



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA



INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA

**CARACTERIZACION Y USOS DE LA SEMILLA
DEL ARBOL "RAMON" (Brosimum alicastrum)**

MARIA DEL CARMEN ASENJO CABRAL

**CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES EN NUTRICION Y
CIENCIAS DE ALIMENTOS (CESNA)
CURSO DE POSTGRADO EN CIENCIAS Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

Guatemala, febrero de 1992

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA
(INCAP).

CARACTERIZACION Y USOS DE LA SEMILLA DEL ARBOL "RAMON"
(Brosimum alicastrum).

TESIS ELABORADA POR:

MA. DEL CARMEN ASENJO CABRAL.

PREVIO A OPTAR AL GRADO DE:

MAESTRO.

(MAGISTER SCIENTIFICAE)

CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES EN NUTRICION Y CIENCIAS
DE ALIMENTOS (CESNA).

CURSO DE POSTGRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS.

COMITE INTERINSTITUCIONAL DEL CESNA

Director del CESNA:

Dr. Hernan Delgado

**Decano de la Facultad
de Ciencias Médicas:**

Dr. Jafet Cabrera

**Decano de la Facultad
de Ciencias Químicas
y Farmacia**

Licda. Clemencia Gálvez de Avila

**Directora del Curso de
Postgrado en Alimentación
y Nutrición**

Dra. América de Fernández

**Directora del Curso de
Postgrado en Ciencias y
Tecnología de Alimentos**

Licda. Concepción de Bosque.

JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano	Licda. Clemencia Gálvez de Avila
Secretario	Lic. José Francisco Monterroso Salinas
Vocal Primero	Lic. Jorge Rodolfo Pérez Folgar
Vocal Segundo	Licda. Thelma Alvarado de Gallardo
Vocal Tercero	Lic. Miguel Orlando Garza Sagastume
Vocal Cuarto	Br. Tanea Rubí Ramos Castellanos
Vocal Quinto	Br. Hector Edmundo Díaz Mejía.

COMITE ASESOR DE TESIS

DR. ROBERTO CUEVAS.

DR. RICARDO BRESSANI.

DR. ENRIQUE ACEVEDO.

DR. RICARDO SIBRIAN.

ING. LEONARDO DE LEON.

ING. ARNOLDO GARCIA.

DEDICO ESTA TESIS

A:

- DIOS, por ser mi guía y sostén espiritual en todo momento.
- MIS PADRES, RHADAMES Y MAGALYS, porque a través del tiempo y la distancia siempre han sabido estar a mi lado.
- MIRIAM, mi hermana y mi amiga, hoy y siempre.
- VICTOR Y ESTER, unos primos casi hermanos, que en una forma u otra estuvieron presentes siempre que necesité de ellos.

AGRADECIMIENTOS

- A la Licda. Ernestina Ardón (Tinita), porque gracias a su apoyo, comprensión y verdadera orientación, pude levantarme en los momentos que me parecía más difícil continuar.
- Al Dr. Roberto Cuevas, "un verdadero maestro". Porque siempre me apoyó en el buen desenvolvimiento de mi trabajo y realización profesional.
- Al Dr. Ricardo Bressani, por su constante y valiosa ayuda. Agradezco infinitamente el haberme dado el honor de trabajar a su lado.
- Al Dr. Enrique Acevedo, por alentarme siempre a seguir, por su desinteresada ayuda y demostración de amistad en todo momento.
- Al Dr. Ricardo Sibrián, Ing. Arnoldo García, Ing. Leonardo de León, por la oportuna orientación durante el desarrollo de este trabajo.
- A mis compañeros del Curso de Postgrado.
- Al Ing. Rolando U. Aragón, por su ayuda.
- A las Instituciones, Conap e Instituto de Antropología e Historia de Guatemala, por las facilidades y atenciones que me brindaron tanto en ciudad Guatemala, como en las ciudades de Tikal y Uaxactún del Departamento El Petén.
- A todo el personal de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP, por la cooperación y ayuda que me brindaron, en especial al Lic. Maynor Ordóñez.
- Al Sacerdote Carlos Amann por alentarme en todo momento.
- A mis amigos de Rep. Dominicana, en especial, Carolina Mueses, Natacha Fujols, Lucía Peña, Diego Vargas y José Navarro, porque siempre estuvieron a mi lado demostrándome verdadera amistad.
- A todas aquellas personas que en una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo.

RECONOCIMIENTO

- A LA ADMINISTRACION PARA EL DESARROLLO DE ULTRANAR
(ODA, DEL REINO UNIDO).

- AL INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA
Y PANAMA (INCAP).

- A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

CONTENIDO.

CAPITULO	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
GENERO BROSIUM	3
A. Antecedentes Históricos.....	3
B. Botánica	5
1. Taxonomía	5
2. Etimología	6
3. Nombres Comunes.....	6
4. Morfología	6
C. Producción	8
D. Valor Nutricional.....	10
E. Usos.....	19
III. JUSTIFICACION	22
IV. OBJETIVOS	23
A. General	23
B. Específicos.....	23
V. HIPOTESIS	24
VI. MATERIALES Y METODOS	25
A. MATERIALES	25
1. Materias Primas	25
2. Equipos Para Análisis	25
3. Material Biológico	27
B. METODOS	27

Fase I: Caracterización Física de la Semilla.....	27
Fase II: Preparación, Procesamiento y Caracterización Química y Funcional de la Semilla	28
Fase III: Evaluación Nutricional	33
Fase IV: Procesamiento y Análisis de datos	38
VII. RESULTADOS Y DISCUSION	41
VIII. CONCLUSIONES	80
IX. RECOMENDACIONES	83
X. RESUMEN	84
XI. BIBLIOGRAFIA	86
XII. ANEXOS	94

LISTA DE FIGURAS

FIGURA No.1	Esquema de las Hojas y Frutos del Ramón (<u><i>Prosimum alicastrum</i></u>)	94
FIGURA No.2	Diagrama del proceso de descascarado.....	95
FIGURA No.3	Diagrama del proceso de cocción a presión atmosférica	96
FIGURA No.4	Diagrama del proceso de cocción a presión de 15 psi	97
FIGURA No.5	Diagrama del Proceso de Tostado.....	98
FIGURA No.6	Viscosidad Aparente Vs. Rpm en muestras al 12% de sólidos	99
FIGURA No.7	Viscosidad Aparente Vs. Rpm en muestras al 13% de sólidos	100
FIGURA No.8	Efecto de los procesos sobre el NPR . Estudio biológico No.1	101
FIGURA No.9	Efecto de los procesos sobre la Digestibilidad Verdadera. Estudio biológico No.1	102
FIGURA No.10	Representación del modelo de regresión lineal para la dieta No.1: Mezcla 40/60 Maíz/Ramón	103
FIGURA No.11	Representación del modelo de regresión lineal para la dieta No.2: Mezcla 50/50 Maíz/Ramón	104
FIGURA No.12	Representación la dieta No.3: Mezcla 60/40 Maíz/Ramón siguiendo el modelo lineal de regresión.....	105
FIGURA No.13	Representación del modelo lineal de regresión para la dieta No.4: Sólo maíz	106

FIGURA No.14	Representación del análisis de regresión lineal para la dieta No.5: Caseína	107
FIGURA No.15	Dieta No.1: Mezcla 40/60 Maíz/Ramón de acuerdo al modelo cuadrático	108
FIGURA No.16	Dieta No.2: Mezcla 50/50 Maíz/Ramón de acuerdo al modelo cuadrático de regresión	109
FIGURA No.17	Dieta No.3: Mezcla 60/40 Maíz/Ramón de acuerdo al modelo cuadrático	110
FIGURA No.18	Dieta No.4: Solo Maíz de acuerdo al modelo cuadrático.....	111
FIGURA No.19	Dieta No.5: Caseína, de acuerdo al modelo de regresión cuadrático.....	112

LISTA DE CUADROS

CUADRO No.1	Resultados Obtenidos de la Caracterización Física del Fruto del Ramón (<u>Brosimum alicastrum</u>)	113
CUADRO No.2	Resultados del proceso de descascarado	114
CUADRO No.3	Resultados de los Análisis Químicos y Proximal de la semilla del <u>B. alicastrum</u>	115
CUADRO No.4	Análisis Proximal de los productos de los diferentes procesos realizados en el ramón (<u>Brosimum alicastrum</u>)	116
CUADRO No.5	Resultados de los análisis químicos de los productos de los procesos realizados.....	117
CUADRO No.6	Análisis Funcional de los diferentes procesos realizados	118
CUADRO No.7	Resultados de los parámetros reológicos (N y M) para los procesos con diferentes porcentajes de sólidos	119
CUADRO No.8	Resultado de las Viscosidades para diferentes velocidades de agitación	120
CUADRO No.9	Composición basal de la dieta usada en el estudio biológico No.1 para la evaluación de la calidad de la proteína del ramón (<u>Brosimum alicastrum</u>)	121
CUADRO No.10	Resultados del estudio biológico No.1 de los diferentes procesos realizados en el ramón (<u>Brosimum alicastrum</u>)	122

CUADRO No.11	Resultados del análisis de varianza del proceso biológico No.1. Prueba de Tukey123
CUADRO No.12	Resultados del análisis de varianza de los contrastes comparando los NPR de los procesos usando el GLM (General Linear Model)124
CUADRO No.13	Resultados del análisis de varianza de los contrastes comparando la digestibilidad verdadera de los procesos usando el GLM (General Linear Model)125
CUADRO No.14	Resultados del análisis de Varianza de los contrastes para comparar los NPR de los procesos con iguales tiempos de cocción, usando el GLM (General Linear Model)126
CUADRO No.15	Resultados del análisis de varianza de los contrastes, comparando la digestibilidad verdadera de los procesos con iguales tiempos de cocción, usando el GLM (General Linear Model)127
CUADRO No.16	Composición de la dieta basal del estudio biológico No.2 para determinar la calidad de la proteína de diferentes mezclas de maíz y ramón a 6.6 y 3.3% de proteína128
CUADRO No.17	Valores promedios del estudio biológico No.2 usando niveles altos y bajos de proteína, expresados como proteína cruda y como proteína verdadera129

CUADRO No.18	Resultados del estudio biológico No.2. Análisis de la calidad de la proteína por medio del modelo de regresión lineal130
CUADRO No.19	Resultados del análisis estadístico del estudio biológico No.2 para evaluar la calidad de la proteína siguiendo el modelo de regresión cuadrático131
CUADRO No.20	Resultados de la prueba de DMS, del estudio biológico No.2 para dietas con proporciones diferentes de Maíz/Ramón132
CUADRO No.21	Resultados del análisis de varianza para la prueba de DMS del estudio biológico No.2 de diferentes mezclas de Maíz/Brosimum (ramón). Procedimiento ANOVA133

I. INTRODUCCION

La mayoría de las dietas consumidas en los países en desarrollo se basan en leguminosas y cereales tradicionales. La creciente necesidad de estos alimentos para llegar a satisfacer los requerimientos mínimos de la población, como parte constitutiva de su dieta básica, conlleva a un incremento en los costos de cultivo y producción de los mismos, haciéndose necesaria la búsqueda de nuevas fuentes de nutrientes para el consumo humano.

Una solución posible para ésta problemática, es la utilización de materias primas cuya fuente de origen sea de naturaleza silvestre, aún no explotada, cuyas características nutritivas sean similares o mejores que las actuales y cuyos costos de adquisición estén por debajo de los de los granos tradicionales. Idealmente debieran ser cultivos perennes, que puedan ser usados en programas de reforestación en zonas donde actualmente, existen problemas ecológicos, como consecuencia de la deforestación (56).

Bajo estas líneas de acción se adelantan actividades para identificar y/o desarrollar alimentos que sean fuentes de nutrientes de alta calidad nutricional, a través de la caracterización bio-físico-química de materias primas y recursos agrícolas (55).

Dentro de los recursos agrícolas alimentarios que durante la época precolombina utilizaron los habitantes de México, Guatemala, y el resto de Centro América, están los frutos de árboles de la familia Moraceae, género Brosimum. Reportes en la literatura,

señalan que el fruto de la especie Alicastrum presenta una buena cantidad de proteína, con un contenido de triptofano mayor que el del maíz, así como un contenido de hierro y vitamina A importante (75-79). Los antiguos Mayas supieron aprovechar este recurso, que continúa siendo fuente de nutrientes para algunos sectores poblacionales de esos países. Su densidad de siembra es de aproximadamente 125 Árboles por hectárea, su producción de semilla 118.56 Kg/Árbol, follaje 140.20 kg de follaje verde/Árbol y madera 176 m³/ha. (54). Según Puleston (67), son importantes las consideraciones de la Academia Nacional de Ciencias de EE.UU. al mencionarla como una de las plantas subexplotadas de mayor potencialidad económica (67).

Debido a la carencia de información sobre su potencial, la existencia de ésta especie, disminuye cada día más, persistiendo incluso, su riesgo de extinción (55).

La presente investigación pretende proporcionar información científico-técnica a través de la caracterización de esta especie, para llegar a su buen aprovechamiento como alimento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

A. ANTECEDENTES HISTÓRICOS SOBRE EL GÉNERO BROSIMUM:

El Brosimum alicastrum Swartz, es un árbol poco conocido, poco explotado y casi ignorado por la mayoría de los que se dedican al estudio de las plantas. Produce un fruto comúnmente conocido con el nombre de Ramón y, en el sur de México y de Guatemala como Ujushte e históricamente como Iximché o Árbol de Maíz. Fue para los Mayas del período clásico, uno de sus alimentos primordiales y básicos para su subsistencia, como también lo fue el maíz (34).

Hace más de 30 años, científicos como Cyrus Lundell, J. Eric Thompson y O.F. Cook, comenzaron a darse cuenta de las concentraciones de éste árbol alrededor de las ruinas de muchos sitios Mayas, en las tierras bajas. Esta distribución tan llamativa, sugirió al Dr. Lundell (citado por Guzman (34)), que los árboles eran vestigios de un cultivo Maya, observando que la fruta de este árbol produce un carbohidrato denso, frecuentemente consumido por el Maya actual, cuando hay escasez de alimentos (34).

En investigaciones hechas por Puleston (67), se señala que la semilla era un producto indispensable en la dieta de los mayas y en algunos lugares se continúa empleando para la alimentación humana (55). Es por esto que, la coincidencia existente entre los sitios con abundancia de árboles de Brosimum y los centros poblacionales (templos y habitaciones), sugirió que los mayas sembraban este árbol con el fin de tener cercano a ellos, un recurso por medio del cual obtenían su sustento básico diario (71).

Desde la antigüedad los habitantes mesoamericanos conocieron

el valor que el árbol de ojoche o ujushte o B. alicastrum poseía, y lo incluyeron en su dieta, comiendo las semillas hervidas en agua o tostadas al fuego. Puede pensarse que este árbol fue bien conocido e importante, al encontrársele diferentes nombres en los lenguajes autóctonos: Bribri, Kabakra y Feguó (18).

El papel que el árbol del Ramón (Brosimum alicastrum) jugó en la cultura de los Mayas, ha estado sujeto a interesantes especulaciones: los reportes remotos indican que el Ramón es un árbol común en todas las ruinas Mayas. Puleston (67), señala que el Ramón fue una alternativa alimenticia para los Mayas Clásicos de las tierras bajas, de la región central meridional.

Puleston también indica, que éstos árboles aparecieron en los límites y cerca de los centros habitacionales en Tikal, Guatemala, lo que da evidencia de éstos cultivos en las áreas residenciales. Folan et al. (citados por Guzmán (34)), tienen la suposición de que la aristocracia Maya mantenía y controlaba la distribución económicamente importante de la fruta, fibra, corteza y resina de los árboles en los centros de la ciudad. Ellos también sostienen que los árboles presentes, son descendientes de esas plantaciones de los antiguos Mayas y que su distribución hoy corresponde a la de los tiempos clásicos (34).

Lambert y Arnason (49), por su parte, sustentan la tesis que la asociación entre árboles de Brosimum y montículos habitacionales mayas, no se debe a una acción socioeconómica dirigida, sino simplemente a una asociación puramente ecológica, ya que dichos montículos ofrecen las condiciones adecuadas para el desarrollo de

ésta especie.

Gaumer (citado por Pardo-Tejeda (62)) en 1918, consideró del Brosimum que es un galactógeno humano admirable; Massieu, Guzmán, Cravioto y Calvo de la Torre (citados por Pardo-Tejeda (63)) en 1950, publicaron el contenido de aminoácidos esenciales de la semilla del Brosimum. Calvino (citado por Pearl (64)) en 1952, publicó los usos dados al follaje, frutos y semillas, en Cuba.

La Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos en 1975, lo ha considerado como una de las plantas subexplotadas de mayor potencialidad económica, dentro de las zonas donde se desarrolló (citado por Puleston (67)).

B. BOTANICA:

1. TAXONOMIA:

Reino : Vegetal

Subreino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase : Manoliopsida

Subclase: Hamamelidae

Orden : Urticales

Familia : Moraceae

Género : Brosimum.

Especies: Este género cuenta con aproximadamente 20 especies. Standley y Steyermark (78), reportan para Guatemala, cuatro especies que son:

Brosimum alicastrum Swartz

Brosimum panamense Pittier

Brosimum costarricanum Liemb.

Brosimum terrabanum Pittier.

2. ETIMOLOGIA:

El nombre de Brosimum, viene del griego BROSIMOS que significa comestible (citado por Aragón (54)).

En 1756, Browne describió dos especies que agrupó como alicastrum; tiempo más adelante, Swartz en 1788 (citado por Aragón (54)), describió el género Brosimum y se basó en dos especies traídas de Jamaica, las cuales fueron: B. alicastrum y B. spirium.

3. NOMBRES COMUNES:

Ramón, Ujuxte, Ojoche, Iximché, Capomo, Másico (Ox en Maya) (35).

4. MORFOLOGIA:

Corteza:

Exteriormente se presenta lisa, y frecuentemente, escamosa en piezas grandes, su color es gris pardo. En su lado interior es de un color crema amarillento, fibrosa o granulosa, con abundante secreción de látex, de sabor ligeramente dulce (35).

Ramas:

Ligeramente ovaladas, con cicatrices de destípulas caídas, verde-grisáceas a glabras, numerosas lenticelas pequeñas, redondas, protuberantes y pardas (35).

Hojas:

Simples, elípticas, de 7 a 14 centímetros de largo, coráceas, glabras o con pubescencia sérica, de color verde brillante, estípulas laterales hasta ampexicantes, libres o canadas (35).

Yemas:

Llegan a medir hasta un centímetro, son agudas, cubiertas por una estípula de color verde, glabras, una estípula para cada hoja hasta de un centímetro de largo, verde glabra, caediza, dejando una cicatriz anular. Hojas alternas simples, láminas de 4x2 a 18x7.5 cms ovado-lanceoladas a ovado-elípticas, con el margen entero, ápice agudo a notablemente acuminado, especialmente en las hojas jóvenes. Base obtusa hasta aguda, verdes oscuras y brillantes en el haz, verdes grisáceas y blanquizas en el envés, por la presencia de numerosas escamas blancas entre el tejido de las nervaduras, glabras en ambas superficies, peciolo de 2 a 12 milímetros de largo, glabros (35).

Flores:

Especie monoica. Flores en cabezuelas axilares de un centímetro de diámetro, pedúnculos de 1 a 5 milímetros de largo, glabros, cada cabezuela verdosa consiste en muchas flores masculinas y una sola flor femenina, la superficie de la cabezuela está cubierta por numerosas escamas peltadas persistentes en el fruto, las flores masculinas consisten en un perianto rudimentario y un solo estambre de 1.5 a 2 milímetros de largo, con la antera parda y peltada; la flor femenina está hundida en la cabezuela, con

el estilo exerto y está formado por un perianto hinchado de un milímetro de largo, unido con el ovario y rodeando intimamente el estilo. Ovario ínfero con un solo lóculo, uniovular. Estilo de 2 a 3 milímetros de largo, proyectándose fuera del receptáculo, terminando en dos lóbulos estigmáticos recurvados. (35)

Frutos:

Son de color verde-amarillento o anaranjado. Rayas de 2 a 2.5 centímetros de diámetro, con pericarpio carnoso, cubiertos en la superficie por numerosas escamas blancas (35).

La pulpa del fruto es comestible, de color y sabor dulce. Los frutos maduran de marzo a mayo (35).

Semilla:

Su diámetro es de aproximadamente 1.2 centímetros, cubierta con una testa papirácea amarillenta (35), con los cotiledones montados uno sobre el otro (55).

C. PRODUCCION:

Según la literatura (55), se estima la producción siguiente:

a) semilla: 118.56kg/árbol, b) follaje: 140.28 kg. de follaje verde/árbol; c) látex: 4.3 litros/árbol, d) madera: 176m³/ha. La determinación de frecuencia de Brosimum en áreas con y sin estructuras precolombinas (ruinas), reportan que el porcentaje y la frecuencia de Brosimum es siempre mayor alrededor de las ruinas, ya que en el departamento de El Petén, en forma general, se encontró de 4 a 16 árboles/ha., lo que equivale del 18.37 al 37.35% del total de los árboles presentes, mientras que en áreas sin ruinas, la

presencia de Brosimum osciló entre 1 y 11 árboles por hectárea, lo que equivale a 16.9% y 21.22% del total de los árboles presentes (55).

La altura promedio del Brosimum, es de 24.98 mts., ocupa el estrato dominante, su diámetro, a la altura del pecho, oscila principalmente entre 0.5 a 0.8 m dando un área basal por hectárea de 22.81 m², lo que equivale al 49.67% de cobertura relativa. Su frecuencia es de 97 árboles/ha, lo que equivale al 29.29% de densidad relativa, más una frecuencia relativa de 8.57% dan un valor de importancia al Brosimum de 87.57% para los sitios hasta ahora estudiados (6, 55).

El haberse practicado el cultivo del ramón en huertos, ha presentado ventajas altamente significativas respecto al cultivo de maíz, basado en agricultura de roza, aunque el maíz se hubiese asociado con otras especies también anuales de importancia económica. La primera ventaja del ramón, tuvo que haber sido su producción superior por hectárea. Recogiendo frutos de un sólo árbol en Tikal, se obtuvieron 32.6 Kilos de semilla; y un árbol mediano puede producir hasta 75 kilos de semilla. En bosques densos se pueden estimar hasta 250 árboles por hectárea, aunque una plantación con amplio espaciamiento puede tener de 100 a 125 donde se asocien al ramón otras plantas alimenticias, y/o de otra importancia agrosocioeconómica. Estudiado durante tres años, un ramonal natural de Tikal produjo el promedio de 1,762 kilos, y el máximo de 2,616 kilos por hectárea y por año (54,55).

La cosecha del ramón puede hacerse sin más esfuerzo que

recoger la fruta caída al suelo. Invirtiendo 8 horas diarias, en ocho días, una mujer con dos o tres niños puede recoger 1360 kilos, que se necesitan para el sustento básico de una familia durante un año completo (55). El ramón también debe ser sembrado y habitualmente esto implica quemar, sembrar y limpiar (55).

D. VALOR NUTRICIONAL:

Como en el caso de los tubérculos, la alta productividad sin alto valor nutritivo, no favorece un producto básico para la dieta. Por ésta razón es importante examinar los aspectos nutritivos de la fruta y semilla del ramón (70). Se han realizado varios estudios sobre las propiedades nutricionales del ramón, uno de ellos (Leung, 1961), contiene varios aspectos muy interesantes. Primero, la semilla contiene 363 calorías en 100 g, lo cual es un valor tan alto como el maíz y mayor que el del frijol, y que el de los tubérculos.

La semilla del ramón contienen de 11.4% a 13.4% de proteína, comparado con 9.4% para el maíz. El ramón se compara favorablemente con el maíz, frijol, calabaza, y productos de raíz o tubérculos, en términos de su contenido de hierro, vitamina A, riboflavina, niacina y ácido ascórbico, con mayor cantidad de algunos de éstos elementos nutritivos (63).

La semilla del ramón contiene muy poca agua: únicamente 6.5%. Esto puede explicar la adaptabilidad de la fruta al peligro de que la semilla se pudiera enmohecer antes de nacer o una vez caída sobre el suelo húmedo de la selva (70).

Bressani (15), nos señala en estudios realizados en el fruto completo, el contenido de proteína cruda en un 12.3%, una humedad de 8% y cenizas en un 15.5% entre otros componentes analizados.

Investigaciones sobre estudios más recientes señalan la importancia de realizar determinaciones en el contenido graso de dicha especie; así como también determinar la posible utilización de la semilla en la dieta alimenticia humana (70).

En otros trabajos reportados, se compara el contenido de aminoácidos del Brosimum alicastrum con los del huevo, leche, sorgo, maíz y trigo. Es interesante señalar que la proteína de la semilla del ramón contiene una cantidad importante de triptofano, uno de los aminoácidos más deficientes en las dietas a base de maíz (52).

Diversas instituciones y en distintas épocas, han realizado análisis tanto sobre la composición proximal, como sobre las características químicas para las hojas, fruto y semilla del ramón (Brosimum alicastrum). Los resultados de estos estudios muestran gran variabilidad en cuanto a su composición química, pero, permiten ver la importancia de esta especie (50). Otros investigadores (citados por Pardo-Tejeda (63)), han analizado también el contenido de aminoácidos en la misma. E. Acevedo y R. Cuevas (comunicación personal), informan también los resultados de este parámetro en la especie Brosimum antes mencionada.

En los cuadros siguientes se presentan las informaciones indicadas.

TABLA No.2

COMPOSICION QUIMICA DEL FRUTO DEL ARBOL BROSIMUM.
(Fruto Completo = Almendra + Cáscara)*.

COMPOSICION	
	(%)
Humedad	8.0
Proteína Cruda	12.3
Fibra Cruda	27.3
Extracto Etéreo	3.1
Cenizas	15.5
F.N.D	58.7
F.A.D	8.2
Hemicelulosa	50.5
Celulosa	5.8
Lignina	2.4
D.in U. Mat.Seca.	97.6

* = Referencia No.15

F.N.D. = Fibra Neutro Detergente.

F.A.D. = Fibra Acido Detergente.

en América Latina,
1961.

CENTRO DE INVEST. Y ASISTENCIA TECNOLÓG. DEL EDO. DE OAXACA A. O. 1975

SEMILLA	359.36	4.1	3.6	TRAZAS	13.3	5.3	73.7
---------	--------	-----	-----	--------	------	-----	------

SOUSA, NOVELLO N, Plantas alimenticias y plantas de condimento que viven en Yucatán. Inst. Téc. Agr. Henequenero, 1950

SEMILLA FRESCA	-	47.8	1.8	0.48	7.50	2.33	40.04	113	84	2.09	0.15	0.25	0.11	0.60	8.77	14.37
----------------	---	------	-----	------	------	------	-------	-----	----	------	------	------	------	------	------	-------

OLIVINO MARIO. Plantas Forrajeras Tropicales y Sub-tropicales. Ediciones Agrícolas Trucco, México D.F. 1952.

SEMILLA FRESCA	386.08	57.5	1.4	1.22	5.93	2.35	31.40
----------------	--------	------	-----	------	------	------	-------

INFERR, LABORATORIO CENTRAL, 1977

SEMILLA FRESCA	-	52.12	3.22	0.77	11.61	4.33
----------------	---	-------	------	------	-------	------

SOUSA-NOVELLO, N. Plantas alimenticias y plantas semilla condimento que viven en Yucatán. Inst. Téc. Agr. Henequenero. 1950.

SEMILLA FRESCA	-	6.5	4.4	1.59	13.40	6.17	67.94	211	142	4.57	0.17	0.03	0.14	2.11	91.0	14.33
----------------	---	-----	-----	------	-------	------	-------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	-------

INPI-México. 1976

SEMILLA SECA	-	4.60	3.84	0.86	9.95
--------------	---	------	------	------	------

INSTITUTO DE PATOLOGIA ANIMAL, San Rafael, Ver. 1976.

SEMILLA DESHIDRATADA	-	12.17	4.21	2.02	10.22	8.90	62.48
----------------------	---	-------	------	------	-------	------	-------

SAG. LABORATORIO DE PATOLOGIA ANIMAL, San Rafael, Ver. 1974.

SEMILLA FRESCA	59.93	2.80	0.93	5.36	3.91	27.07
----------------	-------	------	------	------	------	-------

AGUILAR, J.I. Pelación de unos apocosis de la flora veetal de Guatemala. 1964.

PULPA FRESCA	54.53	3.53	2.12	7.48	8.26	24.18
--------------	-------	------	------	------	------	-------

TABLA No.3

ANALISIS PROXIMAL DE LA SEMILLA DE
BROSIMUM ALICASTRUM *.

Muestra	Humedad residual %	Extracto etereo %	Fibra cruda %	Nitrogeno %	Proteina N x 6.25 %	Cenizas %
Semilla verde	6.22	2.52	3.94	1.423	8.9	4.20
Semilla madura	5.91	2.76	4.02	1.378	8.6	4.11
Semilla recogida	9.38	2.43	4.00	1.239	7.7	3.94

(*)= E.Acevedo y R.Cuevas. Comunicación personal.
INCAP. Guatemala, 1987.

TABLA No.4

CONTENIDO DE AMINOACIDOS DE LA PROTEINA DE LA
SEMILLA DE BROSIMUM ALICASTRUM. (*).

AMINOACIDOS	g %	gAA/16gN	mgAA/gN
Lisina	0.2	1.8	114
Histidina	0.1	0.6	36
Arginina	0.2	2.6	160
Ac. Aspártico	0.7	7.9	494
Treonina	0.1	1.5	97
Serina	0.2	2.2	138
Ac. Glutámico	0.5	5.0	315
Prolina	0.2	2.6	163
Glicina	0.2	2.6	164
Alanina	0.2	2.5	157
Valina	0.3	2.7	171
Metionina	-	-	-
Isoleucina	0.1	1.2	73
Leucina	0.3	3.4	211
Tirosina	0.3	2.9	181
Fenilalanina	0.2	2.6	161
Cistina	-	-	-
Triptofano	-	-	-

(*) = E.Acevedo y R.Cuevas. Comunicación Personal.
INCAP. Guatemala, 1987.

TABLA No. 5

CONTENIDO DE AMINOACIDOS DE LA PROTEINA DE LA SEMILLA DE
BROSIMUM ALICASTRUM

Aminocidos	PORCENTAJE			
	A ¹	B ²	C	D ²
Leucina	9.2	10.4	5.8	8.8
Valina	8.2	9.7	5.1	3.3
Arginina	7.8	5.1	4.9	4.0
Isoleucina	4.8	3.3	3.0	3.0
Fenilalanina	4.0	4.0	2.5	4.4
Lisina	3.7	2.3	2.3	4.0
Treonina	3.3	2.4	2.1	8.8
Triptofano	2.3	2.3	1.4	1.2
Histidina	1.3	1.0	0.8	2.8
Metionina	0.5	0.7	0.3	Trazas
Acido aspártico	-	15.3	-	22.6
Prolina	-	6.7	-	14.2
Cistina	-	9.9	-	-
Acido glutámico	-	4.6	-	7.2
Serina	-	2.9	-	6.3
Glicina	-	2.3	-	4.0
Tirosina	-	3.7	-	2.8
Alanina	-	2.5	-	2.8

A Massieu *et al.*, 1950.

B INPI - México, 1976.

C FAO - ONU, 1970.

D ABL, 1976.

Nota: Para hacer las comparaciones se transformaron los resultados de B, C y D.

1 Semillas de Michoacán, México

2 Semillas de Veracruz, México

Tomado de: Pardo-Tejeda. (Ref. No. 63).

E. USOS:

El ramón es un árbol con características muy valiosas, pero por la carencia de información se ha desaprovechado su valor potencial. Las investigaciones antropológicas señalan que fue uno de los medios principales de subsistencia de los antiguos Mayas y hace ya varios años, la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, lo ha considerado como una de las plantas subexplotadas de mayor potencialidad económica (citado por Lambert (49)).

Como este recurso es abundante en forma silvestre, podría ser aprovechado de inmediato y sin grandes inversiones, teniendo las siguientes ventajas: a) no hay necesidad de cultivarlo y, consecuentemente, no hay erogaciones al cuidarlo, por posibles tratamientos, o por pérdidas imprevistas debido a condiciones climatológicas adversas; b) no se necesita mano de obra calificada para procurar este recurso; y c) la recolección y manejo de la semilla proporcionaría una nueva fuente de ingreso, ofreciendo otra alternativa para el sustento de los campesinos (52).

Un posible plan de manejo del ramón, puede ser utilizarlo como alimento en forma directa o indirecta del hombre. Directamente mediante la inclusión de las semillas en la dieta de la población, e indirectamente mediante la realización de proyectos de alimentación y desarrollo de animales (18).

Este árbol es una de las pocas especies tropicales de las que se pueden utilizar todas sus partes, por lo que posee una gran potencialidad económica (52).

El látex se ha empleado como sustituto de la leche, por tener un gusto y apariencia muy semejante a ésta y es soluble en agua. Las semillas gustan un poco como las papas y son comidas crudas, hervidas y tostadas. Tostadas y molidas, sustituyen el café. Las semillas hervidas y secadas se mezclan con masa de maíz para hacer tortillas (52).

La pulpa de esta fruta es comestible, y las semillas cocidas son nutritivas, por lo que son comidas solas, como papas, en tortillas, pan, miel, y han sido un sustituto del maíz, cuando éste se ha escaseado (62, 67). En otros casos, es hervida en jarabe o cocida en forma de dulce. Existe la creencia en Yucatán, que si una nodriza consume las semillas de éste fruto se incrementa su producción de leche (62, 67).

Sus semillas jugaron un papel importante en la dieta de la civilización maya, y han sido sustituto del maíz, cuando éste se ha escaseado, utilizándose en la preparación de tortillas con cenizas en lugar de cal, en la elaboración de atoles con leche, y semilla molida y mezclada con Ocra (Hibiscus esculentus), para bebidas.

(a/, b/).

a/. Lepe, J.A. (Comunicación personal). Flores, Petén.

Guatemala. 1991.

b/. Méndez Fco. y Guerra E. de. (Comunicación personal).

Uxactun, Petén. Guatemala. 1991.

Además, se encuentra en la literatura que es un importante recurso forrajero en la Península de Yucatán, Guatemala y Belice (78). También en Cuba y Jamaica (75).

Ramírez y Shimada (71), en experimentos realizados en nutrición animal, indicaron que el ramón (B. alicastrum) presenta una alta cantidad y calidad de follaje, en comparación con los pastos comunes y es altamente aceptado por el ganado vacuno.

Otros estudios realizados por Lozano, Avila y Shimada (52) con la semilla de ramón, indican que puede ser un sustituto parcial del sorgo en dietas para aves y cerdos, ya que la energía metabolizable es probablemente inferior a la aportada por el sorgo.

Pardo-Tejeda y et al. (63), señalan los resultados de dos experimentos en alimentación animal. El primero en dietas para pollos, consistentes en una mezcla de soya, minerales y vitaminas, suplementadas con sorgo, semilla de ramón o una mezcla de ambos. Los resultados de este experimento, en niveles más bajos de sustitución, por ejemplo el de la mezcla al 50% de sorgo y ramón, sugiere que las semillas de ramón podrían servir como sustituto parcial en la alimentación de pollos (63).

En el segundo experimento, se evaluó el valor nutritivo de las semillas de ramón en la alimentación de cerdos. En este se concluyó también, en la posibilidad de usar las semillas de ramón como un sustituto parcial del sorgo en la alimentación de cerdos (63). Por lo que desde hace mucho tiempo, se conocen las propiedades forrajeras de esta semilla, así como su calidad nutritiva tanto para el hombre como para el ganado (63).

III. JUSTIFICACION

Ante la escasez de alimentos, debido a la baja producción de los mismos y al aumento de la población, se hace necesario aumentar esfuerzos para encontrar nuevas fuentes alimenticias y de materias primas que, si no pueden llegar a sustituir las ya tradicionales, por lo menos complementen las deficiencias de estas, haciendo posible reconsiderar la utilización de algunos recursos que en la antigüedad fueron muy apreciados.

El árbol de la especie alicastrum del género Brosimum, ofrece alternativas diversas tanto como recurso forrajero, así como también para el consumo humano.

El presente estudio ayudaría en la identificación de alimentos de adecuado valor nutricional (en cuanto a proteína y carbohidratos,); a la vez que reivindicaría a los árboles del género Brosimum como un recurso agrícola importante .

Por otra parte, este estudio es complemento de otro, que comprendió los aspectos agronómicos del Brosimum, para abrir así una vieja brecha en la cultura alimenticia de Centroamérica: el uso del Brosimum, para colocarlo en un lugar importante como el maíz y el frijol en la dieta diaria.

Razones éstas que hacen necesaria su evaluación en diferentes aspectos básicos, como conocer sus principales características nutricionales y hacerlas potencialmente aprovechables, a través de tecnologías de procesamiento.

(4. HIPOTESIS

La caracterización química y funcional de la harina de semilla de Brosimum permite establecer el uso potencial de esta especie.

A. MATERIALES:

1. MATERIAS PRIMAS:

1.1 Brosimum alicastrum:

De acuerdo con Standley y Steyermark (78), en Guatemala se encuentran distintas especies de Brosimum. Para realizar este estudio se escogió al Brosimum alicastrum, el cual fue recolectado en El Petén, departamento de Guatemala, localizado a unos 530 kms de distancia de la Ciudad de Guatemala, a una altura desde los 300 M.S.N.M. a menos de 1000 M.S.N.M. (54).

Se recolectaron 5 quintales de semilla de la especie antes mencionada, en sacos de brin (mezclando muestras de diferentes árboles seleccionados al azar). Tres días después de recolectarse dichas semillas, se trasladaron por vía aérea, desde El Petén a la ciudad de Guatemala, para sus estudios en el INCAP, en donde se almacenaron a 4°C hasta su utilización.

1.2 Maíz (Zea mays): Se utilizó Maíz blanco comprado en el mercado local.

2. EQUIPOS PARA ANALISIS:

2.1 Secador de Bandejas: Para facilitar el posterior descascarado, la muestra traída de El Petén se secó a 60°C en un secador de gabinetes y bandejas con mallas, con aire caliente a contra corriente.

2.2 Pulidora. Para descascarar la semilla del Brosimum, se usó un molino pulidor de 8 discos marca MENG con capacidad de 6 Kg, activado por un motor eléctrico de 3 Hp y 1730 rpm.

2.3 Molino de Martillos. La muestra descascarada se molió en un molino de martillos con capacidad de 2 a 4 Kg/min accionado por un motor eléctrico, modelo No.82 Marca Raymond Screen Mill. El aparato consta de un alimentador de tornillo sin fin accionado por un motor Dumor de 0.07 Hp y 104 rpm; el motor que acciona los martillos es de 2 Hp y el tamiz del molino utilizado fue de 45 mesh, y abertura de 1.25 mm, Marca Raymond Screen Mill.

2.4 Autoclave. Se utilizó un autoclave para cocer la semilla de la especie de Brosimum estudiada, a una presión de 15 lbs/pulg² y a una temperatura de 121°C. Se estudiaron dos tiempos diferentes de cocción, los cuales fueron de 15 y 20 minutos.

2.5 Estufa. Se utilizó una estufa eléctrica de 4 hornillas marca Westinghouse, para cocer la semilla a una temperatura de cocción de 95°C. Se estudiaron también dos tiempos de 20 y 25 minutos.

2.6 Tostador. Se utilizó un tostador de tambor horizontal de 77 cm. de longitud y 44 cm. de diámetro, calentado con quemadores de gas indirecto, con motor de 3/4 Hp. y 26 rpm. La muestra (3 Kg. de semilla descascarada) se tostó por dos tiempos diferentes: de 20 y 25 minutos, a una temperatura de 175°C.

2.7 Tamices. Se usaron tamices de 60 mesh, U.S. Standard Sieve Series, apertura de 0.0098 pulgadas, para la preparación del material crudo descascarado y molido previamente a 45 mesh. Este material, se molió a 60 mesh, para no tenerse que volver a tamizar.

2.8 Secador. La semilla obtenida por los procesos de cocción a presión (autoclave) y cocción atmosférica (estufa), fue secada en un secador de aire forzado con control de temperatura (60°C).

3.0 MATERIAL BIOLÓGICO: Se realizaron dos pruebas biológicas constituidas por ensayos de NPR (Razón Proteínica Neta). Para cada dieta experimental se utilizaron 8 grupos de ratas blancas, 4 machos y 4 hembras, raza Wistar de 21 días de nacidas, obtenidas de la colonia del bioterio, INCAP, ofreciéndoles las dietas y el agua ad libitum. Se utilizaron para tal fin, estanterías con jaulas conteniendo bebederos y comederos para cada rata.

El cambio en peso e ingesta de alimento se registraron semanalmente durante cada estudio biológico, cuya duración total fue de 14 días.

B. METODOS.

El estudio se realizó en diferentes fases siguiendo la secuencia expuesta a continuación.

FASE I. CARACTERIZACION FISICA DE LA SEMILLA.

Se evaluó físicamente la semilla, para lo cual se tomaron 35 semillas de cada lote, de un total de 11 sacos conteniendo semillas maduras, y se evaluaron en cuanto a peso y tamaño. También se tomaron 305 semillas, para evaluar peso y color de cada lote.

Se evaluó la semilla de la especie Brosimum, en base a, peso (que se evaluó con el promedio de las 35 semillas), color (cuya determinación se realizó en forma visual), y tamaño (cuya forma

ovalada se midió en centímetros, tanto en largo, como en ancho). Para el peso, se asumió una variabilidad entre semillas no mayor de 3.0 mcg. a un alfa (α) de 0.05 con un límite de error no mayor de 1 mcg. Debido a que sólo interesaba la variabilidad entre las semillas recolectadas de cada árbol, y basados en la consideración anterior, se empleó la Tabla No.A-6 de Neter y Wasserman (60), y se determinó necesario tomar un total de 35 semillas, para evaluar tanto el peso como el tamaño de las mismas. También fue necesario tomar un total de 385 semillas para evaluar el color, de las semillas contenidas en los 11 sacos de brin, utilizados para su transporte.

El Cuadro No.1 resume las características antes mencionadas.

FASE II. PREPARACION, PROCESAMIENTO Y CARACTERIZACION QUIMICA Y FUNCIONAL DE LA SEMILLA.

1. DESCASCARADO DE LA MUESTRA:

La muestra traída de El Petén en diferentes costales de brin, fue homogenizada y secada por un día a 60°C en un secador de bandejas. Después se procedió a descascararla en la pulidora. La cantidad utilizada para alimentación del equipo fue de 6.0 Kg, con un tiempo de descascarado de 16 min. Luego, se procedió a separar la cáscara de la semilla entera y/o partida, utilizando un tamiz apropiado.

Se hicieron tres repeticiones y se midió el peso de la semilla antes y después de ser descascarada, para obtener el rendimiento de

la operación.

La Figura No.2 muestra el diagrama de flujo de este proceso.

2. MOLIENDA DE LA MUESTRA CRUDA:

La muestra cruda descascarada se fraccionó en dos diferentes partes, tomándose una parte para procesamiento y otra se utilizó para molerse en un molino de martillos a 45 mesh.

La harina molida, a su vez, fue fraccionada en dos partes iguales subdivididas como:

a = Harina molida a 45 mesh, a fin de acondicionar la semilla para su posterior caracterización química.

b = Debido a que la harina molida a 45 mesh presentó una granulometría mayor, se hizo necesario fraccionar una parte de la misma y molerla posteriormente a 60 mesh. Esta harina fue evaluada también químicamente, y se comparó con la muestra a, para establecer de esta forma una comparación entre ambas harinas con diferentes granulometrías.

De esta última muestra b, se obtuvo también una fracción de harina que quedó en la superficie del tamiz, constituyendo así la muestra c. Esta harina también se analizó químicamente y se comparó con las muestras anteriormente indicadas.

El Cuadro No.3 muestra los resultados de estos análisis.

Posteriormente, la muestra descascarada no molida, se sometió a tres procesos térmicos diferentes: cocción a presión atmosférica, cocción bajo presión (autoclave) y tostado. De cada uno de ellos se

obtuvieron harinas, que más tarde fueron analizadas química y nutricionalmente.

3. COCCION A PRESION ATMOSFERICA, DE LA MUESTRA DESCASCARADA NO MOLIDA:

Para este proceso, se emplearon dos tiempos de cocción de 20 y 25 minutos de ebullición, tomándose una muestra de 3.5 Kg de semilla descascarada para cada uno de estos tiempos y manteniéndose una relación agua-semilla 3:1. Se hizo así, para emular la forma de cocción tal y como se encontró en conversaciones sostenidas con habitantes de el Departamento de El Petén, Guatemala.

La muestra cocida se secó en un horno de convección a 60°C por 8 horas. Una vez secas las semillas, fueron molidas en un molino de martillos a 60 mesh. Se analizó la harina obtenida, química, funcional y nutricionalmente.

En la Figura No.3 se muestra el esquema general de dicho proceso.

4. COCCION BAJO PRESION (AUTOCLAVE), DE LA MUESTRA DESCASCARADA NO MOLIDA:

La semilla se descascaró tal y como se indicó anteriormente; se utilizó en dos partes iguales de 3.5 Kg para procesarla por cocción a presión (autoclave) a dos tiempos de 15 y 20 min, que se comenzaron a contar a partir de que la muestra, colocada en el autoclave, alcanzó una presión de 15 psi. y una temperatura de 121°C. Se estableció mantener estos tiempos, diferentes a los demás procesos, debido a que si se mantenía la muestra por 25 min, bajo

presión, y a esa temperatura, la semilla se cocería al punto de producirse pérdidas en el rendimiento de la misma, procesada de esta forma. Se mantuvo una relación agua-semilla 3:1, hasta que pasado el tiempo del proceso, se decantó el agua.

Luego, se secó esta semilla cocida en un horno de convección a 60°C, por 10 horas. Al cabo de este tiempo, la semilla seca se molió en un molino de martillos a 60 mesh. Las harinas obtenidas se evaluaron química, funcional y nutricionalmente.

El esquema de este proceso se indica en la Figura No.4.

5. TOSTADO DE LA MUESTRA DESCASCARADA NO MOLIDA:

Se tomaron 3 Kg de semilla descascarada y se sometieron las mismas a dos tiempos de tostación, de 20 y 25 min. Debido a la cantidad de material que se procesó y a los tiempos de cocción, se establecieron las condiciones del proceso de 175°C y 7 rpm.

La semilla tostada fue molida en molino de martillos a 60 mesh. Las harinas así obtenidas, fueron usadas para su posterior evaluación química, funcional y nutricional.

El esquema de preparación se muestra en la Figura No.5.

6. CARACTERIZACION QUIMICA:

Las harinas obtenidas, tanto cruda como cocidas, fueron evaluadas en base a los siguientes análisis:

6.1 Análisis Proximal. Se realizó un análisis proximal siguiendo la metodología descrita por la AOAC (8).

6.2 Fibra Dietética. Se determinó mediante el método referido por Asp. et al. (7).

6.3 Energía. Se utilizó la calorimetría directa, por medio de un calorímetro balístico marca Gallenkamp.

6.4 Lisina Disponible. Fue determinada mediante el método del Haranja Acido 12 según Hurrell et al. (42).

6.5 Triptofano. Se determinó por el método descrito por Hernández y Bates. (40).

6.6 Azúcares Totales. Se determinaron colorimétricamente utilizando el método con Fenol-Acido Sulfúrico, previa extracción con etanol al 65% descrita por Dubois et al. (24).

6.7 Nitrógeno No-Proteico (NNP). Se determinó utilizando Acido Tricloro Acético al 12%, por el método descrito por Christianson (19) y Deshpande (23). Con esta determinación se pudo obtener el contenido de proteína verdadera en las muestras analizadas.

Todos los aminoácidos no pudieron ser analizados, por encontrarse fuera de servicio el equipo destinado para este fin.

7. PRUEBAS FUNCIONALES:

7.1 Índice de Absorción de Agua (WAI). Se determinó según el método descrito por Anderson et al. (5).

7.2 Solubilidad de Agua (WSI). Se utilizó para su determinación el método descrito por Anderson et al. (5).

7.3 Absorción de Grasas. Se empleó el procedimiento descrito por Lin y Humbert (51).

7.4 Nitrógeno Soluble. La solubilidad de la proteína se determinó como nitrógeno soluble en NaOH, por el método de Betschart (11).

7.5 Viscosidad. Fue determinada usando un viscosímetro Brookfield (Massachusetts, USA), modelo RVT, Serie 274189, torque máximo 7107 dina-cm. Se usaron porcentajes de sólidos suspendidos en agua desde 10% hasta 16%. La muestra se homogenizó en una licuadora de cocina de dos velocidades por 1 min y se dejó ebulir por 5 min a una temperatura de $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Luego se enfriaron dichas muestras, hasta alcanzar $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$ de temperatura. En estas condiciones, se determinó la viscosidad por medio de la lectura del viscosímetro, la cual varió a diferentes velocidades de giro del spindle entre 100, 50, 20, 10, 5, 2.5, 1.0, y 0.5 rpm. Se utilizaron mayormente agujas No.1 y 2, según la concentración de cada muestra analizada.

FASE III. EVALUACION NUTRICIONAL:

1. RAZON PROTEINICA NETA (NPR).

Se llevó a cabo un ensayo biológico, que consistió en evaluar si había diferencias nutricionales entre las harinas de cada proceso, y en establecer cuál harina era nutricionalmente mejor. Pero debido a que las harinas de los procesos presentaron valores bajos en proteína, fue necesario que a las dietas que se hicieron utilizando harina de semilla de Brosimum procesado, se les agregara 5% de caseína, para establecer una relación isoprotéica estandar para todos los procesos.

Además se suplementaron estas dietas con minerales, vitaminas y fuente de energía, a fin de proporcionar los nutrientes

requeridos, en las cantidades apropiadas, para las ratas usadas en el estudio. Los porcentajes de cada material utilizado se indican en la dieta basal presentada en el Cuadro No.9.

Paralelamente, se obtuvieron los datos de una dieta libre de nitrógeno (DLN). El experimento concluyó a los 14 días, durante los que se recolectaron semanalmente el peso de cada rata y el consumo de alimento de las mismas. Estos parámetros se tomaron en cuenta para calcular la Razón Proteínica Neta, basado en la fórmula siguiente:

$$NPR = \frac{\text{Ganancia de peso del grupo experimental (gr)} - \text{Pérdida de peso del grupo DLN (gr)}}{\text{Proteína consumida por el grupo experimental (gr)}}$$

El Cuadro No.9 describe la composición de las dietas usadas en el estudio.

2. DIGESTIBILIDAD VERDADERA.

Durante los últimos 7 días del estudio anterior se recolectaron las heces de los grupos experimentales y del grupo de la dieta DLN. Las mismas se secaron, limpiaron, pesaron y molieron y se les determinó el contenido de nitrógeno presente. Luego, se calculó la digestibilidad verdadera de la proteína empleando la fórmula:

$$Dig = \frac{I - (F - Fk)}{I}$$

En la que:

Dig = Digestibilidad verdadera.

I = Nitrógeno ingerido.

F = Nitrógeno Fecal.

Fk = Nitrógeno metabólico.

El Cuadro No.10 muestra los resultados de éste análisis.

3. DETERMINACION DE LA RELACION OPTIMA MAIZ-RAMON (Brosimum alicastrum) A TRAVES DE LA RAZON PROTEINICA NETA:

Se realizó otro estudio biológico, tomando en cuenta lo reportado en la literatura, y la información recogida en El Petén, con relación a los posibles usos del ramón mezclado con el maíz. Además, se tomó en cuenta el proceso que aportó los mejores resultados del primer análisis biológico, indicado anteriormente.

Asimismo, se evaluó el porcentaje de proteína que podría aportar el ramón tomado como proteína verdadera. Para tal fin, se tomó en cuenta la cantidad de nitrógeno total y de nitrógeno no-proteico presente en el ramón, y se estableció por diferencia, la cantidad de nitrógeno verdadero que contenía la especie estudiada. Se realizó una repetición del proceso de cocción a presión (autoclave) a 15 psi, 121°C y 20 min, y la harina obtenida se mezcló en diferentes proporciones con harina de maíz blanco.

Debido a que el Brosimum presentó niveles bajos de proteína, se realizó un ensayo de múltiples puntos, con dietas a tres niveles diferentes, que fueron 3.3% de proteína, 6.6% de proteína, y un nivel inicial indicado con la dieta libre de nitrógeno (DLN), en 0% de proteína, y de ésta forma encontrar un valor de NPR más exacto. Las cantidades agregadas del alimento estudiado, junto con la dieta basal, se describen en el Cuadro No.16.

Se recolectaron también semanalmente las informaciones sobre los

cambios en peso y el consumo de alimento de cada rata en cada dieta. La duración del experimento fue también de 14 días.

En el Cuadro No.17 se indican los resultados de este estudio.

El ensayo se evaluó a través de un análisis estadístico de regresión lineal, en el que se relacionó el cambio de peso de las ratas, con el consumo de proteína siguiendo el método propuesto por Allison (3) y por Allison y Anderson (4), según el cual la relación se ajusta a la ecuación:

$$Y = a + bX, \text{ donde}$$

X = Consumo de proteína, (determinado por el consumo de alimento).

Y = Cambio ganancia de Peso.

a = El cambio en peso de la DLN. y

b = Tasa de cambio entre ganancia ponderal de peso, y el consumo de proteína, es decir, es la Razón Proteínica Neta (NPR), obtenida por el coeficiente de regresión (Ref.3, 4 y 26).

Las harinas se combinaron para los niveles de proteína en la que cada componente aportó un mismo nivel de proteínas distribuidos de la manera siguiente:

6.6% de Proteína.

<u>Ramón</u>	<u>Maíz</u>
60	40
50	50
40	60
0	74

3.3% de Proteína.

<u>Ramón</u>	<u>Maíz</u>
20	30
25	25
30	20
0	37

Se determinó, entonces la calidad proteínica de tales mezclas, utilizando la metodología de la Razón Proteínica Neta (NPR), calculada de la forma anteriormente indicada.

4. DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA.

El cálculo de la digestibilidad se llevó a cabo luego de recolectar las heces de las dietas antes mencionadas, las cuales fueron secadas, limpiadas y pesadas. Para el cálculo de tal parámetro se utilizó la fórmula siguiente:

$$DAMS = \frac{\text{Consumo de Dieta} - \text{Peso Heces}}{\text{Consumo de Dieta}} \times 100$$

En la que:

DAMS = Digestibilidad aparente de la materia Seca.
Porque tanto a las dietas como a las heces, no se les determinó la humedad residual.

Consumo de Dieta = Consumo del alimento ingerido en la última semana.

FASE IV.- PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.

Esta etapa consistió en la tabulación, procesamiento y análisis de los datos, obtenidos de los diferentes estudios realizados en las fases descritas, en las secciones antes indicadas, como se detalla a continuación:

1. ANALISIS DE LA FASE I: CARACTERIZACION FISICA DE LA SEMILLA.

Las variables analizadas para evaluar físicamente la semilla de camón (Brosimum alicastrum), fueron peso, color y tamaño.

Los datos obtenidos del total de 35 semillas, cuando se analizaron las variables peso y tamaño, no fueron evaluados a través de análisis estadísticos, sino que se promediaron y presentaron en forma descriptiva, tal y como se indicó en el Cuadro No.1. Debido a que los mismos, no se obtuvieron por pruebas de muestreo.

Tal y como se indicó anteriormente, las 385 semillas para evaluar la variable color, fueron seleccionadas al azar dentro de los 11 sacos de brin donde estaban contenidas. Tampoco se hizo un análisis estadístico de muestreo, por lo que los resultados observados para esta variable, fueron detallados como parte constitutiva de la discusión de resultados.

2. ANALISIS DE LA FASE II: PREPARACION, PROCESAMIENTO Y CARACTERIZACION QUIMICA Y FUNCIONAL DE LA SEMILLA:

Los resultados obtenidos de los análisis realizados tanto en la muestra cruda descascarada y molida, como de la muestra descascarada, no molida, y procesada a través de cocción a presión

atmosférica, cocción a presión y tostado, que correspondieron a la caracterización química y funcional de la semilla, se analizaron por medio de un análisis descriptivo de la especie estudiada. Se utilizaron porcentajes y promedios de las diferentes variables analizadas. Por lo tanto, los datos de las variables analizadas, indicados en los cuadros anexos de resultados, son promedios de las muestras donde asumió una variabilidad de acuerdo al error del laboratorio y no de muestreo.

3. ANALISIS DE LA FASE III: EVALUACION NUTRICIONAL.

Como ya se ha especificado en las secciones anteriores, la evaluación nutricional se subdividió en dos ensayos biológicos, cuyos datos fueron analizados estadísticamente, tal y como indicamos a continuación:

3.1. Estudio Biológico No.1.

La especie estudiada se procesó en tres tratamientos diferentes de cocción a presión atmosférica, cocción bajo presión (autoclave) y tostación, a dos tiempos fijos cada uno, lo que constituyó un total de 6 tratamientos.

Con estas muestras así tratadas, se llevó a cabo un ensayo biológico, para evaluar la calidad de la proteína del material procesado, a través de la Razón Proteínica Neta (NPR) y de la Digestibilidad Verdadera de la proteína (DV).

Los resultados obtenidos se evaluaron estadísticamente mediante un análisis de varianza de una vía, con contrastes específicos entre tratamientos, para las variables de respuestas biológicas, con el

fin de evaluar efectos principales de tratamientos, tendencia en tiempos de procesos, y efectos diferenciados por los tratamientos en el tiempo.

3.2. Estudio Biológico No.2.

Para establecer un posible uso del ramón (Brosimum alicastrum) mezclado con el maíz, de acuerdo a lo reportado por la literatura, se realizó otro ensayo biológico, haciendo uso del tratamiento con el que se obtuvieron mejores resultados en el ensayo biológico No.1.

La relación óptima maíz-ramón (Brosimum alicastrum) fue evaluada a tres niveles de proteína (0, 3.3, y 6.6%), tal y como se indicó en el acápite correspondiente.

Los resultados de NPR (Razón Proteínica Neta) se evaluaron estadísticamente por medio de un modelo de regresión lineal, siguiendo la metodología descrita por Allison y Anderson (4). Se estableció la ecuación $Y = a + bX$, para lo que se relacionaron el cambio de peso y consumo de proteína; siendo el valor del NPR, la pendiente de la línea recta encontrada a través de la razón entre estas dos variables.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION.

A. FASE I. CARACTERIZACION FISICA DE LA SEMILLA.

La Figura No.1 presenta un bosquejo de las hojas y frutos del ramón (Brosimum alicastrum). Se puede observar que, tal y como indica la literatura, las hojas son simples y elípticas, y sus frutos están cubiertos por escamas (35).

El peso y tamaño del Ramón (Brosimum alicastrum) se presentan en el Cuadro No.1. Como se indica, se incluye el porcentaje de cada fracción, es decir, el fruto, la semilla y la cáscara para un tamaño de muestra de 35 semillas, cuando se evaluó el peso y tamaño, y de 385 semillas para analizar el color. Los datos son estimadores de las observaciones que al respecto se encuentran en la literatura, donde se reportan frutos de un tamaño de 2 cm de diámetro (35), y peso de 3.92 g (15). En este estudio, se obtuvo un tamaño promedio de 2.16 cm de largo con variación de ± 0.20 , por 1.98 cm ± 0.07 de ancho, para el fruto completo, así como un peso de 2.73 g con variación de ± 0.43 g.

En cuanto a la semilla y la cáscara, los resultados para el peso, fueron de 1.72 g ± 0.06 g y 1.01 g ± 0.05 g. Es importante indicar el contenido de humedad escaso (Cuadro No.3), ya que el peso está relacionado con el contenido de agua que tiene el material analizado (25).

Existe también relación entre el peso y la composición química presente en el material vegetal (25).

Con respecto al tamaño, los resultados para estas fracciones fueron de 1.41 cm con variación de ± 0.17 cm de largo, por 1.51 cm ± 0.23 cm de ancho, para el caso de la almendra; y de 0.70 cm con variación de 0.27 cm de largo, por 0.40 cm ± 0.20 cm de ancho, para la cáscara. Este resultado concuerda con lo reportado en la literatura, de que la semilla, cubierta por una testa papirácea amarillenta, tiene un diámetro aproximado de 1.2 cm (55,70).

Hubo variación dentro del grupo de semillas estudiadas por cada lote. Esto podría ser debido a que el tamaño de la planta, varía dentro de una misma especie vegetal, lo que muchas veces depende del suelo, de la época de la cosecha y del grado de maduración. Esto, a su vez, influye en el marchitamiento del fruto y en el grado de turgencia en los tejidos vegetales que lo componen (25).

El grado de maduración y por consiguiente el marchitamiento o no del material vegetal, influyen también en otro aspecto físico, como lo es el color. En este caso, para los 385 frutos estudiados, se encontraron diferentes variaciones en el color, que oscilaban desde amarillo pálido, amarillo oscuro, verde, verde oscuro, marrón claro, hasta marrón oscuro en la cáscara. En el caso de las semillas, el color predominante fue el marrón, siendo más claro en algunas semillas que en otras, quizás debido al grado de madurez en la semilla recolectada, que en este caso, fue de forma silvestre. Se encontraron algunas de color igual al expresado en la literatura (35). Es bueno hacer notar, que los organismos vegetales son estructuras vivas, cuya composición y calidad se encuentran sujetos

a cambios provocados por la continuidad metabólica (25).

Además, es importante señalar que algunos factores como la luz, el tiempo de estación y la temperatura influyen muy directamente en el color, y constitución física general, de los productos de origen vegetal (46).

B. FASE II. PREPARACION, PROCESAMIENTO Y CARACTERIZACION QUIMICA Y FUNCIONAL DE LA SEMILLA.

1. PREPARACION DE LA MUESTRA.

El esquema de los procesos que se realizaron para acondicionar previamente la muestra para su caracterización química y funcional, se presentan en las Figuras 2, 3 4 y 5. En el Cuadro No.2, se encuentran también los resultados del proceso de descascarado. Como se aprecia, la semilla cruda fue fraccionada en diferentes partes, obteniéndose un rendimiento de 93% con variación de 2.06 a 45 mesh, lo que indica que con esta operación se pudo acondicionar la semilla, de la que una parte fue luego tamizada con un tamiz de 60 mesh, obteniéndose un 63.55% de rendimiento. Con la porción que quedó sin pasar por el tamiz se obtuvo un resultado de 31.97% . Aunque no se pretendía optimizar el proceso de descascarado, sino solamente acondicionar la semilla, para analizarla tanto en forma cruda como procesada, es bueno aclarar que en el descascarado hay factores que afectan esta operación. Por ejemplo, la cantidad de material con que se alimenta el aparato, lo que a su vez puede estar influido, por factores propios del material, como el tamaño de la semilla (46), y la humedad inicial que ésta tenga al inicio

de la operación. Es decir, hay factores físicos que están presentes y que es necesario tomar en cuenta en el procesamiento.

Para el caso en que por ejemplo, se obtuvo un 31.97% de muestra, que luego de descascarada, quedó como parte residual de la muestra molida y tamizada a 60 mesh; es posible que el tamaño de la partícula influyera en éste resultado.

Aunque previo a la molienda, la muestra descascarada fue pasada por una malla, para homogenizar el total de semilla obtenida, siempre hay factores genéticos, de producción y de manejo que afectan la manipulación y el rendimiento óptimo, tanto de la molienda y tamizado como de la operación de descascarado en sí.

En el Cuadro No.3 se reportan los resultados del análisis proximal de la muestra cruda, preparada según las condiciones anteriormente indicadas. Como se observa, entre los macrocomponentes que más importancia revisten están los carbohidratos. Los resultados de 72.80% para la muestra A, de 73.40% para la B, y de 72.09% para la C, concuerdan con lo reportado en la literatura (63,70). Otros investigadores, como se indica en las tablas de composición química, presentadas en los antecedentes de este trabajo, reportan valores de 73.7%, lo que no dista mucho del rango de los datos reportados en este trabajo.

Otro de los componentes que vale la pena mencionar es la proteína. En el Cuadro No.3 se encuentra también esta información. Según se indica, los resultados de 7.60% y 7.66% para las muestras A y B respectivamente, y de 8.22% en la C, difieren con lo que algunos investigadores han encontrado para la especie analizada. Es

decir, se han reportado valores hasta de un 12% de proteína (63). A pesar de estas diferencias, los resultados que se obtuvieron también se comparan con los de otros autores, cuyos valores se encuentran recopilados en las tablas de la revisión de literatura, sobre éste y otros análisis químicos. Según se ve en esas investigaciones, los rangos dentro de los cuales se reportan los porcentajes de proteína, van desde un 10% hasta un 16% de proteína. En otras informaciones encontradas, los resultados de proteína para la semilla cruda concuerdan con los resultados de este estudio (70 y Tabla No.3 de antecedentes).

El contenido de grasa como se observa también en el Cuadro No.3, no presentó un alto porcentaje. Los resultados obtenidos entre 1.07% y 1.18% concuerdan con lo referido en la literatura, de que para esta especie la cantidad de grasa casi nunca excede de un 5% (70). Estos resultados, concuerdan también con los presentados en las Tablas No.1, 2 y 3 de la revisión de literatura, donde se observa, que la cantidad de este componente es variada, encontrándose en algunos casos 3.1%, en otros 2.43%, así como 0.78%, y hasta trazas de grasa en la especie investigada.

El ramón posee un alto contenido calórico (63), y los resultados mostrados en el Cuadro No.3 corroboran esta información. En el mismo se reportan, 3.81 Kcal/g. para la muestra A, así como 4.16 Kcal/g. y 3.87 Kcal/g. para las muestras B y C. En la Tabla No.1 de los antecedentes, se reportan valores desde 3.59 Kcal/g, hasta de 3.86 Kcal/g, lo que concuerda con los resultados antes mencionados. Es importante señalar, que tal y como se expresó en la

metodología, dicho parámetro se determinó mediante un análisis de calorimetría, y no en forma calculada a través de los patrones de *Atwater*, debido a la falta de patrones específicos para el valor energético de la proteína, los carbohidratos y la grasa de la semilla del ramón.

Dos aminoácidos importantes se presentan para la muestra cruda en el Cuadro No.3. En relación al triptofano, se encontraron valores de 1.26 gTrip/16gN para la muestra A, y de 1.34 gTrip/16gN y 1.35 gTrip/16gN para las muestras B y C, por lo que de acuerdo a lo encontrado en la literatura, hace válida la información de que la especie estudiada posee buenas cantidades de Triptofano (63). Este, es uno de los aminoácidos en los que el maíz posee más limitaciones (13).

En cuanto al contenido de lisina, se obtuvieron resultados de 2.35 g Lis/16gN para la muestra A, 2.41 gLis/16gN en el caso de la B y de 2.24 gLis/16gN en la muestra C.

De acuerdo a la composición de aminoácidos sugerida por la FAO-OMS, Pardo-Tejeda y Muñoz (63) establecen que la semilla de *E. alicastrum* satisface los niveles recomendados en estos aminoácidos.

El contenido de fibra dietética total (FDT) se aprecia también en el Cuadro No.3. Se obtuvieron resultados desde 16.56 % de FDT/mg de muestra, hasta 23.60% de FDT/mg de muestra. Esto corrobora lo expresado en la literatura, de que los productos de origen vegetal poseen buenas cantidades de este componente (25).

Cuando una muestra no ha sido sometida a ningún proceso térmico, se deben esperar valores altos en la solubilidad de la

proteína de ésta (11). Los resultados para el análisis de la solubilidad de la proteína en NaOH, se muestran en el Cuadro No.3. En el mismo se presentan valores de 9.27 gN₂/g para el caso de la muestra A, y de 8.65 gN₂/g y 9.38 gN₂/gm. para las muestras B y C, lo cual en comparación con las muestras procesadas en diferentes formas de cocción, confirman la información anterior.

Los azúcares también se analizaron en éstas muestras. Tal y como se indica en el Cuadro No.3, la muestra A presentó un contenido de 9.19 µg/g., mientras que en la muestra B los resultados fueron de 10.75 µg/g. La muestra C no varió mucho de esto último, al presentar valores de 10.08 µg/g. Como era de esperarse, en éstos resultados, el contenido de dicho parámetro fue más alto que en las muestras sometidas a tratamientos térmicos, donde, por los efectos del calor al que se han expuesto, ocurren reacciones que hacen que disminuya el contenido de azúcares totales.

El contenido de almidón se obtuvo por diferencia entre carbohidratos, FDT., y azúcares totales. Los resultados se presentan también en el Cuadro No.3. Aunque los mismos están muy relacionados con la presencia de los parámetros por los que fueron calculados, es bueno señalar que en cierta forma corroboran lo indicado en la literatura, de que los productos de origen vegetal presentan en su estructura grandes cantidades de almidón (25). Un contenido de almidón, en gran proporción, muchas veces se relaciona con la posible producción de flatulencia, o de una disminución de la digestibilidad del extracto libre de nitrógeno

(citado por Lozano, Shimada y et al. (52)). En algunos experimentos con dietas para alimentación animal, se infiere en la probabilidad de que la estructura molecular del almidón del ramón sea ramificada, por lo que las amilasas de las aves pudieran ser ineficientes para digerirlo totalmente (52).

El Cuadro No.3, presenta por último el contenido de nitrógeno no-protéico. Tal y como se observa, en la muestra A se encontró un contenido de 0.71 %, lo que constituye el 59% del nitrógeno total presente en la muestra A, que en este caso fue de 1.21g de N₂ total. Para la muestra B, el resultado fue de 0.85%. El resultado de la muestra C no varió mucho del de la muestra A, ya que en la misma se obtuvo 0.74 % del nitrógeno total, en forma de NHP.

Es importante señalar, que el nitrógeno no-protéico está constituido fundamentalmente por sustancias de bajo peso molecular, tales como aminoácidos libres, aminos, amidas, purinas y pirimidinas. Estos componentes no-protéicos interfieren con el valor nutricional y sabor (19). Además, este parámetro debe ser tomado en cuenta para evaluar el verdadero contenido de proteína en muchas de las muestras de origen vegetal (83).

2. PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA.

2.1 PROCESO DE COCCION A PRESION ATMOSFERICA.

La Figura No.3 muestra la secuencia en que se llevó a cabo este proceso, el cual se trabajó a dos tiempos diferentes (20 y 25 minutos) para seguir con las indicaciones de cocción, obtenidas mediante conversaciones con algunos habitantes de el Departamento

de El Petén, Guatemala. Según se supo, sus habitantes cuecen la semilla de ramón (Brosimum alicastrum) hasta que la encuentran blanda, tiempo que de acuerdo a sus cálculos, oscila entre 20 y 25 minutos.

La caracterización química de la harina obtenida se presenta en los Cuadros No.4 y 5. Los resultados del análisis proximal (Cuadro No.4), indican que uno de los componentes más importantes en este material así procesado, son los carbohidratos, lo que concuerda con lo reportado en la literatura (70), en cuanto al análisis de los macrocomponentes presentes en ésta especie. La comparación también es válida con los datos reportados en la Tabla No.1 de los antecedentes bibliográficos, donde se encontró que de acuerdo con el Centro de Investigación y Asistencia Tecnológica, la especie presenta valores de 73.3%.

En el Cuadro No.4 se encuentran también para este proceso, valores bajos en proteína, que oscilan desde 5.46%-6.75% para los dos tiempos en que fue realizado. Estos resultados concuerdan en algunos casos con lo reportado en la literatura (70), donde se encuentran valores similares. En otros casos, se reportan en la literatura valores un poco más altos, de 12% de proteína (63). En los datos recopilados y presentados en la revisión de literatura, se encuentran también resultados similares, como por ejemplo, los que reportan Calvino (Tabla No.1), y Bressani (Tabla No.2). Es posible que esto sea debido a que para éstos autores, los valores correspondan a semilla cruda, sin procesamiento alguno.

En la especie analizada, no se encontraron grandes cantidades

de grasa. En los resultados presentados en el Cuadro No.4, se puede apreciar esta información. Si se observa, el contenido de este parámetro no excedió del 1.74%, relacionándose de esta forma con lo expresado en la literatura, de que para tal análisis a especie Brosimum no presenta valores mayores de un 5% de grasa (70).

El contenido de fibra cruda, se presenta en el Cuadro No.4. Los resultados obtenidos fueron de 4.39% para el mayor tiempo, y de 4.47% para el menor tiempo de procesamiento. Valores similares, en un rango de 3.9% a 4.2%, se observan en la Tabla No.3 de los antecedentes bibliográficos. Los resultados de este parámetro, para el proceso que se discute, también concuerdan con lo indicado por otros investigadores, donde se reportan cantidades de 4.33% según se aprecia en la Tabla No.1 mostrada en la revisión bibliográfica.

En el Cuadro No.4 se presentan por último, los resultados del contenido de ceniza. Puede observarse que, para ambos tiempos de proceso no hubo mucha variación. No obstante, para un tiempo de 20 min de cocción el resultado fue de 2.25%, mientras que para un tiempo de 25 min el resultado fue de 2.10%. Esto concuerda con lo informado en la literatura, donde tampoco se encontró un mayor porcentaje de ceniza en la especie que se analiza (70).

Es importante indicar que tanto para este proceso como para los siguientes, los resultados obtenidos no se evaluaron en forma estadística por pruebas de hipótesis, sino que más bien éstos solo se presentaron en una forma descriptiva, debido a que sólo se tenía la variabilidad de las réplicas del laboratorio y no de muestreo. Aún así, podemos señalar, desde éste punto de vista, que se

presentaron algunas variaciones o diferencias dentro de los dos tiempos en que se efectuó dicho proceso.

En cuanto a los resultados de los análisis químicos, mostrados en el Cuadro No.5, se encontró que las cantidades de energía (calorías totales), de 4.02 Kcal/g y 4.17 Kcal/g para el tiempo de 20 min y 25 min respectivamente, concuerdan con lo reportado en la literatura de que la especie Brosimum contiene un alto nivel de energía (63, 70).

Lo mismo ocurre con los resultados obtenidos para el análisis de triptofano. Según se aprecia en el Cuadro No.5, el contenido de 1.24 gTrip/16gN y de 1.19 gTrip/16gN, no difiere mucho de lo reportado en la literatura, en cuanto a las cantidades que de este aminoácido la especie analizada presenta (63). También concuerda con los datos del análisis realizado por el INPI (citado por Fardo-Tejeda y Muñoz (63)), donde se muestra el contenido de aminoácidos de la proteína de esta semilla, relacionado con los niveles recomendados por la FAO-OMS.

Para la fibra dietética total (FDT), los resultados presentados en el Cuadro No.5, con valores de 14% a 16% de FDT/mg, revelaron cantidades altas de la misma, en comparación con lo que se ha encontrado en la literatura, tanto para cereales como para leguminosas de grano (1). Algunos autores (1) indican los efectos del procesamiento sobre el contenido de F.D.T. en algunos productos como cereales y tubérculos. En algunos casos, se encuentran valores más altos en los productos cocidos que en los crudos. Es posible, que en el caso que se analiza, ocurran efectos similares en el

material analizado, porque si bien es cierto que la semilla de la especie estudiada, no es ni un cereal ni un tubérculo, los reportes de la literatura indican que su utilización y consumo se realiza en forma similar a los productos antes expuestos. (49, 63, y 79). Es posible señalar, tal y como lo explican varios autores (1), muchas veces el contenido de humedad presente influye directamente con la cantidad de la F.D.T. del material vegetal. Si se observa el Cuadro No.5, se ve que a mayor tiempo de procesamiento mayor es el contenido de fibra y a mayor procesamiento, también menor es el contenido de humedad (Cuadro No.4). Es importante indicar, que el aumento del contenido de compuestos no digeribles puede atribuirse, ya sea, a una pérdida de sólidos del alimento hacia el agua de cocción, o bien a la formación de nuevos compuestos no digeribles en el alimento como resultado del procesamiento (1).

El contenido de azúcares totales fué otro parámetro que se evaluó, los resultados se muestran en el Cuadro No.5. Como se observa, no se encontró tanta variabilidad para los dos tiempos en que se realizó el proceso que se discute. No obstante, es necesario señalar, la importante relación que tiene éste parámetro con el procesamiento. Se nota, que a medida que aumenta el tiempo de cocción, disminuye el contenido de azúcares totales.

El almidón es otro parámetro presente en la muestra, de la especie analizada. En este caso, fue determinado por diferencia. En el Cuadro No.5, los resultados del mismo, no ofrecen tanta variación dentro del proceso que se analiza. Sin embargo, es bueno indicar que las posibles variaciones están relacionadas a las

presentadas con los análisis de carbohidratos, fibra dietética y azúcares totales, parámetros que se tomaron en cuenta para obtener el contenido total de dicho componente.

La solubilidad de la proteína en hidróxido de sodio (NaOH), se presenta en el Cuadro No.5. Como se observa, los resultados indican que con el tiempo de procesamiento, la misma, disminuyó. Esto parece indicar que el efecto térmico es importante. Según la literatura (11), cuando la solubilidad del nitrógeno es alta significa que se utilizó menos calor en el procesamiento, y por consiguiente, la calidad o valor nutritivo de la proteína es mejor, debido a un menor daño térmico.

En cuanto a los parámetros funcionales expuestos en el Cuadro No.6, cabe decir, con respecto a la solubilidad en agua (WSI), que no hubo tanta diferencia entre los dos tiempos en que se realizó el proceso. Y en el caso de la absorción de agua (WAI), sí hubo variación para los dos tiempos del proceso. Es bueno indicar que, cuando hay un aumento en la temperatura de cocción, también se produce un aumento progresivo en la solubilidad y en la absorción, al modificar el almidón (5).

En el Cuadro No.6, se encuentran también los resultados de otra prueba funcional, como lo es la absorción de grasa. Como se observa, no hubo variación en la misma para ambos tiempos del tratamiento. La absorción de grasa está relacionada, en cierta medida, con el tamaño de las partículas en un material procesado (51). Por lo que para el resultado obtenido, en comparación con los otros procesos, es posible que, para un procesamiento más drástico

el tamaño de las partículas en la muestra se redujo y por tanto hubo más absorción de grasa.

Las pruebas reológicas se presentan en el Cuadro No.7. En ambos tiempos del proceso el índice de pseudoplasticidad (N), es menor que la unidad (N<1), por lo que se dedujo que dicha muestra presentó el comportamiento de un fluido pseudoplástico. Tal y como se indica en la literatura, las muestras cuya pseudoplasticidad sea menor que 1, siguen este mismo patrón (45).

Los parámetros evaluados en cada porcentaje de sólidos, desde el 10% hasta el 16%, fueron, el índice de pseudoplasticidad (N) y el coeficiente de consistencia (M). En el caso de éste último, se observa que no siguió tendencias definidas en cuanto a su variación con la temperatura, indicando con esto que, el procesamiento, no influyó apreciablemente en el grado de pseudoplasticidad de las muestras analizadas.

El Cuadro No.8, indica los resultados de la viscosidad aparente para diferentes concentraciones de sólidos, observándose en el mismo que los mejores resultados se obtuvieron para las muestras con una concentración al 12% de sólidos, y a un tiempo de 20 minutos de cocción; y para el 13% de sólidos, para cuando la cocción fué de 25 minutos. En las Gráficas No.6 y No.7, se observa la tendencia que presentaron estos resultados. Como era de esperarse, se muestra que a medida que disminuyen las revoluciones de giro, aumenta la viscosidad aparente de la muestra, lo cual concuerda con la literatura al respecto (33,39). Es necesario señalar, que estas respuestas fueron consideradas en base a usar la

muestra para productos que requieran una viscosidad más alta, es decir, de una mayor consistencia. En general, cabe decir, que los resultados fueron similares a los encontrados en la literatura para muestras de productos vegetales (39). No obstante, con relación a las variabilidades encontradas en estos resultados, podemos inferir que en algunos casos, el tratamiento térmico podría estar provocando gelatinización de los almidones y rompimiento de los granúlos de éstos, lo que repercutió en un incremento de la viscosidad (5).

2.2. PROCESO DE COCCION BAJO PRESION (AUTOCLAVE).

La harina obtenida del proceso de cocción bajo presión (autoclave), se desarrolló en dos tiempos diferentes, según se aprecia en la Figura No.4, presentando diversos resultados, tanto en las pruebas químicas como en las funcionales.

En cuanto al análisis proximal, indicado el en Cuadro No.4, se encontró que la humedad no cambió mucho, para los dos tiempos de cocción en que se efectuó este proceso. Como era de esperarse, el tiempo de 15 min para el que se reporta 10.75%, fue menor que el tiempo de 20 min con 9.60%, lo que indica que a una mayor cocción el contenido de humedad se reduce.

También se observa, en el Cuadro No.4, que no hubo mucha variación ni en el contenido de fibra cruda, ni en el del extracto etereo. El contenido de cenizas mostró valores más bajos con este proceso, en relación a los otros dos procesos realizados. Parece ser, que hubo alguna influencia de la cantidad de agua empleada en

la cocción, es decir, pudo haber una difusión del contenido mineral hacia el agua, que repercutió en tener un menor porcentaje de cenizas.

Al igual que con el proceso anterior, los carbohidratos son el componente más importante encontrado, lo que concuerda con lo reportado en la literatura, para las pruebas al respecto realizadas con este material (70).

El contenido de proteína fue el que más bajos resultados presentó. Nuevamente se hace énfasis en que un componente importante en el nitrógeno total de la especie estudiada, lo es el nitrógeno no-protéico (NMP), parámetro que se desconoce en las informaciones literarias revisadas para esta especie, y que será más adelante, punto importante de discusión.

La energía total, la cual se presenta en el Cuadro No. 5, concuerda con los reportes de la literatura (63), y establece una importante relación con la cantidad de carbohidratos presentes en dicha especie. Es sabido que una de las funciones primordiales de los carbohidratos, en su calidad de principios nutritivos y alimentarios para el cuerpo humano, es la de suministrar al organismo la energía suficiente para sus procesos vitales (25).

En el mismo cuadro se encuentran los resultados del aminoácido triptofano. El mismo presentó valores tan importantes como en el maíz, según se reporta en la literatura (63,61). Gómez Brenes et al. (32), evaluaron los efectos que los procesos de autoclave y tostado en el grano de maíz, ejercen sobre la estabilidad física del aminoácido citado, encontrando que tales procesos producían

algunas pérdidas. Es posible que el proceso de cocción bajo presión realizado, por involucrar un tiempo de cocción, afectó, aunque no en mayor grado, al aminoácido analizado.

El Cuadro No.5 presenta también los resultados de otro de los componentes que se analizaron, como fue la fibra dietética total. Se obtuvieron muy buenos resultados y característicos de una especie vegetal, en las que se encuentran un gran contenido de la misma (1). No se descarta que pudieran ocurrir reacciones bioquímicas, causadas por el tratamiento térmico, que hayan afectado el contenido de FDT.

En los azúcares totales, otro de los análisis que se realizaron para este proceso, y que se presenta en el mismo cuadro, se aprecia un bajo contenido de los mismos. Esto posiblemente fue debido a las condiciones de cocción bajo presión, lo cual involucra un cambio en la composición del material, relacionado a una serie de complejas reacciones, entre ellas, reacciones de deshidratación, que ocurren frecuentemente a temperaturas superiores a los 100°C, como pudo ocurrir en el proceso analizado (46).

A pesar de que los datos del análisis de almidón se obtuvieron por diferencia, en este proceso se encontró gran cantidad del mismo. Esto sugiere que el proceso de cocción no fuese quizás tan deteriorante como para producir que el contenido total de carbohidratos disminuyera, aunque no se sabe si éste almidón está degradado por acción del calor, lo que sería importante de dilucidar en posteriores investigaciones.

Los resultados para el nitrógeno soluble presentados en el

Cuadro No.5, señalan un contenido más bajo en un tiempo que en otro. Aunque no se tienen antecedentes para este análisis en la especie estudiada, los resultados parecen indicar que este proceso, en comparación con el anterior, causó más deterioro a las proteínas, y que éste daño térmico pudo hacerlas menos solubles en hidróxido de sodio (NaOH).

La absorción de agua (WAI) y el índice de solubilidad de agua (WSI), se muestran en el Cuadro No.6. Como se observa, el índice de solubilidad de agua (WSI), no difiere mucho en los dos tiempos del proceso y es menor que el aumento del índice de absorción de agua (WAI). Según la literatura, cuando el contenido de humedad es alto, ocurre el proceso de gelatinización del almidón, por lo que al disminuir la solubilidad se incrementa la absorción del agua. Es decir, a una determinada temperatura y contenido de humedad del producto, los almidones comienzan a expandirse hasta fraccionarse los gránulos y las moléculas se rompen, ocurriendo la formación de gel, que conlleva a una mayor captación de agua en los mismos (25,46).

El Cuadro No.6, muestra también los resultados de la absorción de grasa. Para ambos tiempos, el resultado fue de un 60%. Es decir, que en la muestra analizada por cada gramo de la misma, se absorben 0.6 gramos, lo que le confiere al material una buena funcionalidad. Es bueno señalar que, el grado de absorción está influido por el tamaño de la partícula, y el grado de cocción (51).

Los parámetros reológicos fueron otros de los análisis contemplados para este proceso. En el Cuadro No.7, se encuentran

los resultados tanto para el índice de pseudoplasticidad (N), como para el coeficiente de consistencia (M), de las suspensiones de las harinas producidas. Así, vemos que para N, los resultados fueron menores que 1, lo que indica que dicho material se comportó como un flujo pseudoplástico, con valores muy similares en los dos tiempos en que se realizó el proceso. Lo anterior concuerda con la literatura (45), de que muchos productos vegetales presentan naturaleza no-newtoniana, es decir, se comportan siguiendo el modelo pseudoplástico. En otros estudios, en los que se evaluó el efecto de la temperatura de cocción sobre la reología de las suspensiones, se encontró que, el efecto de la temperatura no influyó apreciablemente en el grado de pseudoplasticidad, sino que lo que afectaba más éste comportamiento, era el contenido de sólidos presentes en el producto analizado (39).

Si se observa, los resultados de este proceso concuerdan con la información antes mencionada (39). Como se indica, para un mayor porcentaje de sólidos, el valor del coeficiente de consistencia (M), aumenta, como en el caso de un 13% de sólidos. Para un porcentaje de sólidos más bajo (10%), M disminuye. Al variar el contenido de sólidos el valor de M baja, y más tarde vuelve a subir. Parece ser, que a medida que se incrementa el porcentaje de sólidos, se hace más consistente el fluido, aunque con valores más bajos que cuando el porcentaje de sólidos es menor.

Con un incremento en la concentración de sólidos se espera también que aumente la viscosidad aparente. El Cuadro No.8, muestra los resultados obtenidos para este parámetro. En los dos tiempos de

cocción, el análisis se realizó a diferentes porcentajes de sólidos, con diferentes velocidad de rotación y en función de las unidades leídas en la escala del viscosímetro. Para éste proceso, las concentraciones de sólidos al 12 y 13%, fueron las que dieron mejores lecturas en el viscosímetro cuando variaron las velocidades de rotación. Estas concentraciones de sólidos, además de mostrar un flujo constante, cumplen con lo reportado en la literatura de que a menores revoluciones o velocidades de rotación, y a mayores concentraciones de sólidos en las muestras, mayor es la viscosidad aparente (39). Esta tendencia de aumentar la viscosidad a menores velocidades de rotación, se observa también en las Gráficas No.6 y No.7 para los porcentajes de sólidos antes mencionados. Como se muestra, tanto para el 12% como para el 13%, la tendencia en los dos tiempos del proceso es la misma, siendo mayor la viscosidad en ambos porcentajes, para el tiempo de 20 min de cocción.

Es bueno recordar que existen además, diversos factores que están relacionados con un mayor o menor incremento de la viscosidad. Por ejemplo, la agitación o el batido durante la cocción constituye un factor de gelatinización de los almidones. Cuando se agita la suspensión, al inicio del calentamiento, a fin de obtener una consistencia uniforme en la pasta, y acelerar el proceso de gelatinización, esta agitación debe ser cuidadosa y regulada, ya que un batido muy intenso y prolongado, acelera la fragmentación y disgregación de los gránulos del almidón, reduciéndose entonces la viscosidad de la pasta (39).

2.3. PROCESO DE TOSTADO.

Otro de los productos elaborados fue la harina obtenida de las semillas sometidas al proceso de tostado, según se indica en la Figura No.5. Como se aprecia, el proceso también involucró dos tiempos diferentes. Las harinas producidas fueron caracterizadas como en los demás procesos, siendo sus diferentes resultados observados en los Cuadros No.4 y siguientes.

El proceso de tostado incide notablemente en la humedad contenida en un producto determinado (69). Tal y como se muestra, en el Cuadro No.4, la muestra presentó menos del 10% de humedad. Esta disminución de la humedad, es proporcional al tiempo de tostación, única variable, ya que la temperatura permaneció constante. El resultado concuerda con lo indicado en la literatura, de que a mayor intensidad del tratamiento con el calor menor humedad, y de que las pérdidas durante la tostación están en un rango de 1.2 a 3% (46,72).

Los pioneros en estudiar los efectos producidos por el calor sobre el valor nutritivo de la proteína, fueron Kind y Morgan (46). Estos indicaron una disminución de la misma, producido por un severo tratamiento térmico. En el Cuadro No.4, se observa que dicha muestra presentó un contenido similar (de 8%) de proteína para los dos tiempos en que fue realizado el proceso, lo que concuerda con los valores reportados en la literatura (70). En este caso es probable que se debió usar un rango más amplio de tiempo de tostado, para poder visualizar los efectos del tratamiento.

La cantidad de carbohidratos mostró valores altos tal y como

indica la literatura (70). Se sabe que el mayor efecto que provoca el tratamiento térmico sobre estos componentes, está relacionado con reacciones de hidrólisis de los almidones y de reacciones no enzimáticas tipo Maillard (46).

Los valores del contenido graso, a través del extracto etéreo, se indican en el Cuadro No.4. Se aprecian cantidades bajas, lo que concuerda con la literatura, con respecto a que la variedad de esta especie no presenta gran porcentaje de grasa (70), lo que hace pensar, que estos resultados no fueron afectados por el tratamiento aplicado.

La fibra cruda se muestra también en dicho cuadro. Los valores no distan mucho de los reportado en la literatura (15,70), es posible que para este caso, el proceso no afectó el contenido de la misma, en la especie analizada.

El contenido de minerales reportado como cenizas, se aprecia también en el Cuadro No.4. A pesar de que el calor podría afectar el contenido de minerales (46), los resultados indican que no hubo tanto efecto de éste sobre los mismos, y que no son tan diferentes a los reportados en la literatura para tal parámetro (70).

En el cuadro No.5, se encuentran los resultados del contenido energético para la muestra que se sometió al proceso de tostado. Según se aprecia, la harina tostada tal y como indica la literatura (63), mostró un contenido apreciable de calorías, no susceptible al tostado.

Otro de los parámetros en los que se evaluó éste proceso fue el triptofano, indicado también en el Cuadro No.5. Como se observa,

los resultados son bastante aceptables y concuerdan con la literatura (63), en el sentido de que la especie estudiada contiene cantidades apreciables de éste aminoácido.

El contenido de fibra dietética total, indicado en el mismo cuadro, mostró resultados relativamente altos, lo que es de esperarse, pues con el calor, el contenido de la misma aumenta a consecuencia de una disminución de humedad. Algunos autores, atribuyen el efecto del aumento en el contenido de compuestos no digeribles, a la formación de nuevos compuestos en el alimento, como resultado de procesos a altas temperaturas (1).

Los resultados de los azúcares totales, mostrados en el Cuadro No.5, presentan una disminución. Como era de esperarse, se encontró que a un mayor tiempo de proceso, es decir, a una mayor exposición al calor, se obtienen menores cantidades de éstos.

Se ha encontrado, que los tratamientos térmicos afectan tanto la estructura de las proteínas como sus propiedades funcionales, debido principalmente, a una desnaturalización en la proteína provocada por el calor. Como consecuencia, suceden entonces variaciones en la solubilidad de la misma (46). Al observar el Cuadro No.5, vemos que para la solubilidad de la proteína, reportado como nitrógeno soluble, en hidróxido de sodio (NaOH), se cumplen tales variaciones. Es posible, que bajo los efectos de éste proceso, se modificara la estructura de la proteína, haciendo que el contenido en la solubilidad de la misma, fuese mayor que en los otros procesos. Según la literatura (72), durante el proceso de tostado se destruyen algunos compuestos, como los inhibidores por

ejemplo, que hacen que aumente la solubilidad de la proteína. Es posible que en este caso sucediera algo similar, con lo que se explica el resultado obtenido para este proceso.

La funcionalidad también está relacionada con la capacidad de absorción y solubilización de agua. En el Cuadro No.6, se encuentran los resultados de las pruebas funcionales a que hacemos referencia. Como se esperaba, el índice de solubilidad en agua (WSI) es menor que el índice de absorción de agua (WAI). Para éste último, es sabido que el proceso de tostación incrementa tal parámetro funcional, cuando altas temperaturas se involucran (58). Esto se relaciona también, con lo que experimentalmente se ha podido comprobar, de que el daño sufrido al almidón con el tratamiento térmico es significativo durante la tostación (69). Es posible que en el caso del índice de solubilidad de agua (WSI), la temperatura y el tiempo de exposición al calor no fueran las adecuadas para modificar el almidón y provocar el incremento de la solubilidad.

Este proceso presentó los valores más altos en los resultados del análisis de absorción de grasa. El Cuadro No.6, señala esta información. Aunque el tamaño de las partículas fue igual en todos los procesos, es necesario indicar que la tostación, es uno de los procesos que más modifica las propiedades de los materiales que se operan a través de dicho tratamiento (46). Es posible que en tal sentido, la absorción de grasa fuera mayor que para los demás procesos, aunque el tiempo de exposición no afectara los valores obtenidos dentro del mismo proceso.

En cuanto a las pruebas reológicas, podemos observar en el Cuadro No.7, que en ambos tiempos de tostado, los valores del índice de pseudoplasticidad fueron menores que la unidad ($N < 1$). Este hecho califica a la muestra analizada, como flujo que sigue un comportamiento pseudoplástico. Para el coeficiente de consistencia (M), se observa que a un mayor tiempo de proceso éste aumentó. Según la literatura (45), con las altas temperaturas éste parámetro reológico tiende a disminuir, aunque no de una forma apreciable, sino en relación al mayor contenido de sólidos. En el cuadro se observa, que para ambos parámetros, no hay una tendencia definida en cuanto a su variación con el tratamiento térmico y/o tiempo de proceso. Esto concuerda con la literatura, en relación a que la temperatura no influye tanto como el contenido de sólidos, sobre un mayor o menor grado de consistencia (45).

La viscosidad aparente, medida a diferentes velocidades de rotación, en muestras con variadas concentraciones de sólidos, se observa en el Cuadro No.8. Como se aprecia, las muestras con 12 y 13% de sólidos presentaron mejores lecturas en el viscosímetro con variaciones en las diferentes velocidades de rotación. Esto se relaciona también con las Figuras No.6 y 7, donde se observa, que hubo una tendencia a incrementarse la viscosidad, al aumentar la velocidad de agitación (pseudoplasticidad), en las muestras analizadas con estas condiciones. Se indica también que, a concentraciones más bajas, la viscosidad es menor, y a su vez, a concentraciones por encima de éstos porcentajes, se obtuvieron valores altos de viscosidad. Esto es característico de fluidos muy

viscosos, cuya apariencia es pastosa, y poco deseable para elaborar bebidas que necesiten consistencias menos espesas. Aunque se esperaría que no fueran tan ligeras, como las de 10% de sólidos por ejemplo, donde los resultados de viscosidad fueron bajos, y en estos casos ya no se tomen en cuenta para este tipo de productos. La muestra analizada con bajos porcentajes de sólidos, mostró separación, aún después de la cocción de 5 minutos.

FASE III. EVALUACION NUTRICIONAL.

1.- ESTUDIO BIOLOGICO No.1: EFECTO DEL PROCESAMIENTO SOBRE EL VALOR NUTRITIVO.

Además de la caracterización química y funcional, se hizo un ensayo biológico de los productos obtenidos con los procesos indicados en la Fase II. Los resultados de tal análisis se describen en el Cuadro No.10. Como se observa, hubo variaciones tanto en ganancia de peso como en consumo de proteína, para cada proceso realizado. Las dietas fueron isoproteicas al 9% de proteína. Estas se describen en el Cuadro No.9. Sin embargo, algo importante que se debe indicar, es el hecho de que a dichas dietas fue necesario agregarles un 5% de caseína, a fin de hacerlas isoprotéicas. Esto fue debido, a que se contaba con muestras cuyos porcentajes no llegaban al 9% de proteína. El efecto de agregar caseína se tradujo también, en establecer un balance de aminoácidos en este material, y detectar la posible presencia de aminoácidos azufrados, ya que la caseína, a niveles bajos de proteína es deficiente en este tipo de aminoácidos (12).

Los resultados presentados en el Cuadro No.10, con NPR (Razón Proteínica Neta) igual a 1.50 ± 0.37 , del proceso de cocción bajo presión (autoclave), en comparación con el NPR igual a 3.23 ± 0.25 de la dieta control, no permitieron detectar una posible fuente de aminoácidos azufrados en la especie Grossimum analizada en estas condiciones.

Para el caso de la digestibilidad verdadera (DV), las diferencias fueron menos marcadas entre los procesos de cocción a presión y presión normal, tal y como se indica en el Cuadro No.10. Los resultados fueron de 77 a 78 %, para los procesos correspondientes a 20 min antes indicados. Como se aprecia, en ambos casos, fueron menor a los de la dieta control, que presentó valores de 94%.

Las diferencias estadísticas se encontraron mediante un análisis de varianza a través de una prueba de Tukey, tal y como se indica en el Cuadro No.11. Las Figuras No.8 y 9, muestran los resultados, en forma gráfica, de los efectos de los procesos sobre el valor de la Razón Proteínica Neta (NPR) y de la digestibilidad verdadera, respectivamente. Se aprecia en las mismas, que para tiempos cortos y largos de procesamiento, y en el caso de la primera variable mencionada, no hubo interacción entre los procesos desarrollados, mientras que para el caso de la digestibilidad la interacción se mantuvo, como efecto de la naturaleza propia de cada proceso.

Se observa también en el Cuadro No.11, que el proceso de cocción bajo presión (autoclave), y a un tiempo de 20 min, presentó el mayor valor de NPR. Por otra parte, el proceso de tostado mostró

valores mayores en la digestibilidad verdadera.

El Cuadro No.10, muestra que los valores más altos, tanto en ganancia de peso, como en proteína consumida, correspondieron a los procesos de cocción bajo presión (autoclave), y cocción a presión atmosférica. Es posible que la temperatura de éstos procesos, diferentes a la del proceso de tostado, influyera en sus características químicas, permitiendo en los animales alimentados con estos productos, una mejor absorción y/o utilización de la dieta administrada. El Cuadro No.11 presenta el análisis de varianza para estudio biológico No.1, tanto para NPR como para digestibilidad, no hubo diferencias para los procesos de cocción a presión atmosférica y cocción a presión, aunque éstos sí fueron diferentes del proceso de tostado.

En este análisis, se estimaron diferencias entre los procesos, bajo el supuesto de un grado de severidad del tratamiento sobre el material evaluado. Los resultados se incluyen en el Cuadro No.12 a través del análisis de varianza de los contrastes. Se dedujo la no interacción que hubo, para el análisis del NPR, entre las variables de los procesos desarrollados. Contrario a esto, para la prueba de la digestibilidad, presentada en el Cuadro No.10, sí existió interacción, es decir, que los tiempos diferentes de aplicación de los procesos, provocaron cambios en ésta variable dependiente, y que existieron diferencias significativas como efectos de tratamientos o procesos, provocado por el tiempo de exposición y por la naturaleza del proceso per se. Aunque es bueno señalar que no se observaron diferencias significativas entre el proceso de

cocción a presión y el proceso de cocción normal, sino únicamente entre el proceso de tostado y el proceso de cocción normal, realizados a iguales tiempos, lo que concuerda con el hecho de que estas diferencias, mucho más que por el tiempo, están influenciadas por el tratamiento térmico mismo. Los Cuadros No.12 y 13 respectivamente, señalan las diferencias para estos dos procesos. Se observa, que tanto para el NPR como para la digestibilidad las diferencias son entre los tratamientos independientes del tiempo. En este caso, podríamos inferir, que no hubo interacción de tiempo y tratamiento, sino efectos de los tratamientos por sí mismos en las variables que se analizaron. Se reveló así, el efecto destructor del proceso de tostación, que fue el de resultados más bajos en el NPR.

Según lo reportado en la literatura (41), los tratamientos térmicos aumentan hasta cierto punto la digestibilidad, porque en algunos casos se eliminan algunos elementos tóxicos. Para los procesos de cocción normal y autoclave, se encontró una menor digestibilidad en comparación con la muestra a la que se le aplicó el proceso de tostado, ya que este proceso es más drástico. Es posible que esto pasara también en este proceso, es decir, que con un mayor tratamiento térmico la digestibilidad fue mayor que para la digestibilidad de los otros procesos.

No obstante, las muestras que presentaron mayores valores de digestibilidad (proceso de tostado), registraron resultados más bajos en el NPR. Es posible de que aunque el material fuese más digerible, la calidad de la proteína disminuyera como consecuencia

del daño térmico causado en la misma. Estas variaciones en el NPR, fluctuaron de acuerdo con la severidad del tratamiento. Así por ejemplo, el proceso de tostado presentó valores más bajos, mientras que la cocción normal y la cocción a presión, tienen los NPR más altos. De tal manera que, el efecto en la respuesta biológica puede atribuirse a la naturaleza del proceso realizado. El empleo de tratamientos térmicos drásticos puede afectar la disponibilidad de los aminoácidos, ya que éstos interactúan con los carbohidratos presentes, y a consecuencia, provocan una disminución en NPR (41).

En el Cuadro No.12, explicado a través de los resultados del análisis de contrastes. Se observa que la respuesta en los NPR estuvo relacionada con los procesos por sí mismos, (para el grado de significancia de 0.05). Así, se presenta, un $Pr\langle F$ igual a 0.0001, para el caso de los contrastes en los que se observa el componente de linealidad de procesos, esto significa que es estadísticamente significativo. También se observa un $Pr\langle F$ igual a 0.046, para el contraste donde se estableció el componente cuadrático de los procesos. El contraste en el que se estableció una dependencia en función del tiempo, resultó ser no significativo al alpha de 0.05 antes mencionado.

Tal y como se indica en los Cuadros No. 12, 13, 14 y 15, para los diferentes contrastes, se estableció como base que si $Pr\langle 0.05$, se rechazaba la hipótesis nula de que el NPR o la digestibilidad, era igual para los procesos llevados a cabo. En el caso de que se cumpliera tal hipótesis, se pudo deducir, que hubo una relación con el hecho de que el tiempo de cocción produjo un deterioro del valor

del NPR. Cuando encontramos no significativo el contraste entre los tiempos, se induce que esa respuesta está asociada en base al proceso como tal, más que al hecho de que el tiempo ofreciera algún efecto sobre la respuesta biológica. Por ejemplo, el proceso de tostado afectó los valores del NPR más que el de cocción a presión (autoclave), independiente de que el tiempo de exposición de éste último fuese menor.

2. ESTUDIO BIOLÓGICO No.2: DETERMINACION DE LA RELACION OPTIMA MAIZ-BROSIMUM.

El punto esencial de esta etapa, lo constituyó el estudio biológico realizado para tratar de establecer la posible relación óptima entre el Brosimum y el maíz, con la finalidad de verificar lo indicado en la literatura (6), en relación a los usos de combinar el ramón (Brosimum) y el maíz. Además, se quiso establecer un posible complementación de aminoácidos entre ambas especies.

El Cuadro No.16 describe las características de las dietas preparadas a niveles altos y bajos de proteína. Los resultados, presentados en el Cuadro No.17, indican que en los animales que consumieron las dietas analizadas, hubo una variación en el consumo de proteína y cambio de peso, y por tanto, en la respuesta biológica. El NPR, fue variando de acuerdo con la proporción de maíz/ramón (Brosimum) establecida en cada dieta. Las dietas que resultaron en un mayor cambio de peso y consumo de proteína por ejemplo, la dieta (60/40 M/R) (con NPR igual a 2.28), dieron menores valores de NPR que la dieta (40/60 M/R) (con NPR igual a

2.32), en la que se encontró un menor cambio en peso y proteína consumida.

En el mismo Cuadro, pueden encontrarse los resultados para el consumo de proteína, cruda (proteína sin la corrección del nitrógeno no-protéico presente en el Brosimum). Cuando hubo un mayor consumo de proteína, hubo una menor respuesta biológica, sobre todo, en aquellas dietas en las que había una mayor proporción de la especie Brosimum estudiada. Es posible, que en este caso, la presencia del nitrógeno no-protéico en el Brosimum influyera en estos resultados. Según se sabe, el nitrógeno no-protéico es aquel nitrógeno que es metabólicamente disponible y que puede conducir a una toxicidad mínima en las cantidades usadas (47). Puede que incluya nitrógeno proporcionado por los aminoácidos no esenciales, o por fuentes no proteicas, tales como la urea o citrato diamónico. Pueden presentarse así mismo otros compuestos nitrogenados solubles como son las purinas, pirimidinas, nucleótidos, alcaloides, porfirinas, así como aminoácidos y aminas cuyo origen es no-protéico. El nitrógeno no-protéico puede afectar los requerimientos aparentes tanto de la proteína, como de aminoácidos específicos (47).

Los resultados concuerdan también con la literatura, en relación a que cuando una dieta contiene determinada cantidad de nitrógeno no-protéico, se obtiene como resultado una baja de peso y de la utilización de nitrógeno, sin importar el contenido o nivel de proteína en la dieta (12).

Otros investigadores indican, que encontrándose presente, cantidades de nitrógeno no-protéico, principalmente en forma de

aminoácidos no esenciales, el valor nutritivo puede reducirse proporcionalmente (43, 47).

Podemos inferir por tanto, que aunque es cierto que la especie Brosimum analizada no es un producto de excelente calidad desde el punto de vista protéico, no es menos cierto, que la presencia del nitrógeno no-protéico le disminuye la calidad a la proteína, aunque el hecho de que en ambos estudios las ratas disminuyeron de peso y no murieron hace pensar que su efecto antinutricional es pequeño.

Como el peso es el resultado de cambios en la composición corporal, y consecuentemente se asocia a la respuesta biológica, se usaron los datos de cambio en peso junto con la cantidad de proteína consumida, para calcular la regresión entre estos parámetros, a los diferentes niveles que se emplearon en la dieta. Los resultados de este análisis los encontramos en el Cuadro No.18. Como se observa, el valor de la pendiente, es decir del NPR, es más alto donde se toma en cuenta el NNP presente. Esto empero, no indica que pudiese haber complementación entre el ramón (Brosimum) y el maíz. El Cuadro No.17 explica esta información, tal y como se observa, el agregado de más ramón al maíz, le disminuye al cereal su valor nutricional, puesto que en las dietas donde la cantidad de ramón es mayor, la ganancia de peso y el consumo de proteína es menor, que en las dietas donde hay menos cantidad de ramón. El coeficiente de regresión se hace más bajo a mayores proporciones de Brosimum en las dietas con más cantidad de maíz, o sólo maíz, éste coeficiente se acerca más a la unidad ($R^2 = 1$), lo que estadísticamente dice que es más lineal la relación entre los

parámetros que se involucran.

Las Figuras de la No.10 a la No.14, asocian estas indicaciones. Al observarse las mismas, se nota que, gráficamente la linealidad se cumple más en aquellas dietas donde no había tanta cantidad de Brosimum presente. Lo que hace pensar que no hubo una buena complementación entre maíz-Brosimum, o que a estos niveles de proteína la relación entre ambas especies no fue tan óptima, o que se necesitarían más datos a otros niveles de proteína para afinar el análisis de regresión. Es posible, que a niveles tan bajos no se pudo apreciar un efecto mayor, o que pudo existir un desbalance en las dietas. En algunos casos, un desbalance protéico está determinado tanto por la carencia, como por el exceso de algunos aminoácidos. Se ha encontrado, que la presencia del nitrógeno no-protéico, provoca en algunos casos un desequilibrio, por contener exceso de aminoácidos no esenciales, y otras sustancias, que interfieren con la utilización del nitrógeno no importando el contenido o nivel de proteína de la dieta (12, 47).

Las dietas que ofrecen cierto desbalance de aminoácidos, pueden provocar también una disminución en la ingesta, y por lo tanto, un retardo en el crecimiento y en el aumento de peso (74, 89).

Al observar el Cuadro No.5 se nota que en la especie Brosimum existen buenas cantidades de triptofano, aminoácido en que es más deficiente el maíz (13). La eficiencia de utilización de los aminoácidos esenciales por el organismo animal, es el factor determinante en la calidad de la proteína (14). Al respecto se puede inferir en la posibilidad de un desbalance de otros

aminoácidos diferentes del triptofano en el Brosimum.

En estudios realizados (14), para demostrar el efecto del nitrógeno total en dietas para adultos, alimentados con proteína de arroz, en la que se les suministró dietas con cantidades de nitrógeno de aminoácidos y nitrógeno no-específico, se llegó a la conclusión de que cuando la dieta aportó un alto nivel de nitrógeno total (incluido nitrógeno no-específico), la lisina fué el aminoácido que ocupó el primer lugar como limitante en la proteína del arroz, en lo que a mantener la retención de nitrógeno se refiere.

Aunque en este caso, se hace alusión al arroz, especie vegetal totalmente diferente a la estudiada, es bueno indicar que los efectos de la presencia del nitrógeno no-específico en estos productos, puede tener similares respuestas, tomando en cuenta de que en este nitrógeno hay gran proporción de aminoácidos no-específicos o no esenciales. No debe descartarse también, la posibilidad de algún componente tóxico, o de factores antifisiológicos que afectaran la utilización del nitrógeno.

Las Figuras No.10 hasta la No.14, indican también que hubo una variabilidad en la linealidad a niveles bajos con relación a los altos. Estos hechos se podrían relacionar con el cambio de peso y proteína consumida. Una explicación posible, es el hecho de que el mínimo porcentaje de proteína, a este nivel, es el límite mayor que ha podido soportar la rata. Es posible además, que este nivel fuese tan pequeño que hiciera que el animal llegase al tope máximo de cambio en peso, es decir, que ya a este punto la rata no ganase ni perdiese peso. Esto concuerda con lo planteado por algunos

investigadores (26), de que a niveles bajos de proteína en la dieta, se encuentra una falta de linealidad en la respuesta, en situaciones en las que como ésta, hay una disminución en la eficiencia, con lo cual la proteína no es aparentemente utilizada al máximo (26). Algunos investigadores (29), señalan las posibles causas, fundamentados en el hecho de que una disminución en el contenido de nitrógeno, cuando disminuye la eficiencia de la proteína ingerida, puede traer como consecuencia una absorción incompleta de las proteínas. Esto sería explicado sobre la base de una disminución en la disponibilidad de aminoácidos seleccionados en la dieta, y que en efecto, reduce el balance de la mezcla total de aminoácidos, disponibles a los tejidos (29).

Otra posible explicación, señala la absorción de proteína en ratas alimentadas con diferentes niveles de nitrógeno. Como se sabe, los requerimientos de proteína a distintos niveles en las dietas, para mantener el equilibrio de nitrógeno, puede ser afectado previamente por desequilibrios, obtenidos en animales que han sido depletados de proteína, en una tercera parte de la cantidad de nitrógeno con que normalmente se alimentan (37).

Tomando en cuenta de que a los niveles de proteína con los que se trabajó, las respuestas biológicas pudieran ofrecer menos variación entre ambos puntos, se estableció un modelo de regresión cuadrático. Los resultados, indicados en el Cuadro No.19 demuestran que, aquellas dietas en las cuales la respuesta lineal no fue tan pareja, cumplen más con el modelo cuadrático. Así por ejemplo, la dieta en la que se estableció una proporción 50/50 maíz/Brosimum,

cumplió más con éste modelo cuadrático. En otro orden, la dieta cuya distribución maíz/Brosimum era de 40/60, presentó un comportamiento más lineal que cuadrático. Es de interés indicar, que a pesar de que los coeficientes de determinación fueron pequeños, al evaluar el cálculo de la pendiente, para los niveles citados, el resultado fue suficientemente confiable, debido a que en todos los casos se encontró significancia al 0.01 ($P < 0.01$).

La digestibilidad aparente de la materia seca, fue otro aspecto que se evaluó para predecir la calidad de la proteína. El análisis se realizó tomando en cuenta el peso total de las heces y el consumo de alimento. Los Cuadros No.20 y 21, muestran los resultados obtenidos. Como puede apreciarse en los mismos, la digestibilidad de las mezclas presentaron valores relativamente altos. El Cuadro No.20 indica que hubo poca variación entre los promedios de digestibilidad de las mezclas, y que ésta digestibilidad presentó valores más altos con menos porcentaje de proteínas. Los resultados en el rango de 87 a 98%, concuerdan con lo expresado en la literatura (15), para este parámetro, donde se reporta un valor de 97.6%.

El análisis de varianza realizado mediante una prueba de Tukey, presentado en el Cuadro No.21, indica que no hubo diferencias significativas entre las mezclas, lo que concuerda con la poca variación entre los promedios, como se señaló anteriormente.

Se pudiera pensar que a porcentajes bajos de proteínas, la digestibilidad que acusa valores más altos, sea mejor. No obstante se explica ésta tendencia por el hecho de que a éstos niveles el

consumo se hace menor y consecuentemente se incrementan los resultados de éste parámetro, pudiendo traer confusión en el hecho de interpretar una buena calidad de proteína con una mayor digestibilidad.

Sin embargo, el hecho de que los resultados fueran significativamente altos, por ser éstos alimentos de origen vegetal, cuya digestibilidad es siempre más baja que las de los alimentos de origen animal (41), induce a pensar en la posibilidad de que pudo haber un efecto compensatorio en la respuesta del animal, y a consecuencia de un menor consumo, se presentara una menor pérdida en las heces.

En algunas investigaciones realizadas (66), en las que se empleó el ramón (Brosimum alicastrum) como ingrediente para forrajes de rumiantes, comparándose la efectividad del forraje de ramón con la pulidura de arroz, se comprobó, a través de la digestibilidad de la materia seca, que el arroz no se degradó en el rumen, mientras que el ramón sí. Por esta razón, se cree que ésta energía metabolizable puede explicar una respuesta de incremento en el crecimiento del animal, y en la digestibilidad de la materia seca. Parece ser que el forraje de ramón es altamente degradable en el rumen, ya que hubo mejores resultados cuando se incluyó forraje de ramón en la dieta, que cuando se utilizó la pulidura de arroz (66).

En estudios realizados con ganado vacuno (28), en los que se utilizó una dieta con pulpa de sisal (o henequén), suplementado con Brosimum, se encontró que hubo mayor consumo voluntario de la materia seca y por consiguiente, un mayor aumento de la

digestibilidad de la materia seca, como efecto de la suplementación con ramón (Brosimum).

De este estudio biológico No.2, se dedujo que tal y como lo señala la literatura (74), es necesario indicar que la calidad de la proteína, depende esencialmente de su combinación de aminoácidos, y de la eficiencia de su utilización. Esto último, depende fundamentalmente tanto de la cantidad de proteína, como de las condiciones fisiológicas del organismo que las ingiere (74). Es posible que en el Brosimum se encuentren algunos compuestos, que dificulten la absorción total de la proteína de las dietas, interfiriendo por tanto, en la calidad de la misma, lo que disminuye la importancia de dar a conocer y/o promover el uso de la semilla de esta especie como una fuente alternativa o conjunta de proteína.

VIII. CONCLUSIONES.

- 1.- La caracterización física de la semilla del ramón (*Brosimum alicastrum*), indicó que es una especie muy variable, en cuanto a su crecimiento, forma, color y tamaño, lo que va a depender, en cierta forma, de las condiciones ambientales.
- 2.- En la caracterización química de la semilla de ramón, procesada a tres tratamientos diferentes de cocción normal, cocción en autoclave y tostado, los mejores resultados en cuanto al contenido de fibra y carbohidratos se refiere, los presentaron las muestras producidas durante el proceso de cocción bajo presión (autoclave).
- 3.- Pese a lo indicado en la bibliografía disponible, en cuanto al contenido de proteínas, éste no resultó ser muy alto, si se toma en cuenta que en el ramón, un porcentaje del nitrógeno total, está presente en forma de nitrógeno no-protéico (NNP).
- 4.- Se obtuvo un alto contenido de triptofano en la especie analizada, lo que le confiere en este sentido, una buena posibilidad de aprovechamiento.
- 5.- Con el estudio biológico No.1, se demostró que pese a su inocuidad, esta especie no presentó características importantes en su contenido protéico, para ofrecerse como fuente de proteínas para consumo humano.

6.- El análisis estadístico del estudio biológico No.1, indicó que no hubo diferencias significativas entre el proceso de cocción normal y cocción a presión atmosférica, y que sí las hubo entre el proceso de tostado y los antes mencionados. Además, el análisis demostró que el NFR no es afectado por el tiempo de exposición, sino por la naturaleza del proceso per se, independiente de que se usara un rango muy corto para los tiempos usados.

7.- En relación a la digestibilidad verdadera de la proteína, se demostró estadísticamente, con el análisis de varianza y de contrastes ortogonales, que para tiempos cortos y largos dentro de cada proceso, se produce un efecto en la digestibilidad, provocado por el tiempo de exposición y por la naturaleza intrínseca de estos procesos.

8.- El estudio para determinar la relación óptima maíz-ramón (Brosimum), no indicó una complementación entre ambas especies, porque se encontró que con una cantidad mayor de ramón, se obtuvo un menor valor para el cambio de peso y el consumo de proteína, independiente de los niveles de proteína en las dietas administradas.

9.- Para niveles bajos de proteína, se obtuvo una respuesta lineal, en relación ingesta de proteína vs. cambio de peso. El análisis de regresión indicó, que a medida que aumentó el

porcentaje de proteína, la linealidad disminuyó, o solo se mantuvo hasta un límite intermedio entre los dos niveles administrados.

10.- Desde el punto de vista práctico, los resultados sugieren, que la utilización más factible e inmediata de la semilla del ramón, es como alimento para animales, en la comunidades donde esta especie se produce.

11.- La utilización del Brosimum alicastrum constituirá un estímulo para evitar que se sigan talando éstos árboles, lo que dejará de empobrecer aún más el ya perjudicado ecosistema.

IX. RECOMENDACIONES.

- 1.- Investigar el patrón de aminoácidos en la especie Brosimum alicastrum.
- 2.- Analizar el contenido de aminoácidos azufrados, en la especie estudiada.
- 3.- Realizar otros estudios biológicos, en que se complemente la semilla de la especie Brosimum con especies de leguminosas.
- 4.- Determinar qué tipo de constituyentes contiene la fracción no-proteica, y establecer alguna forma para su separación, que permita, no solo su posible utilización, sino el mejor uso del ramón como alimento.
- 5.- Hacer estudios posteriores en dietas con maíz y ramón (Brosimum) más un agregado de lisina, conjuntamente con dietas de maíz con un agregado de lisina y triptofano, para determinar la disponibilidad del triptofano en el ramón.
- 6.- Hacer uso de las propiedades funcionales y del contenido de carbohidratos y fibra presentes en el Brosimum, para poder desarrollar productos con un alto contenido calórico, que pudieran ayudar a un mayor aprovechamiento de este recurso natural, ya que el trabajo desarrollado demostró tal alternativa.

El ramón (Brosimum alicastrum), es una materia prima de naturaleza silvestre, de fácil adquisición, aún no explotada eficientemente, y cuya semilla puede servir en el desarrollo de productos de alimentación.

La semilla de esta especie se evaluó tanto en forma cruda, como procesada, a través de tres tratamientos diferentes de cocción atmosférica, cocción a presión (autoclave) y tostación. Las harinas producidas fueron caracterizadas química, funcional y nutricionalmente.

La caracterización química presentó buenos resultados en cuanto a fibra y carbohidratos se refiere. Las mejores respuestas de estos parámetros se obtuvieron con el proceso de cocción bajo presión (autoclave).

En la semilla de esta especie, se encontró también un buen contenido de triptofano, lo que en este sentido, le confiere una posibilidad de aprovechamiento.

La funcionalidad de las harinas obtenidas de la semilla de esta especie, estuvo directamente determinada por el tipo de tratamiento térmico, y por la concentración de sólidos presentes. Se encontró que los mejores resultados para el índice de solubilidad de proteína, índice de absorción de agua e índice de absorción de grasa, los presentó el proceso de cocción a presión atmosférica. Para este proceso, se obtuvo también con muestras a 12 y 13% de sólidos suspendidos, mejores resultados que en los demás

procesos, en relación a los parámetros reológicos N y M, y para el análisis de la viscosidad aparente.

En su contenido nutricional, la evaluación biológica de este material, no presentó condiciones importantes para ofrecerse como fuente de proteínas, para consumo humano. Ni se encontró efecto de complementación, cuando se estableció una relación entre el maíz y dicha especie, a diferentes niveles de proteína.

Desde el punto de vista práctico, este trabajo sugiere que la utilización más factible e inmediata, de la semilla de ramón (Brosimum), es en alimentación animal. Así como también, la de aprovechar su contenido de carbohidratos, para la elaboración de productos con un alto contenido calórico, para la mayor utilización de este recurso forestal.

XI. BIBLIOGRAFIA.

1. Acevedo E. y Bressani R. "Contenido de fibra dietética y digestibilidad del nitrógeno en alimentos centroamericanos: Guatemala". Arch. Latinoam. de Nutr. 40 (3):439-451. 1990.
2. Ali R., Staub H., and Schanbacher L. "Nutritional significance of dietary fiber: effect on nutrient bioavailability and select gastrointestinal functions". J. Agric. Food Chem. 29 (3): 465-471. 1981.
3. Allison, J.B. "Biological Evaluation of Proteins". Physiol. Revs. 35 (3):664-700. 1955.
4. Allison, J.B. & Anderson J.A. "The relation between absorbed nitrogen, nitrogen balance, and biological value of proteins in adult dogs". J. Nut. 29 (1):413-420. 1945.
5. Anderson, R.A. "Gelatinization of corn grits by roll and extrusion-cooking". Cereal Sci. Today 14(1):4-12. 1969.
6. Aragón R. U.R. "Caracterización Preliminar del Ramón (Brosimum alicastrum Sw) in situ. En el bosque muy húmedo Sub-tropical cálido de Petén, Guatemala". (Tesis de Ingeniería Agronómica.) Univ. de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Guatemala, Noviembre de 1990. 123p.
7. Asp. H.G. Johansson, C.G., Hallmer. y H. Silbestrom. M. "Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber". J. Agric. Food Chem., 31:476-482. 1983.
8. Association of Official Analytical Chemists. "Official Methods of Analysis". 12th. ed. Washington, D.C. The Association. 1975.
9. Bailey L. H. y Bailey E.Z. "Hortus Third a concise dictionary of plants cultivated in the United States and Canada." Mac Millan Publishing Co., Inc. New York, USA. 1976. Pag.183.
10. Béhar M. y Bressani R. "Recursos Proteínicos en América Latina". Guatemala. Publicaciones Incap. 1971.
11. Betschart, A. "Nitrogen Solubility of Alfalfa Protein concentrate as influenced by various factors". J. Food Sci. 39 (5): 110-115. 1974.
12. Braham J.E. and Bressani R. "Dilution of proteins with nonessential amino acids and inorganic nitrogen". Arch. Latinoam. Nutr. 19 (4):421-432. 1969.

13. Bressani R. "Chemistry, technology and nutritive value of maize tortillas". Food Reviews Int. 6 (2):225-264. 1990.
14. Bressani R. "El valor nutricional del arroz en comparación con el de otros cereales en la dieta de América Latina". En: Políticas Arroceras en América Latina. Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat). pp.1-9. 1972.
15. Bressani R. Y C. Chon. "Composición Química, Fraccionamiento Celular y Digestibilidad in vitro de Frutas de Arboles Tropicales y de Leguminosas no Convencionales de Guatemala. En: Memorias de II Congreso Nacional de la Carne y la Leche. AGSUOVA. Retalhuleu, Guatemala. 3 y 4 de Dic. 1990.
16. Bressani R. y L.G.Elias. "Mezclas de proteínas vegetales para consumo humano. IX. Aminoácidos limitantes en la mezcla vegetal Incap 9 y efecto de la adición de pequeñas cantidades de concentrados proteínicos de origen vegetal y animal". Arch. Venezol. Nutr. 2: 245-247. 1962.
17. Burns, R.E. "Method of Tannin Analysis for Storage Crop evaluation". Georgia Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin No. 532 (1963).
18. Camacho M. y Canessa A. E. "El ojoche: especie forestal de uso múltiple". Tecnología en Marcha (C.R.) 2 (4):19-27. 1980.
19. Christianson J.S. Wall and J.F. Cavins. "Nutrient distribution in grain. Location of nonprotein nitrogenous substances in corn grain. J. Agric. Food Chem. 13 (3): 272-276. 1965.
20. Christianson J.S. Wall and J.F. Cavins. "Identification and determination of nonprotein nitrogenous substances in corn steep liquor. J. Agric. Food Chem. 13 (3):277-280. 1965.
21. Cohen, Jacob. "Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences". 411 p. Academic Press, New York. 1969.
22. Del Rusto L. José A. "Desarrollo y aplicación de un método para la evaluación proteínica de alimentos: Índice de Nitrógeno a crecimiento". Tesis de Postgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Incap. Cesna. Guatemala. 1973.
23. Deshpande S.S. and Nielsen. "Nitrogenous constituents of selected grain legumes". J. of Food Science. 52 (5): 1321-1325. 1987.
24. Dubois, M; K.A.Gilles; J.K. Hamilton. "Colorimetric method for determination of sugar and related substances". Anal. Chem. 28 (3):350-356. 1956.
25. Duckworth R.R. "Frutas y Verduras". Cap.1. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1960. 27p.
26. Elias L. G., Bressani R. y Del Rusto J.A. "Evaluación de la calidad de la proteína de alimentos de bajo contenido proteínico". Arch. Latinoam. Nutr. 24 (1):01-96. 1974.
27. Fenton P. F. and J. M. Marsh. "Inherited metabolic patterns in mice caloric requirements for protein utilization and determination of protein minima". J. Nutrition. 62 (1):465-472. 1956.
28. Ferreiro H.M., Preston T.R. y Herrera F. "Subproductos del henequén como alimento para ganado: Efecto de la suplementación de la pulpa ensilada con pulidura de arroz y ramón (Brosimum alicastrum) sobre el crecimiento, digestibilidad y tasa de entrada de glucosa". Rev. Producción Animal Tropical No.4:71-75. 1979.
29. Forbes R.M. L. Vaughan and Yohe M. "Dependence of biological value on protein concentration in the diet of the growing rat". J. Nutri. 64:(1) 291-302. 1950.
30. Geilfus F. "El Arbol al Servicio del Agricultor". Manual de agroforestería para el desarrollo rural. Guía de Especies. Vol.No.2 657 p. Enda-Caribe Y Catie. Santo Domingo. Rep.Dom.
31. Gómez Brenes, R., Acevedo E. y Bressani R. "Mejoramiento del valor nutritivo del maíz por medio de infusiones de lisina y triptofano". Arch. Latinoam. Nutr. 23 (1): 243-262. 1974.
32. Gómez-Brenes R., Elias L.G. y Bressani R. "Efecto del Proceso de maduración del Maíz sobre su valor nutritivo". Arch. Latinoam. Nutr. 18(1): 65-79. 1960.
33. Guerra Sandoval. J.M. "Efecto del tiempo de cocción del maíz blanco (Zea Mays) sobre las propiedades físicas y sensoriales de las tortillas como medida de control de calidad". Tesis de Ingeniería Química. Guatemala, Univ. de San Carlos de Guatemala, 1988.

34. Guzmán V. A.R. "Conozcamos el ramón (Brosimum alicastrum Sw)". Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad de Comunicación Social. 1986. 20 p.
35. Guzmán D. "Especies Útiles de la Flora Salvadoreña." Imprenta Hac. San Salvador. Pág. 475-476. 2da. Edición. El Salvador, C.A. 1950.
36. Hale, W.H. "Rumen metabolism of nonprotein nitrogen". Agricultural and Food Chemistry. 4 (11):948-951. 1956.
37. Hamilton T. "The growth activity and composition of rats fed diets balanced and unbalanced with respect to protein". The Journal of Nutrition. 17 (6): 565-582. 1939.
38. Hamilton T. "The heat increments of diets balanced and unbalanced with respect to protein". The Journal Nutr. 17 (6):583-599. 1939.
39. Harper J.C. "Viscometric Behavior in Relation to evaporation of fruit purees". Food Technology. 14 (3):557-561. 1960.
40. Hernández, H. and Bates, L. "A modified method for rapid tryptophan analysis in maize". CIMMYT. México. Research Bulletin No.3 1969.
41. Hernández M., De la Vega A. y Sotelo A. "Determinación de la digestibilidad proteínica in vitro e in vivo en cereales y leguminosas crudos y cocidos". Arch. Latinoam. Nutr. 34 (3):513-552. 1984.
42. Hurrell, R.F.; P. Lerman and K.S. Carpenter. "Reactive lysine in foodstuffs as measured by a rapid dye binding procedure". J. Food Sci. 44 (4):1221-1231. 1979.
43. Imafidon G.I. and Sosulski F.W. "Nonprotein nitrogen contents of animal and plant food". J. Agric. Food Chem. 38(1):114-117. 1990.
44. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (INCAP). (Guatemala). "Evaluación Nutricional de la Población de Centro América y Panamá". Guatemala. 1969. 5p.
45. Irazabal C. "Características Reológicas de Productos de Frutas Tropicales". Arch. Latinoam. Nutri. 31(4): 665-678. 1981.
46. Karmas E. and Harris R. "Nutritional Evaluation of Food Processing". Cap.12. 3ra. Edición. Editorial Avi Book. New York. 1988.
47. Kies C. "Nonspecific nitrogen in the nutrition of Human beings". Federation Proceedings. 31 (3):1172-1177. 1972.
48. Krober O. and Gibbons S. J. "Non Protein Nitrogen in Soybeans". Agricultural and Food Chemistry. 10(1):57-59. 1962.
49. Lambert, J.D.H., Arnason, J.T. "Ramón and Maya ruins: an ecological notanecomic relation". Science (United States of América) 216 (4543): 298-299. 1982.
50. Letts Moscoso M. M. "Sustitución del maíz (Zea mays) por semilla deshidratada al sol de Ramón o Ujushte (Brosimum alicastrum Swartz) en dietas para pollos de engorde." Primer Seminario de Tesis. Univ. de San Carlos de Guatemala (USAC). Abril. 1986.
51. Lin, M.J. and E.S. Humbert. "Certain functional properties of sunflower meal products". J. Food Sci. 39 (5):368-370. 1974.
52. Lozano O.; Shimada A. S. y Avila E. "Valor Alimenticio de la semilla del Ramón (Brosimum alicastrum) para el pollo y el cerdo". Técnica Pecuaria. (Mexico). 34:100-104. 1978.
53. Martínez, M. "Plantas Útiles de la Flora Mexicana." Ediciones Botas. 1959. Págs. 126-127.
54. Melgar M. U.R. Aragón B. Méndez L.F. y Cuevas R. "Utilización Integral del Arbol del Género Brosimum." (Informe Final de proyecto). Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (INCAP). Guatemala, C.A. 1987.
55. Ministerio de Agricultura. Sector Público Agrícola. Dirección Gral. de Servicios Agrícolas. "El informador Agrícola. Epoca IV." No. 3. Marzo, 1981.
56. Molina M. R. Axtell B. Baten M.A. y Bressani R. "Utilización integral de frutas." Informe Anual del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (INCAP). Guatemala. 1970. pp.49-51.
57. Moore y Stein J. "A modified ninhydrin reagent for the photometric determination of amino acids and related compounds". The Journal of Biol. Chemistry. 211(2):907-913. 1954.

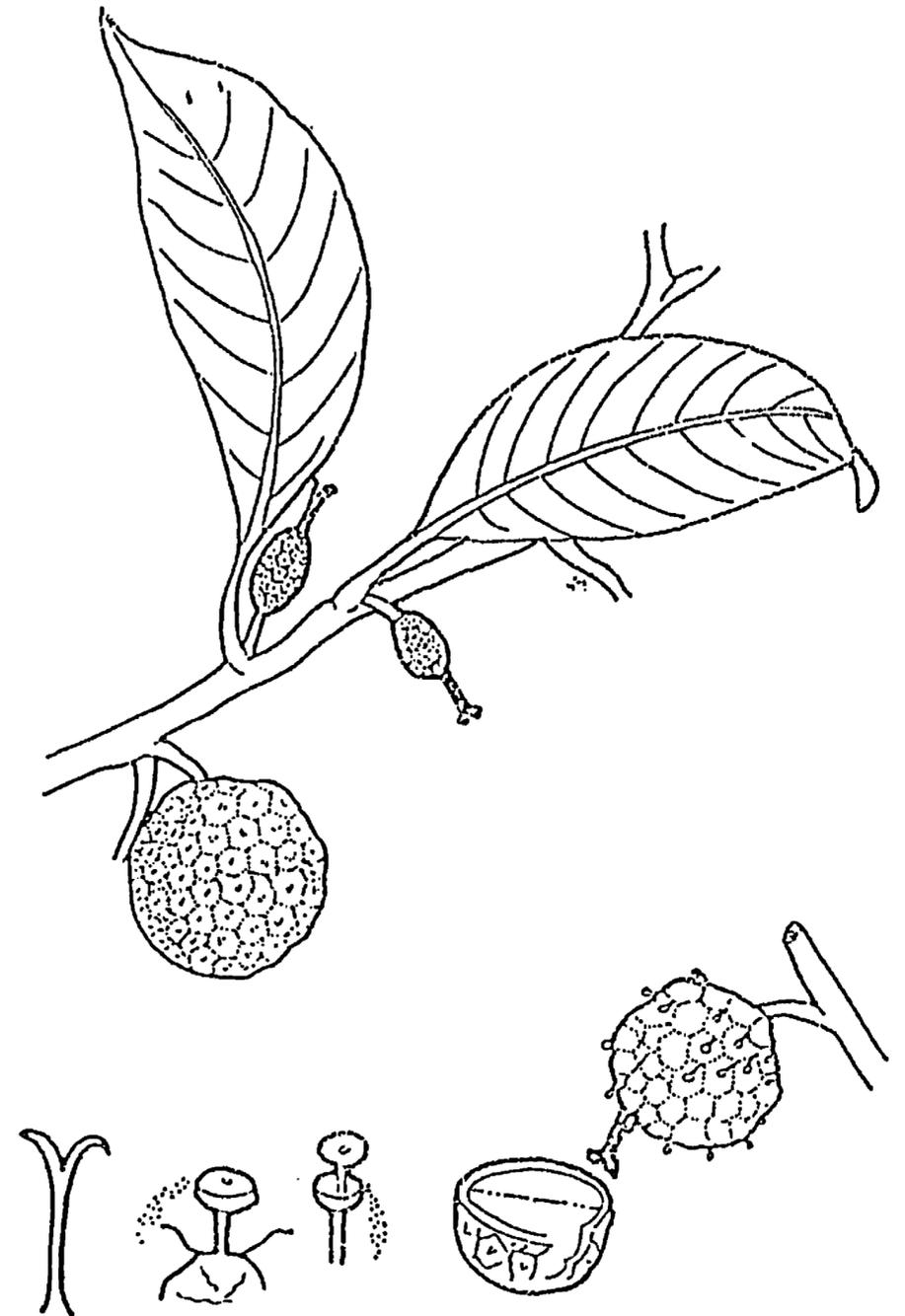
58. Morris J.H. and Burr. H.K.S. "Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage". Food Technology. 22 (3): 336-338. 1968.
59. Muralles M. "Proyecto para el Procesamiento y Mercadeo de un nuevo insumo en el concentrado para aves de corral obtenido de la semilla de un árbol silvestre tropical". INTECAP. Guatemala, C.A. 1984.
60. Neter John y W.Wasserman. "Applied Linear Statistical Models". Regression, Analysis of Variance, and Experimental Designs. Richard D. Irwin, Inc. USA. 1974.
61. Holbergu B. Sh. "Metionina, cistina, lisina y triptofano en algunos alimentos venezolanos". Arch.Latinoam.Nutr. 17(1):111-116. 1967.
62. Pardo-Tejeda, E. Peters, C.M. 1981. "Brosimum alicastrum, (moraceae); uses and potential in México". Economic Botany. (USA). 36 (2): 166-175. 1981.
63. Pardo Tejeda, Muñoz C.S. "Ramón Capomo, Ojite, Ojoche, Brosimum alicastrum. Recurso Silvestre Tropical Desaprovechado". Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Veracruz, México. (Cuadernos de Divulgación). 1974. 31p.
64. Pearl, C.R. "Trends in Consumption and Processing of Fruits and Vegetables in the United States". Food Technology 44 (2):102-104. 1990.
65. Pellet, P.L. y Young V.R. "Evaluación Nutricional de Alimentos Proteínicos". UNU. Universidad de las Naciones Unidas. Massachusetts, USA. Publication WHTR. Suplemento No.4 Food and Nutrition Bulletin.
66. Priego A. Elliott R. y Preston T.R. "Estudios sobre la digestión rumial en bovinos con una dieta basada en pulpa de henequén: suplementada con forraje de Ramón (Brosimum alicastrum) y pulidura de Arroz". Rev. Producción Animal Tropical No.4:294-298. 1979.
67. Puleston D.E. "El Ramón como base de la dieta alimenticia de los antiguos Mayas de Tikal". Antropología e Historia de Guatemala, II Epoca, I (1):55-69. 1929.
68. Rafalski E., Jablonski and Teresa Switoniak. "Protein Utilization in rats, receiving a Low-Protein diet with various limiting Amino Acids". J. Nutrition. 39 (1):13-18. 1970.
69. Raghavan, G.S.V. and Kienholz E.W. "Nutritive Value of Salt-Bed Roasted Soybeans for Broiler Chicks". Poultry Science. 53: 547-553. 1974.
70. Ramírez Flores S.N. "Determinación de la composición química de semillas de cinco especies forestales. Brosimum alicastrum, Sterculia apetala, Simarouba glauca, Aspidosperma stegomeris y Vochysia guatemaltensis". Tesis de Ing. Química, Univ. de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ing. Química. Guatemala, Octubre de 1989.
71. Ramírez H.J. "Valor Energético de la semilla del ramón (Brosimum alicastrum) en dietas para aves". Técnica Pecuaria.México. 35: 43-47. 1978
72. Rodríguez Terraza B. "Evaluación de la calidad nutricional de las proteínas de harina de maíz y soya obtenidas por extrusión, nixtamalización, y tostado. Primera Reunión Panamericana de Extrucción de Alimentos. México. 1984. pp.129.
73. Rojas U. "Elementos de Botánica General". Tomo II. Impreso en la Tipografía Nacional. Guatemala, C.A. 1926.
74. Sanahuja J.E. "Efectos de las dietas desequilibradas en aminoácidos: sus proyecciones en la nutrición humana". Arch. Latinoam. Nutr. 23 (3): 279-290. 1973.
75. Sauget. J.S. y Liogier E.E. "Flora de Cuba". Vol.No.1 pp.53-54 1946-1953. Habana, Cuba.
76. Snedecor G. W. y Cochran W. G. "Métodos Estadísticos". Caps.10-15. 5ta. Edición. Compañía Editorial Continental. México. 1978.
77. Sosa V. y Flores J.S. "The Pet Kot: A Man Made Tropical Forest of the Maya". Interciencia. 12 (1):10-15. 1987.
78. Standley, P.C. and Steyermark J.A. "Flora of Guatemala". Part.IV. Chicago, Natural History Museum, 1946.
79. Standley, P.C. "Flora of Yucatán". Publication 279. Chicago, Field Museum of Natural History, 1930.
80. Standley, P.C. y Record S.J. "The Forests and Flora of British Honduras". Publication 350. Chicago, Field Museum of Natural History, 1936.
81. Standley, P.C. y Calderón S. "Flora Salvadoreña. Lista preliminar de las Plantas del Salvador". 2da. ed. San Salvador, El Salvador, Imprenta2 Nacional, 1941.

82. Standley, P.C. "Flora of Costa Rica". Part.I. Publication 391. Chicago, Field Museum of Natural History, 1937.
83. Tkachuk, R. "Nitrogen to Protein conversion factors for cereal and oilseed meals". Cereal Chemistry 46(3):419-423. 1969.
84. Valdéz J.A. "Anotaciones sobre la civilización maya. Alimentación y Religiión". Rev. Nutrición al Día. 3 (2):25-26. 1989.
85. VanEtten, C.H., Kwolek W.F., Peters J.E., and Barclay A.S. "Plant Seeds as Protein Sources for Food Feed. Evaluation Based on Amino Acid Composition of 379 Species". J.Agr.Food Chem. 15 (6):1077-1089. 1967.
86. VanEtten, C.H., Miller R.W. and Wolff I.A. "Amino Acid Composition of Seeds from 200 Angiospermous Plant Species". Agricultural and Food Chemistry. 11 (5): 399-410. 1963.
87. Vargas E., Bressani R., Elías L.G. y Braham J.E. "Complementación y Suplementación de Mezclas Vegetales a base de Arroz y Frijol". Arch. Latinoam. Nutr. 32 (3):579-600 1982.
88. Vargas E., Bressani R., Navarrete D., Braham E. y Elías L.G. "Digestibilidad de la proteína y energía de dietas elaboradas a base de arroz y frijoles en humanos adultos". Arch. Latinoam. Nutr. 34 (4):109-129. 1984.
89. Williams M.A. and Grau C.R. "Food intake and utilization of lysine deficient protein by the chick in relation to the digestible energy concentration of the diet". J. Nutrition 46 (15):243-254. 1955.
90. Wolzak M.A. "Evaluación de Digestibilidad y Calidad Proteinica por Métodos Rápidos y correlación con Ensayos Convencionales en la Rata". Tesis de Postgrado en Ciencias y Tecnología de Alimentos. Incap. Cerna. Guatemala, 1980.
91. Wu Leung, W.T. y Flores M. "Tabla de composición de Alimentos para Uso en América Latina". Guatemala. INCAP. 1961.

XI ANEXOS

FIGURAS

FIGURA No.1
ESQUEMA DE LAS HOJAS Y FRUTOS DEL RAMON.
(*Brosimum alicastrum* Sw)



Tomado de: Conozcamos el ramón (Ref.34).

FIGURA No.2

PROCESO DE DESCASCARADO

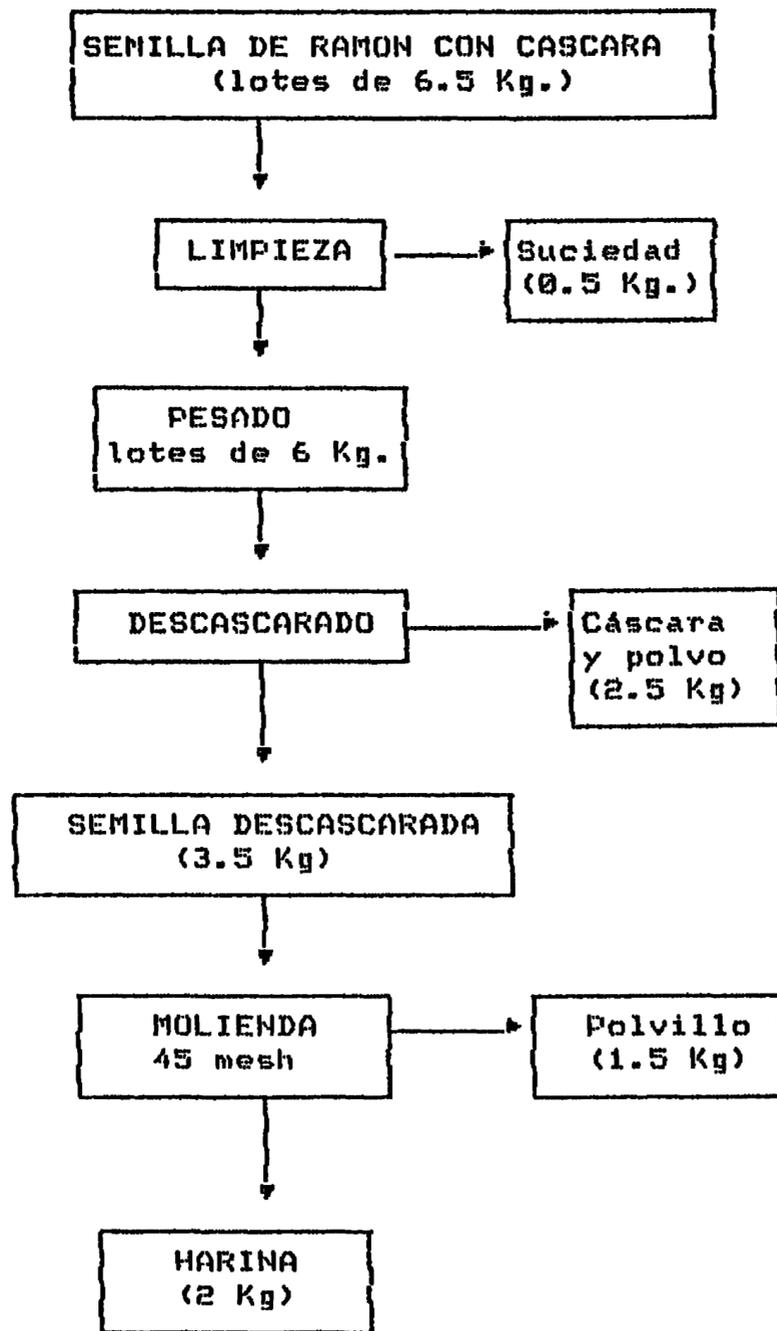


FIGURA 3

PROCESO DE COCCION A PRESION ATMOSFERICA

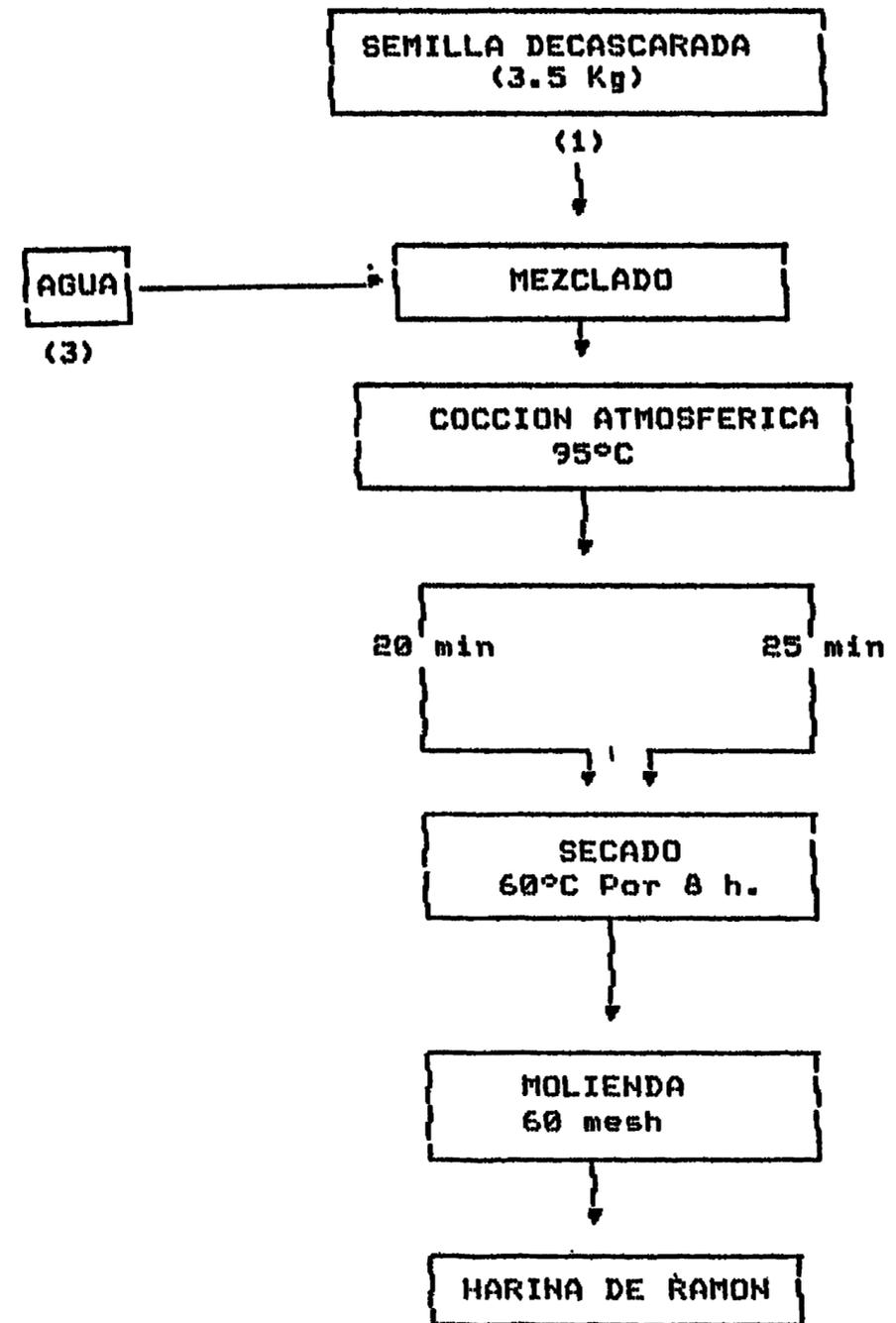


FIGURA No.4

PROCESO DE COCCION BAJO PRESION

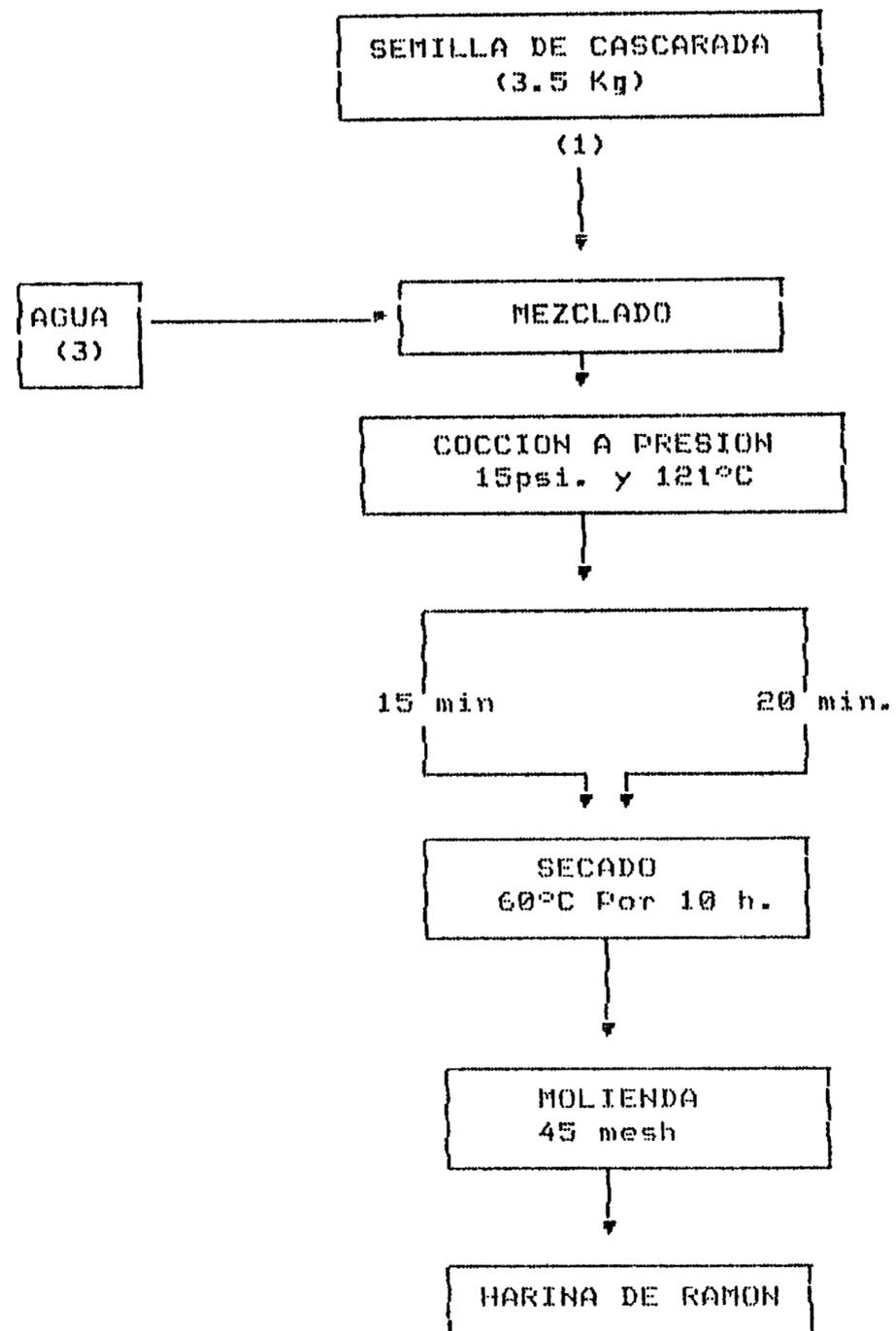


FIGURA No.5

PROCESO DE TOSTADO

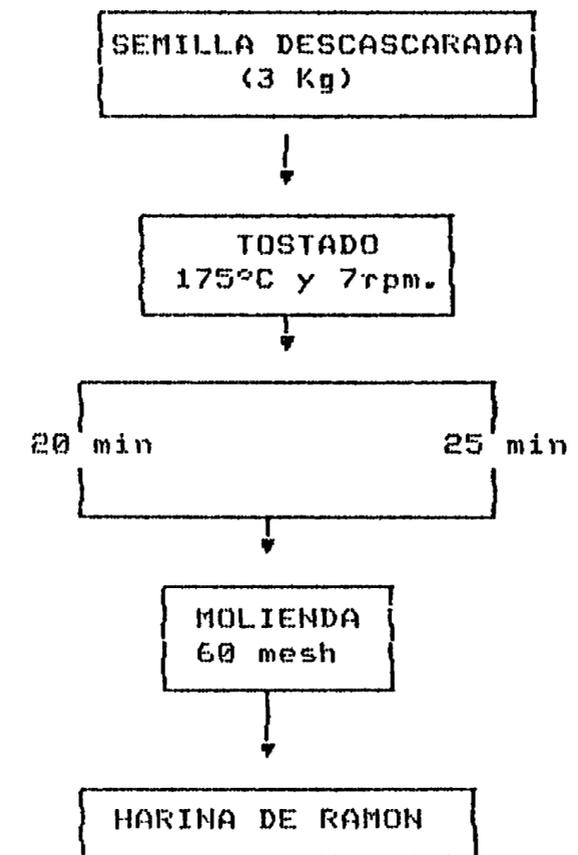
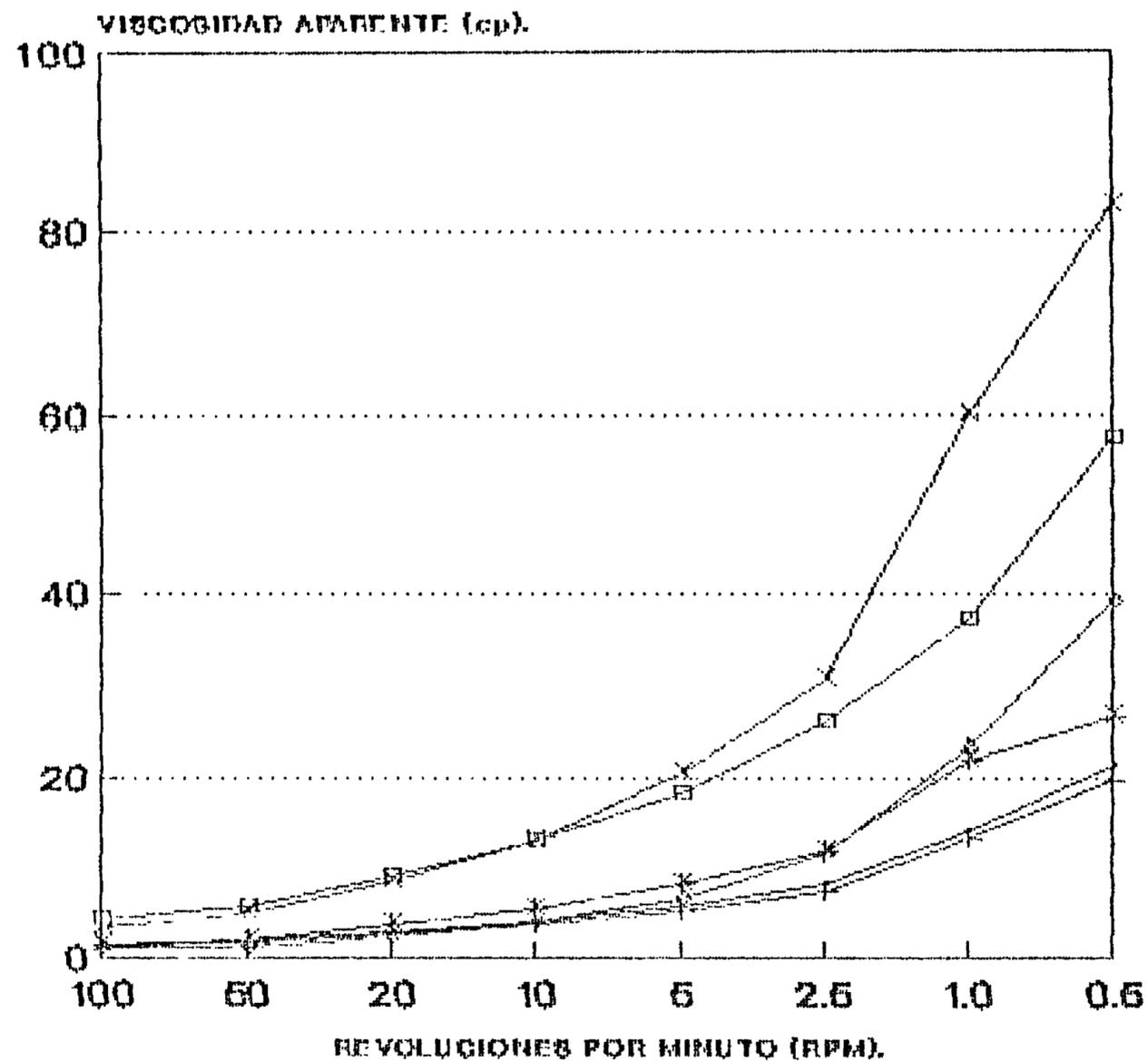


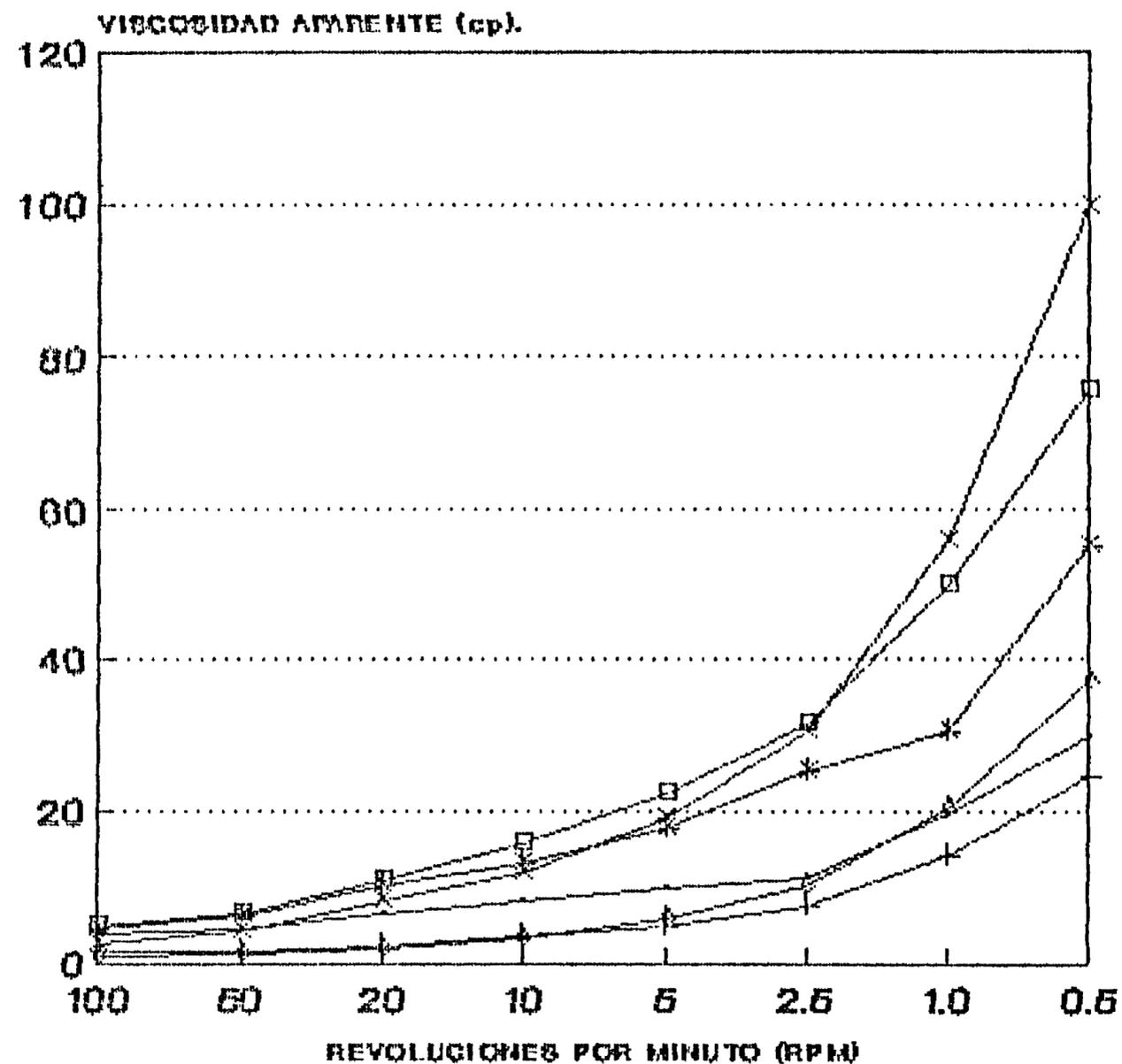
FIGURA No.6
VISCOSIDAD APARENTE VS.RPM



— CN25' + CN20' * AUT15'
 -□- AUT20' * TOS20' -◇- TOS25'

MUESTRAS AL 12% DE SOLIDOS.

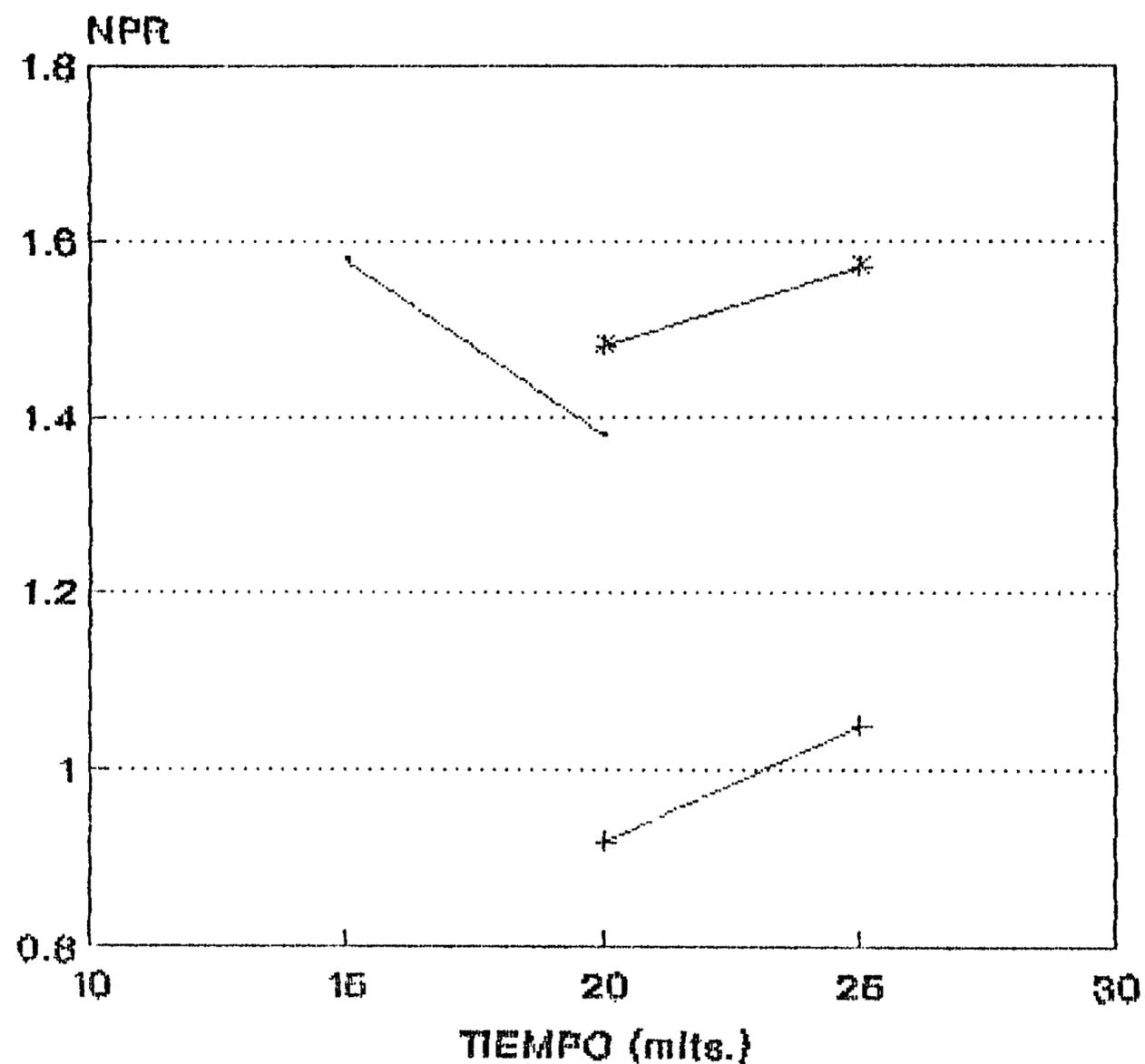
FIGURA No.7
VISCOSIDAD APARENTE VS. RPM



— CN20' + CN25' * AUT15'
 -□- AUT20' * TOS20' -◇- TOS25'

MUESTRAS AL 13% DE SOLIDOS.

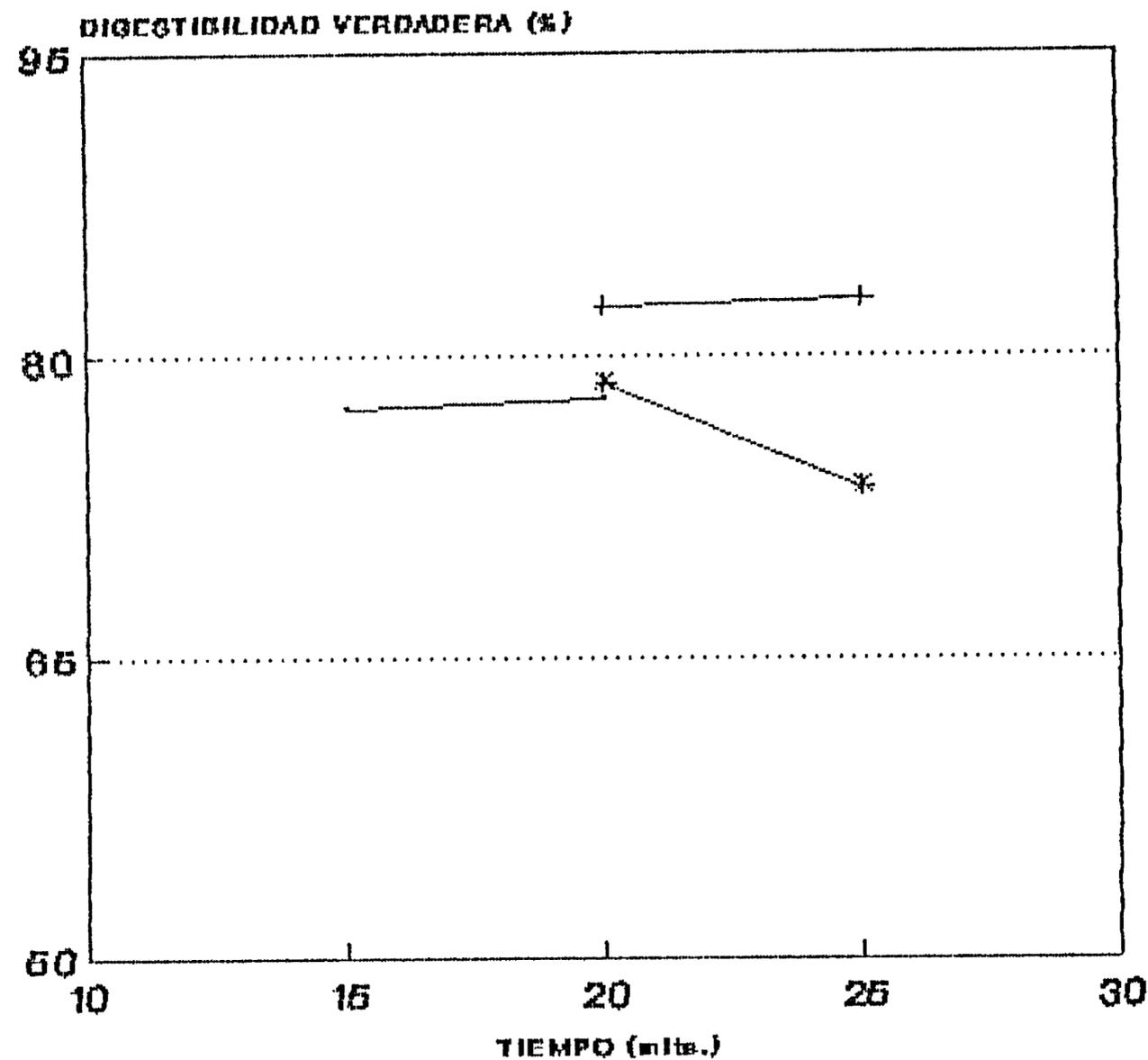
FIGURA No.8
EFFECTO DE LOS PROCESOS SOBRE EL NPR.



— AUTOCLAVE + TOSTADO
 * COCCION NORMAL

ESTUDIO BIOLOGICO No.1.(NPR VR3.TIEMPO).

FIGURA No.9
EFFECTO DE LOS PROCESOS SOBRE LA DV



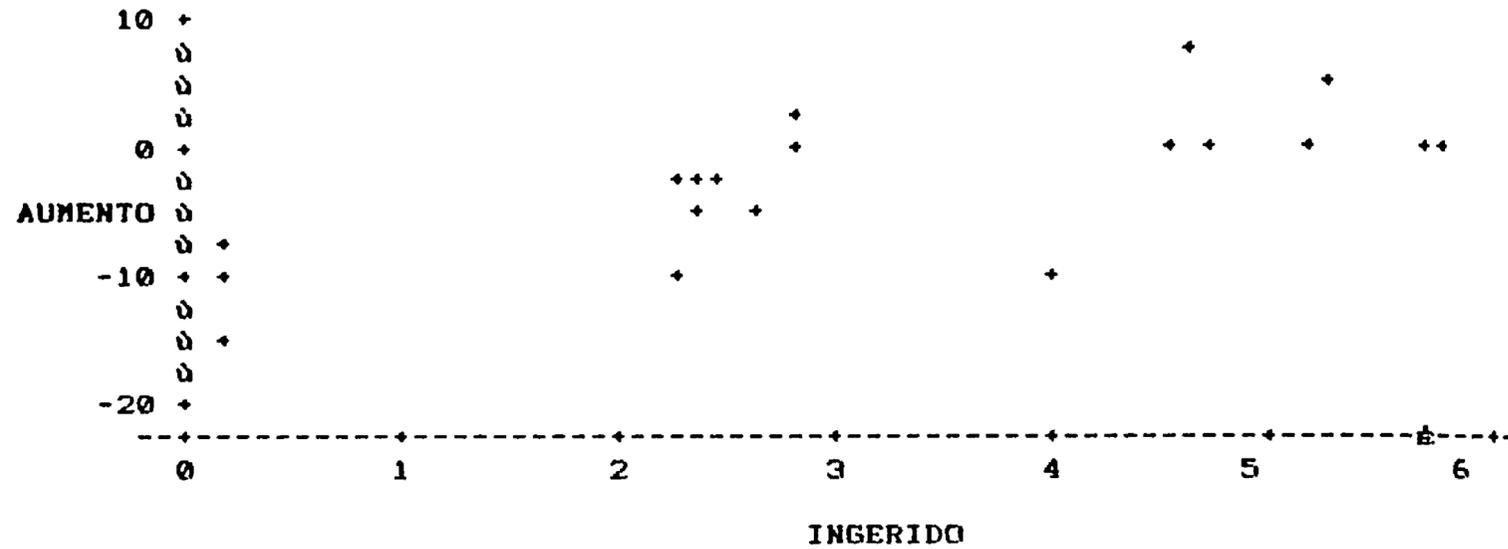
— AUTOCLAVE + TOSTADO
 * COCCION NORMAL

ESTUDIO BIOLOGICO No.1 (DV VR3.TIEMPO).

FIGURA No. 10

DIETA No. 1: MEZCLA 40/60 MAIZ/RAMON
DE ACUERDO AL MODELO LINEAL.

Symbol used is '+'.
Symbol used is 'u'.



X = Ingerido : Alimento ingerido. (Proteina consumida a niveles de 0+3.3+6.6%).

Y = Aumento : Cambio en peso de c/rata.

Ecuación : $Y = a + bX$.

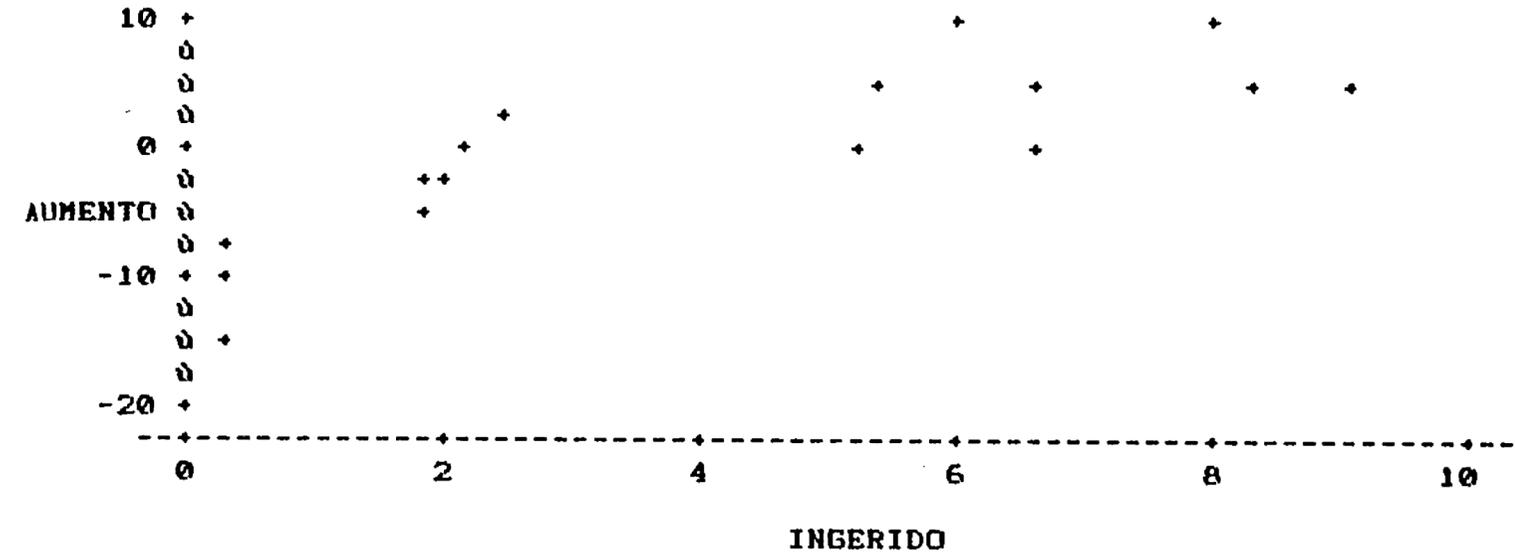
: $Y = -10.19 + 2.36X$.
SD = (1.12) (0.36)

$R^2 = 0.6581$

FIGURA No. 11

DIETA No. 2: MEZCLA 50/50 MAIZ/RAMON.
DE ACUERDO AL MODELO LINEAL.

Symbol used is '+'.
Symbol used is 'u'.



X = Ingerido : Alimento ingerido. (Proteina consumida a niveles de 0+3.3+6.6% de proteina).

Y = Aumento : Cambio en peso de c/rata.

Ecuación : $Y = a + bX$.

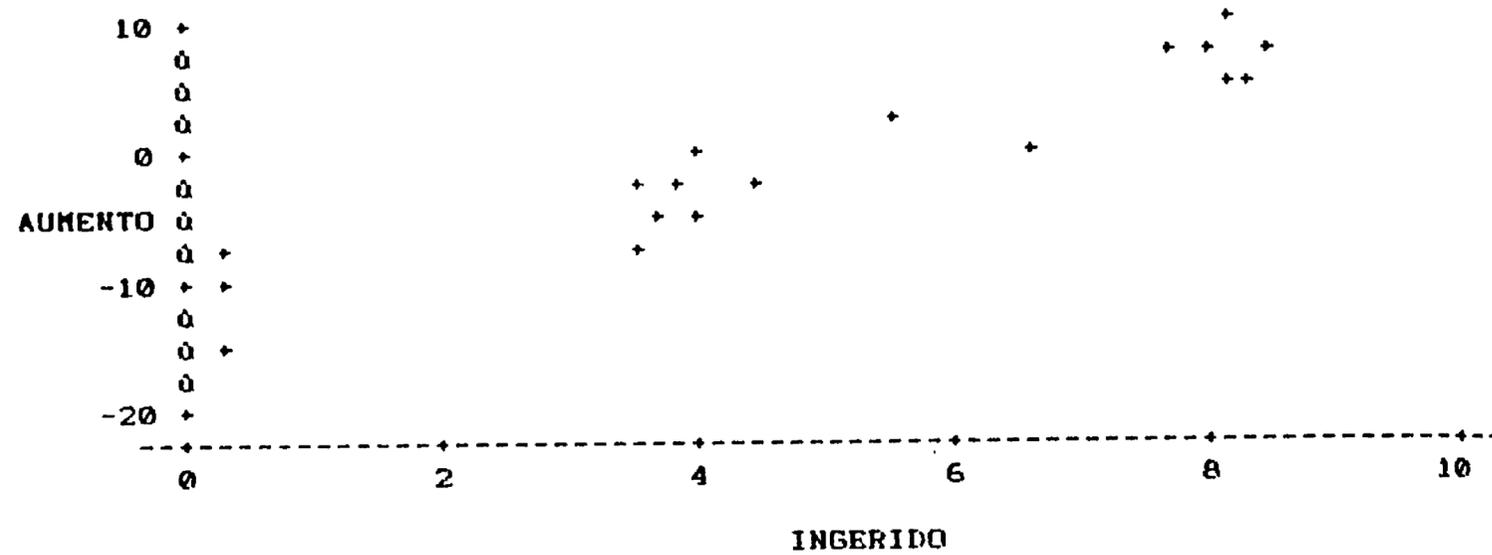
: $Y = -8.32 + 2.05X$.
SD = (± 0.98) (± 0.25)

$R^2 = 0.7591$

FIGURA No.12

DIETA No.3: MEZCLA 60/40 MAIZ/RAMON
DE ACUERDO CON EL MODELO LINEAL.

Symbol used is '+'.
Symbol used is '+'.



X = Ingerido : Alimento ingerido. (Consumo de Proteina
a niveles de 0+3.3+6.6% de proteina)

Y = Aumento : Cambio en peso de c/rata.

Ecuación : $Y = a + bX$.

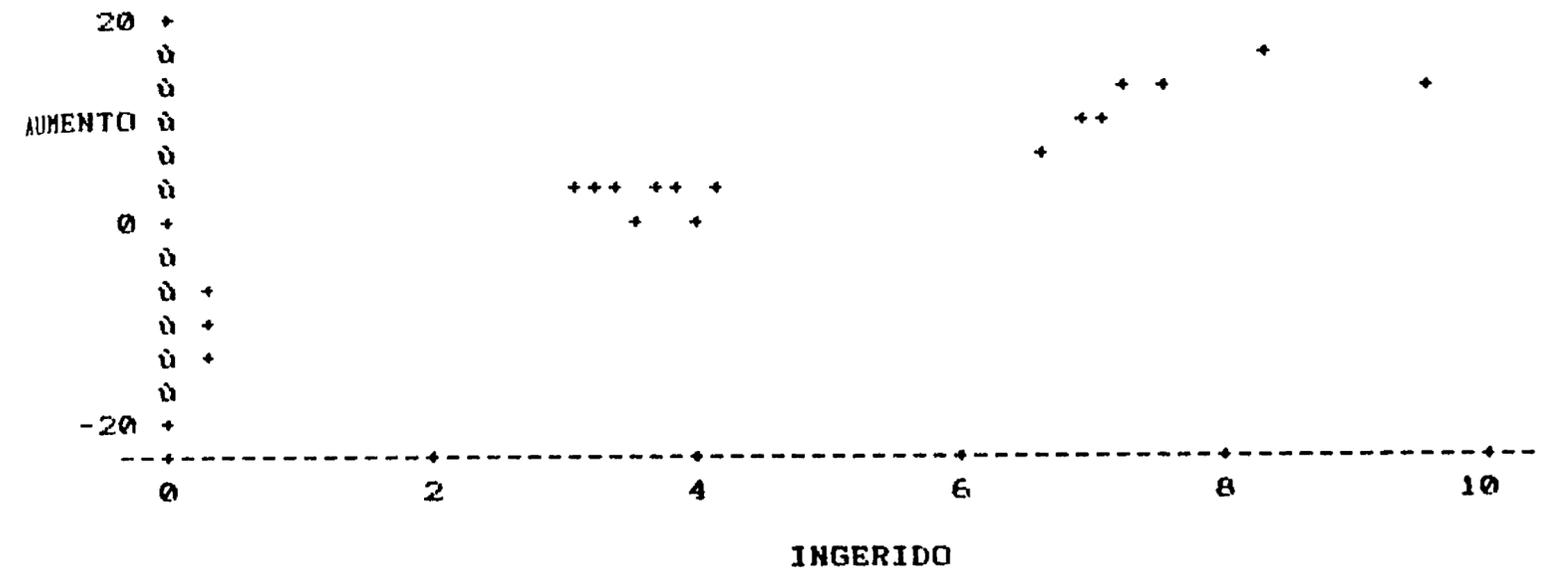
: $Y = -10.84 + 2.28X$.
SD = (± 0.61) (± 0.12)

$R^2 : 0.9393$

FIGURA No.13

DIETA No.4: SOLO MAIZ.
MODELO DE REGRESION LINEAL.

Symbol used is '+'.
Symbol used is '+'.



X = Ingerido : Alimento ingerido. (Proteina consumida
a niveles de 0+3.3+6.6%)

Y = Aumento : Cambio en peso de c/rata.

Ecuación : $Y = a + bX$.

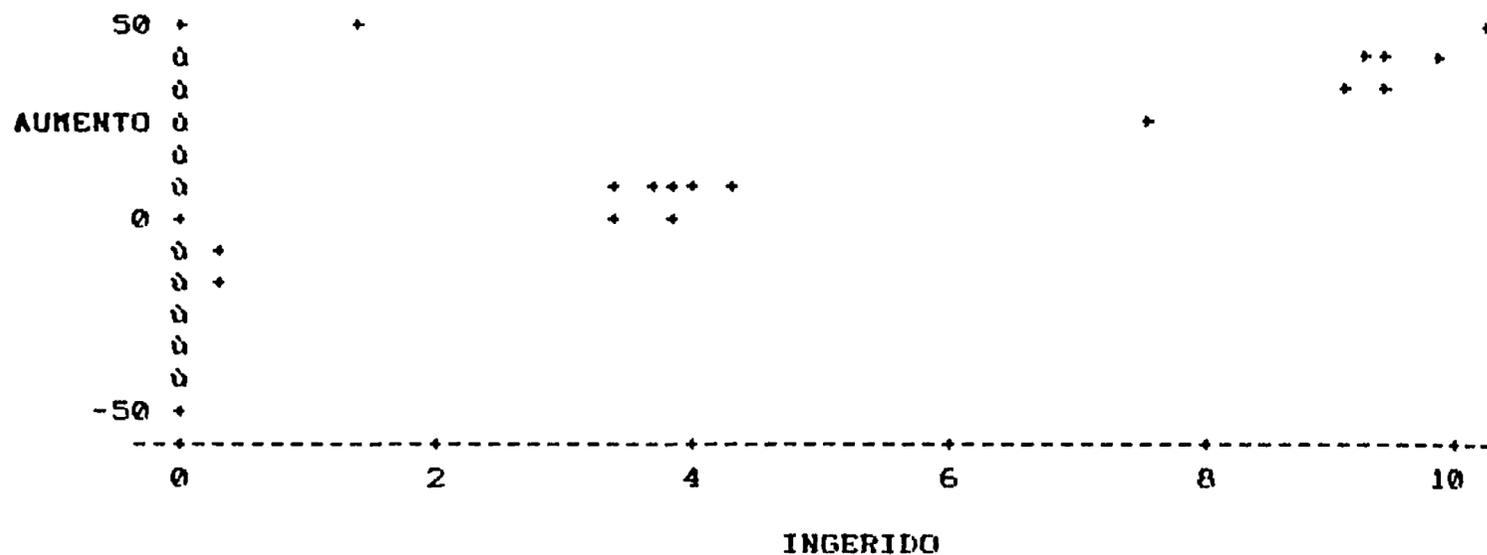
: $Y = -9.34 + 2.99X$
SD = (± 0.82) (± 0.17)

$R^2 : 0.9290$

FIGURA No. 14

DIETA No. 5: CASEINA.
DE ACUERDO AL MODELO LINEAL.

Symbol used is '+'.
Symbol used is '+'.



X = Ingerido : Alimento ingerido. (Proteina consumida a niveles de 0+3.3+6.6%).

Y = Aumento : Cambio en peso de c/rata.

Ecuación : $Y = a + bX.$

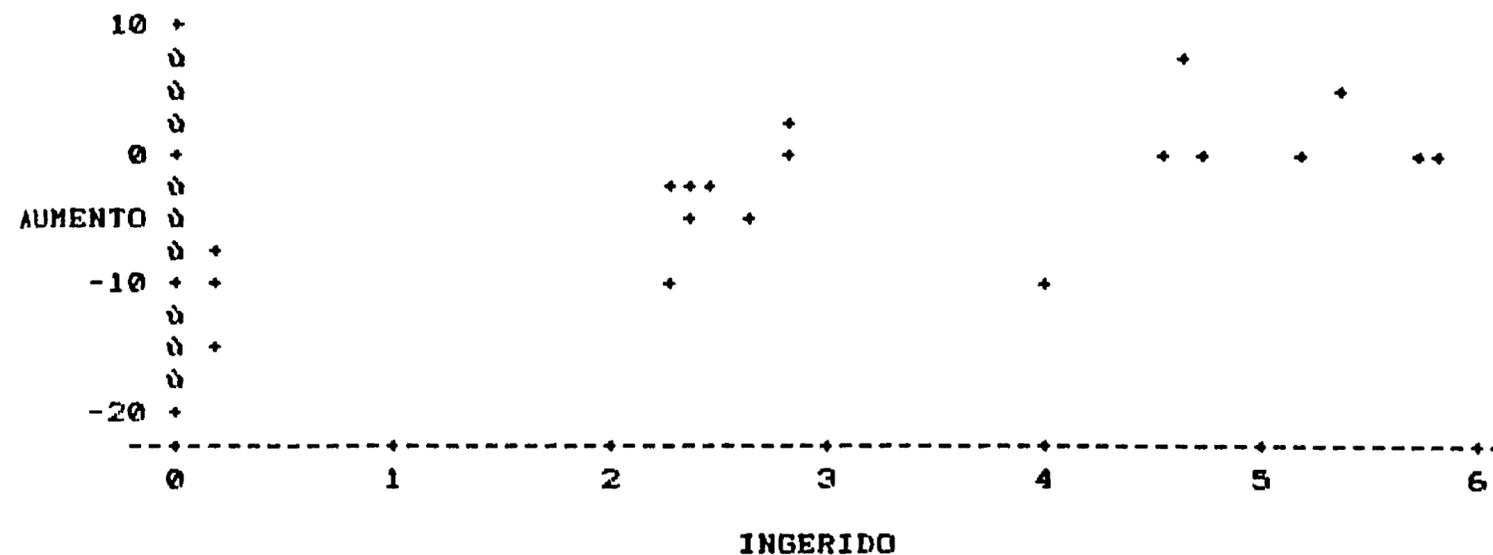
: $Y = -7.083 + 5.0X.$
SD = (± 3.34) (± 0.64)

R² : 0.7362

FIGURA No. 15

DIETA No. 1: MEZCLA 40/60 MAIZ/RAMON.
DE ACUERDO AL MODELO CUADRATICO.

Symbol used is '+'.
Symbol used is '+'.



X = Ingerido : Alimento ingerido. (Proteina consumida a niveles de 0+3.3+6.6% de proteina).

Y = Aumento : Cambio en peso de c/rata.

Ecuación : $Y = a + bX + cX^2.$

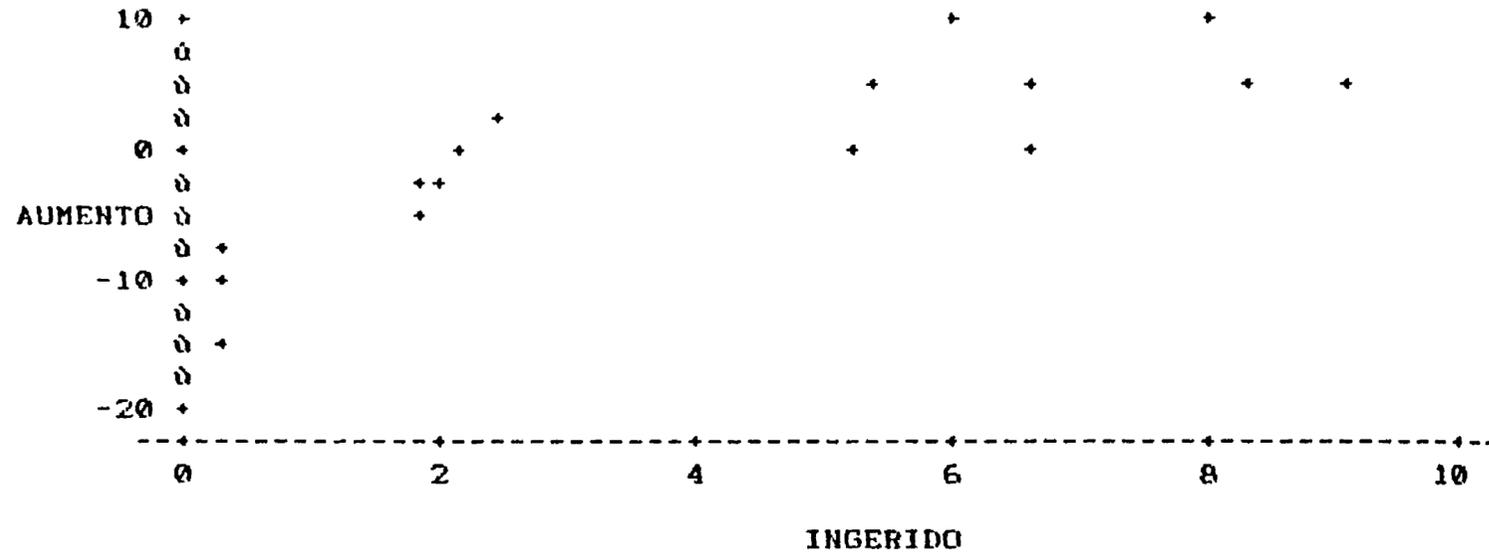
: $Y = -10.79 + 3.64X + -0.25X^2.$
SD = (± 1.24) (± 1.19) (± 0.22)

R² : 0.6774

Ramón = *Brosimum alicastrum*

FIGURA No. 16
 DIETA No. 2: MEZCLA 50/50 MAIZ/RAMON
 DE ACUERDO AL MODELO CUADRATICO

Symbol used is '+'.
 .



X = Ingerido : Alimento ingerido. (Consumo de proteina a niveles de 0+3.3+6.6% de proteina).

Y = Aumento : Cambio en peso de c/rata.

Ecuación : $Y = a + bX + cX^2$

: $Y = -10.25 + 4.89X + -0.37X^2$

SD = (± 0.85) (± 0.68) (± 0.08)

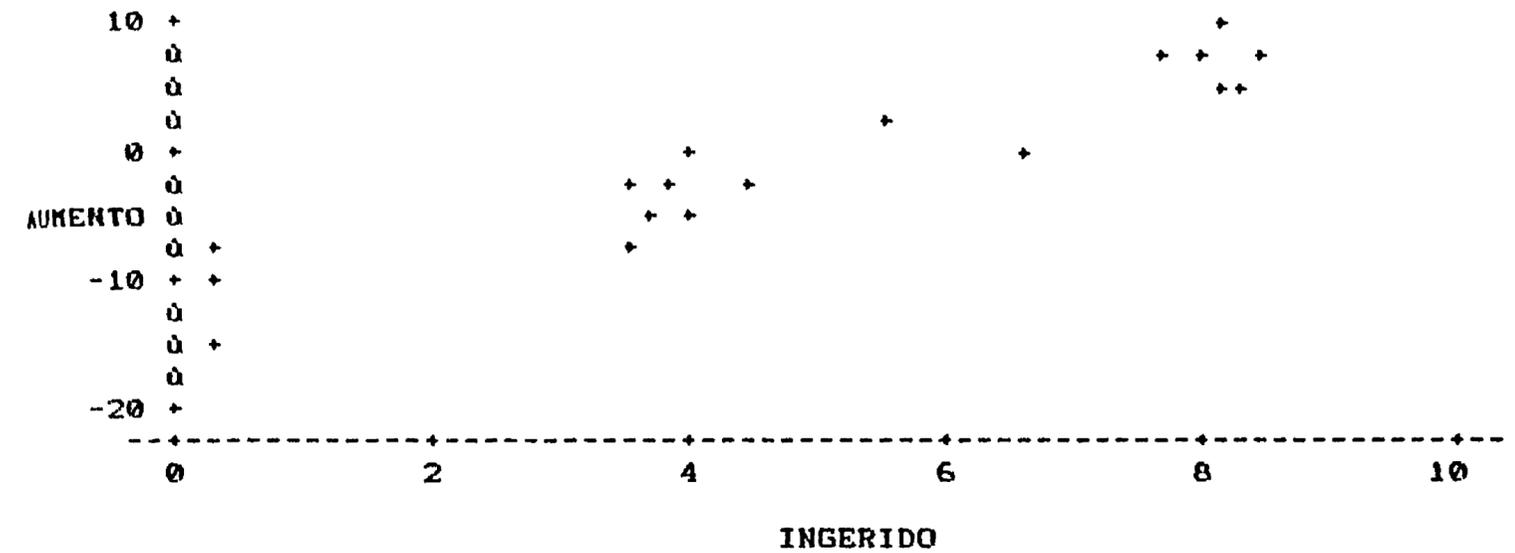
R² : 0.8732.

Ramón : Brosimum alicastrum

FIGURA No. 17

DIETA No. 3: MEZCLA 60/40 MAIZ/RAMON
 DE ACUERDO AL MODELO CUADRATICO.

Symbol used is '+'.
 .



X = Ingerido : Alimento ingerido. (Proteina consumida a niveles de 0+3.3+6.6% de proteina).

Y = Aumento : Cambio en peso de c/rata.

Ecuación : $Y = a + bX + cX^2$.

: $Y = -10.77 + 2.19X + 0.01X^2$.

SD = (± 0.69) (± 0.45) (± 0.06)

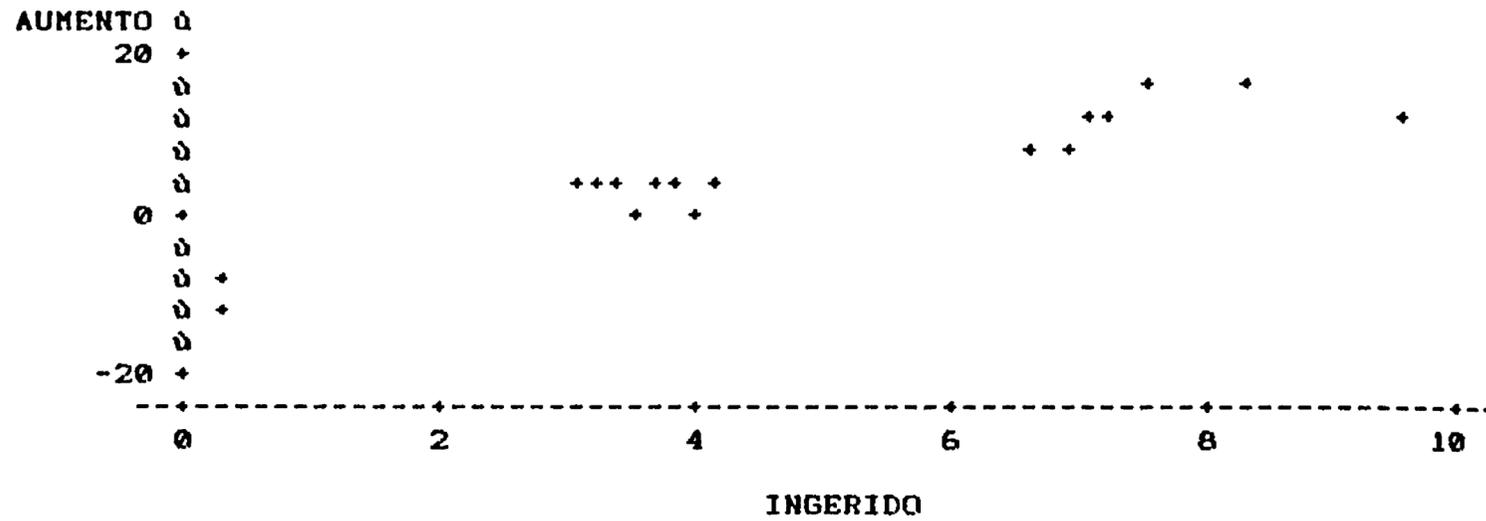
R² : 0.9394

Ramón = Brosimum alicastrum

FIGURA No. 18

DIETA No. 4: MAIZ SOLO
DE ACUERDO AL MODELO CUADRATICO.

Symbol used is '+'.



X = Ingerido : Alimento ingerido. (Proteina consumida a niveles de 0+3.3+6.6%).

Y = Aumento : Cambio en peso de c/rata.

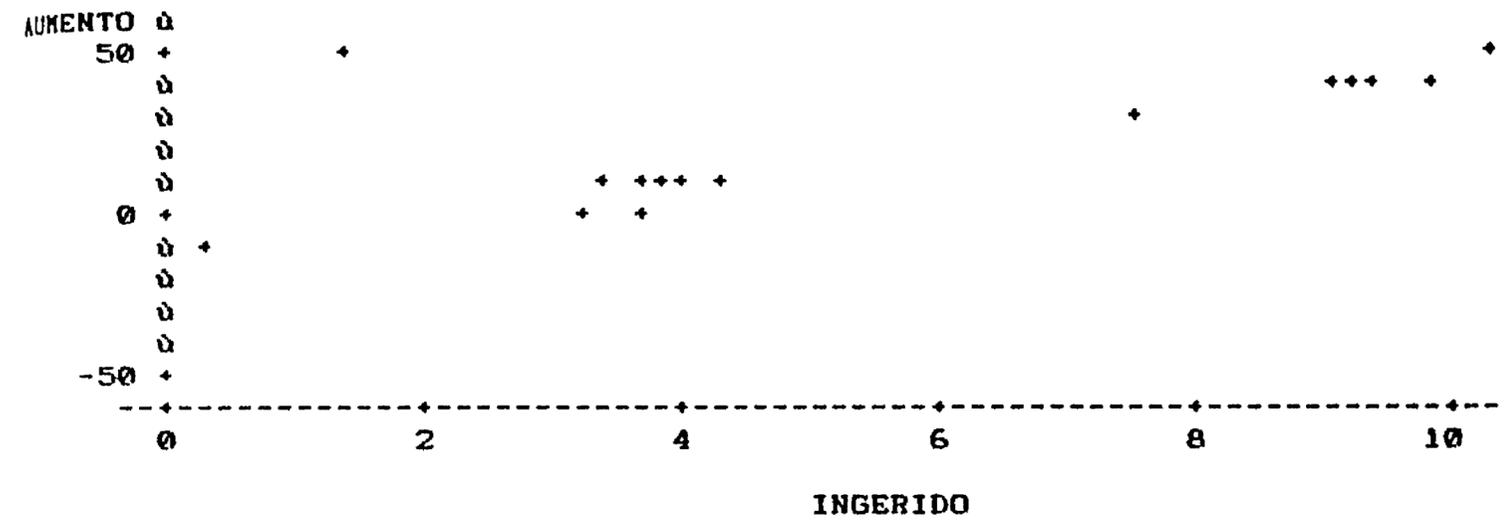
Ecuación : $Y = -10.62 + 4.74X - 0.22X^2$.
SD = (± 0.69) (± 0.44) (± 0.05).

R² : 0.9610

FIGURA No. 19

DIETA No. 5: CASEINA
DE ACUERDO AL MODELO CUADRATICO.

Symbol used is '+'.



X = Ingerido : Alimento ingerido. (Proteina consumida a niveles de 0+3.3+6.6%)

Y = Aumento : Cambio en peso de c/rata.

Ecuación : $Y = a + bX + cX^2$.
: $Y = -6.88 + 4.77X + 0.02X^2$.
SD = (± 3.97) (± 2.44) (± 0.25).

R² : 0.7364

CUADROS

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CARACTERIZACION FISICA
DEL FRUTO DEL RAMON (Brosimum alicastrum).-

Constituyentes del Fruto	Características Físicas *		
	Peso (g.) ¹	Tamaño (cm)	
		Largo	Ancho
Fruto	(*) 2.73 ± 0.43	2.16±0.20	1.98±0.07
Semilla	(*) 1.72 ± 0.06	1.41±0.17	1.51±0.23
Cáscara	(*) 1.22 ± 0.04	0.70±0.27	0.40±0.20

* = Tamaño de muestra (N = 35 semillas).

(1) = Peso en fresco (g.)

CUADRO No.2

RESULTADOS DEL PROCESO DE DESCASCARADO

MUESTRA No.	PESO INICIAL (g.)		PESO FINAL (g.)	RENDIMIENTO (%)	
				X	± SD
(I)					
Molida	(1)	1750	1613	92.17	
a 45	(2)	1710	1633	95.49	
mesh.	(3)	1802	1653	91.70	

				93.12	±2.06
(II)	(1)	806.50	426.86	52.93%	
Tamizada	(2)	816.50	540.98	66.25%	
a 60	(3)	826.50	590.74	71.47%	
mesh.					

				63.55	±9.56
(III)	(1)	806.50	336.80	41.76	
Tamizada	(2)	816.50	245.93	30.12	
que quedó	(3)	826.50	198.45	24.02	
sin pasar					
por el					
tamiz de					
60 mesh.				-----	
				31.97	±9.01

SD = Desviación Estandar.

X = Promedio de tres réplicas.

CUADRO No.3

RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS Y PROXIMAL
DE LA SEMILLA DEL Brosimum alicastrum.

COMPONENTE * (X)	MUESTRA CRUDA (X)		
	M.A	M.B	M.C
HUMEDAD (%)	10.09	10.16	10.25
PROTEINA (%)	7.60	7.66	8.22
CARBOHIDRATOS (%)	72.00	73.40	72.09
E. ETereo (%)	1.18	0.98	1.07
F. CRUDA (%)	4.23	3.90	4.33
CENIZA (%)	3.21	3.03	3.38
ENERGIA (Kcal/g)	3.81	4.16	3.87
LISINA (gLis/16gN)	2.35	2.41	2.24
TRIP. (gTrip/16gN)	1.26	1.34	1.35
FDT. (% FD/mg Mu.)	19.70	16.56	23.60
N2SOL. (g N2/gm.)	9.27	8.65	9.38
AZUCARES T. (µg/gr)	9.19	10.75	10.08
ALMIDON (g.)	43.91	46.09	38.41
NNP (%)	0.71	0.53	0.74

* = Resultados reportados en base seca.

(X) = Promedio de tres réplicas.

M.A. = Muestra A. (Harina a 45 mesh).

M.B. = Muestra B. (Harina a 60 mesh).

M.C. = Muestra C. (Superficie del tamiz).

TRIP = Triptofano.

FDT. = Fibra Dietética Total.

N2SOL. = Nitrógeno Soluble en NaOH.

NNP = Nitrógeno no-proteico.

NOTA = Los datos que se informan son promedios de tres muestras en los que se asume una variabilidad de acuerdo al error de laboratorio y no de muestreo.

CUADRO NO. 4

ANALISIS PROXIMAL DE LOS PRODUCTOS DE LOS DIFERENTES PROCESOS REALIZADOS EN EL RAMON. -

PROCESO	ANALISIS (%) (X)					CENIZA
	(REPORTADOS EN BASE SECA).					
	HUMEDAD	PROT.	CARBO.	ETERED	F. CRUDA	
CN20'	11.05	6.75	74.1	0.765	4.39	2.25
CN25'	10.93	5.46	74.6	1.74	4.47	2.10
AUT15'	10.75	5.14	74.6	1.30	4.57	2.01
AUT20'	9.60	5.77	74.5	1.60	4.69	2.16
TOS20'	8.53	8.11	74.5	1.00	3.69	3.35
TOS25'	7.77	8.67	73.03	2.03	4.16	3.59

X = Promedio de tres réplicas.

CN. = Cocción Normal a 20 ó 25 min.

AUT. = Autoclave a 15 ó 20 min.

TOS. = Tostado a 20 ó 25 min.

NOTA = Los datos que se informan son promedios de tres muestras en los que se asume una variabilidad de acuerdo al error del laboratorio, no de muestreo.

CUADRO No.5

RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DE LOS PRODUCTOS DE LOS DIFERENTES PROCESOS REALIZADOS. -

PROCESO	ANALISIS (X)						
	ENERGIA (Kcal/g.)	TRIP (g./16gN)	FDT. (XFD/ mgM)	N2SOL (gN2/ gm.)	AZUCARES TOTALES ug/gr	ALMIDON %	NNP %
CN20'	4.02	1.24	14.58	4.22	0.400	59.04	0.39
CN25'	4.17	1.19	16.43	3.85	0.425	57.74	0.32
AUT15'	4.25	1.33	15.35	3.75	0.655	58.59	0.54
AUT20'	4.36	1.25	16.89	3.49	0.535	57.07	0.38
TOS20'	4.47	1.17	23.19	6.09	0.530	50.78	0.68
TOS25'	4.47	1.37	25.05	6.26	0.270	47.71	0.64

* = Resultados reportados en base seca.

X = Promedio de tres réplicas.

CN. = Cocción Normal a 20 ó 25 min.

AUT. = Autoclave a 15 ó 20 min.

TOS. = Tostado a 20 ó 25 min.

TRIP = Triptofano.

F.D. = Fibra Dietetica.

N2SOL. = Nitrógeno soluble en NaOH.

NNP. = Nitrógeno no-protéico.

NOTA. = Los datos que se informan son promedios de tres muestras en los que se asume una variabilidad de acuerdo al error de laboratorio no de muestreo.

CUADRO No.6

ANALISIS FUNCIONAL DE LOS DIFERENTES PROCESOS REALIZADOS

PROCESO	ANALISIS (%) (X)		
	SOLAGUA	ABSAGUA	ABSGRASA
CN20'	1.275	3.600	20.00
CN25'	1.292	1.745	20.00
AUT15'	1.285	2.710	60.00
AUT20'	1.288	3.610	60.00
TOS20'	1.179	6.435	100.00
TOS25'	1.194	5.355	100.00

CN. = Cocción Normal a 20 ó 25 min.
 AUT. = Autoclave a 15 ó 20 min.
 TOS. = Tostado a 20 ó 25 min.

X = Promedio de tres réplicas.

SOLAGUA = Solubilidad en agua. (WSI)

ABSAGUA = Absorción de agua. (WAI)

ABSGRASA = Absorción de grasa.

NOTA = Los datos que se informan, son promedios de tres muestras, en los que se asumió una variabilidad de acuerdo al error del laboratorio y no de muestreo.

CUADRO No.7

RESULTADOS DE LOS PARAMETROS REOLOGICOS (N Y M).

P.	PAR REO*	PORCENTAJE DE SOLIDOS.					
		10	12	13	14	15	16
CN 20'	N	0.434	0.502	0.534	0.458	0.319	0.282
	M	68421.427	91837.673	96894.69	87313.50	43129.38	60403.93
CN 25'	N	0.454	0.497	0.373	0.448	0.237	0.560
	M	3088873	100627.17	42998.29	14575.52	28648.13	115808.40
AU 15'	N	0.463	0.583	0.442	0.458	0.319	0.412
	M	89597.17	37557.79	72460.38	51565.88	73918.65	75783.97
AU 20'	N	0.483	0.489	0.548	0.460	0.258	0.283
	M	752291.67	74504.82	91314.21	69652.51	51380.4	45424.46
TS 20'	N	0.692	0.579	0.672	0.671	0.635	0.623
	M	160556.51	79500.48	80821.545	117701.78	139808.14	159047.3
TS 25'	N	0.645	0.722	0.712	0.734	0.635	0.609
	M	163545.73	129517.26	116315.59	185336.56	141492.2	160089.7

* = Parámetros reológicos.

N = Coeficiente de Pseudoplasticidad (adimensional).

M = Coeficiente de Consistencia (dina segⁿ/cm²).

n = N

P. = Procesos realizados en el B. alicastrum.

CN = Cocción Normal a 20 ó 25 minutos.

AU = Autoclave a 15 ó 20 minutos.

TS = Tostado a 20 ó 25 minutos.

RESULTADO DE LAS VISCOSIDADES PARA DIFERENTES VELOCIDADES

PROCESO % DE SOL.	FACTOR POR AGUJA	DE AGITACION.							
		RPM 100	50	20	10	5	2.5	1.0	0.5
CN20	(100/N)1	1256.37	1337.33	1851.57	3703.14	3628.18	5397.30	869565.22	1289355.3
	(100/N)1	1482.76	1721.14	2511.24	3538.23	4977.51	7376.31	13343.33	197910.10
	(100/N)1	1452.77	1754.12	2428.78	3508.24	4857.57	7656.22	13943.03	24587.71
	(100/N)1	1350.82	1460.27	2226.39	3103.45	4617.69	6716.64	13343.33	21289.35
	(400/N)2	3160.42	3778.11	5427.29	7316.34	9715.14	16311.84	20989.50	29985.01
	(100/N)1	1367.32	1607.19	2811.09	3958.02	6266.87	7916.04	14692.65	27586.21
CN25	(400/N)2	4149.92	5769.11	9085.46	12713.64	17511.24	23988.0	34782.61	58770.61
	(100/N)1	1341.83	2074.96	2923.54	3958.02	5577.21	8035.98	13943.02	21289.35
	(400/N)2	3760.12	4581.71	6386.81	8275.86	9715.14	11274.36	19790.10	29985.01
	(400/N)2	3748.12	4449.77	5847.08	6716.64	12593.70	25187.41	62968.52	123538.2
	(400/N)2	5073.46	5427.29	7616.19	8995.50	14872.56	21109.44	25787.11	27586.21
	(100/N)1	1478.26	1919.04	2901.05	4152.92	6476.76	8935.53	17391.30	28785.61
AUT15	(100/N)1	1403.29	1697.15	2788.60	3958.02	5907.04	9715.14	16341.82	25487.26
	(100/N)1	1472.26	1907.05	3545.73	5397.30	8185.91	11694.15	22038.98	26686.66
	(400/N)2	4707.65	6332.83	10104.95	13013.49	17631.18	25187.41	30584.71	55172.41
	(400/N)2	3616.19	4413.79	6536.73	8635.68	11514.24	15352.32	24587.71	45577.21
	(400/N)2	5829.08	6560.72	8845.58	10974.51	13193.40	14632.68	19790.10	21589.20
	1000/N)3	12773.61	14152.92	18665.67	26236.88	29385.31	47976.01	67466.27	86956.52
AUT20	(400/N)2	2452.27	3130.43	4887.55	7256.37	10554.72	16791.60	34782.60	215892.5
	(400/N)2	4263.87	5721.14	9055.47	12833.58	18350.82	26146.93	37181.41	57571.21
	(400/N)2	4851.57	6644.68	10764.62	15892.05	22428.79	31424.29	49775.11	75562.22
	1000/N)3	9715.14	14182.91	19640.18	25187.41	33583.21	50374.81	107946.03	149925.04
	(400/N)2	5829.08	6560.72	8845.58	10974.51	13193.40	14632.68	19790.10	21589.20
	1000/N)2	12803.59	16101.95	24437.78	33733.13	44377.81	63568.22	85967.02	95952.02
TOS20	1000/N)3	12608.69	18920.54	33883.05	53823.09	84557.72	13493.25	27726.13	43178.41
	(400/N)2	3262.37	4821.59	8455.77	13013.49	20509.74	30704.65	59970.01	82758.62
	(400/N)2	2704.65	4101.95	8215.89	11814.09	18950.52	30464.77	55772.11	99550.22
	(400/N)2	3586.21	5481.26	10014.99	15952.02	25187.41	46296.85	76161.92	118740.63
	(400/N)2	4767.62	7220.39	12863.57	20509.74	31424.29	50854.57	94152.92	127136.43
	2000/N)4	26986.51	40239.88	70314.84	108245.8	167316.3	256671.6	452773.61	785607.20
TOS25	1000/N)3	13088.46	20209.89	37406.29	59670.16	96251.874	152323.84	268365.82	371814.09
	(100/N)1	980.51	1205.39	2271.36	3943.03	6476.76	11394.30	23239.38	39280.36
	(100/N)1	964.02	1127.44	2038.98	3358.32	5757.12	10134.93	20239.88	37181.41
	(400/N)2	4953.52	6800.59	13133.43	22608.69	38140.93	77481.26	136731.63	213493.25
	(400/N)2	4809.59	6380.81	13103.45	23508.25	34302.85	51574.21	101949.03	111544.23
	2000/N)4	28545.73	44377.81	79910.04	123838.08	199100.45	279460.27	467766.12	737631.18

CH = Cocción Normal a 20 ó 25 minutos.
 AUT = Autoclave a 15 ó 20 minutos.
 TOS = Tostado a 20 ó 25 minutos.
 RPM = Revoluciones por minuto.

H = RPM.
 % de SOL = Porcentaje de sólidos.
 * = No.de aguja.
 CPS = Centipoise.

Composición de la dieta basal usada en el estudio biológico No.1 para la evaluación de la calidad de la proteína del Ramón con diferentes procesos de cocción.
 (Diets al 9% agregando 5% de caseína).
 (Cantidades para 100 grs. de dieta).

Alimentos	Porcentaje de cada alimento					
Caseína	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
RT20'	51.70					
RT25'	-	48.40				
RAUT15'			79.80			
RAUT20'				72.20		
RON 20'					61.50	
RON 25'						74.60
Almidón	33.30	36.60	5.2	12.8	23.5	10.4
Mezcla mineral	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Aceite de Algodón	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Aceite de hígado de bacalao	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Solución de Vitaminas	5ml/dieta					

Ramón = Brosimum alicastrum

RT = Ramón tostado a 20 ó 25 minutos.

RAUT = Ramón autoclave a 15 ó 20 minutos.

RON = Ramón cocción normal a 20 ó 25 minutos.

CUADRO No.10

RESULTADOS DEL ESTUDIO BIOLÓGICO No.1
DE LOS DIFERENTES PROCESOS REALIZADOS
EN EL RAMON.-

PROCESO (1)	GANANCIA DE PESO (g.)		PROTEÍNA CONSUMIDA		NPR *(2)		DIGESTIBILIDAD VERDADERA (%)	
	X	±SD	X	±SD	X	±SD	X	±SD
TOS20 min	-4.00	±2.51	7.42	±0.89	0.92	±0.34	82.40	±4.58
TOS25 min	-3.25	±1.75	7.09	±0.71	1.05	±0.22	82.77	±4.10
AUT15 min	0.5	±1.51	8.13	±0.78	1.38	±0.14	77.92	±3.30
AUT20 min	1.5	±3.5	7.68	±0.49	1.58	±0.37	77.37	±5.64
CN20 min	0.00	±3.33	7.21	±1.07	1.48	±0.39	78.69	±1.80
CN25 min	1.87	±5.20	7.04	±1.03	1.57	±0.54	73.41	±2.74
COSEIHO	47.5	±5.68	18.10	±2.12	3.23	±0.25	94.09	±1.67

X = PROMEDIO DE OCHO RATAS.

SD = DESVIACION ESTANDAR.

(1) = DIETAS CON 9% DE PROTEÍNA, para los procesos de:
TOS = Tostado
AUT = Autoclave
CN = Cocción Normal.

(2) NPR = RAZON PROTEINICA NETA.

CUADRO No.11

RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DEL ESTUDIO BIOLÓGICO No.1
PRUEBA DE TUKEY .-

PROCESO	NPR*	**	DIG.*	**
TOS20'	0.92	b	82.40	a
TOS25'	1.05	b	82.77	a
AUT20'	1.58	a	77.37	b
AUT15'	1.38	a	77.92	b
CN20'	1.48	a	78.69	b
CN25'	1.57	a	73.41	b

* = Valores promedios de 8 ratas.

ALPHA = 0.05

** = Los valores promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

NPR = Razón Proteínica Neta.
DIG = Digestibilidad Verdadera.

CUADRO No.12

RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE LOS CONTRASTES PARA COMPARAR LOS NPK DE LOS PROCESOS POR EL PROCEDIMIENTO GLM (General Linear Model)

MODELO A SEGUIR	CONTRASTE DESCRIPCION						F**	PROB<F
	TIEMPO MAYOR TOS AUT CN		TIEMPO MENOR TOS AUT CN					
Trat.lin.:	-1	0	1	-1	0	1	18.39	0.0001*
Cua.:	-1	2	-1	-1	2	-1	4.20	0.046*
Tiempo:	1	1	1	-1	-1	-1	0.01	NS.
Tiem.x Tl.:	-1	0	1	1	0	-1	0.04	NS.
Tiem.x Tc.:	-1	2	-1	1	-2	1	2.02	NS.

Cua. = Cuadrático. Tl. = Tratamiento lineal.

Trat.lin. = Tratamiento. Tc. = Tratamiento cuadrático.

NPK = Razón Proteínica Neta.

ALPHA = 0.05

* = Significativo al 0.05

NS. = No significativo al 0.05.

** = Grados de libertad del error (denominador de F) = 42

CUADRO No.13

RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE LOS CONTRASTES PARA COMPARAR LA DV DE LOS PROCESOS MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO GLM (General Linear Model)

MODELO A SEGUIR	CONTRASTE DESCRIPCION						F**	PROB<F
	TIEMPO MAYOR TOS AUT CN		TIEMPO MENOR TOS AUT CN					
Trat. lin.:	-1	0	1	-1	0	1	22.46	0.0001*
Cuad.:	-1	-1	2	2	-1	-1	0.01	NS.
Tiempo:	1	-1	1	-1	1	-1	1.67	NS.
Tiem.x Tl.:	-1	1	0	0	1	-1	4.19	0.0470*
Tiem. x Tc.:	-1	1	2	-2	-1	1	1.58	NS.

Cuad. = Cuadrático. Tl. = Tratamiento lineal.

Trat.lin. = Tratamiento. Tc. = Tratamiento cuadrático.

DV = Digestibilidad Verdadera.

ALPHA = 0.05

* = Significativo al 0.05

NS. = No significativo al 0.05.

** = Grados de libertad del error (denominador de F) = 42

RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE LOS CONTRASTES,
PARA COMPARAR LOS NPR DE LOS PROCESOS CON IGUALES
TIEMPOS DE COCCION, USANDO EL PROCEDIMIENTO
GLM (General lineal Model).-

MODELO A SEGUIR	CONTRASTE DESCRIPCION				F**	PROB<F
	TIEMPO MAYOR TOS CN		TIEMPO MENOR TOS CN			
Procesos:	-1	1	-1	1	15.40	0.0005*
Tiempo:	1	1	-1	-1	0.65	NS.
Interacción:	-1	1	1	-1	0.03	NS.

NPR = Razón Proteínica Neta.

ALPHA = 0.05

* = Significativo al 0.05.

NS = No significativo al 0.05.

** = Grados de libertad del error
(denominador de F) = 28

RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE LOS CONTRASTES,
PARA COMPARAR LA DV. DE LOS PROCESOS CON IGUALES
TIEMPOS DE COCCION; USANDO EL PROCEDIMIENTO
GLM (General lineal Model).-

MODELO A SEGUIR	CONTRASTE DESCRIPCION				F**	PROB<F
	TIEMPO MAYOR TOS CN		TIEMPO MENOR TOS CN			
Procesos:	-1	1	-1	1	28.15	0.0001*
Tiempo:	1	1	-1	-1	3.98	NS.
Interacción:	-1	1	1	-1	5.25	0.0297*

DV = Digestibilidad Verdadera.

ALPHA = 0.05

* = Significativo al 0.05.

NS = No significativo al 0.05.

** = Grados de libertad del error
(denominador de F) = 28

CUADRO No.16

COMPOSICION DE LA DIETA BASAL DEL ESTUDIO BIOLOGICO No.2,
PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE PROTEINA DE DIFERENTES MEZCLAS
DE MAIZ Y RAMON* A 6.6% y 3.3% de proteína.
(Cantidades para 100 grs. de dieta).

Ingrediente	% por dieta (6.6% de proteína)				
	40/60	50/50	60/40	Solo Maiz	Caseína
Maiz	36	45	54	66.6	-
Ramón *	54	45	36	-	-
Almidón	-	-	-	23.4	83.04
Caseína	-	-	-	-	6.96
Minerales	4	4	4	4	4
Aceite de Algodón	5	5	5	5	5
Aceite de Bacalao	1	1	1	1	1
	-----	-----	-----	-----	-----
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.00
Sol. de Vitaminas.	5ml	5ml	5ml	5ml	5ml.

Ingrediente	% por dieta (3.3% de proteína)				
	20/30	25/25	30/20	Solo Maiz	Caseína
Maiz	10	22.5	27	33.3	-
Ramón *	27	22.5	10	-	-
Almidón	45	45	45	56.73	41.52
Caseína	-	-	-	-	3.48
Minerales	4	4	4	4	4
Aceite de Algodón	5	5	5	5	5
Aceite de Bacalao	1	1	1	1	1
	-----	-----	-----	-----	-----
	100	100	100	100	100
Sol. de Vitaminas.	5ml	5ml	5ml	5ml	5ml.

* Ramón = Brosimum alicastrum

CUADRO No.17

ESTUDIO BIOLOGICO No.2
RESULTADOS PROMEDIOS USANDO NIVELES ALTOS Y BAJOS
DE PROTEINA, EXPRESADOS COMO PC* Y PV**.

DIETA	CONSUMO DE ALIM. X (gr.)	CAMBIO DE PESO X (gr.)	PROT.CONSUMIDA (PC y PV) X (gr.)	NPR(1)	
				PC X (gr.)	PV X (gr.)
40/60 M/R	70.75	-1.5	3.56 *	2.36 *	
			2.38 **	3.45 **	
50/50 M/R	80.75	1.37	4.14 *	2.05 *	
			2.76 **	2.82 **	
60/40 M/R	86.75	2.12	5.69 *	2.20 *	
			4.61 **	2.89 **	
SOLO MAIZ	107.0	7.25	5.30 *	2.99 *	
			4.05 **	2.77 **	
CASEINA	120.93	23.19	6.30	5.00	

M = Maiz.

R = Ramón (Brosimum alicastrum).

X = Promedio de 16 ratas. (8 en el nivel alto y 8 en el nivel bajo).

Nivel alto = 6.6% de proteína.

Nivel bajo = 0 y 3.3% de proteína.

* (PC) = Proteína Cruda (sin corregirse por el % de NNP presente en el Brosimum).

** (PV) = Proteína Verdadera (corregida por el % de NNP presente en el Brosimum).

NNP = Nitrógeno no-protéico.

(1) NPR = Razón Proteínica Neta.

RESULTADOS DEL ANALISIS ESTADISTICO DEL ESTUDIO BIOLÓGICO No.2. MODELO DE REGRESION CUADRATICO. DIETAS EMPLEANDO NIVELES ALTOS Y BAJOS DE PROTEINA.

CUADRO No.18

RESULTADOS DEL ESTUDIO BIOLÓGICO No.2
ANALISIS DE LA CALIDAD DE LA PROTEINA POR MEDIO DEL MODELO DE REGRESION LINEAL. DIETAS CON Y SIN INCLUIR EL PORCENTAJE DE NNP PRESENTE.

DIETA No.	PENDIENTE (b)	R ²	ECUACION Y = a + bX
40/60 M/R	2.36 * 3.45 **	0.6581 * 0.6493 **	Y = -10 + 2.36X Y = -10 + 3.45X
50/50 M/R	2.05 * 2.82 **	0.7591 * 0.7242 **	Y = -8.32 + 2.05X Y = -7.84 + 2.82X
60/40 M/R	2.28 * 2.89 **	0.9393 * 0.9384 **	Y = -10.84 + 2.28X Y = -11.06 + 2.89X
SOLO MAIZ	2.99 * 2.77 **	0.9290 * 0.7725 **	Y = -9.34 + 2.99X Y = -6.23 + 2.77X
CASEINA	5.00	0.7362	Y = -7.08 + 5.0X

M = Maíz R = Ramón (Brosimum alicastrum).

b = NPR (Razón Proteínica Neta). R² = Coeficiente de regresión Significativo al 0.01 (P<0.01).
ALPHA = 0.01

Y = Cambio de Peso. X = Proteína consumida.
NNP = Nitrógeno No-Proteico.

* = Empleando la proteína cruda es decir, sin tomar en cuenta el NNP presente. ** = Proteína verdadera, tomando en cuenta el NNP.

DIETA No.	COMPONENTE CUADRATICO (C)	R ²	PROB>T
(1) 40/60 M/R	-0.25	0.6774	NS.
(2) 50/50 M/R	-0.37	0.8732	*
(3) 60/40 M/R	0.011	0.9394	NS.
(4) SOLO MAIZ	-0.22	0.9610	*
(5) CASEINA	0.02	0.7364	NS.

Niveles Altos = 6.6% de proteína.
Niveles Bajos = 0 y 3.3% de proteína.

ALPHA = 0.05

* = Significativo al 0.05 (P<0.05)
NS = No significativo.
R² = Coeficiente de regresión según modelo cuadrático.

CUADRO No.20

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA SECA, DEL ESTUDIO BIOLÓGICO No.2, PARA DIETAS CON PROPORCIONES DIFERENTES DE MAIZ/RAMON.

MEZCLA (6.6% de Prot.)	X	DMS	
		±	SD
No.1 40/60 M/R	86.83	±	1.13
No.2 50/50 M/R	88.84	±	1.68
No.3 60/40 M/R	89.73	±	1.87
No.4 SOLO MAIZ	93.18	±	0.61
No.5 CASEINA	97.86	±	0.32
MEZCLA (3.3% de Prot.)	X	DMS	
		±	SD
No.6 20/30 M/R	97.32	±	1.40
No.7 25/25 M/R	93.94	±	0.62
No.8 30/20 M/R	94.35	±	0.96
No.9 SOLO MAIZ	96.34	±	0.64
No.10 CASEINA	98.07	±	0.13

M = Maíz R = Ramón (Brosimum alicastrum).

X = Promedio de ocho ratas.

SD = Desviación estandar.

DMS = Digestibilidad aparente de la materia seca.

CUADRO No.21

RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA PARA LA PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA DEL ESTUDIO BIOLÓGICO No.2. PARA DIFERENTES MEZCLAS DE MAIZ/BROSIMUM. PRUEBA DE TUKEY.

MEZCLA (6.6% de Prot.)	DMS*
No.1 40/60 M/R	c
No.2 50/50 M/R	c
No.3 60/40 M/R	c
No.4 SOLO MAIZ	a
No.5 CASEINA	b
MEZCLA (3.3% de Prot.)	DMS*
	**
No.6 20/30 M/R	d
No.7 25/25 M/R	d
No.8 30/20 M/R	d
No.9 SOLO MAIZ	a
No.10 CASEINA	b

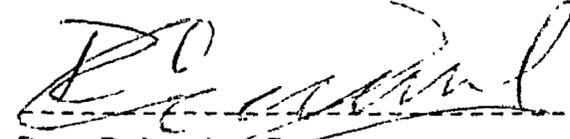
X = Promedio de ocho ratas.

DMS = Digestibilidad de la materia seca.

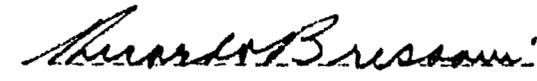
* = Significativo al 0.05

** = Los promedios con igual letra no son significativamente diferentes.

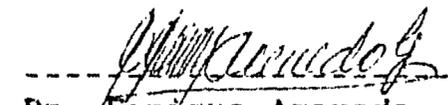
Visto Bueno
Comité Asesor



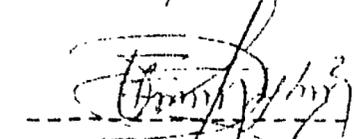
Dr. Roberto Cuevas



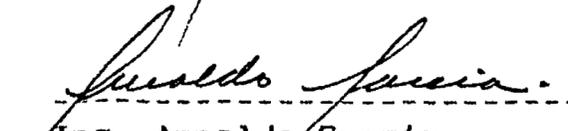
Dr. Ricardo Bressani



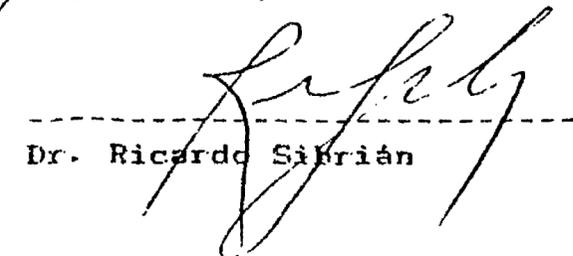
Dr. Enrique Acevedo



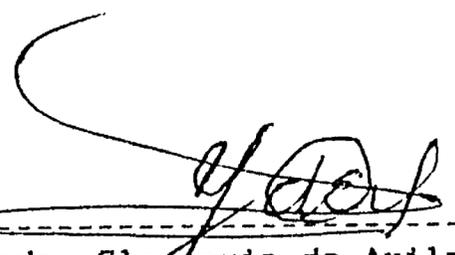
Ing. Leonardo de León



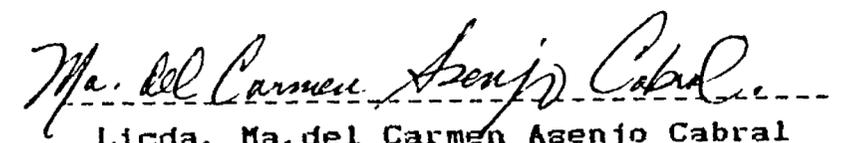
Ing. Arnoldo García



Dr. Ricardo Sibrián



Imprimase: Licda. Clemencia de Avila
Decano de la Facultad de
Ciencias Químicas y Farmacia



Licda. Ma. del Carmen Asenjo Cabral