

VALOR NUTRICIONAL DE LA HARINA DE SEMILLA DE INGA. ESTUDIOS PRELIMINARES PARA SU INCORPORACIÓN A LA DIETA DE LA POBLACIÓN RURAL

Maria Antonieta Alfaro, Pablo Figueroa, Claudia Arriaga & Ricardo Bressani

Resumen

La investigación fue desarrollada con el propósito de evaluar el uso potencial del fruto del árbol de las ingas en la alimentación, especialmente de los habitantes del área rural involucrados en el cultivo del café, ya que estas leguminosas son de amplia distribución en las áreas cafetaleras. Las propiedades físicas, químicas y nutricionales del fruto de tres especies de ingas, conocidas como guaba (*Inga vera*), cushin (*Inga jinicuil*) y paterna (*Inga paterna*) fueron estudiadas. Además, este estudio se enfocó particularmente en la utilización de las semillas para la producción de harina para ser incluida en la elaboración de alimentos para este sector de la población. Las muestras de fruto provenían de árboles de fincas cafetaleras situadas en los departamentos de Suchitepéquez, Escuintla, Santa Rosa y Alta Verapaz. Con las semillas de guaba y paterna fueron elaboradas harinas siguiendo diferentes tiempos aditivos y procedimientos de cocción, con el objetivo de eliminar sustancias anti-nutricionales. Las harinas fueron utilizadas para elaborar dietas las cuales fueron suministradas a animales de experimentación para evaluar la calidad de la proteína. Para dicho fin fueron utilizados los índices PER (Razón de Eficiencia Proteica) y el NPR (Razón Proteica Neta). Los resultados demostraron baja calidad de la proteína contenida en las semillas de inga, la cual no fue mejorada con ninguno de los tratamientos térmicos de preparación. Los resultados de las evaluaciones biológicas no permitieron alcanzar el objetivo propuesto para la utilización de las harinas de semilla de inga en la elaboración de alimentos para consumo humano. Por su alto contenido en proteína, fibra y minerales se recomendó evaluar la contribución de las vainas y de las hojas en la alimentación animal, así como, el uso de la pulpa para la elaboración de jaleas y bebidas, debido a su alto contenido de azúcares. La utilización de la semilla para consumo humano, estaría sujeta a nuevas pruebas para eliminar compuestos antifisiológicos que inciden en la baja aceptación del alimento y la calidad proteica de las semillas de inga.

Abstract

The present research was carried out in order to evaluate the potential use of the Inga fruit in the feeding of rural inhabitants particularly of those involved in the cultivation of coffee, since this legume tree is widely distributed in the land area of coffee cultivation since it is used as shade. The research consisted in the study of the physical, chemical and nutritional properties of the fruit of 3 inga species, known as "guaba" (*Inga vera*), "cushin" (*Inga jinicuil*) and "paterna" (*Inga paterna*). Beside the study of the physical characteristics, the proximate chemical composition and mineral content of the pods, the seed and the pulp and leaves, this study focused particularly in the use of the seed as a processed flour to be included in the formulation of complementary foods for consumption by the rural population. The fruit samples were collected from different coffee farms located in Suchitepequez, Escuintla, Santa Rosa and Alta Verapaz. The seeds of guaba and of paterna were processed by cooking in boiling water for different times and using ash in some studied as well as calcium hydroxide in the cooking liquors. This was done with the objective to destroy antinutritional enzymatic inhibitors and other toxic substances. The flours developed were included in experimental diets fed to laboratory rats for protein quality evaluation studies. The results from the biological studies did not allow to reach the proposed objectives. The termic treatments and use of alkaline reagents did not help in improving the performance of the animals. In view of the attractive chemical composition of the pods and leaves these could find applications as animal feed. On the other hand the pulp is also a product of potential use in jams and drinks. The use of the seed for human consumption would require new tests to eliminate antiphysiological compounds that affect the low acceptance of the food and the protein quality of the seeds of Inga.

Introducción

Las Ingas son árboles miembros de la tribu Mimosacea, familia Leguminosae, de los cuales existen alrededor de 150 especies en América Tropical. En Guatemala, existen alrededor de 10 especies de Inga utilizadas para sombra de café. (Standley y Steyermark, 1946).

Esta familia comprende alrededor de 650 géneros y 18,000 especies, incluyendo tipos diversos como hierbas, arbustos, bejucos y arboles. Ésta es una

de las familias de angiospermas más diversas que existen (Fraile et al., 2007).

La mayoría de las leguminosas se explotan por sus semillas, varias de las cuales han sido, desde tiempos ancestrales, componentes básicos de la dieta en ciertas regiones del mundo, como es el caso del frijol común en Mesoamérica; las lentejas en Sur América; el chicharro y garbanzo en el Medio Oriente, África e India; el haba alrededor

del Mediterráneo; y la soja en el Lejano Oriente (Fraile et al., 2007).

Las leguminosas, ofrecen además de las semillas, otros órganos comestibles, como son las legumbres tiernas completas, el recubrimiento carnoso parecido al algodón que encierra a las semillas, las hojas, los tubérculos y las flores (Fraile, et al., 2007). Algunas leguminosas, aunque poco cultivadas como las Ingas, contribuyen al

sustento de las comunidades que colectan sus vainas y las comercializan como fruto. De las ingas, por ejemplo, se consume además de la pulpa algodonosa, las semillas hervidas con sal (Ruiz Carrera et al., 2004; Ronquillo, 1988).

El nombre científico para cada una de las especies de Inga puede tener varios sinónimos y en algunos casos resulta confuso adjudicarlo a una especie debido a la diversidad de nombres comunes con que se le conocen en diferentes lugares.

La paterna (*Inga paterna*) que crece en suelos profundos y ricos en materia orgánica, con textura arenosa a arcillosa, es conocida también como guajinicuil y guabo caite en Costa Rica, guaba en Nicaragua y Panamá, guaba extranjera en Matagalpa, Nacaspilo en El Salvador, Paterna en Guatemala y Honduras y Paterno en el Salvador, Honduras y Guatemala. Este es un árbol perennifolio o caducifolio, que alcanza hasta 20 metros de altura y ha sido descrito por Standley y Steyermark 1946, Niembro Rocas 2002. Los árboles pueden vivir hasta 25 años y morir por enfermedades o muerte natural (Tindall y Aragón, 2002; Niembro Rocas; Anacafe 1998).

La guaba, (*Inga vera*), es conocida también como chalum, cuje, guamo. En Guatemala se le conoce también como shalum, es un árbol de tamaño de 12 a 18 m de altura. La vaina es pubescente, más o menos cilíndrica, de 10 a 15 cm de largo y 5 de ancho (Standley y Steyermark, 1946; Tindall y Aragón 2002).

El cushin, (*Inga jinicuil*). Es un árbol con corona expandida, de 8 a 10 metros o más, hojas con 3 a 4 pares de folíolos, subsesiles, gruesas, lanceoladas, oblongas o elípticas de 5 a 20 cm de largo, agudas o obtusas, redondeadas en la base y levemente pilosas arriba. De vaina de 12 a 30 cm de largo y a veces más grandes (Standley y Steyermark, 1946).

Las tres especies de Inga se encuentran desde los 800 a 1800 msnm (metros sobre el nivel del mar), en los departamentos de Alta Verapaz, Escuintla, Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá, Santa Rosa, Quetzaltenango. Endémica desde Chiapas, México (Standley y Steyermark, 1946; Barrantce et al. 2003).

La presencia de ingas en las plantaciones cafetaleras está culturalmente ligada, en especial, a los pequeños productores y trabajadores de

las fincas quienes aprovechan la leña y el fruto para su alimentación (Soto Pinto, et al., 2002, Rodríguez, 1990; Barrantce et al. 2003).

La Inga paterna ha sido cultivada desde tiempos precolombinos por sus grandes semillas comestibles. Es una de las dos especies de Inga en la cual la semilla es comestible. Este uso es más restringido entre las comunidades indígenas desde el sur de México hasta Honduras (Pennington y Fernández, 1998).

Varias especies de Inga tienen fruto comestible, que es la pulpa dulce que rodea las semillas. En la mayoría de casos, ésta es delgada, sin embargo, algunas especies tienen más pulpa comestible o, en casos como la Inga paterna, también son comestibles las semillas (Barrantce et al., 2003).

Ruiz Cabrera, et al., (2004) mencionan el consumo de la pulpa de *Inga leptoloba* y de la semilla y pulpa de *Inga jinicuil* pero poco se ha estudiado el valor nutricional o el uso de esta semilla como fuente de proteína.

Tindall y Aragón (2002) menciona que las semillas son usadas en la preparación de platos locales y vendidas en fresco o preservadas. El té hecho de la corteza es utilizado para acelerar la labor de parto, y la pulpa fresca ayuda a curar la constipación. Otros usos, se refieren al uso de la madera para construcción, postes de cerca y leña, así como la utilización de hojas para la elaboración de mulch y alimento para ganado (Barrantce et al., 2003).

En relación con la guaba y el cushin son varios los usos que se dan a los productos obtenidos de estas especies; sus usos menos habituales, son como plantas melíferas y como forraje, pero éste, es un uso menor pues el ganado sólo come las hojas cuando hay escasez de pasto y en la época más seca. Son más palatables para las cabras (Barrantce et al., 2003).

También es mencionado que las hojas de cushin son muy usadas en Cobán para envolver pequeños tamales impartiendoles una cierta coloración púrpura muy apetecida. Las flores dan un buen grado de miel (Standley y Steyermark, 1946).

Las semillas de leguminosas incluyendo las ingas son de dos a tres veces más ricas en proteínas que los granos de cereales. Su contenido en proteínas, varía por lo regular, entre el 10 al 30 %; poseen alrededor del 60 % de carbohidratos,

principalmente almidón, siendo una buena fuente de energía; también son ricas en fibra. En la mayoría de las leguminosas, su contenido de aceite oscila entre el 1 y 3 %; también aportan minerales, siendo más ricas en calcio que los cereales; contienen una buena fuente de hierro y vitaminas del complejo B, como tiamina y riboflavina (Fraile et al., 2007).

Aunque contienen alta proteína, ésta es deficiente en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína) cuya riqueza es mayor en los cereales. A su vez, la proteína de las leguminosas contiene abundante lisina, aminoácido escaso en los cereales. Por lo tanto, la combinación de leguminosas y cereal da un buen balance de aminoácidos esenciales (Fraile et al., 2007).

El follaje de las ingas es también una fuente potencial de alimento para el ganado al ser combinado con otros recursos alimenticios (Rosales, 1997).

Aunque las leguminosas comprenden miles de especies, menos del 20 % de éstas se explotan como fuente de alimento para el consumo humano o animal. De las diferentes causas sugeridas para explicar ese menor consumo de leguminosas, una de las más documentadas es la de la baja digestibilidad de la proteína en la semilla de esas plantas; este problema ha sido atribuido a la deficiencia de los aminoácidos sulfurados en la proteína de las leguminosas y a la presencia de factores anti fisiológicos. Los compuestos anti-nutricionales han limitado su consumo, causando que los humanos sólo hayan seleccionado las que producen menos daño. Afortunadamente, muchas leguminosas pueden volverse útiles como alimento ya que sus toxinas pueden neutralizarse mediante la cocción, germinación y fermentación.

Hasta la fecha, el conocimiento incompleto que se tiene, de los factores anti-fisiológicos, ha influido en que el mejoramiento nutricional de las leguminosas no sea de la magnitud que lógicamente se desea.

El objetivo general de esta investigación fue el de evaluar el potencial de utilización como fuente de alimento mediante el análisis químico y nutricional de diferentes partes del fruto y hojas de tres especies de Ingas, con el propósito de contribuir a mejorar la dieta de la población rural involucrada en el cultivo del café.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de material y procedencia

Las muestras fueron colectadas de material vegetativo y frutos de tres diferentes especies de Inga, correspondiendo a vainas, hojas y ramas de cushin (*Inga jinicuil*), guaba (*Inga vera*) y paterna (*Inga paterna*), ya que éstas son las especies utilizadas con más frecuencia como sombra de café.

Las muestras provenían de colectas realizadas en áreas de cultivo de café en diferentes partes del país, durante los años 2006 y 2007. Las muestras obtenidas fueron almacenadas en refrigeradora a 5°C hasta el momento de su respectivo procesamiento el cual consistió en la caracterización física y el análisis químico de las muestras, así como el procesamiento para la elaboración de harinas a ser utilizadas en las pruebas biológicas.

Las localidades fueron varias fincas del Departamento de Escuintla y Suchitepéquez; de fincas en los Municipios de Santa Rosa de Lima, Cuilapa y Barberena, del Departamento de Santa Rosa y de Cobán, Alta Verapaz.

Análisis físico y químico de las muestras

EVALUACIÓN FÍSICA DE LOS COMPONENTES DEL FRUTO

Se analizaron las siguientes características de los frutos o vainas:

- Largo, ancho y grosor de la vaina
- Número de semillas por vaina
- Peso de la vaina, semilla y pulpa en fresco y en seco

Análisis químico proximal de vainas, semillas, pulpa y hojas

Consistió en el análisis de humedad, proteína, lípidos, fibra cruda y cenizas, según los métodos descritos por la *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1984).

Análisis químico mineral de vaina, semillas, pulpa y hojas

Consistió en el análisis de elementos minerales por espectrofotometría de absorción atómica según protocolos del Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de ANACAFÉ, ANALAB.

Análisis de compuestos anti-nutricionales

Consistió en el análisis de inhibidores de tripsina realizado en diferentes semillas y harinas elaboradas según diferentes tratamientos de cocción (Smith y col. 1980; AOAC).

Pruebas preliminares de la utilización de la pulpa

Como resultado del estudio de los frutos, se separó la pulpa que recubre las semillas. Se observó que ésta fracción del fruto tiende a sufrir un proceso

oxidativo que provoca el cambio en la coloración (de blanco a pardo) y le da un aspecto indeseable; por lo tanto, se diseñó un ensayo que permitiera evitar este proceso y garantizara la conservación de la pulpa para su posterior utilización en la producción de jaleas o bebidas. El ensayo consistió en evaluar diferentes dosis de un anti-oxidante (ácido cítrico) en las concentraciones de 0.1, 0.5 y 1 mg/litro, y dos testigos, uno con agua y otro sin ningún aditivo, en tres repeticiones. Los resultados se midieron en base a una escala cualitativa referente al cambio de color de la pulpa después de 48 horas de iniciado el ensayo. Además, a partir de la pulpa obtenida, se realizaron pruebas para elaboración de jalea.

Evaluación nutricional mediante pruebas biológicas

Se seleccionaron semillas de guaba (*Inga vera*) y paterna (*Inga paterna*) para elaborar harinas que serían utilizadas en las pruebas biológicas. Las vainas o frutos de estas especies procedentes de varias regiones fueron abiertas para extraer las semillas, para lo cual se separaron manualmente de la pulpa. Las semillas se lavaron y se secaron para luego ser sometidas a los diversos tratamientos de tiempos de cocción, de acuerdo a las evaluaciones propuestas. Después de la cocción, las semillas se colocaron en horno de convección donde fueron deshidratadas a 65°C, hasta alcanzar peso constante. El material deshidratado fue molido empleando un molino de martillos.

Las harinas crudas y cocidas fueron sometidas al análisis químico proximal por los métodos de la *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC). Los resultados del porcentaje de proteína fueron utilizados para formular las dietas.

Para evaluar la calidad de la proteína fueron realizados tres ensayos biológicos utilizando ratas de raza Sprague Dawley, de 21 días de nacidas, recién destetadas; se pesaron y distribuyeron en grupos de 4 hembras y 4 machos para evaluar cada dieta; se colocaron en jaulas individuales donde el alimento y el agua les fueron suministrados *ad-libitum*. Los ensayos biológicos consistieron en evaluar la calidad de la proteína mediante el Índice de Eficiencia Proteica o Razón de Eficiencia Proteica (PER) y la Razón Proteínica Neta (NPR).

El PER y NPR evalúan el valor nutricional de las proteínas basados en cambios de peso corporal de los animales de experimentación, o sea, mide cuánto de la proteína ingerida es convertida en peso corporal de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\text{PER} = \frac{\text{ganancia de peso del grupo experimental}}{\text{ingesta de proteína del grupo exp.}}$$

$$\text{NPR} = \frac{\text{ganancia de peso del grupo exp.} - \text{pérdida de peso de grupo con dieta libre de N}}{\text{Proteína consumida por el grupo experimental}}$$

Los ensayos biológicos se describen en la sección de Resultados.

RESULTADOS

Fraccionamiento físico de los frutos o vainas de ingas

En los cuadros 1, 2 y 3 se presentan los resultados promedios de las características físicas y peso en seco de las fracciones que constituyen el fruto de las tres leguminosas en estudio.

En resumen, se observa que la vaina representa aproximadamente entre el 66.1 al 74.6 %; la pulpa entre 9.1 a 14.4 %, y la semilla, entre 16.2 a 21.5 % del peso total del fruto en fresco.

En el caso de la guaba (Cuadro 2), la proporción de la vaina en relación al peso total fue menor al observado en paterna, ya que apenas entre el 47.7 y 50.5 % aproximadamente del fruto lo constituye la vaina. Por el contrario, mayor proporción de pulpa fue obtenida en la guaba. La semilla también representa una mayor proporción del peso fresco total en comparación con la paterna.

En el cushin (Cuadro 3) se observó un fraccionamiento similar al de paterna ya que entre 65 y 75.5 % del peso total corresponde al peso de la vaina y entre 10.7 a 13.9 % corresponde al peso de la pulpa. De igual manera, el peso de la semilla en proporción al peso total del fruto estuvo dentro del rango observado en la inga paterna.

En relación a las dimensiones largo, ancho y grosor, los frutos de paterna se caracterizan por ser de mayor tamaño, en comparación con el fruto de la Guaba y del Cushin. El fruto de la Guaba, es una vaina corta y ancha, mientras que la vaina del Cushin es más angosta y larga, lo que permite un mayor número de semillas pero de menor tamaño que las de paterna.

Cuadro 1. Fraccionamiento físico de los frutos de Inga Paterna provenientes de tres localidades del país.

Característica	Barberena, Santa Rosa.	Santa Lucía Cotz. Escuintla	Cobán Alta Verapaz
Largo (cm) del Fruto	35.2 ± 3.94	26.52 ± 5.93	22.9 ± 4.77
Ancho (cm) del Fruto	6.43 ± 0.41	8.61 ± 0.43	6.62 ± 0.58
Grosor (cm) del Fruto	2.64 ± 0.32	1.10 ± 0.16	1.19 ± 0.25
No de semillas/ Fruto	14.3 ± 2.95	10.3 ± 1.83	9.6 ± 2.95
Peso fresco total (g)	332.5 ± 40.83	340.25 ± 65.79	261.9 ± 70.39
Peso fresco vaina (g)	248.2 ± 48.63	231.0 ± 56.59	173.3 ± 36.64
Peso seco vaina (g)	107.91	92.4	69.32
Peso fresco pulpa (g)	30.41 ± 4.98	36.25 ± 17.11	37.8 ± 15.37
Peso seco pulpa (g)	5.53	6.52	6.80
Peso fresco semillas (g)	53.94 ± 5.41	73 ± 19.05	56.4 ± 19.65
Peso seco semillas (g)	23.97	32.44	25.04
Relación de las fracciones en base al peso fresco total (100%)			
Vaina	74.65	67.89	66.17
Pulpa	9.14	10.65	14.43
Semilla	16.22	21.45	21.53

*Promedio de 10 vainas de cada especie.

Cuadro 2. Fraccionamiento físico de los frutos de Guaba (*Inga vera*) provenientes de dos localidades del país.

Característica	Mazatenango Cobán	Suchitepéquez Alta Verapaz
Largo (cm) del Fruto	17.08 ± 1.52	15.47 ± 2.59
Ancho (cm) del Fruto	4.51 ± 0.17	4.03 ± 0.35
Grosor (cm) del Fruto	2.11 ± 0.26	0.68 ± 0.17
No de semillas/ Fruto	11.6 ± 2.01	10.3 ± 1.83
Peso fresco total (g)	124.97 ± 21.03	81.4 ± 15.01
Peso fresco vaina (g)	59.68 ± 9.77	41.1 ± 9.17
Peso seco vaina (g)	19.16	12.33
Peso fresco pulpa (g)	26.17 ± 5.19	13.9 ± 5.51
Peso seco pulpa (g)	4.92	2.61
Peso fresco semilla (g)	39.12 ± 7.43	23.4 ± 5.95
Peso seco semilla (g)	17.90	10.76
Relación de las fracciones en base al peso fresco total (100%)		
Vaina	47.76	50.49
Pulpa	20.94	17.08
Semilla	31.30	28.75

*Promedio de 10 vainas de cada especie.

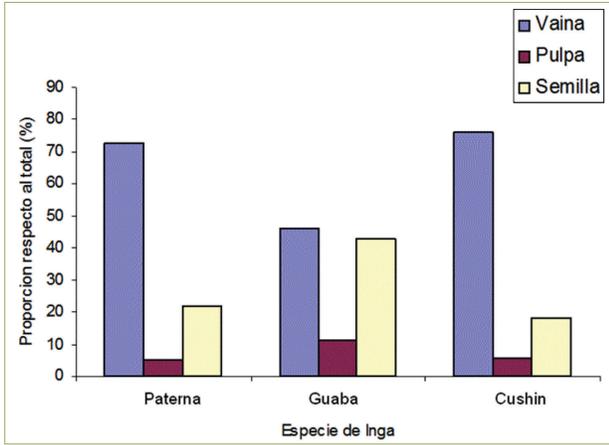
Cuadro 3. Fraccionamiento físico de los frutos de Cushin (*Inga jinicuil*) provenientes de dos localidades del país.

Característica	Barberena, Varias fincas	Santa Rosa Escuintla
Largo (cm) del Fruto	27.58 ± 4.59	24.04 ± 3.64
Ancho (cm) del Fruto	2.08 ± 0.51	3.9 ± 0.32
Grosor (cm) del Fruto	1.85 ± 0.4	2.46 ± 0.54
No de semillas/ Fruto	16.17 ± 3.07	14.7 ± 2.58
Peso fresco total (g)	139.96 ± 44.51	149.7 ± 24.13
Peso fresco vaina (g)	92.3 ± 37.69	113.06 ± 25.16
Peso seco vaina (g)	43.95	50.87
Peso fresco pulpa (g)	19.41 ± 3.59	16.09 ± 1.18
Peso seco pulpa (g)	3.73	3.05
Peso fresco semilla (g)	28.25 ± 5.63	20.55 ± 3.88
Peso seco semilla (g)	13.14	9.65
Relación de las fracciones en base al peso fresco total (100%)		
Vaina	65.94	75.52
Pulpa	13.87	10.74
Semilla	20.18	13.73

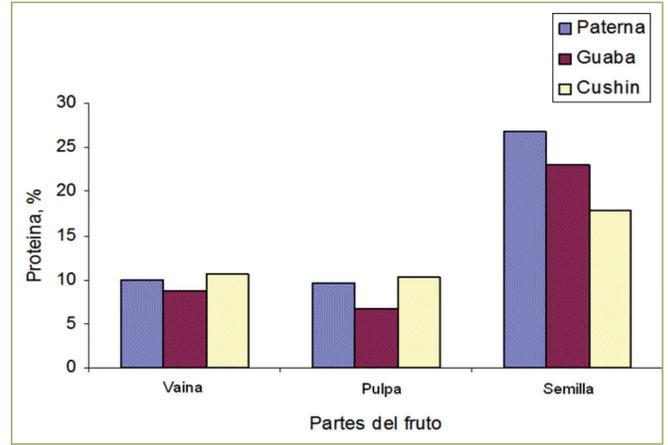
*Promedio de 10 vainas de cada especie.

Otra diferencia importante entre las tres especies lo constituye el color de las semillas, ya que las semillas de Cushin presentan el epicarpio de color negro y las semillas de guaba y paterna son de color verde. También, se observó que las semillas de Paterna, tienden a germinar dentro de la vaina.

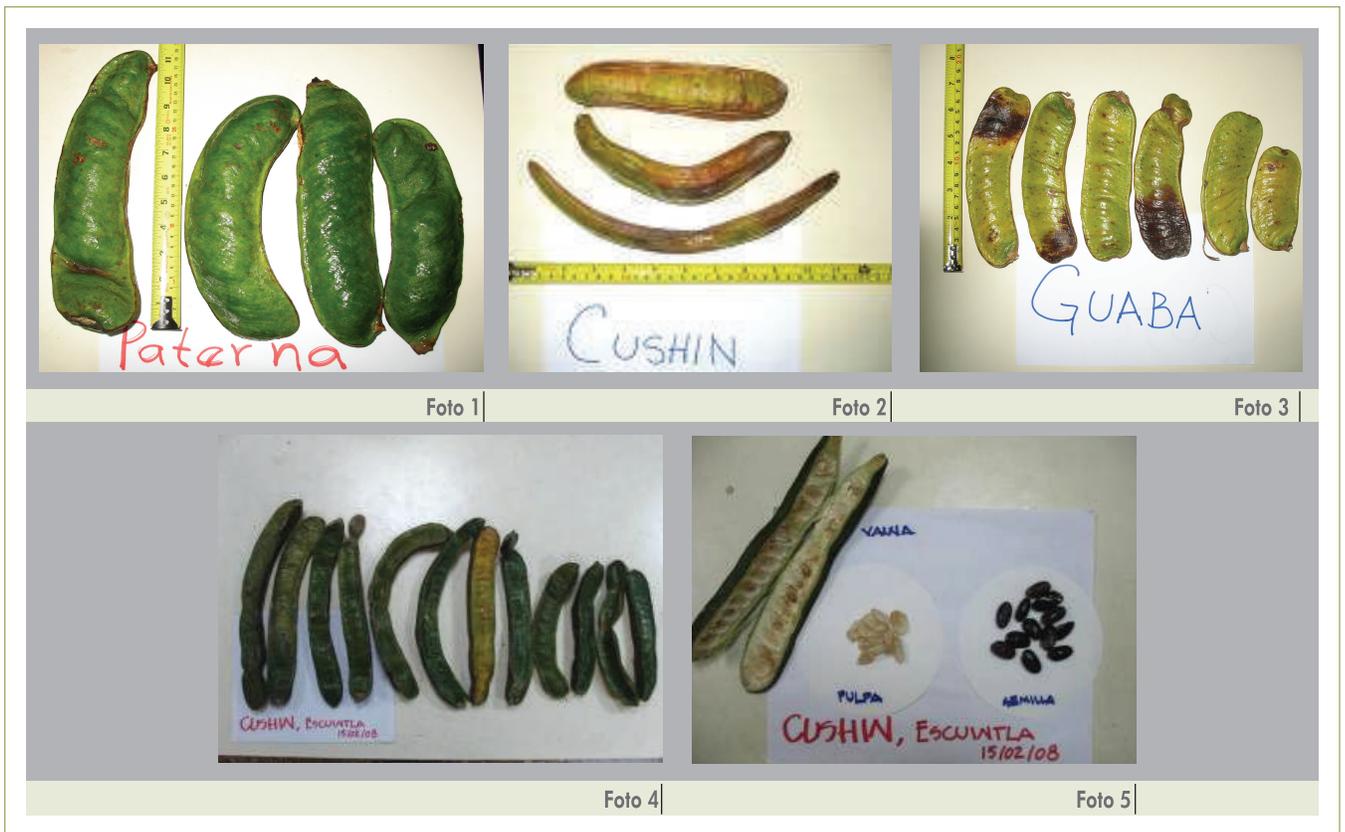
En la Figura 1 se presenta la distribución porcentual de las frutas de las 3 especies en peso seco.



► **Figura 1.** Distribución porcentual en peso seco de las diferentes fracciones del fruto de tres especies de Inga.



► **Figura 2.** Porcentaje de proteína de las diferentes fracciones del fruto de tres especies de Inga.



En las fotos 1 a 3, se observan las características físicas de los frutos de las especies estudiadas. La Paterna y el Cushin, tienen características morfológicas similares, aunque la paterna es de mayor tamaño. La Guaba, se diferencia de las anteriores, por tener una vaina menor, con pilosidad.

En la foto 4, se observan diferentes frutos de Cushin, los cuales varían en tamaño aún dentro de un mismo árbol. En foto 5, se muestra las partes que componen el fruto.

Análisis químico proximal y mineral de las fracciones del fruto y de las hojas

Análisis químico proximal

En los cuadros 4, 5 y 6, se presentan resultados promedio del análisis químico proximal de las diferentes fracciones del fruto de Paterna, Guaba y Cushin respectivamente realizados en diversas fechas en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala. En el cuadro 7 se muestran los resultados del análisis químico proximal de las hojas.

Es notable el alto contenido de proteína encontrado en las semillas, tanto en las que germinan dentro del fruto como en las que permanecen sin germinar. Otra característica importante lo constituye el alto contenido de proteína en la pulpa, la cual puede ser utilizada en la industria de jaleas, por su alto contenido de azúcares. Este contenido de proteína supera al encontrado en otras frutas utilizadas en la industria de jaleas como es la fresa.

La guaba también presenta un alto contenido de proteína (Cuadro 5). Aún cuando este nutriente es menor que en la paterna, tanto en la pulpa como en la semilla, continúa siendo un componente importante de los frutos de la guaba. Según los análisis de las vainas, el porcentaje de fibra fue mayor en comparación al encontrado en la paterna.

El análisis químico de los frutos de cushin (Cuadro 6) mostró menor contenido de proteína que las especies anteriores en la semilla, aunque en la pulpa y vaina este nutriente fue un poco más alto; esta especie fue la que presentó el mayor porcentaje de fibra de las tres en estudio.

Los resultados de contenido proteico encontrados en las semillas de inga indican que éste puede ser un buen recurso para suplir una parte de los requerimientos nutricionales de la población, siempre y cuando las semillas sean tratadas para eliminar compuestos que interfieren en la disponibilidad de las proteínas.

Haciendo una comparación en el contenido proteico de los frutos de las tres especies, como se muestra en la Figura 2, cabe destacar los altos valores de proteína encontrados en la semilla, los cuales oscilan desde 17.8 %, encontrados en la semilla de cushin, hasta 26.7 %, encontrados en la semilla sin germinar (dentro del fruto) de la inga paterna.

En relación al contenido proteico en las hojas (Cuadro 7) éste es también de considerable magnitud especialmente en la paterna, por lo cual podría ser considerada una posible opción para incluir en los ensilajes.

Análisis de minerales en el fruto de las ingas

En el cuadro 8, 9 y 10 se muestran los resultados del análisis de minerales en los componentes del fruto de las ingas; en el cuadro 11, el correspondiente análisis de las hojas.

De acuerdo a los datos presentados en los cuadros 8 y 9, la inga paterna se destaca con los valores más altos de nitrógeno, fósforo, potasio y hierro en la semilla, mientras que la guaba con los valores más altos de potasio, hierro y manganeso en la pulpa.

En cuanto a las semillas, ya fue discutido el alto valor proteínico de la semilla dado por su alta concentración de nitrógeno (Cuadro 10). En esta fracción la paterna continúa presentando los valores más altos en fósforo y potasio en comparación a las otras semillas. El contenido de hierro y de zinc en las semillas de las tres especies es similar al encontrado en algunas variedades de frijol (23 y 33 ppm respectivamente), lo que le confiere un potencial como suplemento para estos nutrientes.

En la hoja se destaca el alto porcentaje de materia seca de las hojas, el alto contenido de nitrógeno, especialmente en las hojas de paterna y cushin y el mayor contenido de potasio, calcio, magnesio y manganeso en las hojas de paterna (Cuadro 11).

Cuadro 4. Análisis químico proximal de las diferentes fracciones del fruto de paterna (*I. paterna*).

Característica	Vaina	Pulpa	Semilla sin germinar	Semilla germinada
Humedad (%)	4.22 ± 0.09	3.41 ± 0.21	7.97 ± 0.01	8.63 ± 0.01
Proteína (%)	9.96 ± 0.47	9.58 ± 0.09	26.76 ± 0.15	22.85 ± 0.54
Grasa (%)	0.74 ± 0.05	0.73 ± 0.03	0.68 ± 0.07	0.51 ± 0.02
Fibra (%)	29.71 ± 0.46	5.77 ± 0.05	3.11 ± 0.04	3.29 ± 0.05
Cenizas (%)	5.14 ± 0.02	2.96 ± 0.02	2.27 ± 0.02	3.05 ± 0.03

Cuadro 5. Análisis químico proximal de las diferentes fracciones del fruto de guaba (*I. vera*).

Característica	Vaina	Pulpa	Semilla
Humedad	4.85 ± 0.17	2.42 ± 0.05	6.44 ± 0.37
Proteína	8.68 ± 0.02	6.75 ± 1.21	23.05 ± 0.06
Grasa	0.56 ± 0.04	1.09 ± 0.08	0.96 ± 0.08
Fibra	39.32 ± 0.04	7.39 ± 0.12	2.37 ± 0.25
Cenizas	5.36 ± 0.12	4.78 ± 0.06	3.62 ± 0.01

Cuadro 6. Análisis químico proximal de las diferentes fracciones del fruto de Cushin (*I. jinicuil*)

Humedad	5.85 ± 0.25	6.09 ± 0.17	7.86 ± 0.00
Proteína	10.56 ± 0.02	10.32 ± 0.36	17.84 ± 0.05
Grasa	0.53 ± 0.09	1.02 ± 0.02	0.37 ± 0.03
Fibra	42.53 ± 1.42	7.51 ± 0.14	2.66 ± 0.03
Cenizas	4.61 ± 0.01	3.25 ± 0.04	2.02 ± 0.01

Cuadro 7. Análisis químico proximal de las hojas de diferentes especies de Inga.

Humedad	0.51 ± 0.10	2.25 ± 0.10	0.57 ± 0.23
Proteína	23.39 ± 0.0	16.69 ± 0.02	20.53 ± 0.01
Grasa	2.87 ± 0.78	4.28 ± 0.01	2.49 ± 0.46
Fibra	33.72 ± 0.63	37.17 ± 0.09	39.45 ± 0.44
Cenizas	6.87 ± 0.0	6.30 ± 0.02	6.66 ± 0.01

Cuadro 8. Análisis de minerales de la vaina de tres especies de Inga.

Elemento	Paterna	Guaba	Cushin
N (%)	2.25	1.62	1.74
P (%)	0.19	0.13	0.13
k (%)	2.02	1.29	1.42
Ca (%)	0.23	0.17	0.34
Mg (%)	0.10	0.10	0.10
Cu (ppm)	2.00	6.00	2.60
Fe (ppm)	26.00	18.00	9.60
Mn (ppm)	22.00	30.00	10.00
Zn (ppm)	19.00	13.00	20.00

Cuadro 9. Análisis de minerales de la pulpa de tres especies de Inga.

Elemento	Paterna	Guaba	Cushin
N (%)	1.75	1.23	1.50
P (%)	0.18	0.10	0.15
k (%)	1.06	2.14	1.33
Ca (%)	0.16	0.20	0.21
Mg (%)	0.16	0.10	0.10
Cu (ppm)	2.00	2.00	3.00
Fe (ppm)	28.00	43.00	22.00
Mn (ppm)	11.00	39.00	27.00
Zn (ppm)	31.00	21.00	20.00

Cuadro 10. Análisis de minerales de las semillas de tres especies de Inga.

Elemento	Paterna	Guaba	Cushin
N (%)	3.69	2.95	2.87
P (%)	0.22	0.16	0.18
k (%)	1.01	0.91	0.79
Ca (%)	0.24	0.13	0.23
Mg (%)	0.11	0.14	0.10
Cu (ppm)	4.00	5.00	9.00
Fe (ppm)	23.00	20.00	29.00
Mn (ppm)	11.00	16.00	13.00
Zn (ppm)	33.00	23.00	34.00

Cuadro 11. Análisis de minerales de hojas de tres especies de Inga.

Característica	Paterna	Guaba	Cushin
Humedad (%)	66.7	59.1	57.0
Materia Seca (%)	33.30	40.9	43.0
N (%)	3.45	2.88	3.23
P (%)	0.21	0.12	0.34
k (%)	1.26	0.76	1.02
Ca (%)	1.15	0.10	1.08
Mg (%)	0.29	0.19	0.20
Cu (ppm)	38.11	40.64	72.45
Fe (ppm)	170.60	58.80	314.20
Mn (ppm)	190.8	177.1	168.8
Zn (ppm)	16.86	25.15	15.51

Cuadro 12. Resultados promedio de análisis de inhibidores de tripsina (IT) en muestras de semilla y harinas de Inga.

Procedencia	Muestra	Tripsina Inhibida, mg
Escuintla, varias fincas	Semilla de cushin	48.16 ± 3.5
Barberena, Santa Rosa	Semilla de cushin	48.60 ± 0.87
Coatepeque, Quetzaltenango	Semilla de guaba	50.09 ± 1.95
Santa Lucia Cotz., Escuintla	Semilla de paterna	52.29 ± 0.76
Santa Lucia Cotz., Escuintla	Semilla germinada paterna	29.27 ± 0.43
Santa Lucia Cotz., Escuintla	Harina de guaba cruda	42.37 ± 0.26
Santa Lucia Cotz., Escuintla	H. de Guaba cocida 60 min	0.22 ± 0.01
Mazatenango, Such.	H. de Paterna cruda	21.42 ± 0.04
Santa Rosa de Lima, S.R.	H. de Paterna cocida 40 min	0.06 ± 0.01
Santa Rosa de Lima, S. R.	H. de Paterna cocida 60 min	0.09 ± 0.02

Cuadro 13. Resultados de la evaluación preliminar de conservación de la pulpa utilizando ácido cítrico en tres concentraciones.

Tratamientos	Escala	Color
Testigo absoluto	3	Ligeramente parda
Agua	2	Amarillenta
Acido cítrico 0.1 mg/L	2	Amarillenta
Ácido cítrico 0.5 mg/L	1	Ligeramente amarillenta
Ácido cítrico 1 mg/L	2	Amarillenta

Escala Hedónica: 0= pulpa blanca sin cambio de color, 1= pulpa ligeramente amarillenta, 2= amarillenta, 3= pulpa ligeramente parda 4= parda

Análisis de factores anti-nutricionales

Uno de los factores que intervienen en la calidad de la proteína de los alimentos lo constituye la presencia de compuestos que impiden la digestibilidad de la proteína, que producen efectos tóxicos, o inhiben la actividad enzimática.

En el cuadro 12 se presentan los resultados del análisis de Inhibidores de Tripsina en muestras de semilla y en las harinas elaboradas con semilla de Inga.

Los análisis para determinar la presencia de inhibidores de tripsina (IT) en las semillas de cushin, guaba y paterna demostraron que éstos se encuentran en niveles altos, aún mayores a los reportados para semillas de frijol común y cuyos valores oscilan entre 10 y 20 mg. También, se observó que la semilla de paterna germinada disminuyó su valor de IT en las semillas germinadas en comparación al grano sin germinar, aún cuando éste continuó siendo superior al observado en otras leguminosas. El efecto de disminución de los inhibidores de tripsina en semillas germinadas ha sido observado en soya, frijol y gandul cuyos valores de IT disminuyen en 26, 20 y 41 % respectivamente. En este caso, la germinación de la semilla de paterna incidió en una disminución correspondiente al 56 % del valor de IT observado en la semilla sin germinar.

Según Bressani, (comunicación personal) uno de los mecanismos para mejorar la digestibilidad de la proteína de leguminosas lo constituye la eliminación los inhibidores de tripsina a través de diferentes procesamientos. En este caso, quedó demostrado que la cocción de las semillas disminuyó los valores de IT a niveles cercanos a cero.

Cuadro 14. Índice de eficiencia proteica (PER) y efecto sobre el consumo de alimento y peso en las ratas sometidas a las dietas en evaluación.

Dietas	Peso inicial, g	Peso final, g	Alimento ingerido, g	PER
Guaba cruda	50.2 ± 1.2	38.4 ± 5.2 d	94.8 ± 8.2 d	-
Guaba cocida 20 minutos	50.2 ± 1.2	66.1 ± 6.6 c	186.9 ± 17.2 c	0.75 ± 0.2
Guaba cocida 40 minutos	50.2 ± 1.2	100.6 ± 7.6 b	288.6 ± 28.4 b	1.60 ± 0.2
Paterna cruda	50.2 ± 1.2	34.7 ± 1.7 d	6.0 ± 2.6 e	-
Paterna cocina 20 minutos	50.2 ± 1.2	35.8 ± 2.1 d	19.6 ± 9.0 e	-
Paterna cocida 40 minutos	50.2 ± 1.2	37.3 ± 2.1 d	16.0 ± 5.4 e	-
Dieta Control de Caseína	50.2 ± 1.2	200.6 ± 19.4 a	451.4 ± 32.2 a	3.02 ± 0.2

Letras diferentes entre tratamientos demuestra diferencias significativas en las variables Peso final y Alimento ingerido según Prueba de Tukey (p≤ 0.05).



Foto 6

Estudios preliminares del uso de la pulpa

En el cuadro 15 se presentan los resultados de la evaluación preliminar de conservación de la pulpa.

Según los resultados obtenidos, la adición de ácido cítrico en una concentración de 0.5 mg/L fue la que resultó en menor cambio de coloración de la pulpa después de 48 horas de adicionada. Así también, se comprobó que se conservaron sus características de sabor con este aditivo en la dosis mencionada. En la fotografía 6 se muestra una repetición del ensayo.

Cuadro 15. Razón Proteínica Neta (NPR) consumo de alimento y efectos sobre el peso de ratas alimentadas con las dietas en evaluación

Ingredientes	Peso inicial, g	Peso final, g	Alimento ingerido, g	NPR
Paterna 40 + Ceniza	55.0 ± 2.4	37.5 ± 4.7 b	45.2 ± 11.6 b	-2.57 ± 1.6
Paterna 60 + Ceniza	55.0 ± 2.4	43.5 ± 5.2 b	56.5 ± 20.8 b	-2.44 ± 5.6
Paterna 40 sin ceniza	55.0 ± 2.4	36.0 ± 2.1 b	33.4 ± 11.2 b	-4.32 ± 3.3
Dieta Control	50.2 ± 1.28	200.6 ± 19.4 a	451.3 ± 32.2 a	3.49 ± 0.3

Letras diferentes entre tratamientos demuestra diferencias significativas en las variables Peso final y Alimento ingerido según Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 16. Razón Proteínica Neta (NPR), consumo de alimento y efectos sobre el peso de ratas alimentadas con las dietas en evaluación.

Dietas	Peso inicial, g	Peso final, g	Alimento ingerido, g	NPR
Paterna sin cal 30 min	45.2 ± 1.4	45.1 ± 7.4 c	59.6 ± 18.7 c	-
Paterna con cal 30 min	45.2 ± 1.4	41.6 ± 1.9 c	58.5 ± 5.6 c	-
Paterna sin cal 60 min	45.0 ± 1.1	46.7 ± 4.6 c	64.3 ± 17.1 c	1.36 ± 0.46
Paterna con cal 60 min	45.0 ± 1.1	42.4 ± 2.3 c	67.4 ± 2.7 c	-
Maíz + Harina de Paterna 60 min	45.0 ± 1.1	64.2 ± 4.5 b	103.7 ± 11.0 b	2.56 ± 0.30
Dieta Caseína	45.0 ± 1.1	105.4 ± 8.1 a	149.8 ± 32.2 a	4.70 ± 1.63
Dieta Libre de N	45.0 ± 1.1	37.1 ± 1.4 c	63.6 ± 5.1 c	-

- No es válido calcular NPR cuando hay pérdida en peso.

Letras diferentes entre tratamientos demuestra diferencias significativas en las variables Peso final y Alimento ingerido según Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Evaluación nutricional de harinas elaboradas con semilla de ingas a través de ensayos biológicos

PRIMER ENSAYO: Evaluación nutricional de harinas de dos especies de Inga sometidas a diferentes tiempos de cocción.

En este primer ensayo, semillas de guaba y de paterna se trataron térmicamente en agua, llevándose a ebullición por 0, 20 y 40 minutos. Estos productos secos y molidos se analizaron entre 18.0 a 21.6% de proteína. Estos valores sirvieron para formular dietas con 10% de proteína para evaluarlas a través de un ensayo convencional de PER. Los niveles de harina crudas y cocidas en las dietas variaron entre 43.3 a 52.9%. Además de las harinas, las dietas se suplementaron con 4% de sales minerales, 5% de aceite vegetal y 1% de mezcla vitamínica. La proteína control fue la caseína al 10% de proteína.

Índice de Eficiencia Proteica (PER) y efectos de las dietas evaluadas sobre el consumo de alimento y cambios de peso en las ratas sometidas al ensayo.

El cuadro 14 se muestra los resultados de la evaluación nutricional de las dietas utilizando el Índice de Eficiencia Proteica como indicador de la calidad de la proteína. Los resultados demostraron que las dietas a base de harina de guaba y paterna evaluadas en este ensayo fueron nocivas para el crecimiento y sobrevivencia de las ratas. Se observó que las dietas elaboradas con harina de guaba cruda y con harina de paterna cruda o cocida no provocaron incremento de peso sino por el contrario, causaron pérdida del mismo. La harina de guaba cocida durante 20 y 40 minutos, permitió un ligero incremento de peso en las ratas, lo cual estuvo relacionado a la mayor aceptación del alimento, sin embargo, estos resultados no fueron comparables a los obtenidos con la dieta control, como fue demostrado estadísticamente mediante un análisis de varianza y prueba de medias de Tukey.

Cabe mencionar que con las dietas elaboradas con harina de paterna se observó 100% de mortalidad en todos los tratamientos. Para las dietas con paterna cruda, la mortalidad se observó en la primera semana y en las harinas cocidas, la mortalidad se inició a partir de la segunda semana. En ninguna de estas tres dietas los animales sobrevivieron más allá de la segunda semana.

Estos resultados, sirvieron de base para la toma de decisiones en relación al tratamiento de las semillas en el siguiente ensayo biológico en el cual se asumió la adición de una fuente de potasio (ceniza de leña) como un mecanismo para provocar el ablandamiento de la semilla, el cual sería más efectivo como adyuvante del tratamiento térmico en la eliminación de compuestos antinutricionales.

SEGUNDO ENSAYO: Evaluación nutricional de harina de paterna según diferentes tiempos de cocción y tratamiento con ceniza.

Para fines de esta fase del estudio, semillas de paterna fueron cocidas en agua con la adición del 1% de cenizas por 40 y 60 minutos y por 40 minutos sin la adición de la ceniza. Después de la cocción, las muestras fueron deshidratadas y luego analizadas por su contenido de proteína, hierro y zinc. La proteína varió entre 26.3 a 30.6%, el contenido de hierro de 37.8 a 58.2 ppm y de zinc entre 18.1 a 22.8 ppm. Las harinas se

incorporaron en una dieta en niveles de 36 a 42% para dar 10% de proteína y una dieta libre de nitrógeno para fines del cálculo del NPR. Los resultados fueron negativos. Los procesos en composición química y el tiempo, no fueron capaces de destruir el factor o factores tóxicos en la paterna. En el cuadro 15 se muestran los resultados de este ensayo destacando que la dieta control fue superior a los tratamientos.

TERCER ENSAYO: Evaluación nutricional de harina de Inga Paterna según diferentes tiempos de cocción a presión y tratamiento de la semilla con cal (hidróxido de calcio)

En este experimento la semilla de la paterna fue cocida en agua a presión (15 libras de presión y 130 grados C) con y sin cal por 30 y 60 minutos, dando 4 muestras con 19.4, 19.7, 19.6 y 22.0% de proteína para las muestras sin cal, 30 minutos con cal, sin cal 60 minutos y con cal 60 minutos, respectivamente.

Los resultados obtenidos se utilizaron para estimar la participación porcentual de cada dieta para obtener 10 % de proteína para una evaluación biológica de NPR. Con estos materiales se prepararon 4 dietas con 56.7, 55.8, 56.1 y 49.9% de harinas ya descritas, además, se suplementaron con 4.0% de mezcla mineral, 1% de mezcla vitamínica y 5% de aceite con almidón para ajustar al 100%. También, se preparó una dieta de más de 25.6% de harina de paterna con 59.7% de harina de maíz agregando las sales minerales, las vitaminas y el aceite y el almidón (4.7%). Se utilizó caseína como proteína de referencia y una dieta apteica para fines del cálculo del NPR.

Razón proteínica neta y efectos sobre el consumo de alimento y peso de las ratas alimentadas con las dietas en evaluación

En el cuadro 16 se presentan los resultados de cambios en el peso de las ratas, consumo del alimento y Razón Proteínica Neta obtenidos en el tercer ensayo biológico.

En los resultados presentados, se observa que el menor consumo de alimento fue obtenido con la paterna cocida a presión con o sin cal durante 30 minutos; se incrementó el tiempo de cocción a 60 minutos se obtuvo un ligero incremento en el consumo del alimento, el cual resultó comparable al consumo de la dieta libre de nitrógeno.

En este ensayo se pudo comprobar que el cocimiento de las semillas de inga a presión y con o sin adición de cal provocó una leve mejora en la aceptación del alimento en comparación al resultado observado en el ensayo anterior.

Un análisis de varianza para evaluar diferencias entre los tratamientos para las variables peso final y alimento ingerido demostró diferencias estadística significativas entre tratamientos. Para estas dos variables, la dieta de caseína fue superior a las restantes, seguida de la dieta elaborada con una mezcla de maíz y harina de paterna cocida por 60 minutos. Los restantes tratamientos fueron similares entre sí.

Aunque hubo una leve mejora en la aceptación del alimento con la dieta combinada con harina de maíz, ésta no puede considerarse suficiente para producir un aumento de peso adecuado en los animales de experimentación. Posiblemente el incremento de peso obtenido con la dieta mixta fue inducido principalmente por la proteína de maíz y no con la porción de harina de paterna incluida en la dieta.

Los valores de NPR obtenidos en las dietas con harina de paterna confirmaron la baja calidad de la proteína de Inga paterna en comparación con una dieta de proteína de alta calidad y sugieren la necesidad de realizar estudios

más profundos para determinar los posibles compuestos tóxicos o aquellos que provocan rechazo del alimento y que inciden en la baja disponibilidad de la proteína de estas leguminosas.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del presente estudio aportan elementos sobre las características físicas, químicas y nutricionales de los frutos de las especies de Inga más comunes en los sistemas de cultivo de café. Se observó que los frutos presentan una gran diversidad en cuanto a tamaño, forma y proporción de sus fracciones dentro de una misma especie y entre localidades, lo cual puede estar influenciado por las condiciones agroclimáticas y edáficas en las cuales crecen los árboles. Esta variabilidad puede ser una limitante para la comercialización del fruto en fresco, especialmente si se destina a mercados exigentes.

Se observó que de las fracciones del fruto la vaina representa el mayor componente del fruto (en peso seco y húmedo) mientras que la pulpa es la menor fracción, alrededor del 10 % del fruto. La semilla representa alrededor del 20 % del peso del fruto en la paterna y el Cushin y alrededor del 30 % en la Guaba. Estos porcentajes indican que una alta proporción del fruto es material no utilizable para el consumo humano, pero esta fracción constituida por la vaina podría ser evaluada para consumo animal por su alto contenido de fibra y proteína.

En cuanto a la pulpa, el bajo rendimiento en peso por fruto, constituye una desventaja para su utilización en la elaboración de alimentos, pues requeriría de un gran volumen y peso para obtener una cantidad apropiada para su aprovechamiento y transformación industrial. Aún así, no se debe desestimar este producto por su alto contenido de carbohidratos y proteína y por su buen sabor. Aún cuando el rendimiento de la pulpa por fruto es bajo, éste puede ser aprovechado para elaborar jaleas, conservas y bebidas, de forma artesanal.

Este estudio confirmó observaciones hechas con anterioridad, respecto al alto contenido de proteína en la semilla, lo cual motivó la presente investigación considerando que su inclusión en la dieta tradicional del guatemalteco podría ser altamente beneficiosa, mediante la elaboración de harina de semilla para mezclar con harina de maíz.

La evaluación nutricional demostró baja disponibilidad de la proteína contenida en la semilla, interfiriendo en la calidad de la misma debido a factores anti-nutricionales que no pudieron ser eliminados en este estudio, aún sometiendo la semilla a diferentes procesamientos. Fue detectada la presencia de inhibidores de tripsina en niveles más elevados que en otras leguminosas, pero en el caso de estos compuestos, se demostró que fueron eliminados con el tratamiento de cocción. En vista de que la eliminación de estos compuestos no mejoró la calidad proteica, es de suponer la presencia de otros compuestos tóxicos que requieren de otro tipo de tratamiento para su inactivación; tales tratamientos podrían incluir la fermentación y la germinación, no descartando la obtención de aislados de proteína pura para el aprovechamiento de este recurso.

El análisis mineral de los frutos demostró niveles de hierro y zinc comparables al encontrado en otras leguminosas de grano, los cuales pueden ser considerados para suplir parte de los requerimientos humanos, ya que estos elementos generalmente se encuentran escasos en la alimentación, como

es reflejado por el alto porcentaje de anemia en algunos grupos vulnerables de la población.

En relación al análisis químico realizado en las hojas de las diferentes Ingas, se comprobó que estas contienen niveles altos de proteína y de fibra, lo que sugiere la posibilidad de utilización del follaje en la industria de alimentos para animales, previa su evaluación, o bien para la obtención de fibra con fines industriales.

Los resultados de los análisis de compuestos anti-nutricionales llaman la atención por su alto contenido de inhibidores de tripsina detectados en la semilla cruda. Entre los tratamientos recomendados para la eliminación de estos compuestos se sugieren los tratamientos a base de calor, lo cual fue comprobado en el análisis efectuado a las harinas después de haberlas sometidas a diferentes tiempos de cocción. En ellas, se presentó una marcada reducción de los inhibidores de tripsina, comprobándose de esta manera la efectividad de este tipo de tratamiento.

Entre los tratamientos recomendados para la eliminación de los compuestos anti-nutricionales se menciona en la literatura, además de la cocción, procesos como la fermentación y la germinación. En relación a este último, se pudo observar la reducción de inhibidores de tripsina en las semillas germinadas de paterna en comparación a las no germinadas. Este dato puede ser de interés, si se toma en cuenta que las semillas de paterna, tienden a germinar aún dentro del fruto, dependiendo de las condiciones climáticas, lo que reduciría de forma natural la presencia de inhibidores de tripsina.

Se comprobó que los tratamientos térmicos evaluados, no fueron efectivos para mejorar el aprovechamiento de la proteína sugiriendo la presencia de otros compuestos anti-nutricionales no determinados en este estudio.

El Índice de Eficiencia Proteica (PER) y la Razón Neta de Proteína (NPR) para algunos tratamientos no se pudieron calcular por la pérdida en peso en los animales. Muchos valores fueron muy bajos en las dietas elaboradas con harina de paterna y Guaba, crudas o cocidas, en comparación con la dieta testigo, causando incluso, mortalidad en los animales de experimentación.

Esto confirma que la baja calidad de la proteína contenida en las semillas de estas especies de Inga puede estar ligado a la presencia de compuestos que provocan rechazo al alimento o baja palatabilidad o algún otro compuesto anti-nutricional diferente a los inhibidores de tripsina, tales como taninos, saponinas y compuestos astringentes así como, otros que afectan directamente la calidad de la proteína.

Los resultados obtenidos en los ensayos biológicos fueron suficientes para concluir que la harina elaborada a partir de semilla de Ingas, no es adecuada para incluirla en la elaboración de alimentos para consumo humano. Por lo tanto, se sugiere continuar investigando sobre los compuestos químicos responsables y metodológicos al procesamiento para inactivarlos.

CONCLUSIONES

1. El presente estudio contribuye a enriquecer la escasa información existente sobre las características físicas, químicas y nutricionales de los frutos y hojas de las ingas, leguminosas arbóreas ampliamente utilizadas para brindar sombra al cultivo del café.
2. Las diferentes fracciones del fruto de las especies de inga evaluadas se caracterizan por un buen contenido de proteína y fibra y minerales, lo que las sitúa como un recurso potencialmente valioso para alimentación humana así como de animales.
3. Las harinas de semilla de inga, preparadas mediante diferentes tratamientos térmicos, no igualaron o superaron el valor nutritivo de una dieta testigo de proteína de alta calidad.
4. Los inhibidores de Tripsina presentes en las semillas de las especies de Ingas evaluadas fueron reducidos a bajos niveles con los tratamientos térmicos en la preparación de las harinas, no siendo este factor responsable de la baja disponibilidad de la proteína contenida en las dietas.
5. La calidad de la proteína de las harinas elaboradas a base de semilla de Inga, no mejoró sustancialmente cuando se mezcló con una fuente proteica complementaria de aminoácidos azufrados.
6. Los ensayos biológicos desarrollados para evaluar la calidad de la proteína demostraron que las harinas elaboradas a partir de semilla de inga presentan bajo valor nutricional, a pesar de la alta concentración de la proteína en el fruto.
7. Los resultados obtenidos en los ensayos biológicos fueron suficientes para determinar que nutricionalmente no es adecuado incluir las harinas a base de semillas de inga en alimentos para el consumo humano a menos que se eliminen los factores que causan el bajo aprovechamiento de la proteína.

BIBLIOGRAFIA

- Ackerman, I. L.; McCallie, E. L.; Fernández, E. C. M. (1998) *Inga and Insects: the potential for management in agroforestry* In: Pennington, T.E. & Fernández, E.C.M. (eds.) *The genus Inga: utilization* Kew: The Royal Kingdom Garden, 117-132
- Aguilar, J. M. (1982) *Catálogo de árboles de Guatemala* Universidad de San Carlos de Guatemala, Editorial Universitaria
- Akeson, W. & Stahman, M. (1964) A pepsin pancreatic digest index of protein quality evaluation. **J. Nutrition** **83**: 257
- Allison, J. Biological evaluation of proteins (1955) **Physical Review** **35**: 664
- Antunes, P. L., Bilhalva, A. B., Elias, M. C. & Soares, G. J. D. (1995) Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L), cultivares Rico 23, Carioca, Piratã-1 e Rosinha G-2. α-1 e Rosinha G-2 **Revista Brasileira de Agrociência** **1**: (1) 12-18
- Asociación Nacional del Café (1998) *Manual de Caficultura* Guatemala, 81-98
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC) (1975) *Official Methods of Analysis*. 12th ed. Washington, DC.
- Barrance, A., Beer, J., Boshier, D. H. et al. (2003) *Árboles de Centroamérica* Cordero, J. & Boshier, D. H. (eds) CATIE, 599-613
- Bauer Juárez, A. C. (1998) *Funcionalidad y características organolépticas de la tortilla de maíz suplementada con harina de trigo sarraceno* Universidad del Valle, Tesis, Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Alimentos, Guatemala
- Bender, A. & Doell, B. (1957) Biological evaluation of proteins. A new aspect **Brit. J. Nutrition** **11**: 140
- Bressani, R. (1972) *El valor nutricional del arroz en comparación con el de otros cereales en la dieta humana de América Latina* INCAP, Guatemala
- CEPAL – Comisión Económica Para América Latina y el Caribe (2002) *Centro América: El impacto de la caída de los precios del café* LC/MEX/LC157
- Cubero, J. I. & Moreno, M.T. (1983) *Leguminosas de grano* Madrid, Mundi Prensa
- Curley Wohlers, L. M. (1996) *Caracterización química y nutricional de hojas de chaya (Cnidoscolus spp.) presentes en Guatemala* Universidad del Valle, Tesis, Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Alimentos, Guatemala
- Falcón-Villa, M. R., Yáñez-Farías, G. A. & Barrón-Hoyos, J. M. (2006) Efecto del sexo de la rata (Sprague Dawley) sobre la digestibilidad y razón neta de proteína en alimentos de distinta calidad proteica **Rev Chil Nutr.** **33** (3) 511-517
- Fernández, R., Elías, L. G. & Bressani, R. (1981) Variabilidad genética y ambiental en inhibidores de tripsina y hemaglutininas observadas en cultivares de frijol común provenientes de Centroamérica y Colombia. **Turrialba** **31** (3) 153 – 161
- Fraille, M.E., García Suárez, M.D., Martínez Bernal, A. & Slomiansky, R. (2007) Nutritivas y apetecibles: conozca las leguminosas comestibles **ContactoS** **66**: 27-35
- Muñoz, G. & Alvarado, J. (1997) Importancia de la sombra en el cafetal. **Turrialba** **4**: 25-27

Francis, J. K. (1994) *Inga fagifolia* (L.) Willd. Guamá Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans

http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo_Agro/Tecnologia_innovacion/Agricola/Cultivos_Tradicionales/Cultivos/Frutas/frutas_am/textos/guaba.htm

Jansen, G.R. (1978) Biological Evaluation of Protein Quality **Food Technol.** **12:** 52- 56

Matthews, R. (1989) *Legumes: Chemistry, Technology and Human Nutrition*. Marcel Dekker, New York,

Niembro Rocas, A. (2002) *Inga jinicuil*. Schltdl. & Cham. Ex. G. Don In: Vozzo, J. A., (ed) Tropical Tree Seed Manual: Part II, Species Descriptions. Agric. Handb. 712. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 521-522

Ortiz, L. (1982) Estudio comparativo de algunas características físicas, químicas y proteicas de los maíces Venezuela-1, Arichuna, Obregón y Venezuela-1 Opaco 2. **Revista Facultad de Agronomía (Maracay)** **12:** (13-4) 389-419

Ortiz, L. & Guerra, M. (1983) Caracterización de las proteínas de los maíces Venezuela 1 Arichuna, Obregón y Venezuela-1 Opaco-2. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 33: 539

Pennington, T. D. & Fernández, E.C.M. (1998) *The genus Inga: Utilization* Kew Publishing

Ruiz-Carrera, V., Peña-López, E. G., Lau-Vázquez, S. C., Maldonado-Mares, F., Ascencio-Rivera, J. M. & Guadarrama-Oliveira, M. A. (2004) Macronutrientes de fitorecursos alimenticios de especies aprovechadas por grupos étnicos en Tabasco, México. Universidad y Ciencia. Numero especial 1, p. 27-31

Rodríguez, C. (1990) *Inga vera* Willd. Guaba Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans

Ronquillo, B., F. A. (1988) *Colecta y descripción de especies vegetales de uso actual y potencial en alimentación y/o medicina de las zonas semiáridas del nororiente de Guatemala* Tesis, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala

Romero-Alvarado, Y., Soto Pinto, L., García Barrios, L. & Barrera Gaytán, J. F. (2002) Coffee yields and soil nutrients under the shades of Inga sp. vs. multiple species in Chiapas, México **Agroforestry Systems** **54:** 215-224

Rosales, M. (1997) *Efectos asociativos del valor nutricional in vitro de mezclas de forrajes arbóreos para rumiantes* En: Memorias V Seminario-Taller Internacional Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria y Primer Seminario Internacional Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico. Cali, 31 de julio al 3 de agosto de 1997. Fundación CIPAV

Sánchez Loarca, S. (1968) *Método de evaluación del valor nutricional de la harina de algodón* Tesis, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala

Sikka, K. & R. Johari. Comparative nutritive value and aminoacid content of different varieties of sorghum and effect of lysine fortification (1979) **J. Agriculture Food Chem.** **27:** 962-965

Smith, C., W. Van Megen, L. Twaalfhoven & C. Hitchcock (1980) Determination of trypsin inhibitor levels in food stuffs **J. Sci. Food & Agric.** **31:**341-350

Soto-Pinto, L., Perfecto, I., Castillo-Hernández, J. & Caballero-Nieto, J. (2000) Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, México **Agriculture, Ecosystems and Environ.** **80:** 61-69

Standley P. & Steyermark J. (1946) *Flora of Guatemala* Chicago, USA: Fieldiana Botany, Vol. 24

Tindall, N. N. & Aragón, H. (2002) *Inga paterno* Harms. Species Description In: Vozzo, J. A. (ed.) Tropical Tree Seed Manual: Part II, Species Descriptions. Agric. Handb. 712. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 523-525

Young, V., Rand, W. & Scrimshaw, N. (1977) Measuring protein quality in humans: a review of proposed method **Cereal Chem.** **54:** 929-948

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo, ha sido posible gracias al apoyo financiero parcial dentro del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología -FONACYT-, otorgado por la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología -SENACYT- y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología -CONCYT-.



****Pablo Figueroa, Maria Antonieta Alfaro & *Claudia Arriaga**

*Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala. bressani@uvg.edu.gt

**Departamento de Investigaciones en Café, Asociación Nacional del Café, Guatemala.