

**“Efecto de la Germinación y del Malteado sobre  
la L-Dopa y los Inhibidores de Tripsina,  
en *Mucuna spp.* (Frijol tercipele)”**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

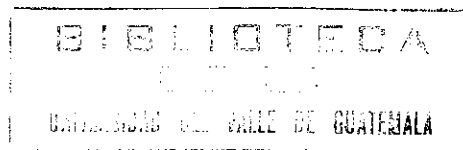
Departamento de Ingeniería y Ciencias de Alimentos

**“Efecto de la Germinación y del Malteado sobre  
la L-Dopa y los Inhibidores de Tripsina,  
en *Mucuna spp.* (Frijol terciopelo) ”**

**MARIA SILVIA VARGAS AMÉZQUITA**

Trabajo de investigación presentado para optar  
el grado académico de


**Licenciatura en Ingeniería en Alimentos**



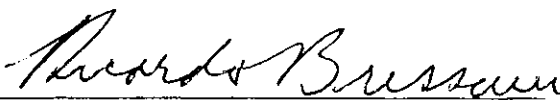
Guatemala

2002

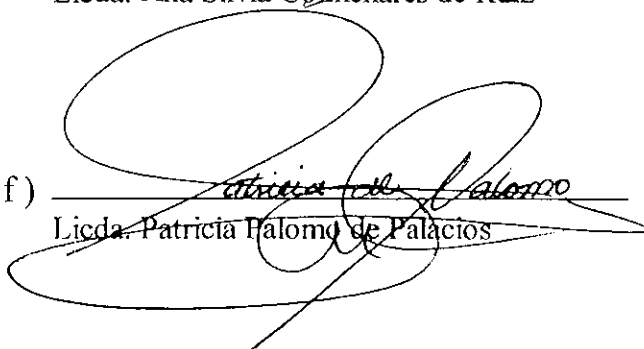
Vo. Bo. :

(f)   
Dr. Ricardo Bressani  
Asesor

Tribunal:

(f)   
Dr. Ricardo Bressani

(f)   
Licda. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f)   
Licda. Patricia Palomo de Palacios

Fecha de aprobación:

30 de Mayo de 2002

## DEDICATORIA

A Dios.

A la Virgen Santísima.

A mi familia.

A mis amigos

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento al Sr. Ricardo Bressani, por su interés en el desarrollo de este trabajo, y que con su experiencia y conocimientos contribuyó al logro de los resultados finales.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) por su valiosa colaboración al proporcionar las muestras de frijol terciopelo utilizadas en este estudio.

Al Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, INCAP, por la asistencia y facilidades que me brindaron en la realización del análisis biológico presentado en este estudio.

Al Sr. Carlos Arias por su ayuda en el desarrollo del presente estudio.

A la Srta. Kelly León por su apoyo y colaboración.

## CONTENIDO

Página

LISTA DE CUADROS.....	ix
RESUMEN.....	x
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
A. Frijol <i>Mucuna spp.</i> .....	3
B. Factores antinutricionales en <i>Mucuna spp.</i> .....	6
C. Procesos Naturales que disminuyen algunos factores antinutricionales en leguminosas.....	9
III. JUSTIFICACIÓN.....	14
IV. OBJETIVOS.....	15
V. HIPÓTESIS.....	16
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
VII. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	20
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
IX. CONCLUSIONES.....	32
X. RECOMENDACIONES.....	33
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	34
XII. APÉNDICES.....	37

## LISTA DE TABLAS

TABLA	Página
1. Cambios en el valor nutritivo de Frijol Común (Phaseolus vulgaris) durante la Germinación.....	11
2. Análisis Proximal del Frijol Mucuna spp. crudo .....	21
3. Porcentaje de germinación del Frijol Mucuna spp. ....	22
4. Composición del Frijol Mucuna spp. germinado dividido por crecimiento .....	23
5. Composición del Frijol Mucuna spp. a distintos tiempos de germinación.....	24
6. Composición del Frijol Mucuna spp. malteado a distintos tiempos de germinación.....	25
7. Composición de L-Dopa e Inhibidores de Tripsina de Frijol germinado dividido por crecimiento.....	26
8. Composición de L-Dopa e Inhibidores de Tripsina en Frijol germinado.....	27
9. Composición de L-Dopa e Inhibidores de Tripsina en Frijol malteado.....	28
10. Evaluación de la Calidad Proteica.....	29
11. Evaluación de Digestibilidad.....	30
12. Determinación de L-Dopa en Análisis Biológico en ratas con diferentes dietas .....	31

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realizó un análisis del efecto de la germinación y del malteado sobre la L-Dopa y los Inhibidores de Tripsina en el frijol *Mucuna spp.* Para ello se estudiaron las características de la materia prima, cuyos resultados fueron similares a los reportados en la literatura, mostrando ser una leguminosa con alto contenido de proteína, de L-Dopa y de inhibidores de tripsina. Esto justifica la aplicación de los procesos de germinación y malteado ejecutados. El proceso de germinación se llevó a cabo con la utilización de una incubadora, manteniendo una temperatura de 35 ° C y una humedad relativa de 90 %. Los días de germinación analizados fueron 0, 2, 4 y 6, y se analizaron las mismas características que en el proceso de germinación. Además se realizó un análisis biológico de muestras significativas de cada proceso, siendo éstas: frijol crudo, frijol germinado por 3 días, frijol germinado por 6 días y frijol malteado con 3 días de germinación.

Los resultados obtenidos no indicaron un cambio significativo en cuanto a humedad, proteína y grasa de las muestras germinadas y malteadas. La concentración de L-Dopa no disminuyó de forma significativa mediante ambos procesos, mientras que los inhibidores de tripsina disminuyeron en un 86 % en el frijol con 6 días de germinación y en un 95 % en el frijol malteado con 6 días de germinación. En el análisis biológico se determinó una mejora en el valor nutricional y en la digestibilidad de las muestras a medida que eran procesadas, sin embargo los procesos no son suficientes para eliminar la L-Dopa, siendo este componente el factor limitante en el consumo del *Mucuna spp.*

## I. INTRODUCCIÓN

Ante el creciente problema demográfico, se han centrado la preocupación y los esfuerzos en encontrar controles o soluciones que eviten un colapso ecológico. Parte importante en esta búsqueda es la investigación de alimentos que sean accesibles y que aporten un alto valor nutricional.

Las leguminosas son, desde hace mucho tiempo, una fuente importante de proteína en las dietas de diversas regiones del mundo, principalmente para grupos de menor ingreso económico. Es por eso que en lugares en desarrollo, como África, Asia y América Latina, deben producirse localmente alimentos ricos en proteínas, que sean aceptables sensorialmente, que no contengan factores antifisiológicos y que estén disponibles a bajo precio.

El frijol *Mucuna spp.*, se ha incluido en la dieta por cerca de 5000 años en la China, sin embargo en los países latinoamericanos no se ha utilizado como alimento. Debido a que es una planta utilizada en varias regiones latinoamericanas para dar sombra a algunos cultivos, se ha empezado a estudiar la utilización de las semillas como una posible solución al problema alimentario del futuro. La semilla es alta en proteína de muy buen valor nutritivo, asimismo contiene vitaminas y minerales, sin embargo posee factores antinutricionales como la L-Dopa e inhibidores de tripsina que afectan su consumo.

En este estudio se realizarán dos procesos naturales en la semilla del frijol *Mucuna spp.*, siendo éstos, la germinación y el malteado, con los cuales se busca disminuir los factores antinutricionales mencionados anteriormente, elevar el valor nutritivo de ciertos sustratos y mejorar su digestibilidad. Se utilizarán estos procesos ya que pueden llevarse a cabo por medio de tecnología relativamente sencilla y a un bajo costo, siendo accesible a todos.

Con base en la literatura, estos procesos disminuyen factores antinutricionales en leguminosas, sin embargo no existen datos acerca del frijol *Mucuna spp.*

Con este estudio se pretende contribuir en los conocimientos sobre la degradación de factores antinutricionales en el frijol terciopelo y establecer las bases para futuras investigaciones hacia la aplicación del mismo como alimento diario.

## II. ANTECEDENTES

Las leguminosas han constituido, desde hace mucho tiempo, una fuente importante de proteínas en las dietas de diversas regiones del mundo, especialmente donde otras fuentes de proteína son escasas y las leguminosas son consumidas diariamente por los grupos de menor ingreso económico. (Fernández et al, 1981)

Varios autores han demostrado en forma concluyente que el consumo de una mezcla de cereales y leguminosas en proporciones adecuadas es, desde el punto de vista de la calidad proteínica de la mezcla, preferible al consumo aislado de sus componentes; por desgracia la mayoría de las veces el consumo de leguminosas es menor. (Fernández et al, 1981) Debido a esto, es necesaria la obtención de información acerca del potencial nutricional de una dieta a base de leguminosas (Gustafsson, E y A. Sandberg, 1995).

De las diferentes causas sugeridas para explicar ese menor consumo de leguminosas, una de las mejor documentadas es la digestibilidad relativa de la proteína en las semillas de tales plantas. Este problema ha sido atribuido a dos factores: a) la deficiencia en aminoácidos sulfurados de la proteína de las leguminosas y b) la presencia, hace tiempo conocida, de factores antifisiológicos o tóxicos. (Fernández et al, 1981)

Desde que se tuvo conocimiento de estos factores perjudiciales para la calidad proteínica de las leguminosas, la tendencia general ha sido: a) complementar los factores relativos a la escasez, por ejemplo con aminoácidos azufrados, en especial metionina b) destruir o inactivar los factores corresponsables de la baja digestibilidad de la proteína de las leguminosas, como los inhibidores de tripsina y las hemaglutinas (HA) para mencionar los más importantes y c) mejorar agrónomica y nutricionalmente a las leguminosas por medio de la selección de las variedades más adecuadas, o sea las que tengan el mayor contenido de aminoácidos azufrados y al mismo tiempo un menor efecto antifisiológico causado por la baja concentración de los llamados factores "tóxicos". (Fernández et al, 1981)

Es por eso que en países en desarrollo, como África, Asia y América Latina, deben de producirse localmente alimentos ricos en proteínas, que sean aceptables sensorialmente, que no contengan factores antifisiológicos y que estén disponibles a un bajo precio ( Veen et al, 1967)

## A. Frijol *Mucuna spp.*

### 1. Características del Frijol *Mucuna spp.*

Nombre botánico:	<i>Mucuna spp.</i>	
Familia :	Leguminosa	
Otros nombres:	Australia:	Banana stock pea
	Francia:	Dolique de Floride
	Sudáfrica:	Fluweelboontjie
	México:	Frijol Terciopelo
	Puerto Rico:	Haba de Terciopelo
	Fr:	Haricot velouté
	India:	Mauritius bean
	España:	Ojo de venado
	Fr.:	Pois mascate
	Argentina:	Poroto aterciopelado
	Italia:	Stizolobia

(Kay, D. 1979)

### 2. Botánica

Vid trepadora, herbácea, que puede ser anual o perenne. Puede alcanzar 18 m ( 60 pies) de largo cuando crece con soporte y en la tierra alcanza la altura de 5.5 m ( 18 pies). También existe en forma de matorral. Las raíces son corpulentas, noduladas y usualmente sobresalen de la superficie (Kay, D. 1979).

### 3. Origen y Distribución

Se originó en Asia y se introdujo al hemisferio Occidental por vía marítima (Kay, D. 1979). Crece en selvas tropicales, incluyendo India, e islas tropicales, incluyendo Bahamas; puede extenderse hasta Florida (Shelley W y R. Arthur, 1955)

### 4. Historia

En China el frijol terciopelo se ha incluido en la dieta por cerca de 5000 años. Los Romanos consideraban este frijol como un cultivo especial. (Rajyalakshmi, P. Y P. Geervani, 1994)

El frijol terciopelo, fue descrito en la literatura inglesa en 1804. Esta planta es llamada cowitch, cowhage (derivada de su nombre hindú, “kiwach” o “mala hierba”), kauch y pica-pica. (Shelley W y R. Arthur, 1955)

## 5. Condiciones de Cultivo

*Temperatura:* Una temperatura de 68 – 86 ° F ( 20-30° C) es preferible para el período de crecimiento; para la estimulación de la floración se han reportado temperaturas nocturnas de 70 ° F (21 ° C). Es susceptible a las heladas y se requiere un período libre de éstas de 180 a 240 días. La exposición a temperaturas por debajo de 41 ° F ( 5 ° C) por períodos tan cortos como 24 a 36 horas han sido reportados como fatales para plantas jóvenes cultivadas en Florida (Kay, D. 1979).

*Lluvia:* Se cultiva generalmente en áreas donde el promedio de lluvias está entre 45 y 60 pulg/a o más (Kay, D. 1979).

*Suelo:* Se requiere un pH entre 5 y 6.5 (Kay, D. 1979).

*Altitud:* Puede crecer a nivel del mar hasta arriba de 6000 y 7000 pies ( 1800-2100m), en los trópicos (Kay, D. 1979).

## 6. Período de crecimiento

Toma cerca de 240 – 270 días para alcanzar la madurez, pero se han desarrollado cultivos con maduración temprana que producen semilla en 110-130 días (Kay, D. 1979).

## 7. Partes de la Planta Utilizadas:

Raíces, Semillas y Fruto (Shelley W y R. Arthur, 1955)

## 8. Producto Primario

*La Semilla:* El frijol terciopelo es globular, aproximadamente de 0.5 x 0.5 pulg. (1.2 x 1.2 cm), regularmente de color café o negro, algunas veces gris o blanco. Cien semillas tienen un peso aproximado de 3.8 oz. (109 g) (Kay, D. 1979).

## 9. Producción

En India la producción de semillas ha sido reportada en un rango entre 650 y 1000 lb / ac (730 – 1120 kg/ha). En Estados Unidos la producción de semillas ha sido reportada entre 1500 y 2000 lb / ac ( 1680 – 2240 kg/ha), sin embargo con cultivos eficientes la producción es cerca de 3000 lb/ac (3360 kg/ha), lo cual no es inusual (Kay, D. 1979).

## 10. Uso Principal

Se utiliza principalmente para pastar, aunque las semillas maduras son utilizadas para la manufactura de alimentos, o para alimento directo de animales, siendo remojadas en agua por 24 horas, o añadidas a una comida (Kay, D. 1979).

## 11. Usos subsidiarios

Puede utilizarse como alimento humano, pero se requiere un considerable cuidado para su preparación, por las sustancias tóxicas que contiene. La sustancia toxica puede ser removida por ebullición y remojo de las semillas con varios cambios de agua. En algunos lugares de Asia, las semillas se tuestan antes de comerse. En otras partes de Asia, notablemente Java, las semillas se hierven, se remueve la cáscara y se remojan en agua, luego son molidas, hervidas y dejadas para fermentación para producir un pan de frijol, “tempe benguk”, que se asemeja al producto elaborado con frijol de soya (Kay, D. 1979).

## 12. Productos secundarios y de desecho

Se utiliza para dar sombra a algunos cultivos. Se ha estudiado en Brasil la posibilidad de utilizar las semillas como fuente de almidón industrial, los resultados indican que se obtiene un almidón con alta viscosidad y apropiado como agente espesante en alimentos, o como adhesivo en la industria de papel o de textiles. Se ha investigado la utilización de las semillas como fuente comercial de L-dopa para uso en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson (Kay, D. 1979).

### 13. Propiedades Curativas Adjudicadas

Varios estudios atribuyen estas propiedades al consumo del frijol *Mucuna spp.*, a continuación se mencionan las más importantes: analgésico, diurético, disminuye el dolor abdominal, cólera, diabetes, infertilidad (en hombres), alivia la mordida de serpiente y de escorpión (Denman S y K. Wuerpper, 1982).

### 14. Factores Nutricionales en *Mucuna Spp.*:

Es bajo en calorías, cerca de 80 por taza, cocinado. Son relativamente altos en proteína, hierro y fibra, y contienen modestas cantidades de vitaminas del complejo B. (Rajyalakshmi, P. Y P. Geervani, 1994)

### 15. Composición aproximada de la semilla madura, calculada en base seca

Humedad 10 %, Proteínas 23.4 %, Grasa 5.7 %, Extracto de nitrógeno libre 51.5 %, Fibra 6.4 %, Cenizas 3 %, Calcio 0.18 %, Fósforo 0.99 %, Potasio 1.36 %, Vitamina A 50 IU/100g, Tiamina 0.5 mg/100g, Riboflavina 0.20 mg/100g, Niacina 1.7 mg/100g. Los aminoácidos presentes (mg/gN) son: isoleucina 300, leucina 475, lisina 388, metionina 75, cisteína 56, fenilalanina 300, tirosina 319, treonina 250, valina 344, arginina 494, histidina 131, alanina 219, ácido aspártico 794, ácido glutámico 763, glicina 288, prolina 369 y serina 306 (Kay, D. 1979).

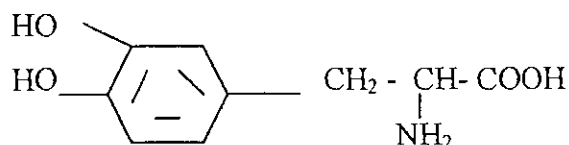
## **B. Factores antinutricionales en *Mucuna Spp.***

### 1. L-Dopa

Es el L- 3,4 dehidroxifenilalanina, se encuentra generalmente en las habas (*Vicia faba*) en la cual puede estar incluso como  $\beta$ -glicósido (0.25%). Se ha asociado como una posible causa del problema de favismo, por poder disminuir la concentración de glutatión reducido. Se le ha utilizado en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson (Valle, 1986).

Su dosis letal (DL) en ratones, ratas, conejos (mg/kg): 3650, 4000, 609 oralmente (The Merck Index, 1989)

### Estructura Molecular de L-Dopa



(Valle, 1986).

Varios experimentos han demostrado la acumulación de L-Dopa en un rango entre 0.2 – 2 % con base en el peso seco (DW) del frijol terciopelo. Estos análisis se han realizado para el mejoramiento de la producción biotecnológica de L-Dopa, que es utilizada como droga anti-Parkinson, como se mencionó anteriormente. (Pras, N. et al, 1993) Se ha encontrado que el *Mucuna* constituye una rica fuente de L-Dopa que posee una concentración sorprendentemente uniforme de aminoácidos en la semilla (Bell, E. y D. Janzen, 1971)

Estudios en 11 variedades del *Mucuna* han encontrado un 3.1 – 6.7 % en semillas desgrasadas y secadas por aire. Mientras que otros han encontrado 5.9 – 9.0 % de L-Dopa en el 60-85 % de la semilla que queda luego de la remoción de la cáscara ( Daxenbichler, 1972).

## 2. Inhibidores de Tripsina

Existe diversidad de inhibidores y la especificidad hacia diversas enzimas proteolíticas es amplia. Varias clases diferentes de inhibidores pueden estar presentes en un mismo tejido. El significado fisiológico de los inhibidores podría involucrar un mecanismo de defensa contra insectos depredadores, regulación del metabolismo y síntesis de proteína (De León, 1992).

La tripsina es una enzima proteolítica; su precursor tripsinógeno es formado en las células exocrinas del páncreas y es secretado dentro del duodeno. El tripsinógeno es transformado a tripsina por la enzima enteroquinasa. La tripsina es bastante estable en pH 2.3. La hidrólisis enzimática involucra enlaces del grupo carboxilo de lisina o arginina con independencia de la longitud o secuencia de la cadena. La formación de la proteína puede ser inhibida por iones de calcio, el cual previene la agregación de las moléculas de tripsina. (De León, 1992).

La presencia de inhibidores de tripsina está bien establecida en semillas de legumbres. Se han aislado y caracterizado varios inhibidores tripticos de leguminosas, encontrándose pesos moleculares de 8000 con alta concentración de cistina (20%) (De León, 1992).

Los inhibidores de tripsina son proteínas globulares, y como tales, al ser expuestas a temperaturas altas y soluciones ácidas o básicas, sufren desnaturalización, lo cual es evidenciado por una pérdida de solubilidad en su punto isoeléctrico o en soluciones salinas. La gradual desnaturalización es acompañada por una correspondiente pérdida de su habilidad de inhibir la acción de la tripsina. La desnaturalización rompe los enlaces bisulfuro los cuales son los centros reactivos (De León, 1992).

A mayor porcentaje de humedad, en general para todas las leguminosas, los tiempos y temperaturas de cocción para inactivar los inhibidores de tripsina se ven disminuidos (De León, 1992).

Los inhibidores de tripsina, nutricionalmente causan un retraso en el crecimiento o un índice bajo de la eficiencia proteica (PER) ya que disminuyen su digestibilidad al inhibir la actividad de la tripsina. (Collins, J y G. Sanders, 1976). Este inhibidor al ser inactivado por tratamientos térmicos hace que el PER aumente. Sin embargo, no se recomienda una destrucción total de la actividad del inhibidor ya que las condiciones para esto son drásticas, ocasionando la degradación de nutrientes. La inhibición de tripsina se ve reflejada en una hipertrofia pancreática en ratas. A este inhibidor (aislado de soya) se le ha atribuido una disminución en el crecimiento del 30 al 40 % por varios investigadores (Valle, 1986).

Estudios realizados con soya para la inactivación del inhibidor de tripsina, revelaron que es suficiente un tratamiento con agua hirviendo por 3 minutos para

inactivar el 90% del inhibidor, lo cual es equivalente al escaldado que se realiza en varios vegetales. En el amaranto se encontró que el inhibidor es relativamente termoestable ya que retuvo 20 % de su poder inhibitorio después de haberse calentado durante 7 horas a 100 °C (Valle,1986).

## C. Procesos Naturales que disminuyen algunos factores antinutricionales en leguminosas

Para disminuir los factores antinutricionales presentes en el Frijol *Mucuna spp.*, pueden utilizarse varios procesos. Entre los procesos naturales, cabe mencionar a la germinación y malteado.

### 1. Germinación

#### a) Aspectos Bioquímicos

Durante la germinación, el brote o hipocótilo atraviesa la cubierta seminal, que normalmente se abre durante ese proceso. Esta planta embrionaria se alimenta de los nutrientes almacenados en los cotiledones. Los almidones y las proteínas se dividen en unidades más pequeñas debido a la acción de enzimas producidas dentro de la semilla. Durante las primeras fases del crecimiento embrionario puede incrementarse la cantidad de vitaminas y hierro disponible. (FAO, 1990)

La germinación facilita la cocción ulterior al soltar la cubierta seminal (FAO, 1990). Hay aumento significativo en el contenido de humedad (Colmenares, 1989) Puede aumentar la digestibilidad y el valor nutritivo de las proteínas de las leguminosas mediante una modificación de las estructuras proteínicas y un incremento de la proporción de aminoácidos esenciales. (FAO, 1990) En algunas semillas la proteína cruda aumenta como resultado de la germinación. (Colmenares, 1989) Con la germinación puede reducirse la proporción de los diversos factores tóxicos presentes en la semilla. Se ha afirmado que algunos factores de flatulencia se degradan. (FAO, 1990)

### b) Producción y uso de las leguminosas germinadas

Se utilizan principalmente en Indonesia y el Lejano Oriente este proceso le da a los frijoles enteros características agradables al paladar (FAO, 1990).

Los granos se remojan previamente, se escurren y se dejan germinar en grandes cestos forrados de tela, donde permanecen durante varios días en ambiente fresco y húmedo. Durante este período de germinación suelen enjuagarse las semillas con agua dulce dos veces al día. Este lavado elimina las pieles adheridas, así como las dextrinas que pueden formarse debido a leves reacciones de fermentación dentro de los montones de semillas en germinación. Cuando los tallos tienen alrededor de un centímetro de longitud, las semillas se someten a un lavado final y se cuecen en agua. Una vez cocidas pueden utilizarse enteras o machacadas en forma de salsa o pasta. Cuando se van a consumir como hortalizas frescas, se deja que los brotes alcancen unos cinco centímetros de longitud; se lavan los cotiledones y los brotes para eliminar las cáscaras que puedan quedar. Los brotes más largos pueden escaldarse ligeramente durante unos segundos en agua hirviendo, o pueden comerse crudos con sal en forma de ensalada. Otra posibilidad consiste en condimentarlos más y freírlos en aceite de sésamo para consumirlos como aperitivo o acompañamiento. (FAO, 1990)

### c) Aspectos nutricionales de la germinación

Es conocido generalmente que la germinación tiene un marcado efecto en la mejora de la calidad nutricional en las leguminosas (Bressani et al, 1983) Sin embargo, los estudios han reportado resultados contradictorios al respecto. (Mohd, I. Et al, 1980)

En la mayoría de las leguminosas, durante la germinación, el contenido de ácido ascórbico (vitamina C) se eleva muy considerablemente, pues pasa una cantidad residual a 10-12 mg/ 100g en 48 horas. Aumenta también el contenido de vitaminas del complejo B, como la riboflavina, la niacina y la tiamina. En algunas leguminosas se incrementan también el contenido de vitamina E, tocoferol, durante el período inicial del brote. (FAO, 1990)

Durante la germinación hay disminución del contenido calórico de las semillas. De esta manera, para obtener la misma cantidad de calorías, se tiene que consumir una mayor cantidad de semilla (Colmenares, 1989). Algunos datos sugieren que la germinación provee una mejora en la absorción de minerales (Bressani, R., 1993)

Durante la germinación pueden degradarse parcialmente factores antinutricionales como los fitatos, los inhibidores de la tripsina y las hemaglutininas. (FAO) Sin embargo, los estudios realizados sobre la reducción de los factores antinutricionales debido a la germinación han tenido resultados contradictorios (Colmenares, 1989)

Según los datos presentados en la Tabla No. 1, se ha encontrado una significativa disminución en el valor nutricional del Frijol Común durante la germinación. (Bressani et al, 1983)

Tabla No. 1  
Cambios en el valor nutritivo de Frijol Común (*Phaseolus vulgaris*)  
durante la Germinación

Días de Germinación	Total de aminoácidos sulfúricos (g/16 g N)	Peso promedio ganado en 4 semanas (g)	Radio de eficiencia proteica (PER)	Aparente Digestibilidad (%)
0	1.44	28	0.99	67
3	1.25	24	0.86	64
6	1.21	15	0.59	67
9	1.15	4	0.26	60

(Bressani et al, 1983)

## 2. Malteado

### a) Definición

La malta es el producto de una germinación de semillas controladas para limitar el desarrollo del tallito y de la radícula. Los granos se maltean principalmente para desarrollar o activar sistemas de enzimas como la amilasa (diastasa), que son importantes

en usos comerciales posteriores de la malta. Al mismo tiempo se producen cambios físicos y químicos deseables (Kirk, R. et al. 1962).

En la India es tradicional preparar los granos de cereales y leguminosas dejándolos germinar y después asándolos. Esta misma técnica se utiliza para maltear los granos en la fabricación de cerveza. El malteado de las leguminosas mejora su sabor y digestibilidad. Muchas se muelen y hierven y se añaden a papillas de cereales destinadas a niños pequeños y enfermos, a los que les puede costar bastante digerir los alimentos a base de leguminosas no elaboradas. (FAO, 1990)

#### b) Producción y uso de las leguminosas malteadas

Se utilizan principalmente en Indonesia y el Lejano Oriente este proceso le da a los frijoles enteros características agradables al paladar. En la India se practica el malteado, que consiste en hacer germinar los granos y después asarlos, mejorando el sabor y digestibilidad de los granos. (FAO, 1990)

La malta es esencialmente un producto intermedio y no un producto terminado y exige nuevos tratamientos o su incorporación por industrias que lo utilizan en la preparación de productos terminados. Los numerosos usos de la malta, la mayor parte de los cuales son para productos alimenticios y bebidas, se basan principalmente en la actividad de las enzimas, en el contenido de almidón, en el sabor y en las combinaciones de esas propiedades (Kirk, R. et al. 1962).

La malta (de cebada) es principalmente utilizada en la industria cervecera, luego en la fabricación de alcohol industrial y de whisky. Otros usos son la fabricación de jarabe de malta, para concentrados de leche malteada, para alimentos de niños, harina de malta y para cereales de desayuno (Kirk, R. et al. 1962).

#### c) Aspectos nutricionales del malteado

El asado, luego de la germinación, forma en gel al almidón y lo hace más digestible. La reducción de la viscosidad del almidón es una ventaja a la hora de preparar

los alimentos para niños pequeños, pues puede añadirse a la papilla o al puré una mayor proporción de harina o sémola, con lo que aumenta su densidad calórica. (FAO, 1990)

#### d) Alimentos de destete malteados

El malteado mejora también el sabor de los cereales y las legumbres. Los alimentos de destete que se preparan con mezclas malteadas y en polvo de diversos cereales, leguminosas y semillas oleaginosas brotados se aceptan y digieren mejor que los que se preparan con mezclas parecidas de esos granos asados pero no germinados. (FAO, 1990)

Las mezclas malteadas tienen menos capacidad de conservación que las mezclas asadas pero no germinadas. Esto se debe a que en la germinación se activan las enzimas antes inactivas, como las lipasas. (FAO, 1990)

### III. JUSTIFICACIÓN

Es importante la investigación y adopción de procesos sencillos que posean un bajo costo, por medio de los cuales se puedan transformar productos que contienen factores anitfisiológicos en productos con mayor calidad nutricional, contribuyendo en la mejora de la nutrición poblacional.

La germinación y el malteado son procesos que pueden llevarse a cabo a muy bajo costo y con tecnología relativamente sencilla. Si se realizan adecuadamente son capaces de elevar el valor nutritivo de ciertos sustratos, así como el de mejorar su digestibilidad y disminuir factores antinutricionales. En el presente estudio se utilizaron parámetros que se asemejan a las condiciones en que un ama de casa realizaría los proceso de germinación y malteado, de tal forma que los resultados puedan compararse con los cambios en el Frijol mucuna spp. durante su tratamiento en el uso doméstico.

## IV. OBJETIVOS

### **Objetivos Generales**

1. Contribuir al desarrollo de un procesamiento adecuado del *Mucuna* spp. (frijol terciopelo) para su consumo como alimento diario.

### **Objetivos Específicos**

1. Determinar las diferencias en composición química y valor nutritivo del *Mucuna* spp. (frijol terciopelo) y el efecto de los procesos de germinación y malteado.
2. Estudiar el efecto de la germinación y el malteado sobre el contenido de L-Dopa y los inhibidores de tripsina en el frijol terciopelo.

## V. HIPÓTESIS

“ Los proceso de Germinación y Malteado disminuyen el contenido de L-DOPA e inhibidores de tripsina en *Mucuna* spp. (frijol terciopelo)”

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Localización:

El estudio se llevó a cabo en su mayoría en los laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala, el análisis biológico se realizó en las instalaciones del INCAP.

### B. Material Experimental Básico:

- Frijol Terciopelo

El estudio se realizó con frijol terciopelo (*Mucuna spp.*), el cual fue donado por el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA, cultivado en la zona de Cuyuta, Escuintla.

### C. Procedimiento

Con el objetivo de realizar el estudio de la manera más rápida, y al mismo tiempo, obtener los resultados de forma clara y ordenada para facilitar su interpretación, se dividió el proyecto en tres fases, cuyos resultados son complementarios, pues estudian tanto la materia prima como el producto ya procesado.

#### Primera Fase: Análisis Químico-Proximal del Frijol *Mucuna spp.*

Durante esta fase se llevó a cabo el análisis químico proximal de los granos del frijol utilizado.

Primero, se procedió a la preparación de la muestra, los granos fueron limpiados y luego triturados por medio de un molino de discos mecánico, sin tamices, obteniéndose un material granular. Este material se colocó en un molino eléctrico de disco, obteniéndose una harina fina y homogénea, con el tamaño de partícula deseado de 40 mesh, con la cual se realizaron los análisis químico-proximales.

### Segunda Fase: Germinación y Malteado del Frijol *Mucuna spp.*

En esta segunda etapa se estudió el efecto de los procesos de germinación y malteado en los granos del frijol terciopelo (Metodología Apéndice A). Los días de germinación analizados fueron 0, 2, 4 y 6 días, la muestra de 0 días, no se refiere a una muestra cruda, se refiere a los granos remojados sin colocar en incubadora. Además se realizó un análisis de las muestras del frijol germinado dividido por crecimiento, es decir, se colocó una muestra en la incubadora, dejándola germinar por 6 días, luego se dividió de acuerdo a la aparición del brote.

El proceso de malteado, se realizó en horno de microondas a un porcentaje de poder de 30% (Mediano bajo), por 7 minutos, siendo suficiente para que los granos germinados presentaran un color y olor característicos de un producto malteado.

### Tercera Fase: Análisis Biológico

Se prepararon cuatro harinas, con un tamaño de partícula de 40 mesh, tomando en cuenta las más significativas de cada proceso, siendo éstas: frijol crudo, frijol germinado por 3 días, frijol germinado por 6 días y frijol malteado con 3 días de germinación. Se prepararon las dietas con un contenido de 10 % de proteína (Apéndice C). Las ratas utilizadas en el análisis biológico fueron de la raza Winstar, machos y hembras recién destetados, de 21-23 días, distribuidas en grupos de ocho (mitad machos y mitad hembras). La variación en peso de las ratas dentro de cada grupo no excedió de 10 g. La comida y el agua fueron ofrecidas *ad libitum*. Se anotó el consumo de comida y la ganancia en peso de las ratas semanalmente por 16 días. Para la determinación de la digestibilidad proteínica fue necesario recolectar diariamente las heces de cada rata por un periodo de 9 días.

Adicionalmente, se realizó la determinación de L-Dopa en la materia fecal recolectada en el periodo de 9 días.

## D. Métodos de Análisis y Caracterización

### 1. Métodos Químicos

#### a. Análisis Químico Proximal

- 1) Humedad: por el método 14.003 del AOAC (1984)
- 2) Proteína: por el método Kjeldahl en donde el nitrógeno obtenido se multiplica por 6.25 del AOAC (1984)
- 3) Cenizas: por el método 14.006 del AOAC (1984)
- 4) Grasas (extracto etéreo): por el método 7.062 del AOAC (1984)

#### b. Determinación de los factores tóxicos del grano

- 1) Inhibidores de Tripsina: por el método de Liu y Markakis (1989)
- 2) L-Dopa: por el método de Brain (1976)

### 2. Métodos Biológicos

- a. Análisis de razón proteica neta NPR: por el método de Elías et al. (1986)
- b. Porcentaje de Digestibilidad: por el método de Elías et al. (1986)

## VII. DISEÑO EXPERIMENTAL

Todas las pruebas realizadas en el trabajo experimental de este estudio (Metodología en Apéndice A), involucraron una muestra de frijol terciopelo cosechada en la misma zona, durante el mismo período de tiempo, bajo las mismas condiciones y con un tratamiento post-cosecha igual, para evitar que estos tipos de factores distorsionaran los resultados.

El procedimiento se realizó como mínimo por triplicado, utilizando como resultado el promedio de las réplicas, para disminuir la probabilidad del error. Con el fin de asegurar la exactitud y veracidad de los mismos, se llevó a cabo el análisis estadístico, utilizando los métodos de rechazo de datos sospechosos (fuera de rango), cálculo de desviaciones estándar, análisis de varianza (Andeva) y prueba de Tukey, con un valor de significancia de 5 %.

## VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. Resultados de la primera fase del estudio.

El propósito de esta fase es conocer la composición de la materia prima a continuación se muestran los resultados del análisis químico proximal (Tabla No. 2)

Tabla No.2  
Análisis Proximal del Frijol *Mucuna* spp. crudo <sup>1</sup>

<b>Análisis</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Humedad</b>	8.01 ± 0.11
<b>Grasa</b>	3.82 ± 0.08
<b>Nitrógeno</b>	3.54 ± 0.03
<b>Proteína</b>	22.14 ± 0.17
<b>Cenizas</b>	2.72 ± 0.07

<sup>1</sup> Valores reportados como promedio ± desviación estándar

Al comparar los resultados de la Tabla No. 2 con los datos reportados en los antecedentes (Sección A.15), se puede observar que la composición de la muestra de Frijol *Mucuna* spp. utilizada cae dentro de la variabilidad reportada por otros investigadores. Las diferencias podrían ser causa de la variedad de frijol utilizada, así como su tratamiento post-cosecha. Se determinó que la muestra tiene un alto contenido de proteína en comparación con otras leguminosas.

## B. Resultados de la Segunda Fase del Estudio

El propósito de esta fase es determinar los efectos de dos procesos en el Frijol *Mucuna spp.*, siendo éstos la germinación y el malteado.

El proceso de germinación en una semilla consiste en el apareamiento del brote o hipocófito que atraviesa la cubierta seminal, que normalmente se abre durante este proceso. Ocurren varios cambios como un aumento significativo del contenido de humedad, aumento de proteína cruda y de vitaminas, además se han reportado disminuciones de factores tóxicos durante la germinación, sin embargo en la literatura se encuentran resultados contradictorios sobre el efecto de este proceso en los granos.

Para efectos de caracterización se determinó el porcentaje de germinación de la muestra utilizada (Tabla No. 3). Los días de germinación estudiados fueron de 2, 4 y 6 y los parámetros de 35 ° C y 90 % de humedad.

Tabla No.3  
Porcentaje de germinación del Frijol *Mucuna spp.*<sup>1</sup>

Código	Descripción del brote	2 días	4 días	6 días
		(%)	(%)	(%)
1	No visible	26.3 ± 18.9	18.7 ± 4.8	13.8 ± 9.46
2	Visible	33.7 ± 11.1	22.5 ± 15.5	18.7 ± 7.50
3	0-1 cm	37.5 ± 9.6	31.3 ± 18.0	41.2 ± 28.69
4	1-2 cm	2.5 ± 3.0	27.5 ± 5.0	12.5 ± 6.45
5	2-3 cm			6.2 ± 7.50
6	3-4 cm			3.8 ± 7.50
7	4-5 cm			3.8 ± 4.79

<sup>1</sup> Valores reportados como promedio ± desviación estándar

Se puede observar que un alto porcentaje de semillas, el 13.8 %, no germinó a los 6 días, a pesar de las condiciones favorables, además existió un atraso en la germinación, habiendo un alto porcentaje de granos (41.2%) en el que el crecimiento del brote fue mínimo (0-1 cm) Al analizar el tratamiento post-cosecha del frijol utilizado, podemos determinar que no fue el adecuado, los granos deben ser almacenados a temperaturas bajas y a una humedad relativa baja, para evitar el endurecimiento de los mismos. En este caso, la materia prima fue almacenada sin vigilar minuciosamente estos dos factores, dando como resultado una difícil absorción de agua durante el proceso de germinación y por ende un menor porcentaje de semillas germinadas en total.

La germinación se realizó en una incubadora, la cual tenía un sistema de ventilación para mantener las condiciones de temperatura de 35 °C y de 90 % de humedad constantes dentro de la cámara, esto favorece la germinación ya que durante este proceso, el grano necesita oxígeno para respirar y desprender el dióxido de carbono. La aireación suministra aire fresco que contiene oxígeno e impide la acumulación de cantidades perjudiciales de dióxido de carbono.

La temperatura de germinación utilizada 35 ° C, es más elevada que la que normalmente se utiliza, siendo ésta la temperatura ambiente, o sea, 25 ° C, esta condición fue elevada para acelerar el proceso de germinación y de esta forma disminuir los días a analizar. La humedad también fue alta, de 90%, para reducir la pérdida de material seco por la respiración y el desarrollo del brote y facilitar la producción de los cambios físicos y químicos deseados.

Tabla No. 4  
Composición del Frijol *Mucuna* spp.  
germinado dividido por crecimiento <sup>1,2</sup>

Código	Descripción del brote	Humedad	Proteína (N x 6.25)	Grasa
		(%)	(%)	(%)
1	No visible	5.04 <sup>D</sup> ± 0.34	33.18 <sup>A</sup> ± 0.64	4.81 <sup>A</sup> ± 0.23
2	Visible	5.69 <sup>C</sup> ± 0.22	30.03 <sup>B</sup> ± 1.33	5.27 <sup>A</sup> ± 0.90
3	0-1 cm	4.55 <sup>D</sup> ± 0.62	28.34 <sup>B</sup> ± 0.51	4.48 <sup>A</sup> ± 0.96
4	1-2 cm	8.16 <sup>A</sup> ± 0.16	30.06 <sup>B</sup> ± 1.36	4.82 <sup>A</sup> ± 0.20
5	2 o más cm	7.35 <sup>B</sup> ± 0.02	30.14 <sup>B</sup> ± 0.04	4.32 <sup>A</sup> ± 0.45

<sup>1</sup> Valores reportados como promedio ± desviación estándar

<sup>2</sup> Los valores de cada columna vertical sin una letra en común muestran una diferencia significativa estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

Se realizó la germinación por 6 días del *Mucuna* spp. y luego se procedió a separar los granos germinados por tamaño del brote, como se puede observar en la Tabla No. 4. Este procedimiento se realizó con el fin de determinar si existen diferencias en la composición del grano germinado con respecto al tamaño del brote. Al observar la Tabla No. 4, se puede decir que la humedad no es constante en las harinas analizadas, sin embargo éste no es un punto determinante en la composición, ya que los granos germinados fueron secados para poder convertirlos en harina. Con respecto al contenido

de proteína, se observa una disminución con el apareamiento del brote, habiendo una diferencia estadísticamente significativa. Esto se debe a que durante la germinación las proteínas se dividen en unidades más pequeñas debido a la acción de enzimas producidas dentro de la semilla. La grasa no presenta una diferencia significativa con respecto al tamaño del brote, esto puede deberse a que la planta en crecimiento utiliza los carbohidratos como fuente de energía primaria, por lo que la grasa es almacenada como reserva energética.

En la Tabla No. 5, se muestra la composición del *Mucuna* spp. germinado y separado por tiempo de germinación:

Tabla No. 5  
Composición del Frijol *Mucuna* spp. a distintos tiempos de germinación<sup>1,2</sup>

Tiempo de Germinación	Humedad	Proteína (N x 6.25)	Grasa
(días)	%	%	%
0	6.27 <sup>A</sup> ± 0.92	27.44 <sup>A</sup> ± 0.41	2.89 <sup>B</sup> ± 1.83
2	5.08 <sup>A</sup> ± 0.61	28.02 <sup>A</sup> ± 1.24	3.66 <sup>AB</sup> ± 0.76
4	6.61 <sup>A</sup> ± 2.53	28.11 <sup>A</sup> ± 2.72	3.91 <sup>AB</sup> ± 1.52
6	6.45 <sup>A</sup> ± 0.84	28.92 <sup>A</sup> ± 2.45	5.83 <sup>A</sup> ± 0.49

<sup>1</sup> Valores reportados como promedio ± desviación estándar

<sup>2</sup> Los valores de cada columna vertical sin una letra en común muestran una diferencia significativa estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

El tiempo de 0 días de germinación se refiere a las semillas que fueron tratadas para el proceso de germinación, pero no se colocaron en la incubadora, es decir sólo estuvieron en remojo por 12 horas. Al comparar la tabla No. 2 y la tabla No.5 se observa que el tratamiento de 0 días no presenta las mismas características en composición que el frijol crudo. En cuanto a la proteína del frijol germinado a diferentes tiempos, no se encontró una diferencia significativa estadísticamente, sin embargo, podemos observar que hubo un aumento en la cantidad de proteína presente, esto concuerda con los antecedentes (Sección C.1.a), que reporta un aumento en proteína como resultado del proceso de germinación, siendo así a mayor tiempo de germinación, mayor cantidad de proteína. Al observar los resultados de contenido de grasa, existe un aumento significativo estadísticamente, siendo a mayor tiempo de germinación mayor la concentración de grasa, por ser éste nutriente reserva energética, como se mencionó anteriormente.

La tabla No. 6 muestra la composición del frijol malteado a distintos tiempos de germinación. El malteado consiste en someter a un proceso térmico los granos germinados, en este caso se utilizó un horno de microondas para calentar la muestra. Los granos germinados a distintos tiempos fueron malteados con las mismas condiciones unos con otros, para asegurar este proceso se realizó el malteado en forma conjunta. Los granos fueron germinados bajo las mismas condiciones de humedad y temperatura en cada proceso, siendo 90 % de humedad y 35 °C de temperatura. De acuerdo a los antecedentes (Sección C.2), el malteado mejora el sabor y la digestibilidad de los granos y disminuye de una forma más eficaz los factores antifisiológicos por someter el grano a dos procesos, la germinación y el tostado.

Tabla No. 6  
Composición del Frijol *Mucuna* spp. malteado a distintos tiempos de germinación<sup>1,2</sup>

Tiempo de Germinación (días)	Humedad %	Proteína (N x 6.25) %	Grasa %
2	4.64 <sup>A</sup> ± 0.37	27.07 <sup>A</sup> ± 3.71	4.82 <sup>B</sup> ± 0.18
4	4.02 <sup>A</sup> ± 0.98	27.59 <sup>A</sup> ± 0.62	5.27 <sup>AB</sup> ± 0.92
6	4.95 <sup>A</sup> ± 0.61	28.57 <sup>A</sup> ± 2.74	5.68 <sup>A</sup> ± 0.69

<sup>1</sup> Valores reportados como promedio ± desviación estándar

<sup>2</sup> Los valores de cada columna vertical sin una letra en común muestran una diferencia significativa estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

Al observar los resultados de la tabla No.6, la proteína aumenta con el tiempo de germinación, pero no existe una diferencia estadísticamente significativa. En cuanto a la grasa, ésta se concentra con el tiempo de germinación existiendo una diferencia estadísticamente significativa. Tanto la proteína como la grasa se comportan de forma similar a los granos solamente germinados, como se puede observar en la tabla No. 5. Al comparar los resultados en las Tablas No. 5 y No.6, en cuanto a las proteínas, se observó una disminución durante el malteado, por ejemplo, a los 4 días de germinación se encontró 28.11 % de proteína, mientras que en el grano malteado con 4 días de germinación fue de 27.59 %, de la misma forma al comparar a los 6 días, el grano germinado presento un 28.92 % de proteína, mientras que el grano malteado un 28.57 %. Estos resultados pueden deberse a que las proteínas son convertidas a unidades más pequeñas, como aminoácidos libres, durante la germinación, el cual es un proceso

inminentemente hidrolítico, que prepara los nutrientes contenidos en el grano para ser metabolizados más fácilmente para la formación del brote. Durante el proceso térmico, estos aminoácidos libres son susceptibles, por lo que son destruidos y por ende, se muestra una disminución en el valor total de proteína. En cuanto a la grasa los valores son más elevados, esto se debe a la pérdida de humedad de los granos germinados durante el malteado y por ende, a la concentración de la grasa en los granos malteados, además del almacenamiento de este nutriente como fuente de energía secundaria.

La importancia de realizar los procesos de germinación y malteado en el frijol *Mucuna pruriens* consistía en analizar cómo éstos afectaban los valores de dos factores antifisiológicos, L-Dopa e Inhibidores de Tripsina, que se encuentran en cantidades apreciables y limitan el consumo de este grano. A continuación, en la Tabla No. 7, se presentan las concentraciones de estos dos factores en el frijol germinado dividido por crecimiento.

Tabla No. 7  
Composición de L-Dopa e Inhibidores de Tripsina  
de Frijol germinado dividido por crecimiento<sup>1,2</sup>

Código	Descripción del brote	L-Dopa	g L-Dopa / g proteína	Inhibidores Tripsina Gráfica <sup>3</sup>		Inhibidores Tripsina Promedio <sup>4</sup>
				TUI/mg	R <sup>2</sup>	TUI/mg
		%				
1	No visible	4.58 <sup>AB</sup> ± 0.06	0.14 <sup>B</sup> ± 0.00	6.91 <sup>A</sup>	0.78	3.54 <sup>A</sup> ± 2.28
2	Visible	4.27 <sup>B</sup> ± 0.48	0.14 <sup>B</sup> ± 0.01	7.17 <sup>A</sup>	0.86	3.63 <sup>A</sup> ± 0.65
3	0-1 cm	4.40 <sup>AB</sup> ± 0.27	0.16 <sup>AB</sup> ± 0.00	7.17 <sup>A</sup>	0.82	3.89 <sup>A</sup> ± 0.19
4	1-2 cm	5.11 <sup>A</sup> ± 0.003	0.17 <sup>A</sup> ± 0.00	6.13 <sup>AB</sup>	0.84	3.25 <sup>A</sup> ± 0.26
5	2 o más cm	4.78 <sup>AB</sup> ± 0.49	0.16 <sup>AB</sup> ± 0.01	4.51 <sup>B</sup>	0.74	2.61 <sup>A</sup> ± 0.27

<sup>1</sup> Valores reportados como promedio ± desviación estándar

<sup>2</sup> Los valores de cada columna vertical sin una letra en común muestran una diferencia significativa estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

<sup>3</sup> Extrapolación de la curva de TUI/mg vrs alícuotas.

<sup>4</sup> Promedio de valores de TUI/mg de cada alícuota.

Los porcentajes de L-Dopa obtenidos no presentan un comportamiento con respecto al crecimiento del brote durante la germinación. Esto puede deberse a una composición variada en la materia prima utilizada, ya que no existe un comportamiento lineal en los resultados. Se observó una diferencia significativa estadísticamente en las muestras, sin embargo no existe un patrón, como se mencionó anteriormente. Además de presentar el contenido de L-Dopa porcentual, se expresó como gramos de L-Dopa / gramos de proteína. Este factor antifisiológico puede encontrarse ligado a la proteína, por

lo que un cambio en el contenido de este nutriente, afectaría el contenido de la L-Dopa, sin embargo, en los datos presentados en la Tabla No.7, no se encuentra una relación de linealidad, a pesar de que existe una diferencia estadísticamente significativa. Los inhibidores de tripsina disminuyeron conforme al crecimiento del brote en el frijol germinado, al ser determinados por medios gráficos existe una diferencia estadísticamente significativa, mientras que al realizarlo mediante el promedio no. La disminución de los inhibidores de tripsina mediante el proceso de germinación fue poca, ya que solamente se mostró un cambio significativo en un crecimiento de 2 cm o más.

En la Tabla No 8 se presenta la composición del frijol, dividido por tiempo de germinación, con respecto a los dos factores antifisiológicos:

Tabla No. 8  
Composición de L-Dopa e Inhibidores de Tripsina en Frijol germinado<sup>1,2</sup>

Tiempo de Germinación (días)	L-Dopa %	g L-Dopa / g proteína	Inhibidores Tripsina Gráfica <sup>3</sup>		Inhibidores Tripsina Promedio <sup>4</sup> TUI/mg
			TUI/mg	R <sup>2</sup>	
<b>Crudo</b>	5.11 <sup>A</sup> ± 1.23	0.23 <sup>A</sup> ± 0.03	18.90 <sup>A</sup>	0.15	15.19 <sup>A</sup> ± 2.63
<b>0</b>	4.76 <sup>A</sup> ± 0.49	0.17 <sup>B</sup> ± 0.02	14.41 <sup>AB</sup>	0.18	12.11 <sup>B</sup> ± 1.15
<b>2</b>	4.57 <sup>A</sup> ± 0.16	0.16 <sup>B</sup> ± 0.01	10.01 <sup>BC</sup>	0.09	4.90 <sup>C</sup> ± 0.50
<b>4</b>	4.42 <sup>A</sup> ± 0.33	0.16 <sup>B</sup> ± 0.01	8.21 <sup>BC</sup>	0.90	4.39 <sup>C</sup> ± 0.26
<b>6</b>	4.37 <sup>A</sup> ± 0.47	0.15 <sup>B</sup> ± 0.02	2.95 <sup>C</sup>	0.27	2.09 <sup>D</sup> ± 0.06

<sup>1</sup> Valores reportados como promedio ± desviación estándar

<sup>2</sup> Los valores de cada columna vertical sin una letra en común muestran una diferencia significativa estadísticamente (P < 0.05).

<sup>3</sup> Extrapolación de la curva de TUI/mg vs alicuotas.

<sup>4</sup> Promedio de valores de TUI/mg de cada alicuota.

El valor de L-Dopa encontrado en el frijol crudo es de 5.11 %, el cual cae dentro de la variabilidad reportada en los antecedentes (Sección B.1).

El L-Dopa muestra una disminución con respecto a medida que aumenta el tiempo de germinación, sin embargo la diferencia no es estadísticamente significativa. Al expresar el contenido de L-Dopa en gramos / gramos de proteína, se observa un cambio estadísticamente significativo del frijol crudo a los frijoles tratados para el proceso de germinación. Al analizar el valor del frijol de 0 días de germinación, es decir, sólo dejado en remojo por 12 horas, podemos observar que existió un cambio significativo en el contenido de L-Dopa al comparar con el frijol crudo, esto demuestra que existe pérdida de este factor antifisiológico durante el remojo. No existió diferencia significativa entre

los días de germinación. Se dio una leve disminución en los contenidos de L-Dopa, sin embargo, no se puede decir que el proceso de germinación disminuye este factor. Por el contrario, los inhibidores de tripsina disminuyeron significativamente con el tiempo de germinación, a los 6 días de germinación se observó una disminución de más del 80 % con respecto al frijol crudo. La disminución de este factor antifisiológico era de esperarse, por ser una proteína globular es desnaturalizada fácilmente por lo que al procesar el frijol tiende a reducirse. No se recomienda una disminución mayor del 90 % en los inhibidores de tripsina ya que esto indica un tratamiento drástico en el frijol y por ende, la destrucción no sólo de factores no deseados, sino también de nutrientes necesarios. La disminución de L-Dopa de una manera significativa conllevaría a un tratamiento más drástico, lo cual disminuiría los nutrientes también. Una opción es combinar dos procesos, como lo es el caso del malteado, en el cual el frijol es germinado primero y luego se le da un tratamiento térmico. En la Tabla No. 9 se muestra la composición del frijol malteado separado por tiempo de germinación:

Tabla No. 9  
Composición de L-Dopa e Inhibidores de Tripsina en Frijol malteado<sup>1,2</sup>

Tiempo de Germinación (días)	L-Dopa %	g L-Dopa / g proteína	Inhibidores Tripsina Gráfica <sup>3</sup>		Inhibidores Tripsina Promedio <sup>4</sup> TUI/mg
			TUI/mg	R <sup>2</sup>	
2	4.66 <sup>A</sup> ± 0.45	0.18 <sup>A</sup> ± 0.02	2.84 <sup>A</sup>	0.15	1.88 <sup>A</sup> ± 0.38
4	4.44 <sup>A</sup> ± 0.42	0.16 <sup>A</sup> ± 0.02	2.79 <sup>A</sup>	0.91	1.74 <sup>A</sup> ± 0.33
6	4.41 <sup>A</sup> ± 0.80	0.15 <sup>A</sup> ± 0.03	0.60 <sup>B</sup>	0.09	0.82 <sup>B</sup> ± 0.19

<sup>1</sup> Valores reportados como promedio ± desviación estándar

<sup>2</sup> Los valores de cada columna vertical sin una letra en común muestran una diferencia significativa estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

<sup>3</sup> Extrapolación de la curva de TUI/mg vrs alicuotas.

<sup>4</sup> Promedio de valores de TUI/mg de cada alicuota.

Con el malteado, la disminución de L-Dopa en el frijol, tampoco es significativa. Al comparar con los datos obtenidos en la Tabla No. 8, donde el frijol solamente es germinado, podemos observar que no existe una disminución de este factor mediante el proceso de malteado, es decir, que la disminución se lleva en el proceso de germinación y no en el proceso de malteado. Al realizar una comparación de los datos del frijol germinado y del malteado, en base al tiempo de germinación, se observa un leve

aumento en el segundo proceso, esto se debe a la concentración de este factor en la harina analizada, ya que se pierde humedad durante el proceso térmico.

Los inhibidores de tripsina en el frijol malteado muestran una disminución estadísticamente significativa entre los diferentes tiempos de germinación. Al comparar con el valor reportado del frijol crudo en la Tabla No. 8, se puede observar que existe una reducción de más de 90 %, esto demuestra lo anteriormente discutido, que con tratamientos drásticos, en este caso un tratamiento térmico al frijol germinado, existe una reducción casi total de los inhibidores de tripsina.

Al resumir los resultados de la segunda fase del estudio, podemos observar que mediante los procesos de germinación y malteado se da un aumento leve de los niveles de proteína, los cuales no presentan diferencia estadísticamente significativa. En cuanto a la grasa, se observa una concentración de la misma. No se observó una disminución significativa de L-Dopa en los frijoles procesados y los inhibidores de tripsina disminuyeron más de 80 % con la germinación y más de 90 % con el malteado.

### C. Resultados de la Tercera Fase del Estudio

Al realizar un análisis biológico para determinar la digestibilidad y la razón proteínica neta NPR de las muestras procesadas se utilizaron solamente muestras significativas de cada proceso, en germinación se utilizó una dieta con frijol germinado por tres y seis días, la dieta para el proceso de malteado se llevó a cabo con frijol germinado por tres días.

Tabla No. 10  
Evaluación de la Calidad Proteica<sup>1,2</sup>

Muestra	Aumento de Peso	Alimento Ingerido	NPR	Mortalidad (vivos/total)
	(g/16 días)	(g/16 días)	Valor	
Crudo	-11 <sup>D</sup> ± 4.1	68.4 <sup>B</sup> ± 9.5	- - -	5/8
Germinación 3 días	-9 <sup>B</sup> ± 3.3	61.1 <sup>B</sup> ± 16.8	- - -	7/8
Germinación 6 días	-4 <sup>BC</sup> ± 1.5	73.3 <sup>B</sup> ± 5.1	0.61 <sup>B</sup> ± 0.22	8/8
Malteado 3 días	-2 <sup>B</sup> ± 3.8	77.0 <sup>B</sup> ± 6.5	0.76 <sup>B</sup> ± 0.46	8/8
Caseína	59.4 <sup>A</sup> ± 4.1	154.5 <sup>A</sup> ± 14.9	4.39 <sup>A</sup> ± 0.45	8/8

<sup>1</sup> Valores reportados como promedio ± desviación estándar

<sup>2</sup> Los valores de cada columna vertical sin una letra en común muestran una diferencia significativa estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

En la Tabla No. 10 se muestra el comportamiento de las ratas durante el análisis biológico. En general, existió una disminución del peso. Estos resultados muestran una diferencia estadísticamente significativa entre las dietas del frijol crudo y germinado por 3 días con las dietas del frijol germinado por 6 días y malteado por 3 días, esto demuestra que el procesamiento del frijol sí mejora su consumo. Al observar la cantidad de alimento ingerido, existe el mismo comportamiento para las dietas, siendo la más aceptada la dieta del frijol malteado. Uno de los fines del malteado es mejorar su sabor y por ende aumentar la aceptabilidad de algunos granos, esto se pone de manifiesto al observar la cantidad de alimento consumido por las ratas en el análisis biológico.

Los valores NPR aumentaron a medida que el frijol era procesado, en la Tabla No. 10 no se muestran los datos de NPR obtenidos para las dietas de frijol crudo y de frijol germinado por 3 días, ya que presentaron valores negativos, debido a la pérdida de peso presentada por cada grupo. Al observar los valores de mortalidad, se observa que los decesos se dieron en las dos dietas mencionadas anteriormente (Frijol crudo y germinado por 3 días), lo que comprueba que la calidad proteica sumada a los altos valores de L-Dopa e inhibidores de tripsina, hacen que estas dietas no sean adecuadas para su consumo.

Tabla No. 11  
Evaluación de Digestibilidad<sup>1,2</sup>

Muestra	% Digestibilidad Aparente	% Digestibilidad Verdadera
Crudo	61.03 <sup>B</sup> ± 13.05	64.62 <sup>B</sup> ± 12.65
Germinación 3 días	65.46 <sup>AB</sup> ± 4.90	69.30 <sup>AB</sup> ± 4.45
Germinación 6 días	65.95 <sup>AB</sup> ± 3.38	69.28 <sup>AB</sup> ± 3.24
Malteado 3 días	72.04 <sup>A</sup> ± 3.03	75.18 <sup>A</sup> ± 2.95

<sup>1</sup> Valores reportados como promedio ± desviación estándar

<sup>2</sup> Los valores de cada columna vertical sin una letra en común muestran una diferencia significativa estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

Un factor importante en el procesamiento de leguminosas es la digestibilidad, al observar los resultados en la Tabla No. 11, existe un aumento en el porcentaje de digestibilidad con respecto al procesamiento del frijol, habiendo una diferencia estadísticamente significativa entre la dieta de frijol crudo y la dieta del frijol malteado

con 3 días de germinación. El aumento de digestibilidad es uno de los fines del proceso de malteado, como se menciona en los antecedentes (Sección 2.a).

Según los datos presentados en la Tabla No. 1 (Sección C.1.c) se ha encontrado una significativa disminución en el valor nutricional del Frijol común durante la germinación, sin embargo, para el frijol *Mucuna* spp. se determinó un aumento en el valor nutritivo para el frijol germinado y malteado.

Aunque los procesos de germinación y malteado aumentan el valor nutritivo del frijol *Mucuna* spp., existen dos factores antifisiológicos que son limitantes en el consumo del mismo. Como se puede observar en las Tablas 8 y 9, los inhibidores de tripsina disminuyeron con ambos procesos, sin embargo, el L-Dopa no mostró una disminución estadísticamente significativa, esta puede ser la razón por la cual no existió un aumento de peso en las ratas. En la Tabla No. 12, se muestran las cantidades de L-Dopa consumidas por las ratas mediante las dietas y la cantidad excretada encontrada en las materias fecales.

Tabla No. 12  
Determinación de L-Dopa  
en Análisis Biológico en ratas con diferentes dietas<sup>1,2,3</sup>

Muestra	L-Dopa (g consumidos en la dieta)	L-Dopa (g en materias fecales)
Crudo	1.41 <sup>C</sup> ± 0.28	0.03 <sup>D</sup> ± 0.36
Germinación 3 días	1.59 <sup>C</sup> ± 0.67	0.04 <sup>C</sup> ± 0.61
Germinación 6 días	2.04 <sup>B</sup> ± 0.18	0.06 <sup>B</sup> ± 0.56
Malteado 3 días	2.57 <sup>A</sup> ± 0.19	0.09 <sup>A</sup> ± 0.37

<sup>1</sup> Valores reportados como promedio ± desviación estándar

<sup>2</sup> Los valores de cada columna vertical sin una letra en común muestran una diferencia significativa estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

<sup>3</sup> La determinación de L-Dopa en el análisis biológico comprende los 9 días en los cuales se realizó la recolección de materias fecales.

Al observar las cantidades consumidas y las cantidades excretadas, existe más de un 95 % de absorción del L-Dopa, lo que demuestra que aunque el valor nutritivo en general del frijol *Mucuna* spp. es aumentado mediante los procesos de germinación y malteado, el factor antifisiológico L-Dopa es absorbido casi en su totalidad, siendo tóxico para su consumo.

## XI. CONCLUSIONES

Al observar los resultados obtenidos, se concluyó lo siguiente:

- 1) Los granos de frijol *Mucuna* spp. utilizados mostraron un bajo porcentaje de germinación, a 6 días de germinación y con condiciones favorables, un 13.8 % no germinó.
- 2) El aumento de grasa presentado a mayor tiempo de germinación, posiblemente, se debe a que este nutriente es conservado como reserva energética.
- 3) Los procesos de germinación y de malteado del frijol *Mucuna* spp. no mostraron una disminución estadísticamente significativa del factor antinutricional L-Dopa.
- 4) El proceso de germinación disminuyó más del 80 % de los inhibidores de tripsina en el frijol *Mucuna* spp.. En cuanto al proceso de malteado, se observó una disminución mayor del 90 %.
- 5) A medida que se aumenta el procesamiento del frijol *Mucuna* spp. se mejora su calidad nutricional.
- 6) Existe una absorción mayor del 95 % de L-Dopa a través de las dietas, lo cual limita el consumo de esta leguminosa.

## X. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones obtenidas a lo largo de la fase de estudio, son las siguientes:

- 1) Evaluar el efecto del tratamiento post-cosecha en el porcentaje de germinación del frijol *Mucuna* spp..
- 2) Determinar los parámetros adecuados para el proceso de malteado en el frijol *Mucuna* spp..
- 3) Ampliar la información química y biológica del L-Dopa en el frijol *Mucuna* spp., con la determinación de taninos, hemaglutinas, metionina, triptófano, fibra cruda, cenizas y disponibilidad de lisina. Así como evaluación de orina en análisis biológico.
- 4) Evaluar la presencia de L-Dopa en frijol *Mucuna* spp. germinado, separando el brote y la semilla.
- 5) Realizar un análisis biológico con dietas que tengan un mayor número de días de germinación.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

AOAC. 1984 **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist**. Virginia, U.S.A. 14 Ed.

Bell, E. y D. Janzen. 1971. **Medical and Ecological considerations of L-dopa and 5 HTP in seeds**. Nature 229 : 136-137

Brain, K. 1976. **Accumulation of L-Dopa in cultures from mucuna pruriens**. Plant science letter. 7: 157-161.

Bressani, R. 1993. **Grain Quality of Common Beans**. Food Reviews International 9 (2): 237-297

Bressani, R., J. Braham y L. Elias. 1983. **Effects on nutritional quality of food legumes from chemical changes trough processing and storage**. Chemistry and World Food Supplies: The New Frontiers – CHEMRAWN. pp. 491 - 503

Bucaro, M. 1994. **Caracterización de las proteínas del germen y perispermo del grano de Amaranthus Cruentus**. Tesis Universidad del Valle de Guatemala. Facultad de Ciencias y Humanidades. 105 pp.

Collins, J y G. Sanders. 1976. **Changes in trypsin inhibitory activity in some soybean varieties during maturation and germination**. Journal of Food Science. 41 : 168-172

Colmenares, A. 1989. **Efecto de la germinación sobre la composición química y nutricional de la semilla de amaranto**. Tesis INCAP. 48pp.

Daxenbichler, M, C. VanEtten, R. Fontaine y W. Tallent. 1972. **L-Dopa recovery from Mucuna Seed**. J. Agr. Food Chem. 20 (5) : 1046-1047

De León, J. 1992. **Desarrollo de un método para la cuantificación de inhibidores de tripsina en frijol común (Phaseolus vulgaris) para su aplicación en control de calidad**. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 90pp.

Denman, S. Y K. Wuepper. 1982. **Histologic and biochemical characteristics of mucuna pruriens**. Clinical Research 30: 581

Desrosier, N. 1989a. **Conservación de los Alimentos**. 2da. ed. México, D.F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 467 pp.

Desrosier, N. 1989b. **Elementos de Tecnología de Alimentos**. 6ta. ed. México, D.F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 702 pp.

Eliás, L, A. García-Soto y R. Bressani. 1986. **Métodos para establecer calidad tecnológica y nutricional del frijol (*Phaseolus vulgaris*)** NLAP. 41pp.

Fernández, R. L. Eliás y R. Bressani. 1981 **Variabilidad genética en inhibidores de tripsina y hemaglutininas observadas en cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) provenientes de Centroamérica y Colombia**. Turrialba Revista Interamericana de Ciencias Agrícolas 31 (2): 153-160

Gustafsson, E. y A. Sandberg. 1995. **Phytate reduction in Brown Beans (*Phaseolus vulgaris* L.)** Journal of Food Science 60 (1) : 149-152

Jaffé, W. 1975. **Nutritional aspects of common beans and other seeds as animal and human foods**. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 325pp.

Kay, D. 1979. **Food Legumes**. Tropical Products Institute. London 435 pp.

Kirk, R. et al. 1962. **Enciclopedia De Tecnología Química**. 1ª ed. Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana. Tomo VIII México D. F.

Liu, K y P. Markakis. 1989. **An improved colorimetric method for determining anti-triptic activity in soy bean products**. Cereal chemistry. 66 (5): 415-422

Merck. 1989. **The Merck Index**. 11Ed. Merck & Co., Inc. New Jersey, USA.

Mohd, I, R. Bressani y L. Elias. 1980. **Changes in chemical and selected biochemical components, protein quality, and digestibility of mung bean (*Vigna radiata*) during germination and cooking**. Plant Foods for Human Nutrition 30: 135-144

Ogun, P., P. Markakis y W. Chenoweth. 1989. **Effect of Processing on Certain Antinutrients in Cowpeas (*Vigna unguiculata*)**. Journal of Food Science. 54 (4) : 1084-1085

Potter, N. 1978. **La Ciencia de los Alimentos**. Edutex, S.A. México, D.F. 732 pp.

Pras, N., H. Woerdenbag, S. Batterman, J. Visser y W. Van Uden. 1993. ***Mucuna pruriens*: improvement of the biotechnological production of the anti-Parkinson drug L-Dopa by plant cell selection**. Pharmacy World & Science. 15 (6):263-268

Rajyalakshmi, P. Y P. Geervani, 1994. **Nutritive value of the foods cultivated and consumed by tribals of South India**. Plan Foods for Human Nutrition 46 (1): 53-61

Shelley, W., R. Arthur. 1955. **Studies on *Mucuna pruriens* and its pruritogenic protease, mucunain**. AMA Arch Dermatol 72:399

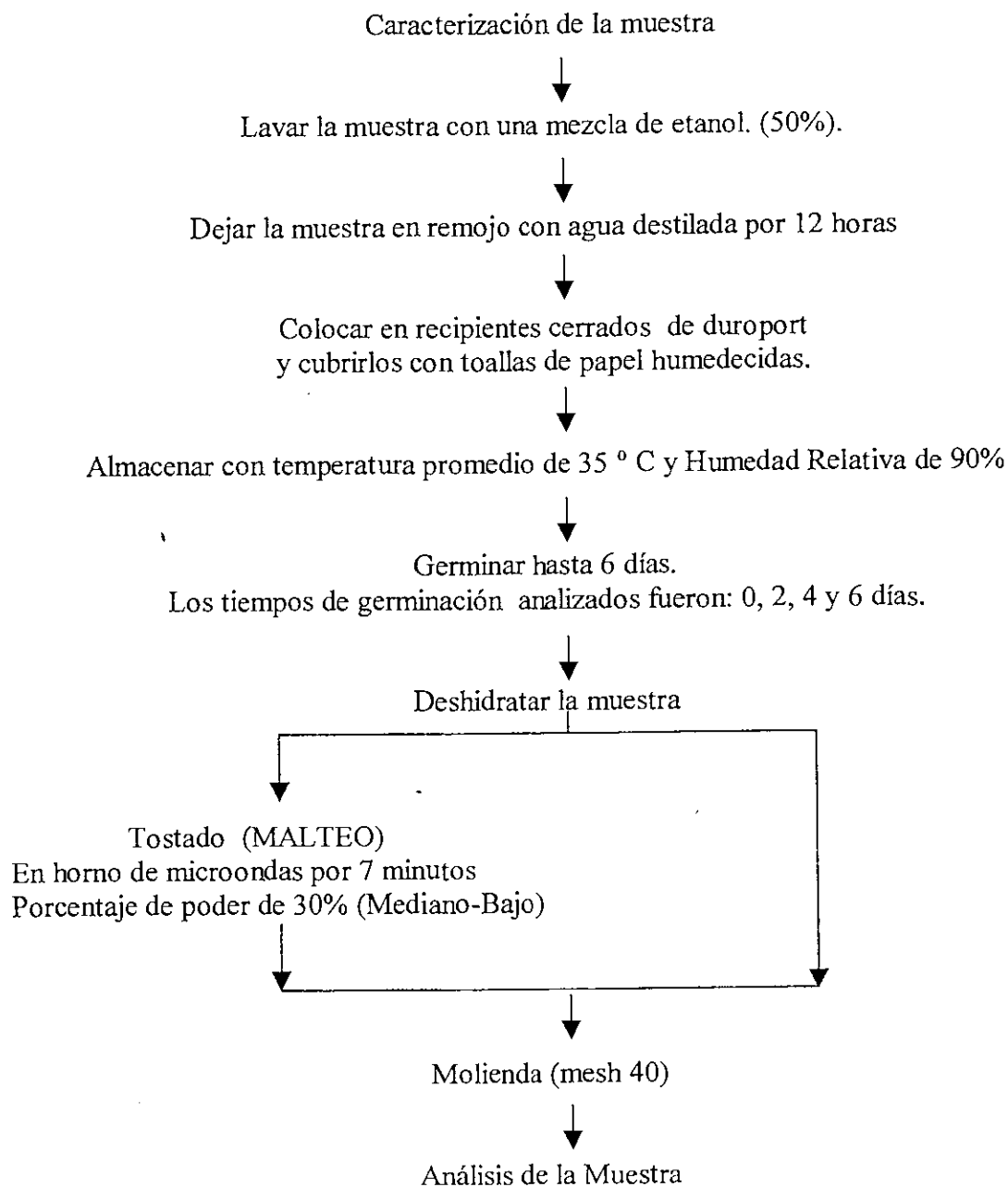
**Utilización de alimentos tropicales: Frijoles tropicales.** 1990. Estudio FAO Alimentación y Nutrición. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. 80pp.

Valle, P. 1986. **Toxicología de Alimentos.** México, D.F. 218 pp.

# APÉNDICE A

## METODOLOGÍA

## A. Proceso de Germinación y Malteado



# APÉNDICE B

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla No. 13  
Datos del Análisis Proximal del Frijol *Mucuna* spp. crudo

Análisis	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Promedio	Desviación estándar
Humedad	8.07	8.07	7.88	8.01	8.01	0.11
Grasa	3.74	3.89	3.82	3.85	3.82	0.08
Nitrógeno	3.52	3.54	3.57	3.53	3.54	0.03
Proteína	22.00	22.12	22.31	22.06	22.14	0.17
Cenizas	2.66	2.72	2.80	2.71	2.72	0.07

Tabla No. 14  
Datos de Humedad del Frijol *Mucuna* spp. germinado dividido por crecimiento

Código	Descripción del brote	Bloques		
		1	2	3
1	No visible	5.28	4.81	5.04
2	Visible	5.54	5.85	5.69
3	0-1 cm	4.99	4.12	4.55
4	1-2 cm	8.28	8.05	8.16
5	2 o más cm	7.36	7.33	7.35

Tabla No. 15  
Análisis de Varianza para la Humedad del Frijol *Mucuna* spp. germinado dividido por crecimiento

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tamaño del brote	4	28.37	7.09	141.45	0.00
Bloques	2	0.16	0.08	1.65	0.25
Error	8	0.40	0.05		
Total	14	28.94			
Coeficiente de Varianza			3.64 %		

Tabla No. 16  
Prueba de Tukey para la Humedad del Frijol *Mucuna* spp. germinado dividido por crecimiento

Código	Descripción del brote	Media
1	No visible	5.04 <sup>D</sup>
2	Visible	5.69 <sup>C</sup>
3	0-1 cm	4.55 <sup>D</sup>
4	1-2 cm	8.16 <sup>A</sup>
5	2 o más cm	7.35 <sup>B</sup>
Valor de Tukey		0.63

Tabla No. 17  
 Datos de Humedad del Frijol Mucuna spp. a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Bloques			
	1	2	3	4
0 días	7.09	6.98	5.18	5.83
2 días	5.98	4.87	4.82	4.65
4 días	8.83	8.77	4.46	4.37
6 días	7.08	7.27	5.58	5.88

Tabla No. 18  
 Análisis de Varianza para la Humedad del Frijol Mucuna spp.  
 a distintos tiempos de germinación

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tiempo de Germinación	3	5.80	1.93	2.01	0.18
Bloques	3	16.42	5.47	5.68	0.02
Error	9	8.67	0.96		
Total	15	30.89			
Coeficiente de Varianza				16.09 %	

Tabla No. 19  
 Prueba de Tukey para la Humedad del Frijol Mucuna spp.  
 a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Media
0 días	6.27 <sup>A</sup>
2 días	5.08 <sup>A</sup>
4 días	6.61 <sup>A</sup>
6 días	6.45 <sup>A</sup>
Valor de Tukey	2.17

Tabla No. 20

Datos de Humedad del Frijol Mucuna spp. malteado a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Bloques			
	1	2	3	4
2 días	4.26	4.38	5.01	4.86
4 días	4.86	4.87	3.09	3.26
6 días	4.47	4.38	5.40	5.54

Tabla No. 21

Análisis de Varianza para la Humedad del Frijol Mucuna spp.  
Malteado a distintos tiempos de germinación

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tiempo de Germinación	2	1.77	0.89	1.21	0.36
Bloques	3	0.01	0.002	0.003	1.00
Error	6	4.39	0.73		
Total	11	6.17			
Coeficiente de Varianza		18.86 %			

Tabla No. 22

Prueba de Tukey para la Humedad del Frijol Mucuna spp. malteado a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Media
2 días	4.64 <sup>A</sup>
4 días	4.02 <sup>A</sup>
6 días	4.95 <sup>A</sup>
Valor de Tukey	1.86

Tabla No. 23  
 Datos de Proteína del Frijol *Mucuna* spp. germinado dividido por crecimiento

Código	Descripción del brote	Bloques		
		1	2	3
1	No visible	32.73	33.64	33.18
2	Visible	29.09	30.97	30.03
3	0-1 cm	28.70	27.99	28.34
4	1-2 cm	31.02	29.09	30.06
5	2 o más cm	30.11	30.17	30.14

Tabla No. 24  
 Análisis de Varianza para la Proteína del Frijol *Mucuna* spp.  
 germinado dividido por crecimiento

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tamaño del brote	4	36.85	9.21	17.26	0.001
Bloques	2	0.004	0.002	0.004	1.00
Error	8	4.27	0.53		
Total	14	41.12			
Coeficiente de Varianza			2.41 %		

Tabla No. 25  
 Prueba de Tukey para la Proteína del Frijol *Mucuna* spp.  
 germinado dividido por crecimiento

Código	Descripción del brote	Media
1	No visible	33.18 <sup>A</sup>
2	Visible	30.03 <sup>B</sup>
3	0-1 cm	28.34 <sup>B</sup>
4	1-2 cm	30.06 <sup>B</sup>
5	2 o más cm	30.14 <sup>B</sup>
Valor de Tukey		2.06

Tabla No. 26  
 Datos de Proteína del Frijol *Mucuna* spp. a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Bloques			
	1	2	3	4
0 días	27.49	27.97	27.00	27.30
2 días	26.57	27.45	29.30	28.74
4 días	26.54	26.69	32.18	27.03
6 días	29.90	28.01	31.73	26.04

Tabla No. 27  
 Análisis de Varianza para la Proteína del Frijol *Mucuna* spp.  
 a distintos tiempos de germinación

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tiempo de Germinación	3	4.45	1.48	0.53	0.68
Bloques	3	20.13	6.71	2.40	0.14
Error	9	25.16	2.80		
Total	15	49.74			
Coeficiente de Varianza			5.94 %		

Tabla No. 28  
 Prueba de Tukey para la Proteína del Frijol *Mucuna* spp.  
 a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Media
0 días	27.44 <sup>A</sup>
2 días	28.02 <sup>A</sup>
4 días	28.11 <sup>A</sup>
6 días	28.92 <sup>A</sup>
Valor de Tukey	3.69

Tabla No. 29

Datos de Proteína del Frijol Mucuna spp. malteado a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Bloques			
	1	2	3	4
2 días	29.24	30.14	27.06	21.85
4 días	27.10	27.96	28.27	27.04
6 días	27.11	27.55	26.96	32.67

Tabla No. 30

Análisis de Varianza para la Proteína del Frijol Mucuna spp.  
Malteado a distintos tiempos de germinación

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tiempo de Germinación	2	4.64	2.32	0.22	0.81
Bloques	3	3.19	1.06	0.10	0.96
Error	6	61.83	10.31		
Total	11	69.66			
Coeficiente de Varianza			11.57 %		

Tabla No. 31

Prueba de Tukey para la Proteína del Frijol Mucuna spp. malteado a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Media
2 días	27.07 <sup>A</sup>
4 días	27.59 <sup>A</sup>
6 días	28.57 <sup>A</sup>
Valor de Tukey	6.97

Tabla No. 32  
 Datos de Grasa del Frijol *Mucuna* spp. germinado dividido por crecimiento

Código	Descripción del brote	Bloques		
		1	2	3
1	No visible	4.97	4.65	4.81
2	Visible	5.90	4.63	5.27
3	0-1 cm	3.80	5.16	4.48
4	1-2 cm	4.96	4.68	4.82
5	2 o más cm	4.01	4.64	4.32

Tabla No. 33  
 Análisis de Varianza para la Grasa del Frijol *Mucuna* spp.  
 germinado dividido por crecimiento

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tamaño del brote	4	1.59	0.40	1.58	0.27
Bloques	2	0.001	0.001	0.003	1.00
Error	8	2.02	0.25		
Total	14	3.61			
Coeficiente de Varianza			10.60 %		

Tabla No. 34  
 Prueba de Tukey para la Grasa del Frijol *Mucuna* spp.  
 germinado dividido por crecimiento

Código	Descripción del brote	Media
1	No visible	4.81 <sup>A</sup>
2	Visible	5.27 <sup>A</sup>
3	0-1 cm	4.48 <sup>A</sup>
4	1-2 cm	4.82 <sup>A</sup>
5	2 o más cm	4.32 <sup>A</sup>
Valor de Tukey		1.42

Tabla No. 35  
 Datos de Grasa del Frijol Mucuna spp. a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Bloques		
	1	2	3
0 días	4.18	1.59	2.89
2 días	3.12	4.20	3.66
4 días	2.84	4.98	3.91
6 días	5.49	6.17	5.83

Tabla No. 36  
 Análisis de Varianza para la Grasa del Frijol Mucuna spp.  
 a distintos tiempos de germinación

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tiempo de Germinación	3	14.06	4.69	4.50	0.06
Bloques	2	0.22	0.11	0.10	0.90
Error	6	6.25	1.04		
Total	11	20.53			
Coeficiente de Varianza			25.07 %		

Tabla No. 37  
 Prueba de Tukey para la Grasa del Frijol Mucuna spp.  
 a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Media
0 días	2.89 <sup>B</sup>
2 días	3.66 <sup>AB</sup>
4 días	3.91 <sup>AB</sup>
6 días	5.83 <sup>A</sup>
Valor de Tukey	2.89

Tabla No. 38

Datos de Grasa del Frijol Mucuna spp. malteado a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Bloques			
	1	2	3	4
2 días	4.95	4.69	4.82	4.82
4 días	5.92	4.62	5.27	5.27
6 días	6.17	5.18	5.68	5.68

Tabla No. 39

Análisis de Varianza para la Grasa del Frijol Mucuna spp.  
Malteado a distintos tiempos de germinación

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tiempo de Germinación	2	1.46	0.73	15.28	0.005
Bloques	3	1.08	0.36	7.57	0.02
Error	6	0.29	0.05		
Total	11	2.83			
Coeficiente de Varianza			4.16 %		

Tabla No. 40

Prueba de Tukey para la Grasa del Frijol Mucuna spp. malteado a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Media
2 días	4.82 <sup>B</sup>
4 días	5.27 <sup>AB</sup>
6 días	5.68 <sup>A</sup>
Valor de Tukey	0.47

Tabla No. 41

Datos de L-Dopa del Frijol *Mucuna* spp. germinado dividido por crecimiento

Código	Descripción del brote	Bloques		
		1	2	3
1	No visible	4.53	4.62	4.58
2	Visible	4.61	3.93	4.27
3	0-1 cm	4.59	4.21	4.40
4	1-2 cm	5.11	5.11	5.11
5	2 o más cm	4.44	5.13	4.78

Tabla No. 42

Análisis de Varianza para L-Dopa del Frijol *Mucuna* spp. germinado dividido por crecimiento

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tamaño del brote	4	1.31	0.33	4.83	0.03
Bloques	2	0.01	0.004	0.06	0.94
Error	8	0.54	0.07		
Total	14	1.87			
Coeficiente de Varianza			5.64 %		

Tabla No. 43

Prueba de Tukey para L-Dopa del Frijol *Mucuna* spp. germinado dividido por crecimiento

Código	Descripción del brote	Media
1	No visible	4.58 <sup>AB</sup>
2	Visible	4.27 <sup>B</sup>
3	0-1 cm	4.40 <sup>AB</sup>
4	1-2 cm	5.11 <sup>A</sup>
5	2 o más cm	4.78 <sup>AB</sup>
Valor de Tukey		0.74

Tabla No. 44  
 Datos de L-Dopa del Frijol *Mucuna* spp. a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Bloques			
	1	2	3	4
Crudo	5.61	4.77	4.24	5.84
0 días	5.26	4.20	4.51	5.07
2 días	4.79	4.55	4.41	4.52
4 días	4.37	4.07	4.85	4.39
6 días	3.87	4.21	4.99	4.41

Tabla No. 45  
 Análisis de Varianza para L-Dopa del Frijol *Mucuna* spp.  
 a distintos tiempos de germinación

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tiempo de Germinación	4	1.46	0.36	1.61	0.23
Bloques	3	0.70	0.23	1.04	0.41
Error	12	2.72	0.23		
Total	19	4.88			
Coeficiente de Varianza		10.24 %			

Tabla No. 46  
 Prueba de Tukey para L-Dopa del Frijol *Mucuna* spp.  
 a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Media
Crudo	5.11 <sup>A</sup>
0 días	4.76 <sup>A</sup>
2 días	4.57 <sup>A</sup>
4 días	4.42 <sup>A</sup>
6 días	4.37 <sup>A</sup>
Valor de Tukey	1.07

Tabla No. 47

Datos de L-Dopa del Frijol Mucuna spp. malteado a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Bloques			
	1	2	3	4
2 días	5.07	4.99	4.43	4.14
4 días	4.18	4.06	4.99	4.51
6 días	5.15	5.06	3.78	3.66

Tabla No. 48

Análisis de Varianza para L-Dopa del Frijol Mucuna spp.  
Malteado a distintos tiempos de germinación

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tiempo de Germinación	2	0.15	0.08	0.21	0.82
Bloques	3	0.90	0.30	0.84	0.52
Error	6	2.15	0.36		
Total	11	3.21			
Coeficiente de Varianza		13.30 %			

Tabla No. 49

Prueba de Tukey para L-Dopa del Frijol Mucuna spp. malteado a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Media
2 días	4.66 <sup>A</sup>
4 días	4.44 <sup>A</sup>
6 días	4.41 <sup>A</sup>
Valor de Tukey	1.30

Tabla No. 50

Datos de gramos de L-Dopa por gramos de proteína del Frijol *Mucuna* spp. germinado dividido por crecimiento

Código	Descripción del brote	Bloques		
		1	2	3
1	No visible	0.14	0.14	0.14
2	Visible	0.15	0.13	0.14
3	0-1 cm	0.16	0.15	0.16
4	1-2 cm	0.17	0.17	0.17
5	2 o más cm	0.15	0.17	0.16

Tabla No. 51

Análisis de Varianza para gramos de L-Dopa por gramos de proteína del Frijol *Mucuna* spp. germinado dividido por crecimiento

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tamaño del brote	4	0.002	0.001	6.69	0.01
Bloques	2	0.000	0.000	0.07	0.93
Error	8	0.001	0.000		
Total	14	0.003			
Coeficiente de Varianza			5.67 %		

Tabla No. 52

Prueba de Tukey para gramos de L-Dopa por gramos de proteína del Frijol *Mucuna* spp. germinado dividido por crecimiento

Código	Descripción del brote	Media
1	No visible	0.14 <sup>B</sup>
2	Visible	0.14 <sup>B</sup>
3	0-1 cm	0.16 <sup>AB</sup>
4	1-2 cm	0.17 <sup>A</sup>
5	2 o más cm	0.16 <sup>AB</sup>
Valor de Tukey		0.02

Tabla No. 53  
 Datos de gramos de L-Dopa por gramos de proteína  
 del Frijol *Mucuna* spp. a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Bloques			
	1	2	3	4
Crudo	0.25	0.22	0.19	0.26
0 días	0.19	0.15	0.16	0.18
2 días	0.17	0.16	0.16	0.16
4 días	0.16	0.14	0.17	0.16
6 días	0.13	0.15	0.17	0.15

Tabla No. 54  
 Análisis de Varianza para gramos de L-Dopa por gramos de proteína  
 del Frijol *Mucuna* spp. a distintos tiempos de germinación

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tiempo de Germinación	4	0.017	0.0042	11.32	0.001
Bloques	3	0.001	0.0004	1.08	0.395
Error	12	0.004	0.0004		
Total	19	0.022			
Coeficiente de Varianza		10.96 %			

Tabla No. 55  
 Prueba de Tukey para gramos de L-Dopa por gramos de proteína  
 del Frijol *Mucuna* spp. a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Media
Crudo	0.23 <sup>A</sup>
0 días	0.17 <sup>B</sup>
2 días	0.16 <sup>B</sup>
4 días	0.16 <sup>B</sup>
6 días	0.15 <sup>B</sup>
Valor de Tukey	0.04

Tabla No. 56

Datos de L-Dopa del Frijol *Mucuna* spp. malteado a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Bloques			
	1	2	3	4
2 días	0.19	0.18	0.18	0.15
4 días	0.15	0.15	0.18	0.16
6 días	0.18	0.18	0.13	0.13

Tabla No. 57

Análisis de Varianza para gramos de L-Dopa por gramos de proteína del Frijol *Mucuna* spp. malteado a distintos tiempos de germinación

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tiempo de Germinación	2	0.001	0.001	1.16	0.38
Bloques	3	0.001	0.001	0.80	0.54
Error	6	0.003	0.001		
Total	11	0.005			
Coeficiente de Varianza			12.98 %		

Tabla No. 58

Prueba de Tukey para gramos de L-Dopa por gramos de proteína del Frijol *Mucuna* spp. malteado a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Media
2 días	0.18 <sup>A</sup>
4 días	0.16 <sup>A</sup>
6 días	0.15 <sup>A</sup>
Valor de Tukey	0.05

Tabla No. 59

Datos de Inhibidores de Tripsina por Gráfica del Frijol *Mucuna* spp. germinado dividido por crecimiento

Código	Descripción del brote	Bloques		
		1	2	3
1	No visible	4.68	9.64	6.41
2	Visible	6.00	8.62	6.88
3	0-1 cm	6.56	8.04	6.88
4	1-2 cm	5.52	6.95	5.92
5	2 o más cm	3.91	5.32	4.30

Tabla No. 60

Análisis de Varianza para Tripsina por Gráfica del Frijol *Mucuna* spp. germinado dividido por crecimiento

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tamaño del brote	4	15.20	3.80	6.38	0.01
Bloques	2	14.81	7.41	12.43	0.004
Error	8	4.77	0.60		
Total	14	34.79			
Coeficiente de Varianza			12.11 %		

Tabla No. 61

Prueba de Tukey para Tripsina por Gráfica del Frijol *Mucuna* spp. germinado dividido por crecimiento

Código	Descripción del brote	Media
1	No visible	6.91 <sup>A</sup>
2	Visible	7.17 <sup>A</sup>
3	0-1 cm	7.17 <sup>A</sup>
4	1-2 cm	6.13 <sup>AB</sup>
5	2 o más cm	4.51 <sup>B</sup>
Valor de Tukey		2.18

Tabla No. 62

Datos de Tripsina por Gráfica del Frijol *Mucuna* spp. a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Bloques		
	1	2	3
Crudo	14.48	16.41	25.79
0 días	12.00	16.12	15.12
2 días	9.20	10.79	10.04
4 días	8.23	8.30	8.09
6 días	2.71	3.37	2.77

Tabla No. 63

Análisis de Varianza para Tripsina por Gráfica del Frijol *Mucuna* spp. a distintos tiempos de germinación

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tiempo de Germinación	4	442.49	110.62	14.55	0.001
Bloques	2	23.12	11.56	1.52	0.28
Error	8	60.83	7.60		
Total	14	526.44			
Coeficiente de Varianza			25.31 %		

Tabla No. 64

Prueba de Tukey para Tripsina por Gráfica del Frijol *Mucuna* spp. a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Media
Crudo	18.90 <sup>A</sup>
0 días	14.41 <sup>AB</sup>
2 días	10.01 <sup>BC</sup>
4 días	8.21 <sup>BC</sup>
6 días	2.95 <sup>C</sup>
Valor de Tukey	7.79

Tabla No. 65

Datos de Tripsina por Gráfica del Frijol Mucuna spp. malteado a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Bloques			
	1	2	3	4
2 días	3.19	3.93	1.93	2.30
4 días	2.10	4.00	2.62	2.43
6 días	0.63	1.04	0.10	0.63

Tabla No. 66

Análisis de Varianza para Tripsina por Gráfica del Frijol Mucuna spp. Malteado a distintos tiempos de germinación

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tiempo de Germinación	2	13.05	6.52	29.04	0.001
Bloques	3	3.60	1.20	5.34	0.04
Error	6	1.35	0.22		
Total	11	17.99			
Coeficiente de Varianza			22.83 %		

Tabla No. 67

Prueba de Tukey para Tripsina por Gráfica del Frijol Mucuna spp. malteado a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Media
2 días	2.84 <sup>A</sup>
4 días	2.79 <sup>A</sup>
6 días	0.60 <sup>B</sup>
Valor de Tukey	1.03

Tabla No. 68  
 Datos de Inhibidores de Tripsina por Promedio del Frijol Mucuna spp. germinado  
 dividido por crecimiento

Código	Descripción del brote	Bloques		
		1	2	3
1	No visible	1.92	5.15	3.54
2	Visible	3.17	4.09	3.63
3	0-1 cm	3.75	4.02	3.89
4	1-2 cm	3.08	3.42	3.25
5	2 o más cm	2.42	2.80	2.61

Tabla No. 69  
 Análisis de Varianza para Tripsina por Promedio del Frijol Mucuna spp.  
 germinado dividido por crecimiento

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tamaño del brote	4	2.86	0.71	1.81	0.22
Bloques	2	2.64	1.32	3.34	0.09
Error	8	3.16	0.40		
Total	14	8.66			
Coeficiente de Varianza			18.59 %		

Tabla No. 70  
 Prueba de Tukey para Tripsina por Promedio del Frijol Mucuna spp.  
 germinado dividido por crecimiento

Código	Descripción del brote	Media
1	No visible	3.54 <sup>A</sup>
2	Visible	3.63 <sup>A</sup>
3	0-1 cm	3.89 <sup>A</sup>
4	1-2 cm	3.25 <sup>A</sup>
5	2 o más cm	2.61 <sup>A</sup>
Valor de Tukey		1.78

Tabla No. 71  
 Datos de Tripsina por Promedio del Frijol Mucuna spp. a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Bloques		
	1	2	3
Crudo	16.90	13.48	14.91
0 días	12.92	11.29	12.11
2 días	4.55	5.26	4.90
4 días	4.58	4.21	4.40
6 días	2.13	2.05	2.09

Tabla No. 72  
 Análisis de Varianza para Tripsina por Promedio del Frijol Mucuna spp. a distintos tiempos de germinación

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tiempo de Germinación	4	372.76	93.19	141.81	0.00
Bloques	2	2.29	1.15	1.74	0.23
Error	8	5.26	0.66		
Total	14	380.31			
Coeficiente de Varianza			10.50 %		

Tabla No. 73  
 Prueba de Tukey para Tripsina por Promedio del Frijol Mucuna spp. a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Media
Crudo	15.19 <sup>A</sup>
0 días	12.11 <sup>B</sup>
2 días	4.90 <sup>C</sup>
4 días	4.39 <sup>C</sup>
6 días	2.09 <sup>D</sup>
Valor de Tukey	2.29

Tabla No. 74

Datos de Tripsina por Promedio del Frijol Mucuna spp. malteado a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Bloques			
	1	2	3	4
2 días	1.71	1.48	1.98	2.35
4 días	1.75	1.86	1.99	1.36
6 días	1.00	0.61	0.86	0.82

Tabla No. 75

Análisis de Varianza para Tripsina por Promedio del Frijol Mucuna spp. Malteado a distintos tiempos de germinación

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Tiempo de Germinación	2	2.63	1.31	13.40	0.01
Bloques	3	0.13	0.04	0.46	0.72
Error	6	0.59	0.10		
Total	11	3.35			
Coeficiente de Varianza		21.14 %			

Tabla No. 76

Prueba de Tukey para Tripsina por Promedio del Frijol Mucuna spp. malteado a distintos tiempos de germinación

Tiempo de Germinación	Media
2 días	1.88 <sup>A</sup>
4 días	1.74 <sup>A</sup>
6 días	0.82 <sup>B</sup>
Valor de Tukey	0.68

Tabla No. 77

Datos de Aumento de Peso de las ratas en Análisis Biológico con diferentes dietas

Dietas	Bloques							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Crudo	-13.1	-12.0	-11.00	-7.4	-18.4	-7.7	-12.0	-5.0
Germinación 3 días	-11.8	-3.8	-5.70	-9.1	-14.2	-9.1	-11.0	-9.1
Germinación 6 días	-4.0	-1.8	-3.30	-3.6	-6.7	-5.2	-4.2	-3.2
Malteado 3 días	-0.2	2.9	-0.30	-0.7	-1.2	-6.6	-5.1	-8.2
Caseína	70.5	68.1	53.9	62.4	52.7	43.5	58.8	65.5

Tabla No. 78

Análisis de Varianza para el Aumento de Peso de las ratas en Análisis Biológico con diferentes dietas

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Dietas	4	28306.82	7076.70	328.46	0.00
Bloques	7	282.50	40.36	1.87	0.11
Error	28	603.26	21.54		
Total	39	29192.58			
Coeficiente de Varianza			70.43 %		

Tabla No. 79

Prueba de Tukey para el Aumento de Peso de las ratas en Análisis Biológico con diferentes dietas

Dieta	Media
Crudo	-10.825 <sup>D</sup>
Germinación 3 días	-9.225 <sup>CD</sup>
Germinación 6 días	-4.000 <sup>BC</sup>
Malteado 3 días	-2.425 <sup>B</sup>
Caseína	59.425 <sup>A</sup>
Valor de Tukey	6.77

Tabla No. 80

Datos de Alimento ingerido por las ratas en Análisis Biológico con diferentes dietas

Dietas	Bloques							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Crudo	83.00	68.40	68.40	61.00	63.00	73.00	68.40	62.00
Germinación 3 días	65.00	84.00	64.00	60.00	69.00	70.00	27.00	50.00
Germinación 6 días	76.00	66.00	74.80	66.00	72.90	73.00	79.40	78.50
Malteado 3 días	83.60	90.00	74.00	72.00	74.00	75.00	76.50	71.00
Caseína	166.00	157.20	137.70	149.70	171.90	132.30	149.70	171.30

Tabla No. 81

Análisis de Varianza para el Alimento ingerido por las ratas en Análisis Biológico con diferentes dietas

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Dietas	4	46840.22	11710.05	97.18	0.000
Bloques	7	984.25	140.61	1.17	0.352
Error	28	3373.94	120.50		
Total	39	51198.41			
Coeficiente de Varianza			12.64 %		

Tabla No. 82

Prueba de Tukey para el Alimento ingerido por las ratas en Análisis Biológico con diferentes dietas

Dieta	Media
Crudo	68.4 <sup>B</sup>
Germinación 3 días	61.1 <sup>B</sup>
Germinación 6 días	73.3 <sup>B</sup>
Malteado 3 días	77.0 <sup>B</sup>
Caseína	154.5 <sup>A</sup>
Valor de Tukey	16.00

Tabla No. 83  
 Datos de NPR de Análisis Biológico con diferentes dietas

Dietas	Bloques							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Crudo	-0.57	-1.33	-0.79	0.16	-1.59	0.10	-1.12	0.55
Germinación 3 días	-0.52	0.55	0.42	-0.12	-0.84	-0.10	-0.96	-0.14
Germinación 6 días	-0.58	1.00	0.68	0.73	0.23	0.44	0.53	0.66
Malteado 3 días	0.98	1.26	1.10	1.07	0.97	0.24	0.43	0.03
Caseína	4.75	4.87	4.52	4.73	3.55	3.92	4.49	4.31

Tabla No. 84  
 Análisis de Varianza para NPR de Análisis Biológico con diferentes dietas

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Dietas	4	125.48	31.37	136.33	0.000
Bloques	7	3.06	0.44	1.90	0.107
Error	28	6.44	0.23		
Total	39	134.98			
Coeficiente de Varianza			48.24 %		

Tabla No. 85  
 Prueba de Tukey para NPR de Análisis Biológico con diferentes dietas

Dieta	Media
Crudo	-0.57 <sup>C</sup>
Germinación 3 días	-0.21 <sup>C</sup>
Germinación 6 días	0.61 <sup>B</sup>
Malteado 3 días	0.76 <sup>B</sup>
Caseína	4.39 <sup>A</sup>
Valor de Tukey	0.74

Tabla No. 86  
 Datos de Digestibilidad Aparente de Análisis Biológico con diferentes dietas

Dietas	Bloques							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Crudo</b>	69.49	61.03	61.03	53.70	66.20	73.84	61.03	41.93
<b>Germinación 3 días</b>	58.60	69.57	71.28	67.16	68.59	62.61	65.46	60.38
<b>Germinación 6 días</b>	65.67	63.97	70.22	59.88	67.22	65.23	65.16	70.23
<b>Malteado 3 días</b>	73.14	73.42	76.37	67.03	68.38	71.66	73.99	72.34

Tabla No. 87  
 Análisis de Varianza para Digestibilidad Aparente de Análisis Biológico con diferentes dietas

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
<b>Dietas</b>	3	491.72	163.91	4.79	0.01
<b>Bloques</b>	7	251.28	35.90	1.05	0.43
<b>Error</b>	21	718.64	34.22		
<b>Total</b>	31	1461.64			
<b>Coefficiente de Varianza</b>			8.85 %		

Tabla No. 88  
 Prueba de Tukey para Digestibilidad Aparente de Análisis Biológico con diferentes dietas

Dieta	Media
<b>Crudo</b>	61.03 <sup>B</sup>
<b>Germinación 3 días</b>	65.46 <sup>AB</sup>
<b>Germinación 6 días</b>	65.95 <sup>AB</sup>
<b>Malteado 3 días</b>	72.04 <sup>A</sup>
<b>Valor de Tukey</b>	8.28

Tabla No. 89  
 Datos de Digestibilidad Verdadera de Análisis Biológico con diferentes dietas

Dietas	Bloques							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Crudo	72.28	64.62	64.62	58.14	70.20	76.83	64.62	45.67
Germinación 3 días	62.60	72.17	75.14	71.15	71.92	66.04	69.30	66.08
Germinación 6 días	68.91	67.71	73.66	63.63	70.39	68.56	68.06	73.34
Malteado 3 días	76.24	76.15	79.52	70.36	71.53	74.91	76.95	75.77

Tabla No. 90  
 Análisis de Varianza para Digestibilidad Verdadera de Análisis Biológico con diferentes dietas

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Dietas	3	448.72	149.57	4.62	0.01
Bloques	7	212.78	30.40	0.94	0.50
Error	21	680.30	32.40		
Total	31	1341.80			
Coeficiente de Varianza				8.18 %	

Tabla No. 91  
 Prueba de Tukey para Digestibilidad Verdadera de Análisis Biológico con diferentes dietas

Dieta	Media
Crudo	64.62 <sup>B</sup>
Germinación 3 días	69.30 <sup>AB</sup>
Germinación 6 días	69.28 <sup>AB</sup>
Malteado 3 días	75.18 <sup>A</sup>
Valor de Tukey	8.06

Tabla No. 92  
 Datos de L-Dopa  
 consumidos en las dietas en Análisis Biológico

Dietas	Bloques							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Crudo	1.76	1.41	1.41	1.11	1.23	1.64	1.41	1.31
Germinación 3 días	1.49	2.28	1.53	1.49	1.78	1.73	1.42	1.04
Germinación 6 días	2.09	1.80	1.96	1.80	2.14	2.03	2.34	2.17
Malteado 3 días	2.59	2.95	2.55	2.41	2.55	2.48	2.71	2.35

Tabla No. 93  
 Análisis de Varianza para L-Dopa  
 consumida en las dietas en Análisis Biológico

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Dieta	3	6.44	2.15	39.49	0.00
Bloques	7	0.54	0.08	1.42	0.25
Error	21	1.14	0.05		
Total	21	8.12			
Coeficiente de Varianza			.. 12.24 %		

Tabla No. 94  
 Prueba de Tukey para L-Dopa  
 consumida en las dietas en Análisis Biológico

Dietas	Media
Crudo	1.41 <sup>C</sup>
Germinación 3 días	1.59 <sup>C</sup>
Germinación 6 días	2.04 <sup>B</sup>
Malteado 3 días	2.57 <sup>A</sup>
Valor de Tukey	0.33

Tabla No. 95  
 Datos de L-Dopa en Materias Fecales de ratas  
 en Análisis Biológico con diferentes dietas

Dietas	Bloques			
	1	2	3	4
Crudo	0.02	0.02	0.03	0.03
Germinación 3 días	0.04	0.04	0.05	0.04
Germinación 6 días	0.06	0.06	0.07	0.05
Malteado 3 días	0.08	0.09	0.09	0.09

Tabla No. 96  
 Análisis de Varianza para L-Dopa en Materias Fecales de ratas  
 en Análisis Biológico con diferentes dietas

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de Cuadrados	Valor F	Significancia Valor F
Dieta	3	0.0081	0.0027	160.43	0.00
Bloques	3	0.0001	0.000045	2.68	0.11
Error	9	0.0001	0.000017		
Total	15	0.0084			
Coeficiente de Varianza			7.70 %		

Tabla No. 97  
 Prueba de Tukey para L-Dopa en Materias Fecales de ratas  
 en Análisis Biológico con diferentes dietas

Dietas	Media
Crudo	0.03 <sup>D</sup> ± 0.36
Germinación 3 días	0.04 <sup>C</sup> ± 0.61
Germinación 6 días	0.06 <sup>B</sup> ± 0.56
Malteado 3 días	0.09 <sup>A</sup> ± 0.37
Valor de Tukey	0.0091

## **APENDICE C**

### **COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS UTILIZADAS EN ANÁLISIS BIOLÓGICO**

Tabla No. 98  
Composición porcentual de las dietas utilizadas en el análisis biológico.

Ingredientes	Dieta con Frijol germinado por 3 días	Dieta con Frijol germinado por 6 días	Dieta con Frijol malteado con 3 días de germinación	Dieta de Caseína	Dieta Libre de Nitrógeno
Harina de Frijol (%)	38.76	35.50	32.24	11	- - -
Aceite Vegetal (%)	5.00	5.00	5.00	4	4
Minerales (%)	4.00	4.00	4.00	5	5
Aceite de Bacalao (%)	1.00	1.00	1.00	1	1
Almidón de Maiz (%)	51.24	54.50	57.76	79	90
<b>TOTAL (%)</b>	100	100	100	100	100
Mezcla de vitaminas (%)	5	5	5	5	5