

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



"Cnidoscolus chayamansa Mc Vaugh
COMO FUENTE DE PROTEINA INCORPORADA EN DIETAS PARA
Penaeus stylirostris"

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD
EN RECURSOS ALIMENTICIOS Y
PRODUCCION ACUICOLA**

P R E S E N T A

BIOL. ALEJANDRA ROCHA ESTRADA

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

AGOSTO DE 1998

TM

SH38

R6

c.1



1080087135

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**"*Cnidoscolus chayamansa* McVaugh COMO FUENTE DE PROTEINA
INCORPORADA EN DIETAS PARA *Penaens stylirostris*"**



T E S I S

Para obtener el título de

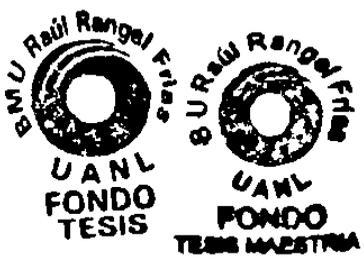
**MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD
EN RECURSOS ALIMENTICIOS Y PRODUCCION ACUICOLA**

PRESENTA

Biól. Alejandra Rocha Estrada



TM
+ 9
P6



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**"*Cnidoscopus chayamansa* McVaugh COMO FUENTE DE PROTEINA
INCORPORADA EN DIETAS PARA *Penaeus stylirostris*"**

T E S I S

Que como requisito parcial para obtener el título de
**MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD
EN RECURSOS ALIMENTICIOS Y PRODUCCION ACUICOLA**

P R E S E N T A

Biól. Alejandra Rocha Estrada

COMISION DE TESIS

Dr. Ma. Guadalupe Alanis Guzmán

PRESIDENTE

Dr. L. Elizabeth Cruz Suárez

SECRETARIO

Dr. Denis Ricque Marie

VOCAL

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**"*Cnidoscolus chayamansa* McVaugh COMO FUENTE DE PROTEINA
INCORPORADA EN DIETAS PARA *Penaeus stylirostris*"**

T E S I S

Que como requisito parcial para obtener el título de

**MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD
EN RECURSOS ALIMENTICIOS Y PRODUCCION ACUICOLA**

P R E S E N T A

Biól. Alejandra Rocha Estrada

Dr. Ma. Guadalupe Alanis Guzmán

DIRECTOR

Dr. Denis Ricque Marie

CODIRECTOR

DEDICATORIA

A Dios

Gracias por haberme permitido cumplir una etapa más de mi vida

A mi esposo *Marco Antonio Alvarado Vázquez* por su apoyo. Te amo.

A mis padres con amor, respeto y admiración

Aurelio y María Santos

A mis hermanos

Manuela, Guillermo, Aurelia, Oscar, Irma, Artemio, María del Carmen, Arturo, Ofelia, Antonio, Armando, Noemi, Rosalva, Eduardo, Marina y Luis.

A *mis sobrinos.*

A mis abuelitas

Sabina y María del Carmen (+), gracias por sus buenos consejos.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a las siguientes personas:

A la Dra. Ma. Guadalupe Alanis, Dra. Elizabeth Cruz y al Dr. Denis Ricque por la asesoría brindada durante el desarrollo de este trabajo y por formar parte de la comisión de tesis.

A mi esposo, Biól. Marco Antonio Alvarado Vázquez, por su apoyo incondicional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por otorgarme apoyo para realizar la maestría durante el período de Febrero de 1996 a Enero de 1998.

Con especial agradecimiento a la M.en C. Teresa E. Torres Cepeda, gracias por su apoyo durante el transcurso de la maestría.

Gracias al Dr. Ratikanta Maiti, por sus sugerencias y comentarios tan acertados.

A mi gran amiga Cristina González **Cristy** por su ayuda.

Con respeto y admiración al M.C. Carlos Leonel García, gracias por sus múltiples sugerencias durante el desarrollo de este estudio.

Al Químico Mario Quijano por su participación en la revisión del escrito.

A mis amigos y compañeros de generación: Martha Guadalupe Nieto, Adrián Salgado y Martín Camarena, gracias por todos los momentos que pasamos juntos durante el transcurso de la maestría.

A todos los integrantes del Laboratorio de Maricultura: Mireya Tapia, Adriana Flores, Servando Quiroz, Mario Novales, Jesús Montemayor, Carlos Aguilera, Ulrique, José Luis Morales, David Montaña, Beatriz Ponce, Laura Treviño, Alma Melo, Daniel Iruegas gracias.

INDICE

	Pág
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVOS	4
Objetivo general.....	4
Objetivos particulares.....	4
ORIGINALIDAD	5
HIPÓTESIS	5
ANTECEDENTES	6
Clasificación taxonómica.....	6
Descripción de la planta.....	7
Distribución.....	7
Usos.....	7
Análisis químico.....	8
Fuentes de proteína vegetal.....	9
Proteína vegetal utilizada en nutrición animal.....	9
Proteína vegetal utilizada en nutrición acuícola.....	10
Concentrados proteínicos.....	13
MATERIAL Y MÉTODO	17
Obtención de la harina.....	17
Determinaciones de laboratorio.....	17
Bioensayo.....	18
Diseño experimental.....	18
Parámetros fisicoquímicos.....	19
Formulación y composición de las dietas.....	19
Preparación de los alimentos experimentales.....	21
Análisis de las dietas.....	21
Estabilidad de las dietas.....	21

Alimentación y registro del consumo de alimento.....	21
Evaluación biológica.....	21
Análisis estadístico.....	23
Pruebas preliminares para un concentrado proteínico.....	23
RESULTADOS.....	24
Análisis bromatológico de la chaya.....	24
Análisis bromatológico de las dietas.....	25
Estabilidad.....	27
Parámetros de Calidad del agua.....	27
Distribución de los organismos.....	28
Evaluación biológica.....	28
Evaluación biológica a los 14 días.....	28
Evaluación biológica a los 28 días.....	30
Consumo.....	31
Ganancia en peso.....	32
Tasa de sobrevivencia.....	33
Tasa de conversión alimenticia.....	34
Biomasa.....	35
Concentrado proteínico foliar.....	36
DISCUSIONES.....	37
CONCLUSIONES.....	42
RECOMENDACIÓN.....	42
LITERATURA CITADA.....	44
ANEXO I.....	50
ANEXO II.....	51

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS

1.- Composición porcentual de las dietas experimentales.....	20
2.- Contenido proximal de la harina de chaya.....	25
3.- Análisis proximal de las dietas evaluadas.....	26
4.- Resultados de las pruebas de estabilidad en las dietas.....	27
5.- Parámetros de calidad del agua.....	28
6.- Resultados de la evaluación biológica a los 14 días.....	29
7.- Resultados de la evaluación biológica a los 28 días.....	30

FIGURAS

1.- Consumo del alimento a los 28 días.....	31
2.- Ganancia en peso a los 28 días.....	32
3.- Tasa de sobrevivencia a los 28 días.....	33
4.- Tasa de conversión alimenticia a los 28 días.....	34
5.- Biomasa a los 28 días.....	35

ABREVIATURAS

TCA tasa de conversión alimenticia

g gramo

Kcal/g kilocalorías por gramo

cm centímetro

mm milímetro

p probabilidad

et al colaboradores

var variedad

etc etcétera

Kg kilogramo

g/Kg gramos por kilogramo

g/l gramos por litro

ppm partes por millón

NaOH hidróxido de sodio

AOAC Association of Official Analytical Chemists



RESUMEN

Con el propósito de conocer la respuesta nutricional de *Penaeus stylirostris* utilizando como nueva alternativa la harina de *Cnidoscopus chayamansa*, se formularon y elaboraron cuatro dietas con 0, 10, 20 y 30% de inclusión de este ingrediente, reemplazando a una mezcla de pasta de soya-harina de trigo (45.63%-54.36%), comparándose los resultados con una dieta comercial (Rangen). Las dietas se evaluaron alimentando *ad libitum* juveniles de camarón azul con un peso inicial de 0.250 ± 0.04 g durante 28 días, utilizando un diseño completamente al azar (4 replicados con 6 camarones por acuario). Los resultados de los parámetros evaluados durante el bioensayo, demostraron que las mejores dietas para consumo y ganancia en peso fueron las dietas con 20% (1.36 g y 269.98%) y la Rangen (1.46 g y 247.36%), mientras que para el parámetro de tasa de conversión alimenticia los mejores resultados se obtuvieron para las dietas con 20% (2.06) y la dieta con 0% de chaya (2.09), en lo que respecta a la tasa de sobrevivencia no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), sin embargo la dieta comercial (Rangen) presentó la menor tasa de sobrevivencia (88.88%).



INTRODUCCION

La acuicultura, como actividad intensiva, tiene por finalidad satisfacer la demanda mundial de proteínas de buena calidad a través del cultivo de organismos acuáticos. En la alimentación acuícola la harina de pescado ha sido tradicionalmente utilizada como la principal fuente de proteína por su alto valor nutritivo y palatabilidad, sin embargo, su elevado costo y la no disponibilidad de la misma han hecho necesaria la sustitución parcial o total de este ingrediente por otras fuentes de origen vegetal (Martinez *et al.*, 1996).

En las últimas décadas la utilización de fuentes de proteínas de origen vegetal ha tomado gran importancia en la acuicultura, pues han resultado ser más económicas que aquellas de origen animal. El uso de fuentes proteínicas nuevas en la alimentación de animales acuáticos no está exenta de problemas, por lo cual es necesario evaluar química y biológicamente al material



proteínico para comprobar que no haya componentes tóxicos, salvo en niveles mínimos y que el valor nutritivo de la proteína sea adecuado en relación al uso que se propone (Nissen, 1981).

Las hojas y otros vegetales verdes pueden ser usados como fuente de proteína para humanos y no rumiantes, siempre y cuando la proteína logre ser separada de la fibra o bien en niveles de inclusión tales que el contenido de fibra en los alimentos sea aceptable para la especie.

La chaya (*Cnidoscolus chayamansa*) es un arbusto ampliamente distribuido en el sureste de la República Mexicana, cuyas hojas son de un alto contenido proteínico (26.68% en base seca, Garza, 1984), siendo utilizada en estado tierno y fresco en la alimentación humana, principalmente en la península de Yucatán.

Respecto a la alimentación de organismos acuáticos, no existen estudios en los que la harina de chaya sustituya proteína animal o vegetal. La necesidad de esta información motivó el desarrollo de este trabajo de investigación, el cual se realizó para comparar la ganancia en peso, sobrevivencia, consumo y tasa de conversión alimenticia en juveniles de *Penaeus stylirostris* alimentados con dietas con diferentes niveles de chaya como un sustituto de una mezcla de proteína vegetal (pasta de soya y harina de trigo), de uso común.



OBJETIVOS

GENERAL

Conocer el potencial de la hoja de *Cnidoscolus chayamansa* como posible fuente de proteína en dietas para *Penaeus stylirostris*

PARTICULARES

- a) Obtener una harina a partir de la hoja de *Cnidoscolus chayamansa*.
- b) Caracterizar químicamente la harina obtenida a partir de la chaya.
- c) Evaluar nutricionalmente la harina por medio de un bioensayo con juveniles de *Penaeus stylirostris*.
- d) Determinar el nivel de inclusión de la harina de chaya en dietas desde el punto de vista nutricional



ORIGINALIDAD

Cnidoscolus chayamansa conocida comúnmente como chaya, es una planta nativa de Yucatán, la cual ha sido utilizada exitosamente como alimento tanto para el hombre como para animales domésticos, sin embargo, no existen estudios en los que la chaya se haya utilizado en dietas para *Penaeus stylirostris*.

HIPOTESIS

La harina de *Cnidoscolus chayamansa* representa una buena fuente proteínica en alimentos para camarón y su inclusión en diferentes niveles afecta positivamente la ganancia en peso, sobrevivencia y tasa de conversión alimenticia de *Penaeus stylirostris*.



ANTECEDENTES

1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA (Benson, 1979)

Reino Plantae

División Spermatophyta

Clase Angiospermae

Subclase Dicotyledoneae

Orden Euphorbiales

Familia Euphorbiaceae

Nombre científico: *Cnidoscolus chayamansa* Mc Vaugh

Sinonimia: *Jatropha urens* var. *inermis* Calvino

Nombres comunes: chaya, chaya mansa, chaya de castilla, guarumbo, hormiguillo, guarumo, chancarro, trompeta, koochle, guarina y samura entre otros.



2 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

Cnidoscolus chayamansa, es un arbusto caracterizado por ser una planta suculenta, de unos 2 a 3 m de altura, con ramas muy delgadas, médula blanca y gruesa con pocos pelos urticantes, con 1 ó 2 glándulas en el ápice del pecíolo; hojas truncado-cordadas, trilobuladas, toscamente ondulado dentadas, más anchas que largas, verde brillante, de 10 a 16 cm de ancho y de 4 a 8 cm de largo, pecíolo de 8 a 15 cm de longitud, usualmente con vello urticante; flores tubulares y blancas, unisexuales, las masculinas de 6-7 mm con 10 estambres; las femeninas de 9-10 mm; fruto una cápsula con 3 semillas. Planta nativa de México (Martínez, 1979).

2.1 DISTRIBUCIÓN

Esta planta se distribuye en el sureste mexicano, principalmente en Yucatán, Tabasco, sureste de Chiapas, centro y sur de Veracruz, parte de Campeche, sur de Quintana Roo y norte de Morelos. En el estado de Nuevo León esta planta presenta una distribución no uniforme.

2.2 USOS

La chaya ha sido uno de los recursos naturales con los que el estado de Yucatán ha contado desde los tiempos prehispánicos, ya que se sabe que los antiguos mayas poseían especial aprecio por esta planta, cuyo uso ha sido alimenticio y medicinal. Como resultado de largos años de selección, esta planta presenta actualmente algunas modificaciones: pérdida de vellosidad y tendencia a la desaparición de ciertos glucósidos cianogénicos. Parece ser que solo en el estado de Yucatán, el consumo de la chaya es a nivel popular. En nuestros días se utilizan principalmente las hojas tiernas con todo y pecíolo (Barrera *et al.*, 1981).

Según Díaz (1974), las infusiones de esta planta se han usado desde tiempos precolombinos para disminuir el colesterol en la sangre, desinflamar y curar hemorroides, eliminar granos infectados y verrugas, para evitar la caída de las uñas y para estimular la función hepática. Además se reportan cerca de 30 usos entre los que destaca como antidiabético, diurético, contra la hidropesía, asma, afecciones cardíacas, etc.



En los mercados regionales de Yucatán se pueden adquirir fácilmente las hojas tiernas y frescas de esta planta, que por su sabor agradable se consumen en una gran variedad de guisos comunes: tamales, caldo, huevos, tostadas, frijoles, carne, etc. (Stephens, 1996). Sin embargo el uso de la planta se limita a su región nativa, esto se debe a la poca divulgación que se le ha dado, a pesar de su importancia económica. Por otra parte los troncos son utilizados como tuberías superficiales, para la construcción de casas, en la fabricación de juegos (parecido al sube y baja), como combustible y las hojas se utilizan como tabaco.

2.3 ANÁLISIS QUÍMICO

En 1939, el Laboratorio Analítico de Henequeneros de Yucatán (citado en Pérez, 1948) hizo el análisis de las hojas de chaya con los siguientes resultados: humedad 77.21%, materia seca 22.79%, proteína cruda 5.79% y 1.95% de ceniza.

Zouza (1950) indica que la chaya constituye un alimento muy barato todo el año, y es rara la casa que no tenga sus plantas de chaya. El presenta un análisis cuyos resultados se muestran: humedad 79%, ceniza 1.65%, proteína cruda 8.25%, extracto etéreo 1.93%, fibra cruda 1.94%, carbohidratos totales asimilables 7.23%. En lo que respecta a los minerales reporta calcio 421.00 mg/100 g, fósforo 63.00 mg/100 g y hierro 116.61 mg/100 g; además menciona algunas vitaminas como son: caroteno 8.52 mg/100 g, tiamina 0.23 mg/ 100 g, riboflavina 0.35 mg/100 g y niacina 1.74 mg/100 g.

Un análisis bromatológico de la chaya (1973) realizado por los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial de la Cd. de México, arrojó los siguientes resultados:

Proteínas de hoja de chaya en base húmeda: 8.3 g/100 g y 39.5 g/100 g en base seca

Nagy *et al.* (1978) hacen una revisión acerca de las especies potenciales para la obtención de concentrados proteínicos foliares, dentro de las cuales menciona a *Cnidoscolus chayamansa* como una fuente potencial. Además reporta la composición aminoacídica (g de aminoácidos/ 100 g de proteína) en esta especie: lisina (5.9 porción cloroplástica y 8.3 citoplásmica), fenilalanina (6.3-4.8),



metionina (1.8-1.8), treonina (5.0-4.4), leucina (10.1-8.4), isoleucina (5.6-4.5), valina (6.9-5.8), triptofano (1.7-0.5), arginina (6.6-7.0), histidina (1.1-4.3), tirosina (5.5-4.6), cistina (1.3-1.9), ácido aspártico (9.0-10.7), serina (4.9-4.6), ácido glutámico (10.3-12.5), prolina (5.3-4.5), glicina (6.0-5.2) y alanina (6.5-5.6).

Garza (1984) realizó un estudio bromatológico y fitoquímico en *Cnidioscolus chayamansa*, encontrando los siguientes resultados en base seca: humedad 11%, materia seca 89.00%, cenizas 14.97%, proteína cruda 26.68%, grasa 5.55%, fibra cruda 14.68%, elementos libres de nitrógeno 38.12%, ácido ascórbico 274.00, calcio 4.22%, fósforo 0.30% y nitrógeno 4.27%.

3 FUENTES DE PROTEÍNA VEGETAL

3.1 Proteína Vegetal Utilizada en Nutrición Animal

Nwokolo (1987) evaluó la pasta de hoja de *Manihot esculenta* y *Eupatorium odoratum* como posibles fuentes de nutrientes en dietas para aves de corral. Ambas especies fueron analizadas para conocer el contenido de aminoácidos y minerales. El contenido de proteínas fue más alto en la pasta de *M. esculenta* que en la pasta de *E. odoratum* (21.39% vs. 17.53%). El contenido de potasio, calcio y zinc fue mayor en la pasta de *M. esculenta* que en la pasta de *E. odoratum* (16300 vs 1380 mg/Kg, 12300 vs 11551 mg/Kg y 119 vs 52 mg/Kg). Mientras que el contenido de fósforo, magnesio, cobre, manganeso y hierro resultaron ser más altos en *E. odoratum* (4352 vs 3104 mg/Kg, 3202 vs 2612 mg/Kg, 37 vs 11 mg/Kg, 71 vs 46 mg/Kg y 79 vs 69 mg/Kg). La disponibilidad de los minerales fue más alta en la pasta de *M. esculenta* que en *E. odoratum* (53.7% vs 47.9%). El contenido de cistina y metionina fueron bajos y la lisina fue moderada en ambas pastas. La disponibilidad de aminoácidos fue baja en *E. odoratum* y moderadamente alta en la pasta de *M. esculenta* (65.4% vs 77.8%).

Gupta y Balaraman (1989) estimaron el valor nutritivo de las hojas de *Ficus infectoria* en 5 cabras adultos cuyo peso fue de 19.62 Kg. También determinaron la digestibilidad de la materia



seca, materia orgánica, proteína cruda y fibra cruda obteniendo los siguientes resultados 49.28, 51.60, 53.44 y 29.37% respectivamente.

La harina de *Leucaena leucocephala* (ipilipil), ha sido utilizada en los trópicos como una fuente de proteína en dietas para rumiantes y aves de corral. Sin embargo, su uso ha sido limitado debido a la presencia de la mimosina (Lim y Dominy, 1989).

Rybina y Imangulova (1990) utilizaron harina de hoja de algodón en dietas para pollos, las cuales contenían 3, 5 y 7 % de esta harina, ellos encontraron que el peso corporal a las 16 semanas fue de 1186, 1163 y 1100 g respectivamente; la ganancia en peso fue de 4.9, 4.8 y 5.3 y el porcentaje de sobrevivencia fue de 96.6, 97.6 y 97.6%.

Ravindran (1993) estudió la posibilidad de utilizar la cassava (*Manihot esculenta* Crantz) en nutrición animal, encontrando que la harina de hoja puede ser incluida en bajas cantidades en dietas para animales monogástricos como cerdos (40%), pollos (15%) y para gallinas ponedoras (27%).

3.2 Proteína Vegetal Utilizada en Nutrición Acuícola

Gómez (1989) evaluó el empleo de harinas vegetales provenientes del amaranto (*Amaranthus spinosus*) y la chaya (*Cnidoscolus chayamansa*) en la elaboración de dietas para peces juveniles de tilapia (*Oreochromis* spp), encontrando que la mejor dieta experimental fue la dieta con chaya (47.50% de inclusión), con una conversión alimenticia de 3.43, un peso promedio final de 2.23 g/pez y una talla promedio final de 5.05 cm/pez, mientras que en el control se obtuvo 2.69 de conversión alimenticia, un peso promedio final de 3.4 g/pez y una talla promedio final de 5.34 cm/pez.

Lim y Dominy (1990) sustituyeron una mezcla de proteína animal (53% de harina de pescado, 32% harina de cabeza de camarón y 15% harina de calamar) por pasta de soya (0, 14, 28, 42, 56 y 70% de inclusión) en dietas para *Penaeus vannamei*, encontrando que la tasa de crecimiento declinó cuando el nivel de pasta de soya fue del 42% o superior, en lo que respecta a la



ganancia en peso esta fue mayor en la dieta que contenía 14% de soya, en lo referente a la tasa de sobrevivencia no se encontraron diferencias significativas entre las dietas. Estos mismos autores (1992) sustituyeron la pasta de soya comercial por soya integral (0, 8.95, 17.90, 26.85 y 35.8%) en alimentos para esta misma especie, encontrando que el valor nutricional de la soya integral es comparable a la pasta de soya comercial, ya que la ganancia en peso, sobrevivencia, tasa de consumo, conversión alimenticia y eficiencia proteica no mostraron diferencias significativas entre las dietas.

Gallagher (1994) sustituyó la harina de pescado por pasta de soya (0, 15.7, 34.0 y 44.0%) en dietas para híbridos de *Morone saxatilis* x *M. chrysops* (5 y 100-150 g de peso inicial), encontrando que para los organismos pequeños los niveles de 15.7 y 34.0% dieron buenos resultados, mientras que para los organismos grandes el nivel de 44% de pasta de soya resultó ser el más aceptable.

Haiqing y Xiqin (1994) realizaron un estudio en el que utilizaron pasta de cacahuate y colza como fuente de proteína vegetal en dietas para el pez *Megalobrama skolkovii*, para sustituir a la harina de pescado. Ellos encontraron que a niveles superiores al 42% y 21% de inclusión de estos ingredientes proteicos se obtienen buenos resultados y cuando se usan a niveles arriba de 45% y 27%, hay una reducción en los parámetros nutricionales y esto es debido al imbalance de aminoácidos y a la presencia de factores antinutricionales.

Reigh y Ellis (1994) evaluaron las posibles alternativas de proteína que permitieran disminuir el costo del alimento para *Procambarus clarkii*. Las mezclas probadas fueron una relación de proteína vegetal y animal de 65:35; las combinaciones fueron: pasta de soya/harina de pescado, pasta de semilla de algodón/harina de pescado, pasta de soya/harina de hueso y carne, pasta de semilla de algodón/harina de hueso y carne, pasta de soya/harina de hueso y carne/harina de sangre y pasta de semilla de algodón/harina de hueso y carne/harina de sangre. Los resultados encontrados en términos de ganancia en peso, tasa de conversión alimenticia, proteína aparente neta y composición corporal indicaron que la mejor combinación fue la mezcla de pasta de soya/harina de pescado; la



ganancia en peso disminuyó cuando la pasta de semilla de algodón reemplazó a la pasta de soya en las dietas que contenían harina de pescado, harina de carne y hueso y harina de sangre.

Rodríguez *et al.* (1994) estudiaron la digestibilidad de dietas para camarón blanco *Penaeus vannamei* conteniendo harinas de la planta halófila *Salicornia europea* (18.50 y 24.50%), encontrando que es posible sustituir el 66% (24.50%) de trigo de la dieta control con harina de paja de *Salicornia europea* sin disminuir la eficiencia de asimilación de la dieta.

Sanz *et al.* (1994) evaluaron el potencial nutritivo de la pasta de girasol comparándolo con la pasta de soya y harina de pescado en dietas para trucha. La harina de girasol sustituyó un 40% a la harina de pescado obteniéndose resultados similares a los obtenidos con la pasta de soya en el mismo porcentaje de sustitución, además la harina de girasol mostró buena utilización de la proteína, sin embargo la energía digestible fue baja para los carbohidratos.

Bombero-Tuburan *et al.* (1995) realizaron una evaluación nutricional en *Penaeus monodon* alimentándolos con caracol manzano, cassava y maíz, encontrando que se obtiene un mejor crecimiento y mejor talla cuando los alimentos son combinados, en lo que respecta a la sobrevivencia no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Lim (1996) estudió la posibilidad de utilizar la harina de algodón en dietas para *Penaeus vannamei*, utilizando niveles de 0, 13.3, 26.5, 39.8, 53.0 y 66.3%, los cuales sustituyeron a una mezcla de proteína animal (53% de harina de pescado, 34% harina de camarón y 13% harina de calamar). Los resultados demostraron que el nivel de inclusión de 26.5% de harina de algodón puede ser usado para reemplazar el 40% de la mezcla de proteína animal, en dietas para camarón blanco, sin afectar el crecimiento y la sobrevivencia.

Martínez *et al.* (1996) realizaron una revisión exhaustiva de fuentes alternativas de proteína vegetal que substituyan a la harina de pescado parcial o totalmente en la alimentación acuícola y concentran la información disponible sobre oleaginosas, leguminosas, plantas acuáticas, otras plantas superiores, algas y proteína de origen microbiano como hongos, bacterias y levaduras.



Osman *et al.* (1996) reemplazaron 33, 66 y 100% (5, 10 y 15% niveles de inclusión) la harina de *Tripholium alexandrinum* por harina de leucaena tratada en cuatro formas diferentes (seca por 48h a 60°C, autoclavada durante 15 minutos, asperjada con 1% de hidróxido de sodio e incubada con líquido ruminal durante 24 horas) en dietas para tilapia *Oreochromis niloticus*. Los resultados indican que la ganancia en peso, tasa de crecimiento, tasa de conversión alimenticia y utilización proteica incrementaron al aumentar el porcentaje de leucaena seca o cocida. Por otra parte se observó bajo crecimiento y baja utilización alimenticia cuando los organismos fueron alimentados con dietas que contenían leucaena tratada con hidróxido de sodio o incubada con líquido ruminal.

3.3 Concentrados Proteínicos

Un concentrado es un producto refinado que contiene un mayor porcentaje de proteína que las harinas. Durante su manufactura se elimina la mitad de los carbohidratos y algunos componentes menores. Un concentrado generalmente contiene valores aproximados de 50% de proteína cruda, 5-10% de ceniza y 6 ó 7% de lípidos (Chabaev *et al.*, 1990 y Badui, 1993).

Los procedimientos que han sido descritos para preparar concentrados proteínicos foliares presentan dos desventajas: primero, los nutrientes solubles en agua como azúcares y aminoácidos son eliminados, segundo la mayoría de los problemas se presentan al momento de secar el concentrado. El valor nutritivo alimenticio también se ve afectado cuando el secado se realiza a altas temperaturas, ya que es concebible que a temperaturas superiores a 150-200°C la oxidación de lípidos ocurra, probablemente con la formación de un gran número de compuestos carbonilos que son capaces de reaccionar con uno o más grupos funcionales de la molécula de proteína; por ejemplo los aldehídos, los cuales son producidos por oxidación lipídica, reaccionan con aminoácidos libres y producen cambios en la calidad de la proteína. Se recomienda que para obtener un mejor concentrado proteínico, es decir, con menor pérdida de la calidad en la proteína, la extracción se realice con acetona, pero además de esto se ha encontrado que la extracción con solventes eliminan parte de los lípidos y entonces el valor alimenticio decrece energéticamente. Sin embargo la



eliminación de lípidos evita la oxidación en el concentrado por lo que no es necesario adicionar antioxidante.

Estudios recientes indican que el concentrado proteínico foliar en general, cuando es procesado adecuadamente tiene un valor nutritivo más alto que la soya y muy similar a la harina de pescado, cuando este es utilizado en alimentos para ratas, pollitos o cerdos. Esto debido quizá a que se ha eliminado su alto contenido de fibra y el bajo nivel proteico que impide su uso directo; por lo que la producción de concentrados de proteína foliar es una alternativa de alimentación importante para organismos acuícolas (Martínez *et al.*, 1996).

La eliminación del alto contenido de fibra en un concentrado es importante en la formulación de alimentos para camarón, por que se sabe que durante el procesado de alimentos con altos niveles de fibra son difíciles de aglutinar, ya que la fibra difícilmente se muele finamente y estos filamentos de fibra pueden actuar como conductores de agua que entra al pellet, creando facturas y disminuyendo la estabilidad del alimento en el agua. Por lo que usualmente los alimentos son formulados limitando los niveles de fibra y se recomienda que el nivel de fibra total para alimentos comerciales no exceda de 4%. También es importante considerar los minerales, ya que desarrollan funciones esenciales en el cuerpo y participan como constituyentes del exoesqueleto y de tejidos, además son componentes esenciales para enzimas, vitaminas, hormonas, pigmentos y como activadores de enzimas. Dentro de los minerales en los cuales se pone especial interés están el calcio y el fósforo, los cuales son requeridos para la formación del exoesqueleto y se recomienda que mantengan una tasa calcio:fósforo de 1:1 a 1.5:1 (Akiyama *et al.*, 1991).

Herrera y Rosas (1990) utilizaron las hojas del plátano (*Musa paradisiaca* L.) como fuente de proteína no convencional. Ellos obtuvieron un concentrado proteínico foliar obtenido por extracción con NaOH y precipitando a pH 4.5, este concentrado mostró los siguientes parámetros nutricionales: PER -1.1, digestibilidad verdadera $61 \pm 7\%$ y la eficiencia proteínica neta 0.1 ± 0.3 ; el concentrado obtenido con NaOH en presencia de sulfito de sodio, calentado a 85°C por 5', precipitado a pH 6 y suplementado con DL-metionina (0.6%) mostró un mejor valor nutricional:



PER 1.9, digestibilidad verdadera de $46\pm 6\%$ y la eficiencia proteínica de 3.0 ± 0.1 , mientras que para el control de caseína se encontró un PER de 3.2, digestibilidad verdadera de 94 ± 3 y 3.0 ± 0.4 de eficiencia proteínica.

Castellanos *et al.* (1994) obtuvieron concentrados proteínicos foliares de cassava (*Manihot esculenta* Crantz) utilizando ultrafiltración y termocoagulación ácida, ellos encontraron que ambos concentrados no mostraron diferencias en su composición proximal y contenido de aminoácidos, sin embargo el concentrado obtenido por termocoagulación ácida mostró valores de carotenos, lisina disponible y digestibilidad “in vitro” mayores que el concentrado obtenido por ultrafiltración.

Ogino *et al.* (1978 en Martínez *et al.*, 1996) determinaron que el crecimiento y la eficiencia de utilización del alimento no se ven afectados cuando truchas y carpas reciben 43% de un concentrado proteico de pasto (*Lolium* sp).

Buentello *et al.* (1997) evaluaron las propiedades nutricionales de un extracto proteínico del pasto Bermuda en alimentos balanceados para bagre de canal *Ictalurus punctatus*. Las dietas experimentales fueron formuladas de tal manera que el extracto reemplazara 33, 66 y 100% (6.9, 13.7 y 20.8% niveles de inclusión) de la harina de pescado igualando el nivel de proteína. Los resultados encontrados indican que la sustitución de la harina de pescado por el extracto de proteína no afecta de manera significativa la ganancia en peso, eficiencia de conversión, proporción de eficiencia proteica, uso neto de proteína, grasa intraperitoneal ni el índice hepatosomático del bagre; concluyendo con esto que el extracto puede reemplazar a la harina de pescado en dietas para bagre de canal.

Xie y Jokumsen (1997) evaluaron un aislado proteínico de papa en alimentos para trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). El aislado proteínico reemplazó la harina de pescado (0, 94, 200, 304 y 510 g/Kg). Los resultados mostraron que los animales alimentados con las dietas que contenían el aislado, mostraron bajo crecimiento, baja tasa de conversión alimenticia y la mortalidad



también se vio incrementada, concluyendo que el aislado proteínico de papa usado en altos niveles no es conveniente para la trucha arcoiris.

Aziz-Nour y Omar (1998) evaluaron concentrados proteínicos foliares de *Trifolium alexandrinum* y *Eichornia crassipes* en alimentos para carpa, reemplazando a la harina de pescado (0, 10, 20, 30 y 50%). Los resultados mostraron que la harina de pescado puede ser sustituida por 10-30% de los concentrados, ya que se observó un incremento en el consumo, crecimiento y utilización alimenticia.



MATERIAL Y METODO

1.- OBTENCIÓN DE LA HARINA

Durante la primavera y verano de 1997 se colectaron las muestras de hoja de *Cnidoscolus chayamansa* (chaya), las cuales fueron obtenidas de un huerto familiar ubicado en Monterrey, N.L. y se transportaron al Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ciencias Biológicas.

Las hojas de *Cnidoscolus chayamansa* se analizaron para humedad, enseguida se secaron en una estufa de 70°C, posteriormente se molieron y almacenaron en recipientes de vidrio libres de humedad y refrigeradas hasta su uso y análisis.

2.- DETERMINACIONES DE LABORATORIO

2.1 La harina de chaya se analizó bromatológicamente (AOAC, 1990)

Humedad y Materia seca: por el método de estufa de aire, eliminación térmica del agua y su determinación por pérdida de peso.



Cenizas: la muestra molida y seca se precalcina en un mechero para carbonizarla y eliminar los compuestos volátiles, enseguida es calcinada a 600°C, quedando el residuo mineral o ceniza.

Proteína cruda: esta se determinó por el método Kjeldahl, utilizando el factor de 6.25

Extracto etéreo: se realizó utilizando el método de Goldfisch.

Fibra cruda: se cuantificó los compuestos insolubles en ácido y álcali caliente.

Extracto libre de nitrógeno: fracción que representa principalmente los carbohidratos presentes en la muestra (obtenida por diferencia de los resultados de parámetros anteriores y 100).

Nitrógeno proteínico y no proteínico (Tokoro *et al.*, 1987).

Fibra dietética total (Proskey, 1997 en Sigma, 1997).

Para la determinación de nitratos se utilizó una modificación del método de Kjeldahl (AOAC, 1990), donde se trata a la muestra con ácido sulfúrico-salicílico para fijar el nitrato incluyendo tiosulfato sodico para reducirlo (Tokoro *et al.*, 1987).

2.2 Calidad proteica

A la harina de *Cnidoscolus chayamansa* se le determinó la digestibilidad "in vitro" con pepsina (AOAC, 1990).

3.- BIOENSAYO

Este se llevó a cabo en la sala de bioensayos del Programa de Maricultura de la Facultad de Ciencias Biológicas y tuvo una duración de 28 días.

3.1.- Diseño experimental

En cada acuario se trabajó con 6 camarones juveniles de *Penaeus stylirostris* de 0.250 ± 0.04 g provenientes de la granja Aquastrat, Escuinapa Sinaloa. Se trabajó con 4 replicados (4 acuarios) para evaluar cada dieta. Cada acuario es de fibra de vidrio con una capacidad de 10 lts (20x30x20 cm) y forma parte de un sistema cerrado de agua marina sintética.



Los camarones se aclimataron durante una semana antes de empezar el experimento en acuarios de 500 lts recibiendo el alimento de base. Durante este período, se separaron en clases de talla, para seleccionar la talla más adecuada. Posteriormente se distribuyeron los organismos en las unidades experimentales y se realizó un análisis de varianza de los pesos iniciales de estos, con el fin de que no existieran diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente aleatorio en los acuarios y se inicio la alimentación con las dietas experimentales.

3.2.- Parámetros físico-químicos

Diariamente se registró en el agua la temperatura, salinidad y semanalmente pH, nitritos, nitratos y amonio.

3.3.- Formulación y composición de las dietas

Las dietas se formularon según los requerimientos nutricionales para *Penaeus stylirostris* (Akiyama, 1991) en el programa computacional Mixit-2. La formulación de las dietas con los nutrientes se presentan en el anexo I.

Los alimentos están compuestos de los siguientes ingredientes: harina de pescado, pasta de soya, harina de trigo, harina de chaya, lecitina de soya, aceite de pescado, premezcla de vitaminas y minerales, antioxidante y aglutinante (Cuadro I y Anexo II).

Para compensar el aporte de proteína de la chaya se modificó la tasa de incorporación de una mezcla de pasta de soya-harina de trigo (45.63%-54.35%), la cual tiene el mismo contenido de proteína que la chaya (27.65%).

Además los lípidos de la chaya reemplazaron el aceite de soya.



El monofosfato de sodio se utilizó con el fin de mantener la relación calcio:fósforo (1:1 ó 1.5:1) en las dietas.

Cuadro 1.- Composición porcentual de las dietas experimentales

INGREDIENTE	DIETA 1	DIETA 2	DIETA 3	DIETA 4
Cnidoscopus chayamansa	-	10	20	30
Harina de pescado (Chile)	25.09	25.09	25.09	24.93
Pasta de soya-Harina de trigo	64.50	54.79	44.02	33.89
Aceite de pescado (Chile)	1.00	1.00	1.00	1.00
Aceite de soya	1.58	1.03	0.44	-
Solvay2 (INVE)	0.18	0.18	0.18	0.18
Atractante (FP)	0.10	0.10	0.10	0.10
Lecitina de soya (F-100)	2.50	2.50	2.50	2.50
Monofosfato de sodio	-	0.29	1.36	2.22
Alginato de sodio (SIGMA)	3.00	3.00	3.00	3.00
Hexametafosfato (Aldrich)	1.00	1.00	1.00	1.00
Vitaminas (INVE)	0.25	0.25	0.25	0.25
Minerales (INVE)	0.25	0.25	0.25	0.25
Metionina (Téc. Nutricionales)	0.12	0.09	0.25	0.25
Antioxidante (ETQ)	0.02	0.02	0.20	0.02

Mezcla de vitaminas y minerales: Vit A 1,000,000 IU/Kg, Vit B1 6,000 ppm, Vit B2 2,500 ppm, Ca Pant 7,500 ppm, Vit B6 7,500 ppm, Vit B12 20 ppm, Vit C 10,000 ppm, CPyP 10,000 ppm, Vit K3 4,000 ppm, Vit D3 80,000 IU/Kg, Vit E 15,000, Vit K 100 ppm, Niacina 2,500 ppm, Ac Fóscico 1,000 ppm, Co 500 ppm, Mg 0.0001%, Mn 4,000 ppm, Zn 10,000 ppm, Cu 5,000 ppm, Fe 0.250 ppm, Se 25 ppm, I 500 ppm. Solvay2 se utilizó como fuente de colesterol



3.4.- Preparación de los alimentos experimentales

La fabricación de los alimentos se realizó mezclando los ingredientes secos y molidos en una mezcladora Kitchen Aid de 5 lts de capacidad. Los micronutrientes, se mezclaron por separado y fueron agregados a la mezcla de macronutrientes, posteriormente se añadieron el aceite, la lecitina y el agua (30% del peso de los ingredientes) y se peletizaron en un molino de carne (Torrey) para obtener espaguetis de 2 mm de diámetro. Posteriormente para obtener una humedad menor al 10% el alimento se seco en una estufa a 100°C durante 8 minutos (Lim y Dominy, 1990). El alimento ya seco, se fragmentó y se almacenó en recipientes de plástico manteniéndose en refrigeración durante todo el tiempo del bioensayo.

3.5.- Análisis de las dietas

Los alimentos experimentales se analizaron en el Laboratorio de Alimentos, mediante los métodos descritos por la AOAC (1990) para corroborar que tuvieran la misma composición bromatológica calculada.

3.6.- Estabilidad de las dietas

Se realizaron pruebas de estabilidad para cada una de las dietas mediante el método Aquacop (1978, en Tapia, 1996), para determinar la pérdida de materia seca (lixiviación), después de una hora de inmersión en agua marina (35 g/l).

3.7.- Alimentación y registro del consumo de alimento

Los camarones se alimentaron 2 veces al día entre las 9-10 a.m. y 5-6 p.m. (durante las dos primeras semanas) las 2 semanas posteriores se alimentaron 3 veces (9-10 a.m., 2-3 p.m. y 5-6 p.m.) *ad libitum* con las dietas experimentales. También diariamente se registraron restos de alimento, mortalidad, mudas y se eliminaron los residuos de alimento y heces.

3.8.- Evaluación biológica

Durante el bioensayo se determinaron los siguientes parámetros zootécnicos:



Peso individual: a los 0, 14 y 28 días del bioensayo. Los camarones se pesaron individualmente en una balanza digital con una precisión de un miligramo, después de haber sido escurridos en un trapo húmedo.

Biomasa del acuario: es la suma de los pesos individuales de los camarones presentes en un acuario. Esta variable refleja juntos el crecimiento y la sobrevivencia.

Ganancia en peso (%): es el incremento en peso con respecto al peso inicial.

$$\text{Ganancia en peso} = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

Tasa de sobrevivencia: el número final de camarones en cada acuario en porcentaje del número inicial.

$$\text{Tasa de sobrevivencia} = \frac{\text{número final}}{\text{número inicial}} \times 100$$

Consumo: el consumo individual se estimó diariamente considerando la cantidad de alimento suministrado en cada acuario.

$$\text{Consumo individual} = \frac{\text{consumo en el acuario de ese día}}{\text{número de camarones en ese día}}$$

Tasa de conversión alimenticia (TCA): es el alimento consumido por unidad de peso ganado.

$$\text{TCA} = \frac{\text{consumo individual estimado}}{\text{incremento en peso individual promedio}}$$



4.- ANALISIS ESTADISTICO

Los pesos promedio así como los parámetros biológicos (consumo, ganancia en peso, tasa de sobrevivencia y tasa de conversión alimenticia) evaluados se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA) de una vía con comparación múltiple de media (DUNCAN), para determinar diferencias significativas entre los tratamientos.

5.- PRELIMINARES PARA LA OBTENCIÓN DEL CONCENTRADO PROTEINICO

Para determinar las condiciones óptimas en la obtención del concentrado se realizó lo siguiente: afin de determinar el pH óptimo de extracción, se utilizaron los pH 8, 9 y 10. Para esto se molieron 100 g de hoja fresca, se les agregaron 100 ml de agua destilada al pH deseado, se dejaron reposar durante 30 minutos, después se realizaron filtraciones; en el sobrenadante se realizó la medición aproximada de la proteína extraída, realizándose lecturas a 260-280 nm y 215-225 nm. También se determinó proteína por Kjeldhal (AOAC, 1990), tanto para el residuo como el extracto.

Una vez seleccionado el pH de solubilización, se probaron los pH 4, 5 y 6 con la finalidad de determinar el pH óptimo de precipitación.



RESULTADOS

1.- Análisis Bromatológico de la harina de *Cnidoscolus chayamansa*

El resultado del análisis proximal de la harina de chaya, nos muestra un mayor contenido de proteína comparado con la harina de ipilipil *Leucaena leucocephala* (27.65% y 26.80%). El contenido de ceniza es mayor (10.38%) que en ipilipil (8.4%), en lo que respecta al contenido de grasa este resultó ligeramente mayor que la grasa contenida en el ipilipil (7.05% vs 5.7%); en lo referente al porcentaje de fibra, es menor que para el ipilipil (7.41% vs 11.6%) (NRC, 1983) (Cuadro 2).



Cuadro 2.- Contenido proximal de la harina de chaya (base húmeda)

DETERMINACION	PORCENTAJE*
Humedad	3.27 ± 0.94
Proteína	27.65 ± 0.65
Grasa	7.05 ± 0.52
Ceniza	10.38 ± 1.26
Fibra	7.41 ± 0.41
ELN	47.48 ± 0.73
Fibra dietética total	31.51 ± 0.22
Nitrógeno total	4.42 ± 0.02
Nitrógeno proteínico	4.31 ± 0.04
Nitrógeno no proteínico	0.09 ± 0.00
Nitratos	1.84 ± 0.44
Digestibilidad in vitro	89.89 ± 0.97

* Media ± DE. N=3

2.- Análisis bromatológicos de las dietas

Al realizar el análisis proximal de las dietas, se encontraron valores de humedad en los alimentos experimentales de alrededor del 6%, mientras que la dieta comercial (Rangen) presentó el mayor valor con 7.65%. Todas las dietas experimentales fueron isoproteicas (35.44%) e isolipídicas



(8.19%); en lo que respecta a la fibra cruda, se encontró que esta varió, presentando el menor valor la dieta con 0% de chaya (0.47%), mientras que en el resto de las dietas (10, 20 y 30% de chaya) la fibra aumentó al aumentar la inclusión de este ingrediente, también en la dieta comercial (Rangen) se encontró un 3.12% de fibra cruda. En cuanto al contenido de ceniza se observó un comportamiento similar al del contenido de fibra cruda; en lo que respecta a la energía presente en las dietas esta no mostraron gran variación, encontrándose valores promedio alrededor de 4.39 Kcal/g (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Análisis proximal de las dietas

PARAMETRO	DIETAS				
	1	2	3	4	Rangen
Humedad	6.53±0.08	6.32±0.32	6.37±0.10	6.49±0.26	7.65±0.31
Ceniza	6.69±0.73	7.82±0.92	9.79±0.82	10.45±0.68	12.01±0.07
Proteína	35.53±0.26	35.69±0.14	35.10±0.68	35.46±0.44	35.42±0.41
Grasa	8.07±0.50	7.94±0.31	8.32±0.37	8.45±0.26	8.62±0.49
Fibra	0.47±0.08	1.19±0.20	1.65±0.33	2.99±0.93	3.12±0.88
ELN*	42.87±0.09	42.3±1.00	40.68±0.69	37.86±1.48	33.15±0.56
Energía Kcal/g	4.53±0.06	4.48±0.5	4.45±0.04	4.53±0.09	4.16±0.07

1: 0% chaya, 2: 10% chaya, 3: 20% chaya, 4: 30% chaya

*ELN se obtuvo por diferencia

Para los valores de energía se consideró 5.6 para proteína, 9.5 lípidos y 4.1 Kcal /g para los carbohidratos (Tacon, 1989).



3.- Estabilidad

En lo que respecta a la lixiviación se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las dietas, además se observó una mayor pérdida de materia seca en las dietas elaboradas, con un valor promedio de 12.87%, siendo la dieta con 30% de *chaya* la que presentó mayor lixiviación (18.49%) a diferencia de la dieta Rangen, la cual presentó un 5.12% de pérdida de materia seca (Cuadro 4).

Cuadro 4.- Resultados de las pruebas de estabilidad en las dietas

Dieta	Estabilidad (%)	Clasificación
0%	6.70±0.56	excelente
10%	12.11±1.05	excelente
20%	14.20±0.55	excelente
30%	18.49±0.79	excelente
Rangen	5.12±0.93	excelente

Estabilidad de las dietas : < 20-excelente estabilidad, 20-30 buena, 30-40 aceptable y >40 pobre (Rodríguez *et al*, 1994)

4.- Parámetros de Calidad del Agua

Los parámetros físico-químicos de calidad de agua se mantuvieron constantes durante el transcurso del bioensayo y por lo tanto favorables para el crecimiento de *Penaeus stylirostris* (Cuadro 5).



Cuadro 5.- Parámetros de Calidad del Agua

Determinación	Media
Temperatura	29.85
Salinidad	33.82 g/l
pH	8.23
NH ₃	0.42 ppm
NO ₂	0.49 ppm
NO ₃	20 ppm

5.- Distribución de los organismos

El análisis de varianza de los pesos individuales de los camarones, después de realizar la distribución en los acuarios al inicio del experimento, muestra que se partió de grupos homogéneos, ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P>0.05$) entre las dietas, así como tampoco en los replicados de las mismas.

6.- Evaluación Biológica

6.1.- Evaluación Biológica a los 14 días

Los resultados de los parámetros evaluados a los 14 días muestran valores similares, sin que existan diferencias significativas ($P>0.05$) entre las dietas, esto es con respecto al consumo del alimento, ganancia en peso, incremento en peso, tasa de sobrevivencia y tasa de conversión



alimenticia (TCA). Sin embargo la dieta Rangen presentó el mayor consumo (0.41 g), seguida por la dieta con 20% de chaya (0.39 g) y la dieta menos consumida fue la que contenía 10% de chaya (0.38 g). Para el parámetro de ganancia en peso se encontró 111.46% para la dieta Rangen, 104.73% para la dieta con 20% de chaya, 94.16%, 88.14% y 85.13% para la dieta con 0% de chaya, 30% y 10% respectivamente. En lo concerniente a la relación consumo individual/incremento en peso (TCA) se encontró que la mejor relación es para la dieta Rangen (1.50), seguida por la dieta con 20% de chaya (1.57) y valores mayores para la dieta con 0%, 10% y 30% de chaya (1.78, 1.83 y 1.84 respectivamente). En lo que respecta a la biomasa no se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) entre las dietas (Cuadro 6).

Cuadro 6.- Resultados de la Evaluación Biológica a los 14 días

PARAMETRO	DIETAS					
	1	2	3	4	RANGEN	Prob.
Peso inicial (g)	0.250±.00	0.250±.00	0.245±.00	0.254±.00	0.252±.00	0.96
Peso final (g)	0.486±.04	0.465±.04	0.501±.02	0.478±.04	0.532±.04	0.36
Ganancia en peso (%)	94.16±22.12	86.13±14.08	104.73±16.33	88.14±21.76	111.46±17.47	0.35
Consumo individual (g)	0.389±.01	0.388±.02	0.397±.01	0.396±.01	0.415±.00	0.37
TCA	1.78±.54	1.83±.23	1.57±.21	1.84±.41	1.50±.25	0.62
Sobrevivencia (%)	95.83±8.33	91.66±9.62	95.83±8.33	95.83±8.33	94.44±9.62	0.95
Biomasa (g)	2.79±0.32	2.55±0.31	2.87±0.17	2.75±0.39	3.03±0.52	0.51



6.2.- Evaluación Biológica a los 28 días

A los 28 días los resultados obtenidos de los parámetros medidos muestran que solo para la tasa de sobrevivencia no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las dietas (Cuadro 7).

Cuadro 7.- Resultados de la evaluación Biológica a los 28 días

PARAMETRO	DIETAS					
	1	2	3	4	RANGEN	Prob.
Peso inicial (g)	0.250±.00	0.250±.00	0.245±.00	0.254±.00	0.252±.00	0.96
Peso final (g)	0.842±.27	0.702±.22	0.905±.28	0.75±.17	0.875±.17	0.005
Ganancia en peso (%)	236.88±53.95	180.09±14.77	269.98±21.85	195.42±21.17	247.36±5.31	0.004
Consumo individual (g)	1.20±.04	1.23±.15	1.36±.07	1.31±.09	1.46±.06	0.01
TCA	2.09±.41	2.754±.44	2.063±.20	2.659±.20	2.35±.10	0.01
Sobrevivencia (%)	91.66±9.62	91.66±9.62	95.83±8.33	95.83±8.33	88.88±19.24	0.89
Biomasa (g)	4.62±0.81	3.86±0.54	5.20±0.31	4.32±0.51	4.67±1.03	0.11



6.2.1.- Consumo

Para el consumo se encontró que la dieta más consumida fue la comercial (Rangen), después la dieta con 20% de chaya y la menos consumida resultó ser la dieta con 0% de chaya . Al realizar el análisis de varianza para este parámetro se encontraron diferencias significativas entre el consumo de las dietas. Así mismo al realizar la comparación de medias se observó que la dieta base (0% de chaya) es igual a las dietas con 10% y 30% de chaya; mientras que la dieta con 20% de chaya es similar a las dietas con 30% y a la dieta Rangen (Cuadro 7 y Figura 1).

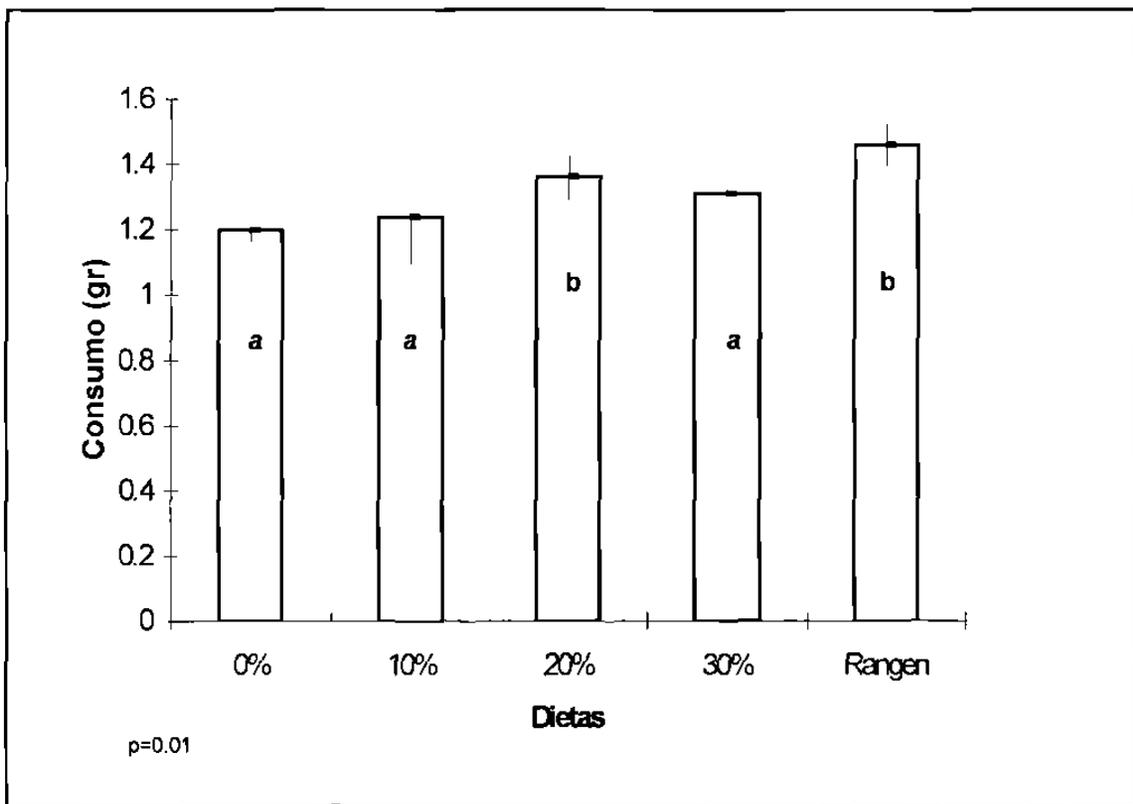


Figura 1.- Consumo del alimento en *Penaeus stylirostris*



6.2.2- Ganancia en peso

En lo que a la ganancia en peso se refiere, se encontraron valores que van desde 195.42% hasta 269.98%, siendo la dieta con 20% de chaya en donde alcanzaron el mayor crecimiento. Los resultados del análisis de varianza para la ganancia mostraron diferencias significativas entre las dietas. Así mismo al realizar la comparación de medias se observó que la dieta con 0% de chaya mostró similitud con la dietas con 20%, 30% de chaya y con la Rangen; la dieta con 10% de chaya presentó un comportamiento similar a la dieta con 30% de chaya (Cuadro 7 y Figura 2).

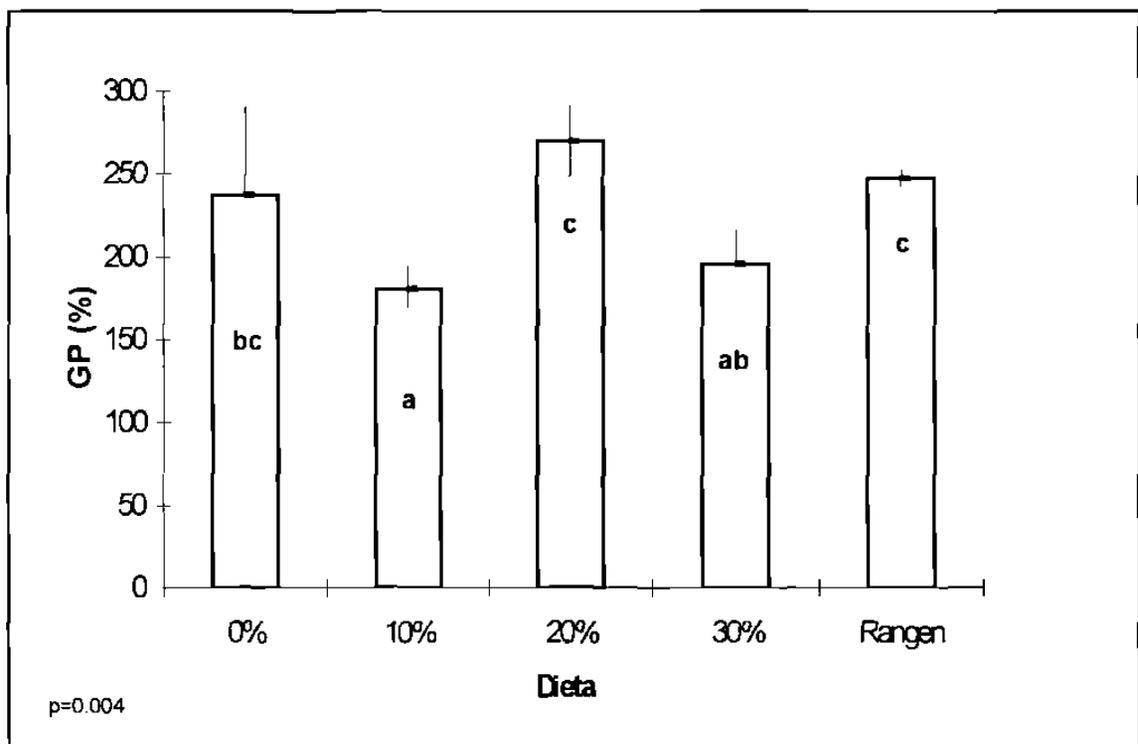


Figura 2.- Ganancia en peso en *Penaeus stylirostris*



6.2.3.- Tasa de sobrevivencia

En lo que se refiere a la tasa de sobrevivencia no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, encontrándose sobrevivencias que van desde 88.88% (Rangen) hasta 95.83 (20% y 30% de chaya), por lo que se puede mencionar que se observó buena tasa de sobrevivencia durante el bioensayo (Cuadro 7 y Figura 3).

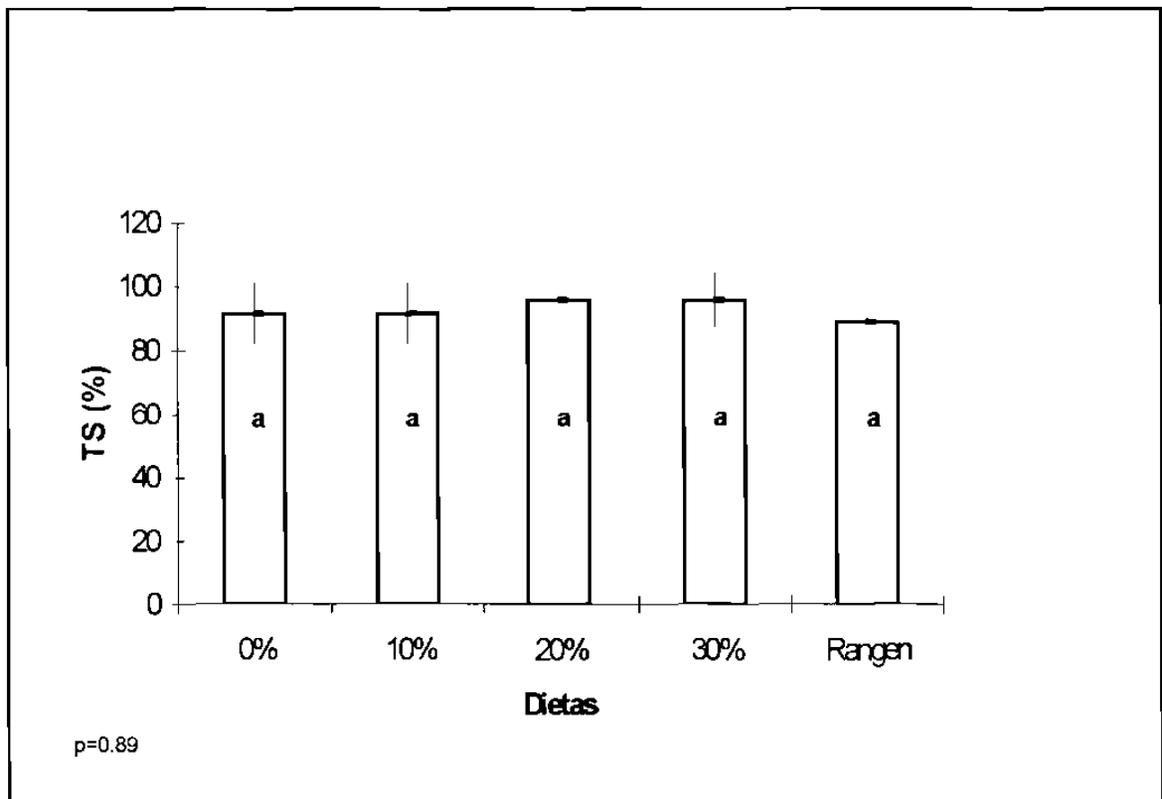


Figura 3.- Tasa de sobrevivencia en *Penaeus stylirostris*



6.2.4.- Tasa de Conversión Alimenticia

En lo concerniente a la tasa de conversión alimenticia se encontró que los mejores valores se presentaron para la dieta con 20% de chaya (2.06) y la dieta con 0% de chaya con 2.09, en tanto que la dieta con 10% de chaya presentó el valor más alto (2.75) de tasa de conversión alimenticia (Cuadro 7 y Figura 4).

El resultado del análisis de varianza para este parámetro mostró diferencias significativas entre las dietas; al realizar la comparación de medias se encontró que la dieta con 0% de chaya mostró similitud con la dieta con 20%, 30% de chaya y con la dieta comercial (Rangen); la dieta con 10% de chaya mostró resultados similares con la dieta que contenía 30% de chaya.

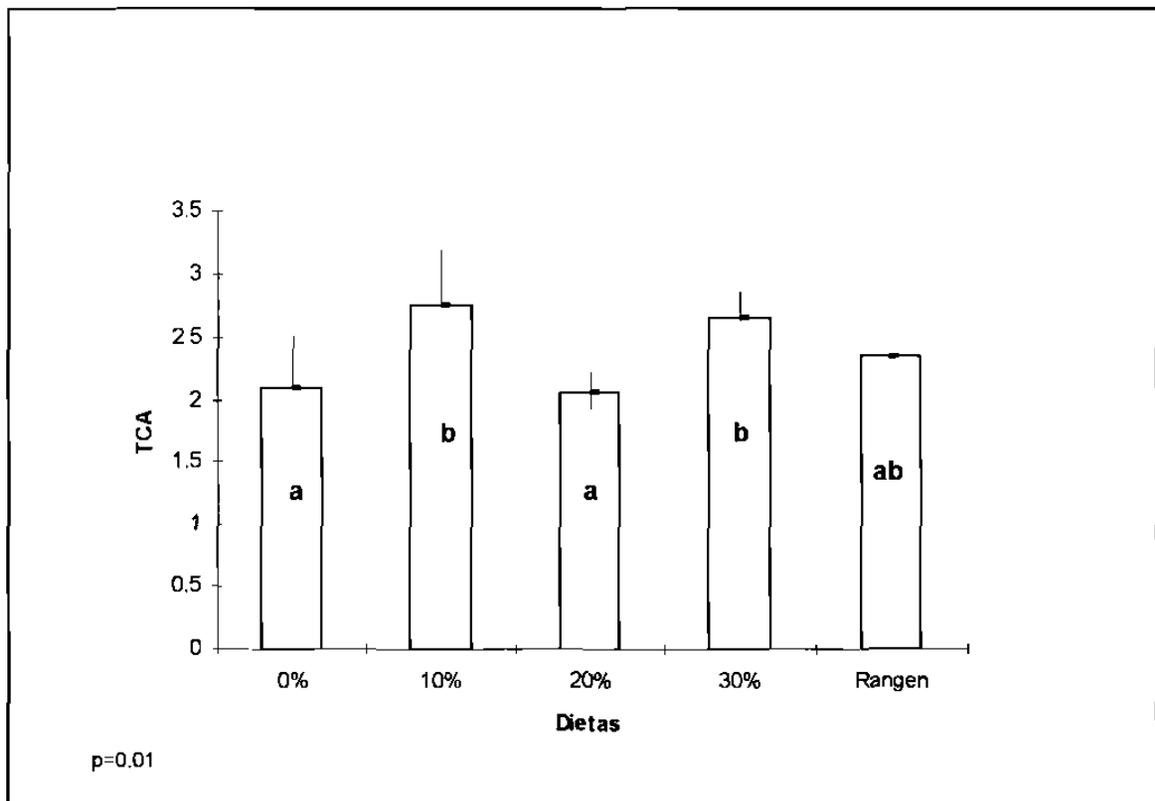


Figura 4.- Tasa de Conversión Alimenticia en *Penaeus stylirostris*



6.2.5 Biomasa

Para la biomasa no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las dietas, sin embargo se observó que la dieta con 20% de chaya presentó la mayor biomasa (5.20 g), mientras que la dieta con 10% presentó la menor biomasa 3.86 g (Cuadro 7 y Figura 5).

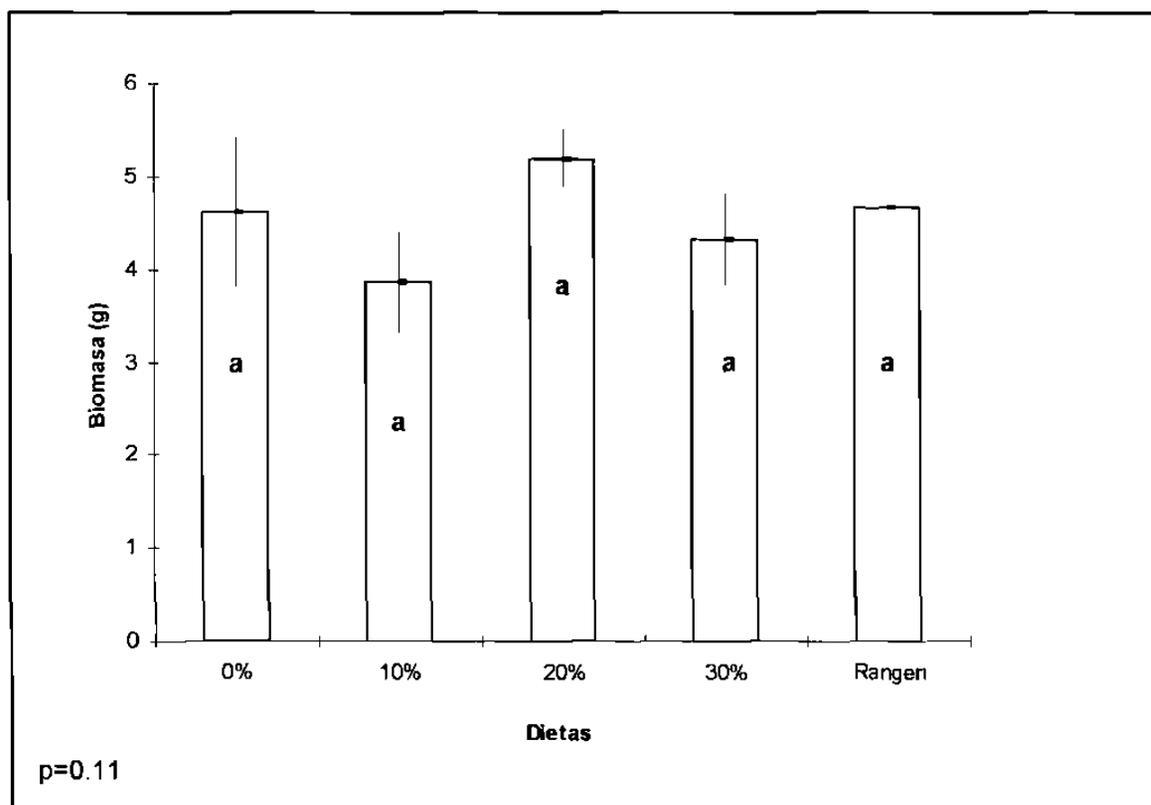


Figura 5.- Biomasa de *Penaeus stylirostris* a los 28 días



7.- Concentrado proteínico foliar (preliminar)

Las condiciones de solubilización y precipitación de proteínas probadas para la obtención del concentrado proteínico foliar resultaron ser bajas en rendimiento.

En lo que respecta a la solubilización de la proteína disuelta a pH 8, 9 y 10 se encontró que el mejor rendimiento (13%) se obtuvo para el pH 9. Debido al bajo rendimiento obtenido se cuantificó el nitrógeno proteínico y no proteínico encontrándose que el porcentaje de nitrógeno proteínico resultó ser mayor que el no proteínico ($0.086=86.31\%$ y $0.013=13.69\%$).

En lo referente al pH de precipitación se encontró que el mejor fue el pH 5, aunque aún a esta condición no se logró precipitar toda la proteína extraída a pH 9, el rendimiento final en base a materia seca fue de 5.2% y en base a proteína de 4.5%.

Finalmente se obtuvo de 100 g de hojas frescas 0.84 g de concentrado con 25% de proteína.



DISCUSION

1.- Análisis bromatológico de *Cnidocolus chayamansa*

Los resultados obtenidos en este estudio para la harina de chaya (Cuadro 2) resultaron ser muy similares a los obtenidos por el Laboratorio Analítico de Henequeneros de Yucatán (1939, citado en Pérez, 1948), Zouza (1950), Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial (1973) y Garza (1984), presumiendo con esto que se trata de la misma especie estudiada y analizada por los autores mencionados anteriormente.

De estos resultados se deduce que la chaya tiene un elevado contenido de proteína, comparable con la harina de ipilipil (*Leucaena leucocephala*) y valores superiores a la alfalfa (17.3%), avena (11.8%), sorgo (11.1%) y trigo (12.2%) (NRC, 1983). Por otra parte se determinó del nitrógeno total el porcentaje de nitrógeno proteínico y no proteico, encontrándose que la distribución de porcentajes de nitrógeno proteínico (4.31%) es mayor que el nitrógeno no proteínico



(.09%); estos resultados contrastan con la distribución de porcentajes de nitrógeno proteínico y no proteínico reportados por Tokoro *et al.* (1987) en otras 12 especies vegetales, donde él menciona que el nivel de nitrógeno proteínico es menor que el no proteínico. El contenido de fibra cruda es bajo comparado con la fibra dietética total; se menciona que los resultados del procedimiento común son una subestimación del contenido de fibra, mientras que el método enzimático provee medios más exactos para reportar el contenido de fibra total (Schneeman, 1986 en Garza, 1990). En lo que respecta al contenido de nitratos presentes en la harina de chaya se observó que el nivel es alto (1.8%), sin embargo los niveles de inclusión de 10, 20 y 30% en los alimentos corresponden a 0.18, 0.36 y 0.54 g de nitratos/ 100 g de dieta. Si hacemos la relación de nitratos con respecto a los gramos de alimento consumido por los camarones durante los 28 días del bioensayo encontramos que esta cantidad se ve disminuida, ya que para la dieta con 10% (1.23 g de alimento), 20% (1.36 g) y 30% (1.31 g) corresponden valores de 0.002, 0.004 y 0.007 g de nitratos, cantidades no tóxicas para el camarón. Se considera que algunos vegetales como las espinacas, repollo chino y lechuga, pueden concentrar en sus tejidos una alta cantidad de nitratos (9379, 3830 y 2426 ppm) que pueden tener implicaciones serias en la salud; dicha cantidad se incrementa cuando los vegetales se producen en suelos fertilizados con productos que contienen gran cantidad de nitrógeno (Tokoro *et al.*, 1987 y Badui, 1993).

2.- Dietas experimentales

La composición proximal de las dietas experimentales que se utilizaron en este bioensayo fue muy similar entre ellas, cumpliendo con los requerimientos nutricionales que han sido establecidos para *Penaeus stylirostris*. El aumento en el contenido de fibra no es paralelo al aumento de la tasa de inclusión de la chaya, y se explica por el contenido de fibra mayor en la chaya que en la mezcla pasta de soya-trigo. El mismo razonamiento explica el aumento de la ceniza en dietas con chaya, aunado a la adición creciente del monofosfato de sodio (Anexo I y II). La energía promedio contenida en los alimentos fue de 4.39 Kcal/g, este valor cae dentro de los estándares reportados para alimentos para camarón, los cuales están entre 2.08-4.31 Kcal/g con un promedio de 3.80 Kcal/g (Devresse, 1991). En lo que respecta a los elevados porcentajes de lixiviación presentes en las dietas con 10, 20 y 30% de chaya, indican que a mayor cantidad de fibra mayor pérdida de



materia seca, ya que la fibra difícilmente se muele finamente y los restos actúan como conductores de agua, que al entrar al alimento, crea fracturas y disminuyen la estabilidad del alimento en el medio acuático (Akiyama *et al.*, 1991). Sin embargo los valores de lixiviación encontrados en este estudio son bajos comparados con los resultados encontrados por Rodríguez *et al.* (1994) al utilizar *Salicornia europea* en sus dietas (32% para la dieta control, 31% dieta con 24.50 g de harina de paja y 30% dieta con 18.50 g de harina de pasta). Por su parte Romero (1995) analizó de manera general tres marcas de alimentos comerciales mexicanos encontrando rangos de lixiviación de 3-5% a una hora.

3.- Evaluación Biológica

Los ingredientes de origen vegetal como el trigo, sorgo, maíz, arroz, cebada, cártamo y soya han demostrado ser buenas fuentes de proteína, sin embargo algunas de las fuentes anteriormente mencionadas están destinadas a consumo humano, y otras ya son utilizadas en la elaboración de alimentos para animales terrestres, por lo que una de las prioridades de investigación en nutrición acuática la constituye la búsqueda de ingredientes no convencionales que den buenos resultados (Rodríguez *et al.*, 1994 y Kanazawa, 1994) de sobrevivencia y crecimiento.

La sustitución de una proteína vegetal por otra del mismo origen en dietas para organismos acuáticos ha sido estudiada por Lim y Dominy (1992) y Osman *et al.* (1996) obteniendo buenos resultados; sin embargo la mayoría de los estudios pretenden sustituir en forma parcial o total a la harina de pescado por proteína vegetal (Gallagher, 1994; Sanz *et al.*, 1994; Abdel, 1994 Davis *et al.*, 1995; Lim, 1996 Buentello *et al.*, 1996 y Xie y Jokumsen, 1997) sin tener resultados comparables a la dieta base, ya que este tipo de proteína, en general, presenta un valor bajo nutritivo debido a las deficiencias en aminoácidos esenciales, especialmente lisina, triptofano, treonina o metionina (Swaminathan, 1967 en Gaxiola *et al.*, 1996).

En lo que respecta a la utilización de *Cnidoscólus chayamansa* en nutrición acuícola no existen estudios, solo tenemos a Gómez (1989), quién evaluó el empleo de harinas vegetales provenientes del amaranto y la chaya en la elaboración de dietas para tilapia (*Oreochromis spp*),



encontrando que la mejor dieta experimental fue la dieta con chaya, con una conversión alimenticia de 3.43, un peso promedio final de 2.23 g/pez y una talla promedio final de 5.05 cm/pez. En nuestros resultados encontramos que *Penaeus stylirostris* es capaz de utilizar a la chaya como fuente de proteína, principalmente cuando se utiliza el nivel de 20% de inclusión, ya que se encontró una conversión alimenticia de 2.06, un peso promedio final de 0.905 g, una ganancia en peso de 269.98% y una sobrevivencia de 95.83%, sin embargo no se explica por que los niveles de inclusión de la harina de chaya no mostraron variaciones constantes para los diferentes parámetros evaluados, esto quizá se explique por la falta de replicados y el número de camarones, pero aún así los resultados obtenidos caen dentro de los estándares comerciales. Resultados similares son reportados por Baillet *et al* (1993) con respecto a la sobrevivencia (90%) para camarón azul alimentados con dietas cuyo aporte principal de proteína fue dado por la harina de krill. Por su parte Lim y Dominy (1990) encontraron que un 28% de pasta de soya en dietas para *P. vannamei* es el nivel óptimo, esto basándose en el crecimiento, sobrevivencia y consumo. Haiqing y Xiquin (1994) utilizaron pasta de cacahuete y colza como fuente de proteína para *Megalobrama skolkovii*, encontrando que los niveles de 42 y 21% de inclusión en los alimentos se obtienen buenos resultados y cuando se usa a niveles superiores de 45 y 27% hay una reducción en los parámetros nutricionales. Por otro lado Lim (1996) encontró que la harina de algodón a un nivel de inclusión de 26.5% puede ser usada en dietas para *P. vannamei*, sin afectar el crecimiento y sobrevivencia.

4.- Concentrado proteínico foliar

Al obtener el rendimiento considerando la proteína inicial y precipitada se encontró un rendimiento de 4.5% en el extracto a pH 9 y precipitando a pH 5.

Las causas del bajo rendimiento (extracción y precipitación) son: las proteínas encontradas en la chaya no son solubles en soluciones ácidas o básicas, ya que como menciona Badui (1993) existen proteínas solubles en agua, soluciones salinas (albúminas), poco solubles en agua, solubles en soluciones salinas (globulinas), insolubles en agua y en alcohol, solubles en álcalis y ácidos débiles (glutelinas), solubles en 70% de alcohol (prolaminas) e insolubles en la mayoría de los disolventes (escleroproteínas). En lo que respecta al bajo rendimiento de la proteína precipitada, esto se debe a



que las proteínas presentan diferente punto isoelectrico, logrando precipitar sólo aquellas con punto isoelectrico cercano a pH 5.

Por otra parte se logró obtener un concentrado con 25% de proteína cruda. Este porcentaje es bajo comparado con los concentrados obtenidos por Herrera y Rosas (1990) a partir de *Musa paradisiaca* (plátano), reportando 35% y 39% de proteína cruda (sulfito de sodio, 85°C, pH 5 y NaOH y pH 4.5). Por otro lado Castellanos *et al.* (1994) reportan 43.92% y 42.92% de proteína para dos concentrados obtenidos a partir de *Manihot esculenta* (cassava) por ultracentrifugación y termocoagulación ácida, respectivamente.

Por lo que las proteínas de la chaya deberán ser más extensamente estudiadas, antes de pretender obtener un aislado o concentrado comercialmente competitivo.



C O N C L U S I O N E S

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio es posible derivar las conclusiones siguientes :

- a) La harina de *Cnidoscolus chayamansa* presentó un buen contenido de proteína comparado este porcentaje con otras harinas utilizadas en nutrición acuicola.
- b) Las dietas suministradas cumplieron los requerimientos establecidos para *Penaeus stylirostris*, además los niveles de proteína y lípidos fueron muy similares entre ellas.
- c) La mayoría de los parámetros considerados se vieron favorecidos cuando *Cnidoscolus chayamansa* se incluyó en un 20% debido a la complementación en esta proporción con los demás ingredientes.



RECOMENDACION

Se recomienda la inclusión de la harina de chaya en la producción de alimentos para camarón a un nivel de 20% ; sin embargo se considera pertinente realizar estudios nutricionales en otras especies de *Penaeus*, sustituyendo en forma parcial o total a la pasta de soya y/o harina de trigo, así como eliminar las variaciones ilógicas obtenidas con los niveles de inclusión de 10 y 30%, aumentando el número de replicados y animales.



LITERATURA CITADA

AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis**. 11th edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.

Aziz-Nour, A.E. and E. Omar. 1998. **Utilization of leaf protein concentrates in fish diets**. VIII International Symposium on Nutrition and Feeding of fish. Las Palmas de Gran Canaria, España. 85 (abstract).

Badui, S. 1993. **Química de los Alimentos**. Tercera edición. Editorial Alhambra Mexicana. 619-632.

Baillet, C. ; G. Cuzon ; M. Cousin & C. Kerleguer. 1997. **Effect of dietary protein levels on growth of *Penaeus stylirostris* juveniles**. Aquaculture Nutrition. 3 .49-53.



- Barrera, A.M.; M.I.F., Díaz y A.L.D., Ramos. 1981. **La chaya**. Instituto Nacional de Investigaciones sobre los Recursos Bióticos. Boletín Informativo.
- Benson, L. 1979. **Plant Classification**. Second edition. D.C. Heath and Company. Toronto. 187-188
- Bombeo-Tuburan, I.; S. Fukumoto & e.M. Rodríguez. 1995. **Use of the golden apple snail, cassava and maize as feeds for the tiger shrimp *Penaeus monodon*, in ponds** . Aquaculture. 131:91-100
- Buentello, J.A.; D.M. Gatlin y B. E. Dale. 1997. **Evaluation of coastal bermuda grass protein isolate as a substitute for fishmeal in practical diets for channel catfish *Ictalurus punctatus***. Journal of the World Aquaculture Society. Vol. 28, No. 1. 52-61.
- Castellanos, R., S.B. Altamirano ad R.H. Moretti. 1994. **Nutritional characteristics of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaf protein concentrates obtained by ultrafiltration and acidic thermocoagulation**. Plant Foods for Man Human Nutrition. 45: 357-363 .
- Chabaev, M.; M. Filenko & N. Mytarev. 1990. **A green protein concentrate**. Stavropol'skii Sel'skokhozyaistvennyi Institut, Stavropol', USSR. NO. 6:17-18 .
- Devresse, B. 1991. **Nutrient levels in some commercial shrimp feeds and feed ingredients of Asia and Latin America- a comparative analysis**. Inve Aquaculture.
- Díaz, B.J. 1974 **La chaya**. Folleto editado por el autor. Mérida, Yucatán. 14-15 .



Gallagher, M.L. 1994. **The Use of soybean meal as a replacement for fish meal in diets for hybrid striped bass (*Morone saxatilis* x *M. chrysops*)**. Aquaculture 126:119-127 .

Garza, G.H. 1984. **Estudio bromatológico y fitoquímico preliminar de *Cnidoscolus chayamansa* "Chaya" como base para su uso en la alimentación en el Estado de Nuevo León**. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. 35

Garza, R.M. 1990. **Análisis químico de partes vegetativas de *Brassica campestris* L. var. *silvestre*, y estudio preliminar para la obtención y caracterización de un concentrado proteínico**. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. 49.

Gómez, S.D.J. 1989. **Uso de harinas vegetales en la alimentación de peces juveniles de tilapia *Oreochromis* spp**. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. 57.

Gupta, H.K. & N. Balaraman. 1989. **Nutritive value of kabra (*Ficus infectoria*) leaves for goats**. Indian Journal of Animal Sciences. 59 (9):1183-1184 . (abstract).

Haiqing, S. y H. Xiqin. 1994. **Effects of dietary animal and plant protein ratios and energy level on growth and body composition of bream (*Megalobrama skolkovii* Dybowski) fingerlings**. Aquaculture. 127:189-196.

Herrera, J.C. and A.J. Rosas Romero. 1990. **Biological evaluation of a plantain (*Musa paradisiaca*) leaf protein concentrate**. Ital. J. Food Sci. No.2: 89-95.

Kanazawa, A. 1994. **The Nutrition and Feed of Prawns and Shrimp**. Seminar on Aquaculture Feed and disease. Takeda Vitaminan & Food Asia PTE LTD. Thailand. 78-79.



Lim, C. and W. Dominy. 1989. **Utilization of plant proteins by warmwater fish**. Published in Proceedings of the World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Feedstuffs, American Oil Chemists' Society. 163-172.

Lim, C. and W. Dominy. 1990. **Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*)**. Aquaculture, 87:53-63.

Lim, C. and W. Dominy. 1992. **Substitution of full-fat soybeans for commercial soybean meal in diets for shrimp *Penaeus vannamei***. Journal of Applied Aquaculture, Vol. 1(13): 35-45.

Lim, C. 1996. **Substitution of cottonseed meal for marine animal protein in diets for *Penaeus vannamei***. Journal of the World Aquaculture Society. Vol. 27, No.4: 402-409.

Martínez, M. 1979. **Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas**. Primera edición. Fondo de Cultura Económica, S.A. de C.V., México, D.F. pág. 275

Martínez, P. C.A.; M.C. C., Sánchez; M.A.O.Novoa y M.I. Abdo de la Parra. 1996. **Fuentes alternativas de proteínas vegetales como substitutos de la harina de pescado para la alimentación en Acuicultura**. Tercer Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

Nissen, J.A. 1981. **Procesamientos enzimáticos de las proteínas alimenticias**. Alimentos. Nota Técnica de Novo Industria A/S. Vol. 6. No.2: 29-33.

NRC. 1983. **Nutrient requirements of warm water fishes and shellfishes**. First edition. National Academy Press. 102.



Nwokolo, E. 1987. **Leaf meals of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and siam weed (*Eupatorium odoratum* L.) as nutriente sources in poultry diets.** Nutrition-Reports-International. 36 (4): 819-826. (Abstract)

Osman, M.F.; Eglal Omar and A.M. Nour. 1996. **The use of leucaena leaf meal in feeding Nile tilapia.** Aquaculture International. 4:9-18.

Pérez, T.A. 1948. **La chaya en Yucatán.** Editorial Tierra, Vol. III. México. 566.

Ravindran, V. 1993. **Utilization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves in animal nutrition.** Journal of National Science Council of Sri Lanka. 21 :1, 1-26.

Reigh, C. and S. Ellis. 1994. **Utilization of Animal-Protein and Plant-Protein supplements by red swamp crayfish *Procambarus clarkii* feed formulated diets.** Journal of the World Aquaculture Society. Vol. 25, No. 4:541-552.

Rodríguez, F.; J. González y C.A. Cervantes. 1994. **Estudio sobre la digestibilidad de dietas para camarón blanco *Penaeus vannamei* utilizando la planta halófito *Salicornia europea*.** Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Monterrey, N.L. 219-231.

Rybina, E. & N. Imangulova. 1990. **Cotton leaf meal in diets for chickens.** Ptitsevodstvo. No.8:28-29. (Abstract)

Sanz, A.; A.E., Morales, M. de la Higuera, G. Cardenete. 1994. **Sunflower meal compared with soybean meal as partial substitutes for fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: protein and energy utilization.** Aquaculture. 128:287-300.



Tacon, A. 1989. **Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados**. Manual de Capacitación. Aquila II documento de campo. Proyecto No. 4 . Proyecto GCP/10Z/ITA, Brasil, Brasil. 572.

Tapia, S.M. 1996. **Efecto de harinas de pescado con diferente score biotxicológico sobre el crecimiento y sobrevivencia del camarón blanco *Penaeus vannamei***. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Pág. 79.

Tokoro, N; M, Sawada; Y, Suganuma, M., Mochizuki; K, Masazawa; Y, Aoyama and K., Ashida. 1987. **Nitrogen Composition of Vegetables Common to Japan**. Journal of Food Composition and Analysis. 1:18-25.

Xie, S. and A. Jokumsen. 1997. **Replacement of fish meal by potato protein concentrate in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) : growth, feed utilization and body composition**. Aquaculture Nutrition. 3 :65-69.

Zouza, N.N. 1950. **Plantas alimenticias y plantas de condimento que viven en Yucatán**. Instituto Agrícola Henequero, Mérida, México. 101-104.



Anexo I.- Composición de los ingredientes usados en la elaboración de las dietas experimentales (%). Base de datos para el programa Mixit.

	Chaya	Pasta de soya	Harina de trigo	H. de pescado
Humedad	3.27	9.77	5.54	8.75
Proteína	27.65	45.98	12.27	66.95
Grasa	7.05	1.18	0.96	8.98
Ceniza	10.38	6.53	0.49	14.29
Fibra	7.41	0.95	0.21	0.54
ELN	47.48	35.57	75.56	0.47
Energía (Kcal/g)	4.16	4.14	3.84	4.62
Arginina	1.85	3.11	0.45	3.85
Alanina	1.73	0.00	0.52	3.48
Cisteina	0.40	0.77	0.31	0.61
Fenilalanina	1.63	2.17	0.63	2.84
Isoleucina	1.47	2.08	0.49	3.16
Lisina	1.79	2.75	0.26	5.15
Leucina	2.67	3.36	0.91	5.10
Metionina	0.49	0.53	0.19	2.03
Tirosina	1.45	1.36	0.36	2.29
Treonina	1.34	1.70	0.35	2.82
Valina	1.83	2.07	0.52	3.57
Histidina	0.52	1.09	0.26	1.64
Glicina	1.6	1.86	0.61	3.77
Serina	1.33	2.17	0.57	2.46
Triptofano	0.38	0.65	0.16	0.76
Calcio	2.95	0.31	0.32	3.62
Fósforo	0.21	0.65	0.29	2.40
Colesterol	0.00	0.00	0.00	0.27

Los perfiles de aminoácidos se calcularon tomando en cuenta el contenido proteínico analizado y las fuentes siguientes: chaya (Nagy et al., 1978); 5-04-604 (NRC, 1983) para la pasta de soya; 4-05-268 (NRC, 1983) para trigo y 5-01-985 (NRC, 1983) para la harina de pescado.



Anexo II- Porcentajes teóricos obtenidos de los nutrientes para cada dieta.

	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
Humedad	7.23	6.83	6.38	5.95
Proteína	35.00	35.05	35.03	34.97
Grasa	8.00	8.05	8.05	8.04
Ceniza	6.01	7.02	8.78	10.34
Fibra	0.49	1.18	1.86	2.55
ELN	36.73	35.97	34.68	33.60
Energía (Kcal/g)	4.21	4.19	4.12	4.08
Arginina	2.04	2.06	2.07	2.09
Alanina	1.05	1.20	1.34	1.49
Cisteina	0.49	0.48	0.46	0.45
Fenilalanina	1.57	1.61	1.63	1.66
Isoleucina	1.58	1.61	1.63	1.65
Lisina	2.20	2.24	2.27	2.30
Leucina	2.59	2.66	2.71	2.77
Metionina	0.86	0.84	1.01	1.03
Tirosina	1.10	1.17	1.23	1.29
Treonina	1.33	1.37	1.40	1.44
Valina	1.69	1.76	1.81	1.86
Histidina	0.83	0.82	0.80	0.79
Glicina	1.71	1.76	1.79	1.83
Serina	1.46	1.46	1.46	1.46
Triptofano	0.44	0.44	0.44	0.44
Calcio	1.12	1.38	1.64	1.90
Fósforo	0.90	0.93	1.09	1.22
Colesterol	0.25	0.25	0.25	0.25

