.0	51.0	49.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Vitaminas (ml.) (solución)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

Calculadas para 10 % de proteína.

MUESTRAS COCIDAS (Frijol)

Días después de la siembra	72	82	91	99 (A)	99 (B)
Harina de frijol	36.4	38.8	36.5	37.8	38.3
Minerales	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Aceite de soya	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Aceite de bacalao	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Almidón de maíz	53.6	51.2	53.5	52.2	51.7
Total	100	100	100	100	100
Vitaminas (ml.) (solución)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

Calculadas para 10 % de proteína.

MUESTRAS CRUDAS (Vainas)

Vainas	34.57	42.9	46.89	90.0
Minerales	4.0	4.0	4.0	4.0
Aceite de soya	5.0	5.0	5.0	5.0
Aceite de bacalao	1.0	1.0	1.0	1.0
Almidón de maíz	55.43	47.10	43.11	0.0
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Vitaminas (ml.) (solución)	5.0	5.0	5.0	5.0

Calculadas para 5 % de proteína.

3.4.3 Factores inhibidores del crecimiento:

La concentración de inhibidores de crecimiento se estimó según el porcentaje de sobrevivencia de las ratas, alimentadas con cada muestra de frijol crudo por un lapso de 28 días que duró el experimento.

3.4.4 Prueba de digestibilidad:

La determinación de digestibilidad de proteína se hizo al final de la prueba de IEP, para este fin se administró carmín en la dieta para marcar las heces al inicio y al final del experimento.

Las ratas se colocaron en las jaulas experimentales descritas anteriormente y se les proporcionó las dietas preparadas con el material estudiado. Para todos los tratamientos el balance duró siete días, período en el cual se recolectaron las heces fecales y se almacenaron bajo refrigeración, se secaron en horno de aire caliente a 40°C, se pesaron y se molieron en un micromolino Wiley con un tamiz de 40 mallas luego se determinó nitrógeno por el método Kjeldhal (2). La fórmula usada para el cálculo de la digestibilidad aparente es:
$$\frac{\text{Nitrogeno ingerido} - \text{Nitrogeno fecal}}{\text{Nitrogeno Ingerido}} \times 100 = \text{digestibilidad aparente } (\%)$$

3.5 Composición química proximal de las vainas:

Durante el estudio se recolectaron las vainas vacías provenientes de cada corte, después de extraer el grano, dichas vainas fueron secadas en horno al aire a 50°C, luego molidas y almacenadas en frío.

4. RESULTADOS

4.1 Fases de maduración:

En la Tabla 4 se presentan los resultados promedio de la composición química proximal del frijol en diferentes etapas de maduración del grano; se puede observar como la humedad decrece progresivamente, en tanto que la proteína se incrementa de 7.2 a 23.1 g⁰/o, la grasa de 0.57 a 1.11 g⁰/o, la fibra cruda de 1.6 a 4.4 y las cenizas de 1.6 a 4.7.

La Tabla 5 nos presenta la variación en la composición mineral durante la maduración al igual que con la composición química proximal, los tres minerales estudiados aumentan a medida que el grano madura, el calcio pasa de 74 a 186 mg/100g, el fósforo de 125 a 504 mg/100g y el hierro de 1.4 a 5.9 mg/100g para las muestras crudas.

La Tabla 6 presenta los cambios en el valor nutritivo del frijol negro durante la maduración. Como se puede observar por los datos obtenidos, tanto en el peso ganado como en el IEP es evidente la tendencia en disminuir el valor nutritivo a medida que se desarrolla la maduración. Por otro lado puede decirse que la digestibilidad en general no cambia significativamente durante la maduración.

TABLA 4

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DEL FRIJOL NEGRO
Phaseolus vulgaris L. DURANTE LAS DIFERENTES
ETAPAS FISIOLÓGICAS DE MADURACION.
(9.º/o BASE FRESCA)

Días después de la siembra	H ₂ O	Nitró geno	Proteí- na	Grasa	Fibra cruda	Ceni- zas
72 días	74.9	1.15	7.2	0.57	1.6	1.6
82 días	56.4	1.90	11.9	0.92	2.6	2.3
91 días	54.9	2.05	12.8	1.02	2.7	2.2
99 días	15.2	3.70	23.1	1.11	4.4	4.7
99 días asoleado	11.26	3.96	24.8	1.36	4.7	4.9

TABLA 5

COMPOSICION MINERAL DEL FRIJOL NEGRO

***Phaseolus vulgaris* L.**

DURANTE LAS DIFERENTES FASES

FISIOLOGICAS DE MADURACION

Muestras crudas
(Base fresca)

Días después de la siembra	Ca mg/100 g.	P mg/100 g.	Fe mg./100g.
72 días	74	125	1.4
82 días	50	265	2.4
91 días	122	305	2.4
99 días	186	504	5.9
99 días asoleado	185	702	10.6

TABLA 6

CAMBIOS EN EL VALOR NUTRITIVO DEL FRIJOL NEGRO

Phaseolus vulgaris L.
DURANTE LA MADURACION

(Muestras cocidas)

Días después de la siembra	o/o de proteína en la dieta	Peso promedio		IEP	Digestibi- lidad apa- rente ^{o/o}
		inicial g.	ganado g.		
72 días	9.9	46	30	1.0	61
80 días	9.9	46	19	1.0	61
82 días	9.8	46	19	0.75	68
91 días	9.6	46	16	0.65	64
99 días	9.6	46	16	0.60	68
99 días (asoleado)	9.7	46	22	0.85	66

La Tabla 7 contiene los resultados de la extracción de proteína con diferentes solventes a diferentes etapas de desarrollo. La solubilidad en NaOH 0.01 N aumenta durante la maduración, mientras que la fracción extraída con KCl 5% decrece. La solubilidad de la proteína en alcohol etílico al 70% y en agua permanece prácticamente sin cambios. Los resultados muestran que la extracción más alta se consiguió con la solución de NaOH 0.01 N, luego le siguió la obtenida con KCl 5% luego con agua y la más baja fue la conseguida con etanol al 70%.

El efecto de los inhibidores de crecimiento sobre el tiempo de sobrevivencia de las ratas alimentadas con las muestras crudas se ilustra en la Figura 1.

Se calculó un porcentaje de tiempo de sobrevivencia para expresar la sobrevivencia real de cada grupo con respecto a 28 días de período experimental, tomando estos 28 días como el 100% de tiempo de sobrevivencia; como se puede observar, durante la maduración la sobrevivencia disminuye de 30% a 20%.

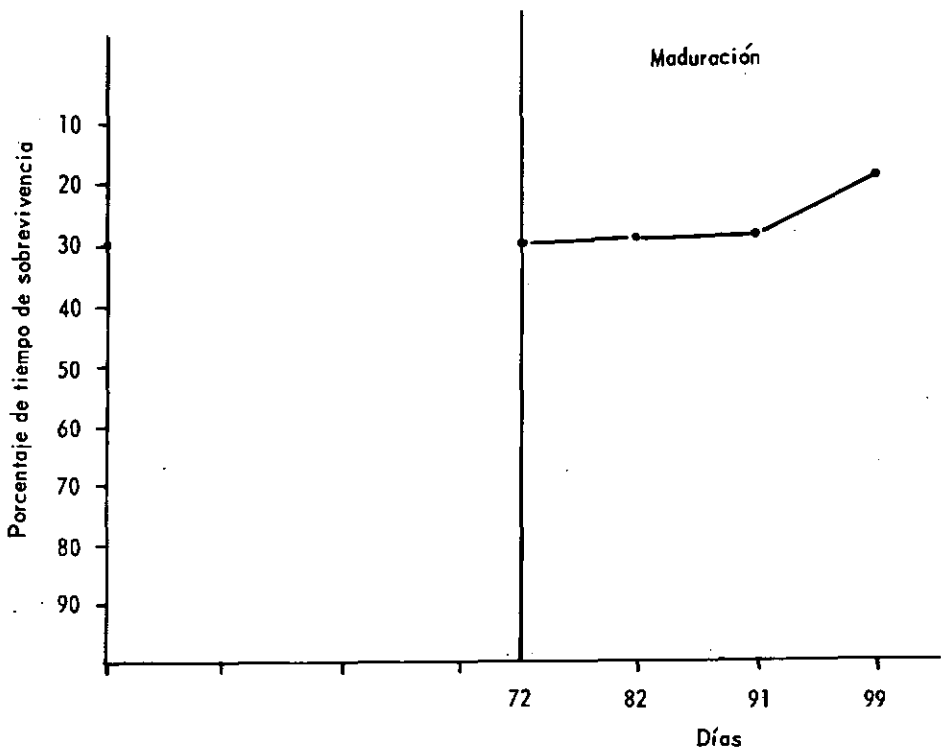
TABLA 7

**FRACCIONAMIENTO DE PROTEINA DURANTE LAS
DIFERENTES FASES FISIOLÓGICAS DE MADU-
DURACION (Frijol crudo) (°/o)**

Muestra	H ₂ O	KCl 5° /o	NaOH 0.01	Etanol 70°/o
1er. corte	4.54	13.6	64.89	1.5
2do. corte	4.39	8.12	64.97	1.3
3er. corte	4.14	5.9	71.06	0.9
4to. corte "A"	3.73	4.7	85.85	1.2
4to corte "B" asoleado	4.85	8.1	66.26	1.6

FIGURA 1

**RELACION ENTRE INHIBIDORES DEL CRECIMIENTO
Y TIEMPO DE SOBREVIVENCIA DE RATAS
ALIMENTADAS CON FRIJOL NEGRO *Phaseolus vulgaris* L.
CRUDO, EN DIFERENTES FASES DE MADURACION**



4.5 Vainas de frijol: (tabla 5)

Las vainas al ser analizadas mostraron que durante la maduración disminuye la grasa, la fibra cruda aumenta desde 19.3 hasta 40.9, la proteína baja desde 17.51 hasta 6.59 y la ceniza sube desde 7.2 hasta 10.8. En las pruebas biológicas todos los grupos de ratas alimentadas con dietas a base de vainas secas perdieron peso, siendo mayor esta pérdida conforme las vainas estaban más maduras. La mortalidad aumentó progresivamente desde la muestra de 72 días después de la siembra, en que no murió ninguna rata del grupo, hasta la muestra de 99 días en que murieron todas las ratas del grupo. El tiempo de sobrevivencia varió desde 29 días (período total del experimento) en la primera muestra, hasta siete días en la muestra madura. (tabla 8)

ANÁLISIS QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE VAINAS DE FRIJOL SECAS (2000-01) (2) RATA

Edad (días)	Grasa (%)	Fibra cruda (%)	Proteína (%)	Ceniza (%)	Observaciones
29	19.3	19.3	17.51	7.2	100% sobrevivencia
42	18.5	20.5	16.5	8.5	100% sobrevivencia
55	17.5	21.5	15.5	9.5	100% sobrevivencia
72	16.5	22.5	14.5	10.5	100% sobrevivencia
85	15.5	23.5	13.5	11.5	100% sobrevivencia
99	14.5	24.5	12.5	12.5	0% sobrevivencia

PRUEBAS BIOLÓGICAS DE VAINAS DE FRIJOL SECAS (2000-01) (2) RATA

Edad (días)	Grasa (%)	Fibra cruda (%)	Proteína (%)	Ceniza (%)	Observaciones
29	19.3	19.3	17.51	7.2	100% sobrevivencia
42	18.5	20.5	16.5	8.5	100% sobrevivencia
55	17.5	21.5	15.5	9.5	100% sobrevivencia
72	16.5	22.5	14.5	10.5	100% sobrevivencia
85	15.5	23.5	13.5	11.5	100% sobrevivencia
99	14.5	24.5	12.5	12.5	0% sobrevivencia

TABLA 8
COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LAS VAINAS
(g/100 g base seca)

Muestra, días después de la siembra	Humedad Grasa		Fibra cruda	Nitró- geno	Proteína	Ceniza	CHO
72 días	0.0	2.0	19.3	2.80	17.51	7.2	53.99
82 días	0.0	1.7	35.7	2.22	13.87	10.3	38.43
91 días	0.0	1.8	35.0	2.02	12.63	10.1	40.47
99 días	0.0	1.1	40.9	1.05	6.59	10.8	40.61

8.1 COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LAS VAINAS (g/100 g. base fresca)

Muestra	Humedad Grasa		Fibra	Nitrógeno	Proteína	Ceniza
Vainas secas						
1er. Corte	14.1	1.7	16.6	2.41	15.04	6.2
Vainas secas						
2do. Corte	12.6	1.5	31.2	1.94	12.12	9.0
Vainas secas						
3er. Corte	12.2	1.6	30.7	1.78	11.09	8.9
Vainas secas						
4to. Corte "A"	12.4	1.0	35.8	0.92	5.77	9.5

8.2 ENSAYOS BIOLOGICOS EN RATAS, VAINAS SECAS

Muestra	Pérdida de peso	Mortalidad	Sobrevivencia en días
Vainas 1er. corte	5.2	0/4	28 días
Vainas 2do. corte	9.5	1/4	27 días
Vainas 3er. corte	12.0	2./4	25 días
Vainas 4to. corte	12.0	4/4	7 días

4 ratas/grupo

El contenido de lisina, aminoácidos azufrados totales y aminoácidos libres totales se presenta en la Tabla 9. Los aminoácidos libres disminuyen al avanzar la maduración, mientras que la lisina y los aminoácidos azufrados totales aumentan en las diferentes etapas de maduración.

TABLA 9

**LISINA, AMINOACIDOS AZUFRADOS TOTALES,
METIONINA, CISTINA Y AMINOACIDOS LIBRES
TOTALES DEL FRIJOL NEGRO *Phaseolus vulgaris* L.
DURANTE LAS DIFERENTES FASES FISIOLÓGICAS
DE MADURACION**

Días después de la siembra	Lisina g/16gN	Aminoácidos Metionina azufrados totales g/16gN	Cistina g/16gN	Aminoácidos libres totales mg/100g.
72 días	5.33	1.27	0.82	80.2
82 días	5.52	1.51	0.88	56.2
91 días	5.95	1.61	0.91	41.8
99 días	7.11	1.40	0.86	32.0
99 días asoleado	6.92	1.46	0.89	19.5

La Figura 2 resume los cambios bioquímicos y nutricionales obtenidos durante la maduración. Se puede observar que la ganancia en peso disminuye lo mismo que el IEP, la digestibilidad aparente relativamente no varía, asimismo se observa un aumento progresivo en el contenido de proteína total, lo que es más notorio entre el 91 y 99 días después de la siembra, mientras que el contenido de aminoácidos decrece. Estos cambios se correlacionan con el incremento en la actividad de los inhibidores del crecimiento y el total de aminoácidos azufrados.

4.2 Sobrevivencia y peso del páncreas:

Se determinó tiempo de sobrevivencia de las ratas, así como peso del páncreas, al morir éstas. Se observó una disminución del tiempo de sobrevivencia desde 8.4 días hasta 5.4 días, al mismo tiempo que aumentaba el peso del páncreas.

4.3 Frijol asoleado:

En el caso de la muestra asoleada tres días después de la cosecha, se notó un ligero aumento en proteína, grasa, fibra cruda y cenizas, en tanto que la humedad disminuía. La solubilidad de las proteínas en NaOH 0.01 de la muestra asoleada, presenta un valor más bajo que la sin asolear, en tanto que ofrece valores más altos que el material no asoleado cuando se usó KCl al 5%, H_2O y Et OH al 70%.

Por otra parte, los valores de aminoácidos son prácticamente iguales a los del frijol no asoleado con la excepción de que los aminoácidos libres totales presentan un valor más bajo en el frijol asoleado. Además se encontró un mejor aumento en peso y en IEP en las ratas alimentadas con muestra asoleada, en tanto que la digestibilidad aparente no fue significativamente afectada.

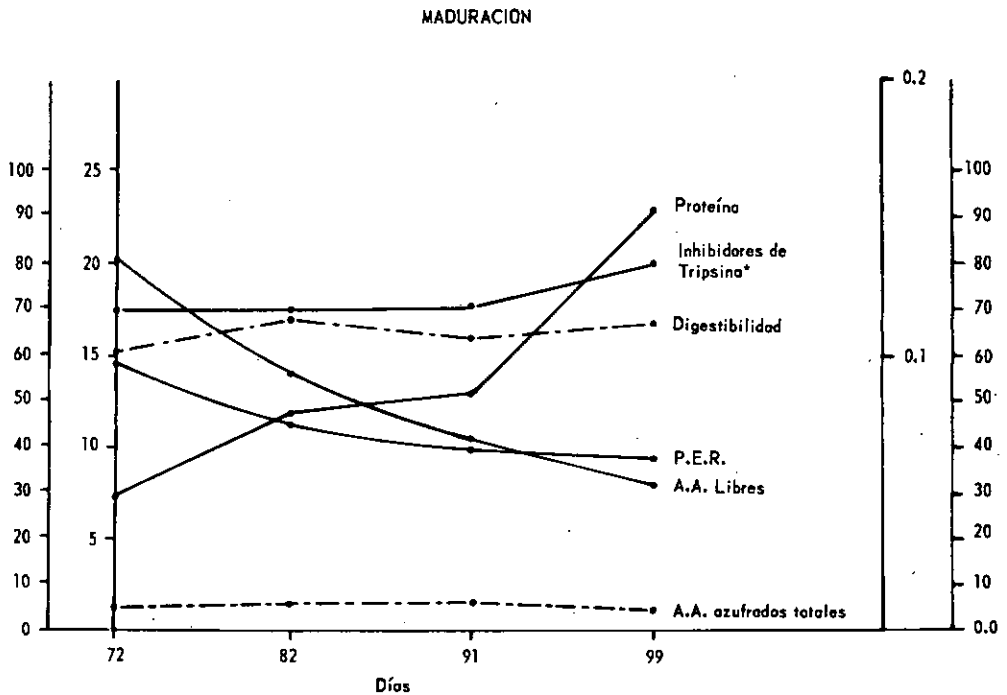
4.4 Desarrollo de pigmentos:

En cada corte, durante las diferentes etapas de

maduración se observó el desarrollo de pigmentos, así a los 72 días después de la siembra, la mayoría de los granos aparecían de un color verde pálido y se podía encontrar algunos pocos de color azul o lila, a los 82 días se encontraban granos en su mayoría de color lila con algunos de color morado y verde, a los 91 días la mayoría eran de color morado y aparecían unos pocos negros, verde y lila, a los 99 días todos los granos aparecían de color negro.

FIGURA 2

SUMARIO DE LOS CAMBIOS QUIMICOS Y
NUTRICIONALES OBSERVADOS DURANTE
LA MADURACION



* Actividad total de inhibidores del crecimiento.

5. DISCUSION

5.1 Semillas, composición química proximal y mineral:

Los resultados encontrados en lo que se refiere a composición química (en base fresca) de la semilla durante el proceso de maduración, muestran un incremento progresivo en porcentaje de proteína, grasa, fibra cruda, cenizas y los minerales Ca, P y Fe, en tanto que la humedad disminuye, lo que era de esperarse y que puede atribuirse a la movilización de nutrientes desde la planta hacia la semilla, al mismo tiempo que dichos nutrientes se concentran en ésta mientras pierde humedad. En el caso de frijol asoleado el ligero aumento en los mismos nutrientes es debido a su menor contenido de humedad.

5.2 Solubilidad de Proteína

La solubilidad de la proteína en diferentes solventes muestra como aumenta la solubilidad en NaOH 0.01 N de la proteína del grano a medida que éste madura, lo cual indica que esta fracción protéica se incrementa, y esto está relacionado con el aumento del aminoácido lisina, ya que esta fracción ha sido reconocida como de alto contenido en dicho aminoácido. Esto podría indicar una síntesis de este tipo de proteínas (globulina y albúminas) ya que también se observó una disminución de la cantidad de aminoácidos libres. Con respecto a las demás fracciones se puede decir que estos cambios pueden estar relacionados con la formación de los inhibidores de crecimiento presentes en las leguminosas.

La solubilidad de las proteínas en NaOH 0.01 N de la muestra que fue asoleada tres días, presenta un valor más bajo que la del frijol sin asolear en tanto que se encontraron valores más altos que la muestra sin asolear para la solubilidad en KCl al 50/o, H₂O y EtOH al 700/o. Sin embargo el análisis estadístico no mostró diferencias significativas, por lo que los cambios observados en el patrón de solubilidad protéica para el frijol asoleado pueden ser interpretados de una manera similar a los

que se observaron en las muestras que no fueron asoleadas. (figura 3).

5.3 Aminoácidos:

Durante la maduración se observa un aumento en el contenido de lisina, lo cual puede estar correlacionado con un aumento de la fracción soluble en NaOH. Asimismo el aumento en el contenido de aminoácidos azufrados totales puede estar relacionado con la mayor actividad de los inhibidores de crecimiento, los cuales como se sabe son ricos en estos aminoácidos. Por otro lado el hecho de que el contenido de los aminoácidos libres totales disminuye, se debe a un incremento de la síntesis de proteína durante la maduración. Este aspecto está corroborado por el aumento progresivo en la cantidad de proteína total.

En el caso del frijol asoleado, los valores de aminoácidos son prácticamente iguales a los del frijol maduro sin asolear. Con respecto a los aminoácidos libres totales y la cantidad de proteína total de esta muestra, sin embargo, las diferencias observadas no fueron estadísticamente significativas.

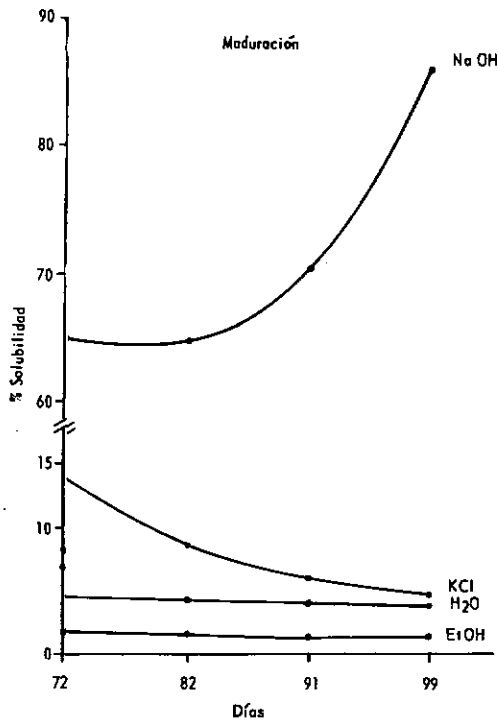
5.4 Ensayos biológicos:

5.4.1 Frijol crudo:

Como se mencionara anteriormente el tiempo de sobrevivencia de las ratas así como el peso del páncreas de los animales muertos, se determinó en el frijol maduro durante las diferentes fases de maduración. El peso del páncreas se utilizó como índice de la actividad de los inhibidores de crecimiento ya que se ha demostrado que la acción de dichos inhibidores produce una hipertrofia de este órgano. Los resultados obtenidos en cuanto a la sobrevivencia e hipertrofia del páncreas sugieren que durante la maduración hay un incremento de la actividad de los inhibidores del crecimiento.

FITURA 3

SOLUBILIDAD DE PROTEINA DEL FRIJOL COMUN Phaseolus vulgaris, L. VAR. S-19-N EN DIFERENTES SOLVENTES DURANTE LA MADURACION



5.4.2 Frijol cocido:

En el caso de las muestras de frijol cocido, los resultados indicaron que el mejor IEP así como la mayor ganancia en peso correspondió a la muestra de 72 días después de la siembra; a medida que el grano maduraba se notó una disminución progresiva en estos dos parámetros.

Es difícil explicar la disminución en el valor nutritivo de estas muestras ya que se encontró un aumento en el contenido de aminoácidos azufrados totales; sin embargo estos resultados pueden ser interpretados si se realizan estudios futuros con respecto a la secuencia de otros aminoácidos que estén limitando la utilización de la proteína del frijol. Además este comportamiento puede atribuirse al desarrollo de pigmentos que se supone están ligados al incremento de constituyentes tóxicos (15) algunos de los cuales pueden ser parcialmente resistentes al calor, dando como resultado una toxicidad residual (31) en las muestras. A este respecto Seid y col (51) aislaron una fracción de globulina proveniente del frijol negro *Phaseolus vulgaris* L. la cual era sólo ligeramente afectada por el calor.

Los resultados indicaron que la digestibilidad aparente se mantiene sin mayor cambio durante la maduración; resultados reportados por Bressani y col (7) indicaron que el valor nutritivo del frijol negro mejora con la suplementación con metionina, en tanto que la digestibilidad permanece sin cambio.

Es también de interés señalar que a pesar de que el coeficiente de digestibilidad aparente permaneció relativamente constante durante la maduración, el valor nutritivo disminuyó progresivamente; resultados antes informados por Bressani y col. (7) han indicado que se puede obtener cambios en el valor nutritivo sin afectar los valores de digestibilidad.

Los análisis estadísticos de las pruebas biológicas muestran que existe una diferencia significativa ($P \leq 0.01$) entre las diferentes etapas de maduración, tanto en ganancia de peso de

las ratas, como en IEP. No habiéndose encontrado diferencia entre réplicas ni interacción, asimismo no se encontró diferencia significativa en cuanto a digestibilidad aparente. (Tabla 10).

Se calcularon las ecuaciones de regresión entre IEP y lisina, así como entre IEP y aminoácidos azufrados, no encontrándose correlación alguna en ningún caso, lo cual indica de nuevo el efecto de otros factores, antes mencionados, sobre el valor biológico de la proteína del frijol.

TABLA 10

**ANALISIS DE VARIANZA EFECTUADOS EN FRIJOL
(Phaseolus vulgaris) DURANTE 4 DIFERENTES
FASES FISIOLOGICAS DE MADURACION**

Ensayos Biológicos

Análisis Muestra	Significancia entre tratamientos		Significancia entre réplicas		Significancia interacción	
	5 ^o /o	1 ^o /o	5 ^o /o	1 ^o /o	5 ^o /o	1 ^o /o
Ganancia en peso	Cocida	-	*	-	-	-
IEP	Cocida	-	*	-	-	-
Digesti- bilidad	Cocida	-	-	-	-	-

Se calculó las ecuaciones de regresión correlacionando IEP y lisina, e IEP contra aminoácidos azufrados totales. La correlación no fue significativa.

**Peso del Páncreas/100 g. de peso de rata
Período experimental de 28 días**

10.1

Frijol crudo peso páncreas	Sobrevivencia	Frijol cocido peso páncreas	Sobrevivencia
72 días 0.03142*	8.4 días	72 días 0.0114	28 días
82 días 0.03680	8.3 días	82 días 0.0242	28 días
91 días 0.05600	8.0 días	91 días 0.0262	28 días
99 días 0.03700	5.4 días	99 días 0.03133	28 días
99 días asoleado		99 días asoleado	
3 días 0.0800	5.8 días	3 días 0.02823	28 días

* Cada dato representa el promedio de 8 ratas.

En el caso del frijol asoleado, se encontró un mayor aumento en peso y en IEP en tanto que la digestibilidad aparente no fue significativamente afectada. Sin embargo, estos resultados vienen a justificar la práctica usada por los agricultores de asolear el frijol luego de cosecharlo, lo que además de disminuir la humedad parece mejorar su valor nutritivo. El presente estudio no ahonda ni puede dar una explicación de éste fenómeno, pero en base a estos resultados ya se han iniciado en el INCAP estudios más detallados para conocer el mecanismo por el cual el frijol asoleado mejora su valor nutritivo, asimismo se estudia el tiempo óptimo de exposición al sol.

5.5 Desarrollo de pigmentos:

Con respecto al desarrollo de pigmentos durante las diferentes etapas de maduración, es de interés señalar la posible relación de estos con la presencia de inhibidores de crecimiento en el frijol. Sería interesante que en estudios futuros se lleve a cabo la identificación de estos pigmentos, ya que se ha informado (15) una posible relación entre el contenido de estos compuestos y la toxicidad de los granos crudos de leguminosas.

5.6 Pruebas biológicas:

Los resultados obtenidos en las pruebas biológicas pueden ser debidos a factores tóxicos presentes en las vainas, similares a los que están presentes en el grano, en el cual también aumentaron al madurar, y a la alta cantidad de fibra cruda de todas las muestras.

5.7 Vainas de frijol:

La disminución de grasa y proteína se debe a un aumento en el contenido de fibra cruda y cenizas, para formar tejidos de sostén de la vaina.

6. RESUMEN

Se estudió el efecto de la maduración sobre la composición química y el valor nutritivo del grano de frijol negro *Phaseolus vulgaris* L.

Se cosecharon cuatro muestras, la primera 72 días después de la siembra y las siguientes con intervalos de 8 a 10 días entre muestras. La muestra No.4 se dividió en 4 "A" y 4 "B". La muestra 4 "A" fue cosechada e inmediatamente liofilizada, molida y almacenada, y la muestra 4 "B" fue cosechada y luego asoleada tres días.

Una parte de cada una de las cinco muestras fue cocida en autoclave por 15 minutos. Las cinco muestras se dividieron en cinco muestras crudas y cinco muestras cocidas.

Durante la maduración se observó un aumento en el contenido de proteína, grasa, fibra cruda y cenizas, mientras que el agua y los aminoácidos libres disminuyeron. Se observó un incremento en la cantidad de lisina y aminoácidos azufrados totales, así como en la actividad de los inhibidores de crecimiento.

La fracción soluble en NaOH aumentó; la solubilidad en KCl disminuyó, mientras que las fracciones solubles en agua y alcohol permanecieron constantes.

El valor nutritivo disminuyó con la maduración, en cambio ésta no tuvo ningún efecto sobre la digestibilidad de la proteína.

Los resultados indican que la disminución en el valor nutritivo se puede explicar por la presencia de factores tóxicos residuales, que son resistentes al calor y que están presentes en los diferentes pigmentos formados durante la maduración. Se concluyó también que la digestibilidad no fue afectada por los

parámetros estudiados. Finalmente, los resultados demostraron la importancia de llevar a cabo estudios bioquímicos y fisiológicos, con el propósito de evaluar el papel que juegan los factores tóxicos, las diferentes fracciones protéicas y su composición de aminoácidos sobre la digestibilidad y el valor nutritivo de semillas de leguminosas.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Aragón, R. H. "Efecto de la fertilización con elementos menores sobre el valor protéico del maíz (*Zea mays* L) y del maicillo (*Sorghum vulgare*)". Guatemala, Universidad de San Carlos. Fac. Agr. 1,963 p 15 (Tesis Ing. Agr.).
2. Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemist. 9th. Washington, D.C. 1,960.
3. Altschul, A. M. Procesed Plant Protein foodstuffs. New York, Academic Press, Inc., Publishers, 1,958 pp. 717-735.
4. Beevers, L. and Rozane Poulson. "Protein Synthesis in cotyledons of *pisum sativum* I. Changes in cell - free aminoacids incorporation capacity during seed development and maturation". *Plant Physiol.* 49: 476-481, 1,972.
5. Bressani, R. and R. Conde, "Changes in the composition and in the distribution of nitrogen of maize at different stages of development". *Cereal Chem.*, 38: 76-84, 1,961.
6. — — — — — and L. G. Elías. "Legume Foods". In: *New Protein Foods.*, Vol. IA, (Altschul, A.M. ed.) Academic Press, Inc. 1974. PP.254-267.
7. — — — — — and Ana Teresa Valiente. "Effect of Cooking and aminoacid supplementation on the nutritive value of black beans (*Phaseolus vulgaris* L.)". *Brit. J. Nutr.* 17: 69-78, 1,963.
8. — — — — — ; Elena Marcucci, C. E. Robles y N.S. Scrimshaw. "Nutritive value of Central American beans I. Variations in the nitrogen, triptophan, and niacin content

of ten Guatemalan black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and the retention of the niacin after cooking". *Food Res.*, 19: 263-268, 1,954.

9. — — — — — ; Elena Marcucci and Delia A. Navarrete. "Nutritive value of Central American beans". IV. The essential aminoacid content of samples of black beans, red beans, rice beans and cowpeas of Guatemala". *J. Food Sci.*, 26 (5) 525-528, 1961.
10. — — — — — J. Méndez y N. S. Scrimshaw. "Valor Nutritivo de los frijoles Centroamericanos. III. Variaciones en el contenido de proteína, metionina, triptofano, tiamina, riboflavina y niacina de muestras de *Phaseolus vulgaris* cultivados en Costa Rica. El Salvador y Honduras. *Arch. Venez. Nutri.*, 10: 71-84, 1,960.
11. Carpenter, K. J. y G.M. Ellinger "The estimation of available lysine in protein concentrates" *Biochem. J.*, 61: 11-15, 1,955.
12. Castillo, A. S. y Marina Flores. "Estudios dietéticos en El Salvador II. Cantón Platanillos, Municipio de Quezaltepeque, Departamento de La Libertad" Suplemento No.2 del Boletín de la oficina Sanitaria Panamericana, Publicaciones Científicas del INCAP. pp 54-65, 1,955.
13. Conkerton, Edith J. and V. L. Frampton. "Reaction of Gossypol with free epsilon amino groups of lysine in proteins" *Arch. Biochem. Biophys.*, 81: 130-134, 1,959.
14. Eichellberger, M. "The carbohydrate content of navy beans" *J. Am. Chem. Soc.*, 44: 1407-1408, 1,922.
15. Elías, L. G. and R. Bressani. Uso de leguminosas de grano en alimentación humana. Trabajo presentado en la XIX reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para

el Mejoramiento de los Cultivos Alimenticios (PCCMCA) llevado a cabo en San José Costa Rica, 5-8 marzo de 1,973.

16. — — — — — ; R. Colindres and R. Breessani. "The nutritive value of eighth varieties of Cowpea (*Vigna sinensis*) J. Food Science 29: 118-122, 1,964.
17. Evans, R. J. and M. Kerr. "Extraction and precipitation of nitrogenous constituents of dry Navy bean (*Phaseolus vulgaris*)" J. Agric. food Chem.: 26, 1,963.
18. Fisher, L. J. Silvia L. Buring and L.E. Rosenberg. "A Modified ninhydrin colorimetric method for the determination of plasma alpha amino nitrogen" Clinical Chem. 9:573-581, 1,963.
19. Fiske, C. H. and Y. Subarrow. "The colorimetric determination of phosphorus" J. Biol. Chem 66: 375-400, 1,925.
20. Flores, Marina y E. Reh. Estudios de hábitos dietéticos de poblaciones de Guatemala. I. "Magdalena Milpas Altas" Sup. No.2. del boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, "Publicaciones científicas del INCAP." 90-128, 1,955.
21. — — — — — . II, "Santo Domingo Xenacoj"; Sup. No.2 del boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana. "Publicaciones científicas del INCAP. 124-148, 1,955.
22. — — — — — . III, "San Antonio Aguas Calientes y su aldea San Andrés Ceballos. "Sup. No.2 del boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana. Publicaciones científicas del INCAP. 149-162, 1,959.
23. — — — — — . IV, "Santa María Cauqué "Sup. No.2 del boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana.

Publicaciones científicas del INCAP. 66-89, 1,955.

24. Gómez Brenes,, R., L.G. Elías y R. Bressani. "Efecto del proceso de maduración del maíz sobre su valor nutritivo". Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 18: 65-79, 1,968.
25. Hasbun, Lily D. "Estudios químicos sobre las proteínas y contenido de nitrógeno, metionina, cistina y lisina de variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de Centro América". El Salvador, Universidad de El Salvador. Fac. Ciencias Químicas. 1,970. (Tesis Química Farmacéutica).
26. Hegsted, D. M, R. C. Mills. C. A. Elvehjem and E. B. Hart "Choline in the nutrition of chicks" J. Biol. Chem. 138: 459-466, 1,941.
27. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Centro Interamericano de documentación e información Agrícolas. Frijol (*Phaseolus spp*) Ed. acum. Turrialba, Costa Rica, 1,972, 299 p. (IICA Bibliografías, No.4).
28. Jackson, S. N. "Determination of iron in biological material" Industrial and engineering chemistry, (Analitical edition) 10: 302-304, 1,934.
29. Jaffé, W. G. "El valor biológico comparativo de algunas leguminosas de importancia en la alimentación venezolana" Arch, Venez. Nutr. 1: 107-126, 1,950.
30. - - - - - "Factores tóxicos en leguminosas" Arch. Venez. de Nutr. 18: 203, 1,968.
31. Jaffé, W. G. and K. Hanning "Fractionation of proteins from Kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.)" Arch. Biochem. Bionys 109: 80-91, 1,965.
32. Liener, I. E. "Toxic factors in edible legumes and their elimination" Amer. J. Clin. Nut. 11: 281, 1,962.

33. Lowry, O.H. and J.S. López "Determination of inorganic phosphate in the presence of labile phosphate esters." J. Biol. Chem. 162: 421-428, 1,946.
34. Manna, L. and S. M. Hauge. A possible relationship of vitamin B₁₃ to orotic acid, J. Biol. Chem. 202: 91-95, 1,953.
35. Masaya, S.P. Situación actual del frijol en Guatemala en Reunión técnica sobre programación de investigación y extensión en frijol y otras leguminosas de grano para América Central, Turrialba, Costa Rica, IICA, 1,969. V.1, pp 79-101.
36. Ministerio de Agricultura "Cultivo del frijol" en Guía para promotores y otros técnicos del Ministerio de Agricultura. Departamento de divulgación agrícola. DIGESA. Guatemala C.A. p.l., 19.
37. Miranda Colín, S. Origen de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) Agrociencia (México) 1: 99-109, 1,967.
38. Molina, L. C. A. "Frijol, como aumentar sus rendimientos en Guatemala" Ministerio de Agricultura. Proyecto de investigación de frijol. DIGESA. Guatemala. p. 5, 1972.
39. Moss, M. L. and M.G. Mellon. "Colorimetric determination of iron with 2,2' - bipyridil and 2, 2', 22" - terpyridyl." Industrial Eng. Chem. Anal. Ed. 14: 862-865, 1,942.
40. Observatorio Nacional. Boletín climatológico, Ministerio de Agricultura. Guatemala C.A. pp. 29, enero 1,971.
41. Osborne, T. B. J. Am. Chem. Soc., 16 633, 703, 757, 1894. En: R.J. Evans, and Mary H. Kerr. "Protein isolation extraction and precipitation of nitrogenous

- constituents of dry navy beans (*Phaseolus vulgaris*)" J. Agr. food Chem. 11: 26-29, 1961.
42. Paterson, W. H. y H. Churchill "The Carbohydrate content of the navy beans seed (*Phaseolus vulgaris*)" J. Agric. Food Chem. 9:67, 1961.
 43. Patwardhan, W. H. N.V. "Pulses and beans in human nutrition" Am.J. Clin. Nutr., 11: 12-30, 1962.
 44. Powrie, W. D. "Extraction of nitrogenous constituents from the navy beans seed (*Phaseolus vulgaris*) J. Agric. Food Chem. 9: 67, 1961.
 45. —————; Adams Y. J Pflug "Chemical, anatomical and histochemical studies on the navy beans seed". Agron J., 52: 163-167, 1960.
 46. Publicaciones del INCAP, "Composición química y valor nutritivo de los frijoles" No. 1,3. 1951. Guatemala.
 47. Püsztai, A. "Trypsin inhibitors of plant origin, their Chemistry and potential role in animal nutrition" Nut. Abst. and Reviews 37: 1-9, 1967.
 48. Reh, E. Y. C. Fernández: Condiciones de vida y alimentación en cuatro grupos de población de la zona central de Costa Rica, Suplemento No. 2 del boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, "Publicaciones científicas del INCAP" pp 66-89, 1955.
 49. Ritthausen, H. J. "Fractionation of beans protein". Pract. Chem. 103: 204, 1883.
 50. Ruíz Oronoz.. Tratado elemental de Botánica. 5a. ed. México. U.T.E.H.A. 1,958 pp. 623-624.
 51. Seid, D., M. Jaffé and W. G. Jaffé. "Digestibility and

- proteinase inhibitory acción of a kidney bean globulin" J. Agric. food Chem. 45: 13-18, 1,968.
52. Singh, S.; N.L. Sing y D.C. Sikka "Distribution of nutrients in the anatomical parts of common Indian Pulses" Cereal Chem. 45: 13-18, 1,968.
53. Sogandares, L. G. de Barrios y E.Z. de Corco "Estudios dietéticos de Panamá II Barrio El Chorrillo, Ciudad Panamá" Bol. Ofic. Sanit. Panamer. Publicaciones científicas del INCAP pp 47-53, 1,955.
54. Strasburger, E. Tratado de Botánica. 3ra. ed. trad. por: J. Fitting y otros. Barcelona España. Manuel Marín editor, 1943. pp. 578-595.
55. Waterman, H. D., C.O. Johns and D. B. Jones "Comphaseolin A. New globulin From the navy beans, (Phaseolus vulgaris)" J. Biol Chem. 55: 93, 1,923.

Vo. Bo.

Palmira R. de Quán
Bibliotecaria

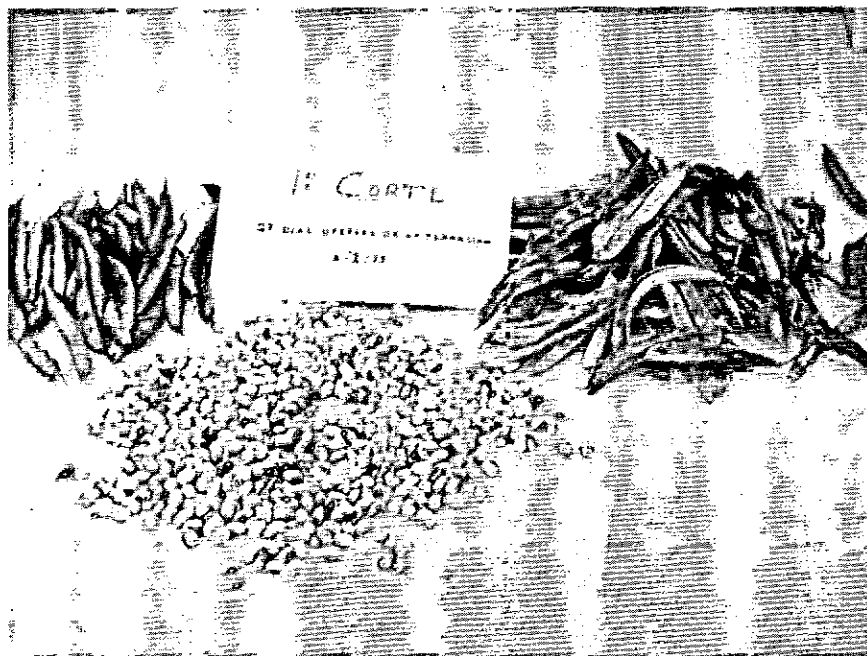


FOTO 1

**Granos y vainas de frijol 27 días después de la
floración ó 72 días después de la
siembra.**

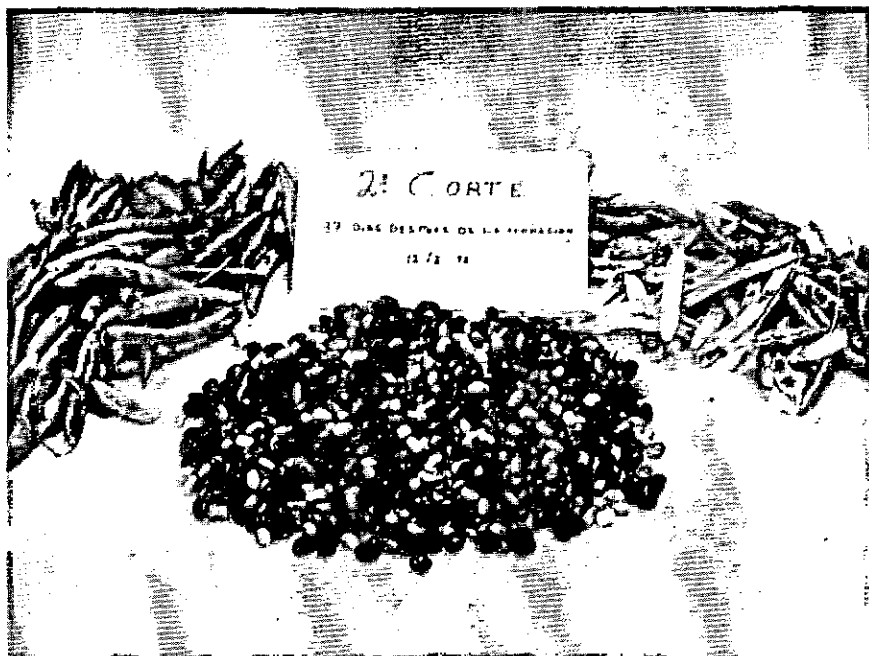


FOTO 2

**Granos y vainas de frijol 37 días
después de la floración u 82
días después de la siembra.**

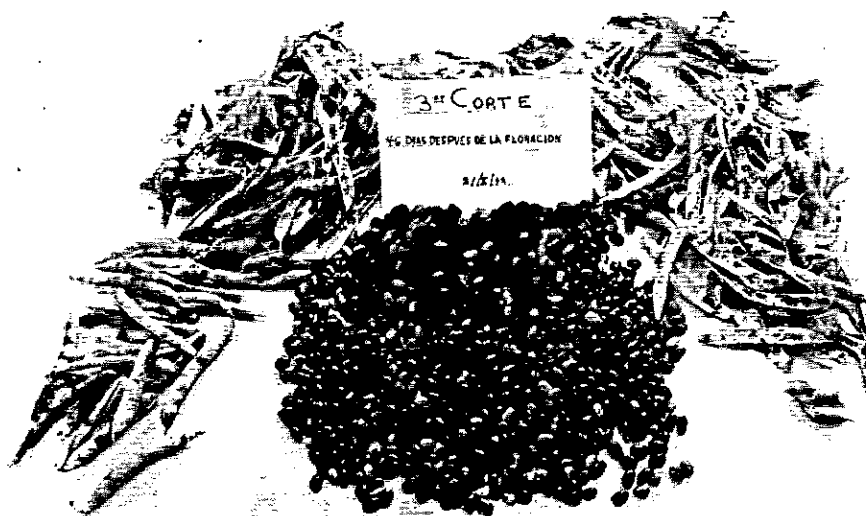


FOTO 3

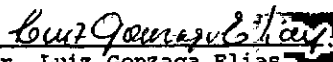
**Granos y vainas de frijol 46 días después
de la floración ó 91 días después
de la siembra.**

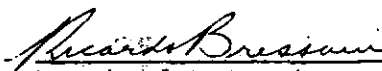


FOTO 4

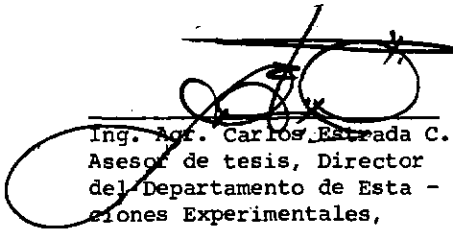
**Granos y vainas de frijol 55 días después
de la floración ó 99 días después
de la siembra.**

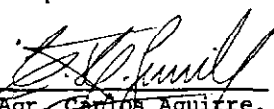
TESIS REVISADA POR:


Dr. Luiz Gonzaga Elias.
Asesor de tesis, Jefe de la sección de Ciencias de Alimentos. INCAP.


Dr. Ricardo Bressani.
Asesor de tesis, Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos. INCAP.


Dr. Edgar Braham.
Jefe asistente de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, Director del Curso de Post-grado de Nutrición Animal, INCAP.


Ing. Agr. Carlos Estrada C.
Asesor de tesis, Director del Departamento de Estaciones Experimentales, FACULTAD DE AGRONOMIA.


Ing. Agr. Carlos Aguirre.
Asesor de tesis, Director del Departamento de Horticultura, FACULTAD DE AGRONOMIA.


Vo.Bo. Palmira R de Quán.
Bibliotecaria
FACULTAD DE AGRONOMIA.

IMPRESA CENTRAL
IMPRIMASE
OAR
EDGAR LEONEL IBARRA
DECANO