

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO**



**UTILIZACION DEL FRIJOL *Phaseolus vulgaris*
COMO FUENTE PROTEICA EN DIETAS PARA
EL CAMARON *Litopenaeus vannamei***

TESIS

PRESENTADA POR

Q.B.P. EDUARDO AVALOS ZUBIETA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN RECURSOS ALIMENTICIOS
Y PRODUCCION ACUICOLA**

MONTERREY, N. L.

JUNIO DEL 2001

2001

2001

2001

2001

2001

2001

2001

2001

2001

2001

2001

2001

2001

2001

UTILIZACION DEL FRIJOL

Phaseolus vulgaris

COMO FUENTE

de

PROTEICA EN DIETAS

PARA EL CAMARON

Litopenaeus

vannamei

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1



1080124342

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



UTILIZACION DEL FRIJOL *Phaseolus vulgaris*
COMO FUENTE PROTEICA EN DIETAS PARA
EL CAMARÓN *Litopenaeus vannamei*

T E S I S

PRESENTADA POR

Q.B.P. EDUARDO AVALOS ZUBIETA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN RECURSOS ALIMENTICIOS
Y PRODUCCION ACUICOLA

MONTERREY, N. L.

JUNIO DEL 2001





UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**UTILIZACION DEL FRIJOL *Phaseolus vulgaris* COMO FUENTE PROTEICA
EN DIETAS PARA EL CAMARON *Litopenaeus vannamei***

TESIS

PRESENTADA POR

Q.B.P. EDUARDO AVALOS ZUBIETA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
RECURSOS ALIMENTICIOS Y PRODUCCION ACUICOLA**

MONTERREY, N.L

JUNIO DEL 2001

SH380

.6

.A9

2001

c.1

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**UTILIZACION DEL FRIJOL *Phaseolus vulgaris* COMO FUENTE PROTEICA
EN DIETAS PARA EL CAMARON *Litopenaeus vannamei***

TESIS

PRESENTADA POR

Q.B.P. EDUARDO AVALOS ZUBIETA

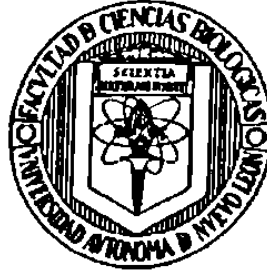
**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
RECURSOS ALIMENTICIOS Y PRODUCCION ACUICOLA**

DIRECTOR DE TESIS

DRA. MA. GUADALUPE ALANIS GUZMAN

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**UTILIZACION DEL FRIJOL *Phaseolus vulgaris* COMO FUENTE PROTEICA
EN DIETAS PARA EL CAMARON *Litopenaeus vannamei***

TESIS

PRESENTADA POR

Q.B.P. EDUARDO AVALOS ZUBIETA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
RECURSOS ALIMENTICIOS Y PRODUCCION ACUICOLA**

DIRECTOR DE TESIS

DRA. MA. GUADALUPE ALANIS GUZMAN

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

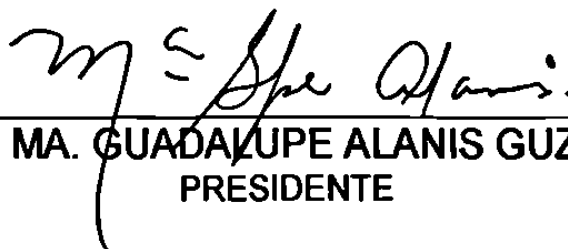
**UTILIZACION DEL FRIJOL *Phaseolus vulgaris* COMO FUENTE PROTEICA
EN DIETAS PARA EL CAMARON *Litopenaeus vannamei***

TESIS

PRESENTADA POR

Q.B.P. EDUARDO AVALOS ZUBIETA

COMISION DE TESIS



**DRA. MA. GUADALUPE ALANIS GUZMAN
PRESIDENTE**



**M.C. CARLOS L. GARCIA DIAZ
SECRETARIO**



**DR. DENIS RIQUE MARIE
VOCAL**

MONTERREY, N.L

JUNIO DEL 2001

DEDICATORIA

ADIOS POR DARNOS VIDA Y SALUD.

A MI PADRE ESTEBAN AVALOS CANIZALEZ

A MI MADRE EUFEMIA ZUBIETA HUERTA

Por todo el amor, cariño, comprensión y sobre todo por el gran apoyo que me han brindado durante toda mi vida. Mil gracias por siempre.

A MIS HERMANOS

EUFEMIA

ESTEBAN

ELIZABETH

ERIKA

EDGAR

Gracias por todo su apoyo, amistad y amor.

A MIS ABUELTAS ANTONIA HUERTA (†) Y BARTOLA CANIZALEZ

A MI ABUELTO ANTONIO ZUBIETA (†)

A MIS SOBRINOS EDGAR, ERIKA Y ESTEBAN

A los "perdedores" les afectan los cambios. Por el contrario los "ganadores" son los que generan y lideran los cambios.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Ma. Guadalupe Alanís Guzmán y Al M.C. Carlos Leonel García Díaz por todo el apoyo, amistad y sobre todo su confianza que me brindaron, por los conocimientos y consejos que adquirí a su lado durante mi estancia en el laboratorio creo serán de gran utilidad en el futuro desarrollo de mi vida. Y por su gran apoyo para la realización de las etapas más importantes de esta investigación, así como de la maestría.

A Dr. Denis Rique Marie y a la Dra. Lucia E. Cruz Suarez por el apoyo y confianza durante la realización de toda la maestría y de la presente investigación.

A la Dra. Julia Verde Star por todo su confianza y ayuda durante toda la realización de la maestría.

A la Dra. Mayela Bautista Justo por la colaboración tan importante en algunas etapas de mi tesis.

A mis grandes amigos Abraham Rodríguez, Aldo Richard y Adán García por su amistad y grandiosa colaboración en la realización de este trabajo.

A los maestros M.C. Esperanza Castañeda, M.C. Arturo Espinoza, y M.C. José Antonio Heredia.

A mis amigas Mayra Galindo, Carmen Vázquez, Nancy R. Mata, Alma E. Mora, por su gran amistad, apoyo y comprensión.

A Sanjuanita, Cristina y Janeth quienes de una u otra manera colaboraron en la realización de esta tesis.

A mis amigos de la Maestría Jorge Alba, Juan Antimo, y Norma Luna por su amistad y gran apoyo en la realización de este trabajo.

Y a todas aquellas personas que de una manera u otra participaron en la realización de esta investigación.

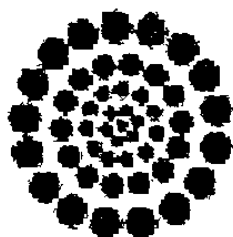
✦ Cuando mas importante es algo para uno, mas desea conservarlo

✦ ¿Que harías sino tuvieses miedo?

✦ Cuando dejas atrás el miedo te sientes libre

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

AGRADEZCO MUY ESPECIALMENTE EL APOYO BRINDADO POR EL CONACYT PARA LA REALIZACION DE LA MAESTRIA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN RECURSOS ALIMENTICIOS Y PRODUCCION ACUICOLA.



CONACYT

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
AGRADECIMIENTO ESPECIAL.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	IX
INDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN	XI
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	4
ORIGINALIDAD.....	5
HIPOTESIS.....	5
ANTECEDENTES.....	6
DESCRIPCION BOTANICA.....	7
DISTRIBUCION	8
ENDURECIMIENTO	9
CALIDAD NUTRICIA.....	11
FIBRA DIETETICA.....	14
COMPUESTOS ANTINUTRIMENTALES	16
A) TANINOS.....	16
B) INHIBIDORES DE PROTEASAS.....	19
DIGESTIBILIDAD EN ORGANISMOS ACUATICOS.....	21
METODOS PARA EVALUAR DIGESTIBILIDAD.....	24
MATERIALES Y METODOS	26
ESTRATEGIA DE FORMULACION.....	26
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	27
ELABORACION DE LAS DIETAS.....	27
COMPOSICION PROXIMAL.....	28
LIXIVIACION.....	29
ENSAYO BIOLÓGICO.....	30
CRECIMIENTO.....	30
DIGESTIBILIDAD.....	31
ORIGEN DE LOS ORGANISMOS.....	33
DISTRIBUCION DE LOS ORGANISMOS.....	33
SEGUIMIENTO DIARIO.....	34
AREA EXPERIMENTAL.....	34
ANALISIS ESTADISTICO.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
TIEMPO DE COCCIÓN	35
INHIBIDORES DE TRIPSINA	35
ANALISIS PROXIMAL (FRIJOL CRUDO Y SOMETIDO A 20 MINUTOS DE COCCION).....	37
ANALISIS PROXIMAL (DIETAS)	39
ENERGÍA.....	42
TANINOS.....	43

FIBRA DIETETICA TOTAL	45
LIXIVIACIÓN	46
PARAMETROS FISICOQUIMICOS DE LA CALIDAD DE AGUA	48
ENSAYO BIOLÓGICO	49
CRECIMIENTO	49
RESULTADOS DEL BIOENSAYO A LOS 14 DIAS	49
RESULTADOS DEL BIOENSAYO A LOS 28 DIAS	50
DIGESTIBILIDAD PROTEICA Y DE LA MATERIA SECA	57
CONCLUSIONES	59
LITERATURA CITADA	61
APENDICE A	70
FIBRA DIETETICA	70
DETERMINACIONES ANALÍTICAS	70
TANINOS	70
INIBIHIDORES DE TRIPSINA	71
OXIDO DE CROMO Y PROTEÍNA	71
APENDICE B	73

INDICE DE TABLAS

Tabla 1A. - <i>Diseño experimental</i>	27
Tabla 1. - <i>Contenido de ingredientes en cada dieta al formularlas con ayuda del programa mixit+2</i>	29
Tabla 2. - <i>Composición proximal del frijol crudo y tratado por 20 minutos de cocción</i>	38
Tabla 3. - <i>Composición proximal de las dietas experimentales utilizadas para el ensayo biológico</i>	41
Tabla 4. - <i>Contenido energético teórico de las dietas experimentales.</i>	42
Tabla 5. - <i>Contenido de Taninos del frijol crudo y sometido por 20 minutos a cocción</i>	44
Tabla 6. - <i>Contenido de Taninos de las dietas experimentales utilizadas en el bioensayo</i>	44
Tabla 7. - <i>Contenido de fibra dietética total del frijol sometido a 20 minutos de cocción y de las dietas experimentales</i>	46
Tabla 8. - <i>Parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua</i>	48
Tabla 9. - <i>Parámetros de Evaluación Biológica a los 14 días</i>	50
Tabla 10. - <i>Parámetros de Evaluación Biológica a los 28 días</i>	53
Tabla 11. - <i>Digestibilidad Proteica y de la Materia Seca de las dietas así como de los ingredientes frijol y soya-trigo</i>	58

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. - Contenido de Unidades Inhibitorias de Tripsina del frijol crudo y tratado a diferentes tiempos de cocción.	37
Figura 2. - Porcentaje de lixiviación de las dietas utilizadas para el ensayo biológico.	47
Figura 3. - Peso Inicial, a los 14 y 28 días	54
Figura 4. - Peso Ganado a los 14 y 28 días.....	54
Figura 5. - Tasa de Crecimiento a los 14 y 28 días.....	55
Figura 6. - Consumo a los 14 y 28 días.	55
Figura 7. - Tasa de Conversión Alimenticia a los 14 y 28 días.	56
Figura 8. - Tasa de Supervivencia a los 14 y 28 días	56

RESUMEN

En el cultivo de camarón es muy importante el tipo de dieta utilizada. La dieta debe contener los nutrientes necesarios para el desarrollo adecuado de este crustáceo, sin embargo debe tener también bajo costo. El objetivo de la presente investigación es utilizar al frijol endurecido *Phaseolus vulgaris* como fuente alternativa de proteína en dietas para *Litopenaeus vannamei*; ya que el frijol endurecido por el almacenamiento no es aceptado para el consumo humano, en este trabajo se considero como una fuente de alimentación animal. Se realizaron tratamientos térmicos para evaluar el contenido de inhibidores de tripsina; para lo cual se hirvieron las semillas del frijol durante 5, 10, 15 y 20 minutos (cada tratamiento con tres repeticiones de 100 frijoles); encontrando que a los 20 minutos de cocción en agua hirviendo a presión normal ya no existían U.I.T. en la harina. Al analizar el frijol tratado se encontró que el contenido de ceniza se disminuyo hasta en un 22.3% y un incremento de 63.5% a los 20 minutos de cocción con respecto al frijol crudo, para la proteína y grasa se obtuvieron resultados similares. Los taninos disminuyeron 58% con la cocción. Se procedió a elaborar las formulaciones introduciendo un 0,30, y 60% de frijol. A las dietas se les realizo un análisis bromatológico. Las dietas fueron isoproteicas y la diferencia en el contenido de lípidos entre las dietas no fue mayor del 0.86%. Los taninos en las dietas que contenían frijol presentaban hasta 132 % mayor contenido que las dietas formadas de soya-trigo. Para la determinación de fibra dietética de las dietas; se encontró un aumento del 25.22% y 49.76% en las dietas 2 y 3 que contienen frijol con relación a la dieta 1 que no contenía frijol. En cuanto a lixiviación no hubo diferencia significativa entre las dietas experimentales,

La evaluación de dietas se realizó con postlarvas de camarón *Litopenaeus vannamei*, los que se alimentaron *ad libitum*. Cada dieta fue evaluada con 24 camarones distribuidos en 6 acuarios, controlando los parámetros fisicoquímicos del agua: temperatura, salinidad, pH, amonio, nitritos, nitratos y fosfatos. Los resultados del bioensayo se determinaron a los 14 y 28 días.

A los 14 días no se encontraron diferencias significativas en peso, biomasa, tasa de crecimiento, consumo individual, T.C.A., sobrevivencia ni mortalidad. Por otra parte a los 28 días se encontró que la dieta 1 (60% soya-trigo) presento la más pobre deficiencia de tasa de conversión alimenticia observándose la mejor para las dietas 2 y 3 (30 y 60% de frijol respectivamente).

La dieta 1 y la 4 de referencia presentaron similares valores de digestibilidad de proteína. La mejor digestibilidad (88.42 %) fue de la dieta 2 con 30% frijol-30%soya-trigo. No se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la digestibilidad de la materia seca de las dietas prueba y de referencia

La mejor dieta fue la 2 (30%frijol y 30% soya-trigo), ya que presenta un contenido de taninos de 2.38 mg de catequina/g de muestra, fibra dietética 26.47%, una tasa de conversión alimenticia 2.46 y la mejor digestibilidad de proteína 88.42%.

Para la digestibilidad proteica de los ingredientes se puede observar que para el frijol es de 71.67% y para soya-trigo es de 89.53%. En cuanto a la digestibilidad de materia seca de los ingredientes se observan valores de 67.33% para soya-trigo y de 75.01 para el frijol.

INTRODUCCION

El cultivo de camarón es una actividad muy importante en México y representa una alternativa para elevar la producción de dicho crustáceo, ya que nuestro país cuenta con características adecuadas para esta actividad como terreno, clima y especies.

Las leguminosas son los vegetales mas ampliamente utilizados como alimento animal debido a su alto contenido proteico (Bressani y Elías, 1990 citados por Martínez *et al* 1996). Las semillas de leguminosas se consideran los suplementos naturales de los cereales, ya que sus niveles generalmente altos de lisina compensan su deficiencia en las gramíneas mientras que estas subsanan la influencia de aminoácidos sulfurados de las leguminosas. Su calidad nutricional varía debido a la presencia de antinutrientes (NRC, 1979; Tacon, 1987; Bressani y Elías, 1980; Liener, 1980; Nowacki, 1980; Vander der Poel, 1990, citados por Martínez *et al* 1996)

Las leguminosas son importantes en la economía, algunas son usadas en la alimentación como fuente de proteínas y energía en la nutrición de los humanos y en nutrición animal (Alanis-Guzmán, 1990; Nielsen, 1991).

Como grupo, las leguminosas contienen aproximadamente dos veces mas proteínas que los cereales. La calidad de la proteína es tan importante como la cantidad. Las leguminosas son mejores que los cereales como fuente de aminoácidos esenciales isoleucina, leucina, fenilalanina, treonina y valina, aportando el 20 porciento de la proteína alimenticia consumida en el mundo (Pimentel *et al.* ,1975 citados por Charley, 1991)

Los organismos acuáticos como peces y crustáceos tienen altos requerimientos de proteína. La harina de pescado se ha usado

tradicionalmente como el principal recurso; sin embargo, su alto costo y el incremento en la demanda de la creciente acuicultura, han obligado a los nutricionistas acuícolas a considerar fuentes alternativas de proteína convencionales o no convencionales. Sin embargo, altos niveles de proteína de origen vegetal en dietas para peces, generalmente han resultado en la reducción de crecimiento y en una pobre eficiencia alimenticia. Lo anterior puede deberse a un balance incorrecto de nutrimentos esenciales, a factores antinutricionales o a la disminución en la palatabilidad y en la estabilidad del pellet en el agua (Lim y Dominy, 1991 citados por Treviño-Carrillo y Celis-Gutiérrez, 1994 y Martínez *et al.*, 1996).

El frijol es la leguminosa más importante de México y ocupa el segundo lugar después del maíz, en cuanto a su consumo *per capita*. (INEGI, 1997).

El frijol es una planta herbácea y anual, cuyas numerosas variedades prosperan en todos los climas, de preferencia en los templados; se da a muy distintas alturas. Presenta una raíz típica o pivotante ramificada en su origen, en la que después se notan nudosidades bacterianas que fijan el nitrógeno atmosférico (Ruiz-Oronoz *et al.*, 1983).

El papel del frijol en la alimentación de los mexicanos es muy importante, ya que constituye para éstos uno de sus alimentos básicos por la tradición de su cultivo y por su riqueza en proteínas e hidratos de carbono. De esta planta se emplean las semillas y los frutos cuando aún no han madurado (ejotes). Sus raíces, asociadas a bacterias simbióticas (*Rhizobium phaseoli*), enriquecen los terrenos con sustancias nitrogenadas (Ruiz-Oronoz *et al.*, 1983).

Elías (1982) indicó que los factores que más influyen en el endurecimiento son: la humedad del grano, temperatura, humedad relativa del ambiente y el tiempo de almacenamiento.

Molina *et al* (1975) informaron que el almacenamiento afecta la calidad proteínica del frijol, por cambios estructurales de la misma, dado que observaron una alta correlación entre las proteínas lignificadas y la dureza del grano cocido.

El prolongado almacenamiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) provoca largos tiempos de cocción y reduce su valor comercial. Por lo tanto hay que buscar otros usos para el frijol endurecido, siendo el objetivo la presente investigación.

OBJETIVO GENERAL:

Utilizar al frijol endurecido *Phaseolus vulgaris* como posible fuente de proteína en dietas para *Litopenaeus vannamei*.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- 1) Aportar conocimiento sobre la utilización del frijol endurecido *Phaseolus vulgaris* en camarón (*Litopenaeus vannamei*).
- 2) Obtener harinas de frijol endurecido *Phaseolus vulgaris* sometidas a diferentes tratamientos.
- 3) Conocer la composición química de las harinas obtenidas.

ORIGINALIDAD

Existen variedades de frijol que no son aceptadas por las amas de casa debido a sus características culinarias o de sabor así como frijol endurecido debido al mal manejo durante el almacenamiento, por lo que no se descarta un posible uso a futuro de este producto en la alimentación animal, aunque este estudio puede considerarse de ciencia básica.

HIPOTESIS

Las harinas de *Phaseolus vulgaris* son fuentes adecuadas de proteína en alimentos para camarón, presentan buena digestibilidad aparente de proteína, digestibilidad aparente de materia seca y su inclusión en la dieta permite obtener buenas tasas de conversión alimenticia.

ANTECEDENTES

Las leguminosas son importantes en la economía, algunas son usadas en la alimentación como fuente de proteínas y energía en la nutrición de los humanos y en nutrición animal (Alanis-Guzmán, 1990; Nielsen, 1991).

La calidad de una proteína se caracteriza por su contenido en aminoácidos esenciales y sus relaciones cuantitativas. Una proteína es de alta "calidad proteica" si contiene los aminoácidos esenciales para el animal en relación con sus requerimientos (Anónimo, 1991).

Las leguminosas son una vasta familia del reino vegetal ampliamente distribuida en el mundo que abarca poco más de 500 géneros y más de 15 000 especies (DRN, 1981), de los cuales sólo se explotan unas 20 entre las que se destacan: el frijol, soya, garbanzo, lentejas, habas, chícharos, algodón, cacahuate, girasol, cártamo, ajonjolí, etc. (Alanis-Guzmán, 1990). En América Latina, las semillas de leguminosas (específicamente, los frijoles) representan la fuente más importante de proteínas (Nagy *et al.* , 1978).

Las leguminosas siguen a los cereales en importancia como fuentes de alimento para el ser humano. Las leguminosas son la "carne" vegetal del mundo y se asemejan en valor proteico a la carne de los animales (Desrosier, 1983).

Como grupo, las leguminosas contienen aproximadamente dos veces más proteína que los cereales. La calidad de la proteína es tan importante como la cantidad. Las leguminosas son mejores que los cereales como fuente de aminoácidos esenciales isoleucina, leucina, fenilalanina, treonina y valina, aportando el 20 por ciento de la proteína alimenticia consumida en el mundo (Pimentel *et al.*, 1975 citados por Charley, 1991)

El frijol es la leguminosa más importante de México y ocupa el segundo lugar después del maíz, en cuanto a su consumo *per capita*. (INEGI, 1997).

El frijol se cultiva principalmente para la producción de semilla, no obstante algunas variedades llamadas vulgarmente "frijol ejotero" se destinan, como su nombre lo indica, a la producción de vainas verdes inmaduras o "ejotes", que se consumen cocidos como verdura; las hojas y tallos residuales de la cosecha (paja) se emplean como alimento forrajero (INEGI, 1997).

El frijol es llamado también judía, alubia, habichuela, poroto, comba, patachete, vigna etc... (INEGI, 1997; Ruiz, 1983).

El frijol es una planta herbácea y anual, cuyas numerosas variedades prosperan en todos los climas, de preferencia en los templados; se da a muy distintas alturas: desde el nivel del mar hasta 3,000 metros. Presenta una raíz típica o pivotante ramificada en su origen, en la que después se nota nudosidades bacterianas que fijan el nitrógeno atmosférico (Ruiz, 1983).

DESCRIPCION BOTANICA

Debido al gran número de variedades, se clasifican normalmente, según su porte, en dos grupos: arbustivas, de crecimiento bajo y determinado; y en trepadoras, de tallos largos y crecimiento indefinido. La abundancia de ramificación y follaje, así como la duración de su ciclo vegetativo, también son importantes para su clasificación. En la planta madura el tallo es aristado o cilíndrico, hueco con la epidermis pubescente o lisa. Las hojas superiores son alternas y compuestas, se forman de 3 folíolos, con el haz frecuentemente piloso. El folíolo central es obovado y simétrico, los laterales son asimétricos, con la base del pecíolo engrosada, debajo del cual hay un par de estípulas; el tamaño y

la forma de la hoja varían considerablemente según la variedad o los factores ambientales. Las flores son amariposadas, su color varía del blanco al morado, bisexuales, una característica distintiva del género es que el ápice de la quilla está arrollado en espiral; las flores están dispuestas en racimos en las axilas de las hojas. El fruto es una legumbre dehiscente, puede ser aplanada, recta o curva, con ápice encorvado o recto, el color es variable, de verde uniforme a morado o casi negro; contiene varias semillas, de formas que van desde esférica hasta la cilíndrica, siendo la más común la arriñonada, la coloración externa también varía mucho, de negro a blanco, pasando por casi toda la gama de colores y puede ser uniforme, jaspeada, punteada o manchada (INEGI, 1997).

Según la forma de las semillas, se distinguen numerosas variedades de frijol, como amarillo, blanco, colorado, bayo gordo, delgado, negro, habichuelas, judías etc. (Ruiz-Oronoz *et al.*, 1983).

DISTRIBUCION

Los principales productores de frijol en el año agrícola 1990-1991 en el ámbito nacional fueron: Zacatecas, Sinaloa, Nayarit, Durango, Chihuahua, Chiapas y Guanajuato (INEGI, 1997).

El papel del frijol en la alimentación de los mexicanos es muy importante, ya que constituye para estos uno de sus alimentos básicos por la tradición de su cultivo y por su riqueza en proteínas e hidratos de carbono. De esta planta se emplean las semillas y los frutos cuando aún no han madurado (ejotes). Sus raíces, asociadas a bacterias simbióticas (*Rhizobium phaseoli*), enriquecen los terrenos con sustancias nitrogenadas (Ruiz-Oronoz *et al.*, 1983).

ENDURECIMIENTO

El almacenamiento de leguminosas a temperaturas y humedades altas provoca el desarrollo del endurecimiento (hard-to-cook), fenómeno que se caracteriza por la dificultad de los cotiledones para suavizarse durante la cocción.

Elías (1982) indicó que los factores que más influyen en el endurecimiento son: la humedad del grano, temperatura, humedad relativa del ambiente y el tiempo de almacenamiento.

El endurecimiento del frijol común parece acelerarse en forma exponencial en las semillas con a_w alrededor de 0.75 (Maza-Calvillo, 1988 citado por Reyes-Moreno, 1992)

Molina *et al* (1975) informaron que el almacenamiento afecta la calidad proteínica del frijol, por cambios estructurales de la misma, dado que observaron una alta correlación entre las proteínas lignificadas y la dureza del grano cocido.

Los reportes de actividad de fitasa durante el almacenamiento son contradictorios; algunos investigadores (Hincks y Stanley, 1986 citados por Reyes 1992) han observado un aumento de actividad a lo largo del almacenamiento (30°C, HR de 85% durante 10 meses) mientras que (Bernal-Lugo *et al.*, 1990, citados por Reyes 1992) observaron disminución en la actividad de esa enzima durante el almacenamiento a 41°C, HR de 75% durante 33 días.

Se han utilizado diferentes mecanismos de medición de la textura en frijol fresco y endurecido (Texturómetro Universal Instron, Prensa Lee-Kramer, Sistema Ottawa, Penetrómetro Universal de Precisión y Cocedor tipo Mattson) para demostrar que cuando el frijol común es almacenado a temperaturas y humedades altas incrementa su dureza conforme transcurre el tiempo de almacenamiento (González, 1982;

Moscoso *et al.*, 1984; Hincks y Stanley, 1986; Siewwright y Shipe, 1986; Aguilira y Ballivian, 1987; Hohlberg y Stanley, 1987; Paredes-López *et al.*, 1989, 1991, citados por Reyes, 1992).

El desarrollo del fenómeno de endurecimiento en frijol común provoca una disminución en la cantidad de agua absorbida durante el remojo (Maza-Calviño, 1988; Plhak *et al.* , 1989; Paredes.López *et al.*, 1991, Palma-Tirado *et al.*, 1992, citados por Reyes 1992). Cuando no se elimina el agua atrapada entre testa y cotiledones se ha reportado, erróneamente, un incremento de la capacidad de absorción de agua del frijol endurecido (Burr *et al.* , 1968; Jackson y Varriano-Marston, 1981; citados por Reyes, 1992).

El almacenamiento de frijol común a temperaturas y humedades altas provoca un aumento en la solubilidad de las proteínas durante los tres primeros meses, observándose una disminución de la misma a los 6 meses (Molina *et al.* , 1975). Como resultado del endurecimiento del frijol común se ha observado un aumento en el contenido de aminoácidos aromáticos libres y en las fracciones proteínicas de bajo peso molecular, y una disminución de las de alto peso molecular (Hohlberg y Stanley, 1987, citados por Reyes 1992).

Los análisis del grano entero evidenciaron que, durante el almacenamiento de frijol común, se produce un incremento significativo en la fibra neutro detergente y no se presentan cambios en fibra ácido detergente, celulosa y lignina. En los cotiledones, la fibra dietética no cambia mientras que en la testa se observa una disminución significativa de la fibra neutro detergente (De León *et al.*, 1989, citados por Reyes 1992).

El contenido de taninos en la testa disminuye significativamente durante el almacenamiento, observándose ligeros aumentos de los

mismos en los cotiledones (De León *et al.*, 1989; Reyes-Moreno *et al.*, 1991 citados por Reyes 1992).

Jackson y Varriano-Marston (1981) encontraron que el frijol endurecido por almacenamiento, remojado previamente, presenta curvas de cocimiento semejantes a las de frijol fresco.

El impacto más relevante del fenómeno de endurecimiento es su significado sobre la calidad nutricional. Uno de los efectos del almacenamiento inadecuado es la disminución de parámetros nutricionales como la relación de eficiencia proteínica (PER), la relación neta de proteína (NPR), la digestibilidad de proteína *in vivo* e *in vitro* y la disminución en la disponibilidad de aminoácidos (metionina, lisina, triptofano) (Reyes *et al.*, 1992).

CALIDAD NUTRICIA

La utilización biológica de la proteína depende de varios factores tales como cantidad de proteína, calidad de proteína y digestibilidad de proteína. El hecho de consumir grandes cantidades de proteína no implica necesariamente que se satisfagan las necesidades de aminoácidos del humano.

La calidad de la proteína se define con base en su eficiencia para ser utilizada en el crecimiento y mantenimiento del organismo humano; las proteínas proporcionan los aminoácidos indispensables requeridos para la síntesis de las proteínas propias del cuerpo, tanto las estructurales como las biológicamente activas (principalmente enzimas y hormonas). La digestibilidad de la proteína es considerablemente influenciada por la presencia de péptidos resistentes a las enzimas y sustancias como inhibidores enzimáticos (Kakade, 1974; Badui-Dergal, 1986; Guerra, 1995)

Comúnmente las proteínas vegetales son deficientes en uno o varios aminoácidos, por ejemplo los cereales carecen de una concentración adecuada de lisina, mientras que las leguminosas son pobres en metionina. El balance adecuado de aminoácidos desempeña un papel muy importante en la calidad de las proteínas, ya que la deficiencia o el exceso de uno de ellos puede traer como consecuencia una reducción en el valor nutritivo del alimento (Badui-Dergal, 1986).

Las proteínas vegetales son generalmente inferiores en calidad a las proteínas animales, ya que carecen de ciertos aminoácidos esenciales. Sin embargo al suplementar las proteínas vegetales incompletas con los aminoácidos esenciales que les faltan, los cuales a menudo son lisina y metionina, estas proteínas pueden resultar totalmente adecuadas (Potter, 1973).

La calidad determina la utilidad de una proteína alimenticia para el crecimiento y mantenimiento de los tejidos. Es obvio que una proteína con una composición de aminoácidos esenciales similar a la de los tejidos corporales sea más útil que una cuya composición sea diferente (Fisher y Bender, 1980)

La nutrición implica los procesos químicos y fisiológicos que proveen nutrientes al animal para sus funciones normales de mantenimiento y crecimiento. Por consiguiente involucra ingestión, digestión, absorción, transporte de nutrientes y remoción de desechos (Akiyama, 1993).

Mientras los aminoácidos de una proteína sean probablemente la determinante más importante de la calidad de esta, la digestibilidad de una proteína y la biodisponibilidad de sus aminoácidos constituyentes es el siguiente factor en importancia. Esto es verdad porque no todas las proteínas son digeridas, absorbidas y utilizadas de la misma manera. Las diferencias en la digestibilidad tal vez comiencen de diferencias

inherentes a la naturaleza de las proteínas (configuración, unión de los aminoácidos), la presencia de los constituyentes no proteicos los cuales modifican la digestión (fibra dietética, taninos y fitatos) además de factores antifisiológicos. La digestibilidad y la biodisponibilidad de los aminoácidos constituyentes de las proteínas son muy importantes ya que determinan fundamentalmente su valor nutritivo (Badui-Dergal, 1986).

Se puede determinar la calidad usando la proteína como alimento en condiciones experimentales específicas y midiendo cuanta se usa para sintetizar proteína corporal. Los tejidos pueden seleccionar los aminoácidos que le sean útiles; el resto se oxida para suministrar energía, pero en lo que se refiere a síntesis de proteínas, estas se desperdician (Fisher y Bender, 1980).

La calidad proteica de un alimento se puede determinar en ensayos experimentales con animales. Los estándares que se utilizan con mayor frecuencia son PER "Protein Efficiency Ratio" y BE "Biological Efficacy". En el caso del PER sólo la ganancia de peso se relaciona con la cantidad de la proteína ingerida, mientras que en BE la deposición de proteína en el animal se relaciona con la cantidad de nitrógeno digestible (considerando pérdidas de nitrógeno endógenas).

Cualquier ingrediente que contenga proteínas de baja calidad puede ser mejorado combinándolo con otro ingrediente o agregando los aminoácidos sintéticos correspondientes. De esta manera y considerando que la capacidad de deposición proteica (formación de carne) del animal aún no esta agotada, se puede incrementar la producción de carne y disminuir la deposición de grasa. Sin embargo, calcular la calidad de proteína del alimento basándose en el contenido total de aminoácidos es incorrecto. Por ejemplo, la mala preparación y almacenaje del alimento (como, daño por el calor) puede causar una

reducción en la disponibilidad de los aminoácidos y esta situación no se puede detectar mediante el análisis de aminoácidos (Anonimo, 1991).

FIBRA DIETETICA

Originalmente se definió a la fibra dietética, de acuerdo a Trowell, como aquella porción del alimento, derivada de la pared celular de las plantas, que no es digerida por el humano. Posteriormente (Trowell,1976 citado por Schnell, 1995) modificó su definición para incluir otros compuestos y hoy en día, aún se considera que la fibra dietética es la suma de la lignina y los polisacáridos de origen vegetal no digeridos por la secreciones endógenas del tracto digestivo humano.

A la fibra dietética total se le llamó materia indigestible, bolo fecal, salvado, fibra, residuos de plantas y carbohidratos indisponibles (Southage, 1976,1978 citado por Olson *et al.* , 1987). Las sustancias que suelen denominarse comunmente bagazo o fibra son compuestos de origen vegetal no disponibles como fuentes de energía porque las enzimas del intestino humano no pueden hidrolizarlos (Kathleen, 1995)

La fibra dietética es un carbohidrato que está presente en el alimento pero no es utilizado de la misma forma que los carbohidratos digeribles o sea no se considera como nutrimento, sino que beneficia la función intestinal (Bidlack-Wayne R. *et al.*, 1986; Badui 1990; Schnell,1995).

Los componentes más abundantes de la fibra dietética se encuentran asociados con la pared celular de las plantas. Estos incluyen los componentes estructurales tales como: celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina, otros son biosintetizados por las plantas en respuesta a daños o a la prevención de la desecación (Scheneeman 1986 y 1989; Hughes. 1991; Egan *et al.*, 1991; Kathleen-Mahan, 1995).

La clasificación de acuerdo al método de análisis es: 1) fibra neutro detergente (FND) incluye la celulosa, hemicelulosa y lignina. 2) Fibra ácido detergente (FAD) celulosa y lignina. 3) Fibra cruda "material insoluble que permanece después de la hidrólisis ácida y básica (Toma y Curtis, 1986; Desrosier, 1989, Badui-Dergal, 1996).

Los componentes de la fibra alimentaria pueden clasificarse por sus propiedades físicas y acciones fisiológicas como fibra soluble y fibra insoluble. Las fibras solubles incluyen pectinas, gomas, mucílagos y algunas hemicelulosas; la fibra insoluble consiste principalmente de celulosa y ciertas hemicelulosas, esta proporciona estructura a las células de las plantas y se encuentran en todos los tipos de material vegetal (Kathleen-Mahan, 1995).

Los efectos fisiológicos desarrollados por la fibra dietética son el resultado de complejos mecanismos de interacción entre los componentes del alimento no digeridos por las enzimas digestivas del hombre y las condiciones gastrointestinales, como el pH, fuerza iónica y la presencia de otras sustancias vehiculadas por el alimento. La naturaleza química y la estructura de la fibra dietética son las dos características principales inherentes a la fibra que determina su comportamiento en la luz intestinal (López *et al*, 1997).

Las propiedades físicas y químicas de cada componente de fibra parecen tener una importancia en la determinación de la respuesta fisiológica de la fuente de la proteína en la dieta. Las propiedades físico-químicas o funcionales de la fibra pueden agruparse en cuatro apartados: 1) propiedades de hidratación (solubilidad, hinchamiento, capacidad de retención, y absorción de agua, viscosidad y gelación); 2) capacidad de intercambio catiónico; 3) tamaño de partícula, densidad y características de superficie (porosidad y capacidad de adsorción de grasa); y 4) adsorción de moléculas orgánicas (Schneeman, 1986, 1987 y 1989, Pak, 1995 y López, 1997).

Southgat and Durnin (1970, citados por Ali *et al.*, 1981) encontraron que dietas altas en fibra reducían significativamente la digestibilidad aparente de la grasa. Además Kelsay (1978, citado por Toma y Curtís, 1986) señala que numerosos reportes indican que la absorción de minerales es disminuida por la ingesta de fibra.

Diversos estudios han probado una asociación entre dietas pobres en fibra y prevalencia del cáncer de colon. La capacidad de captar agua de la fibra aumenta el volumen de las deposiciones y disminuye el tiempo de tránsito intestinal, lo que reduce el riesgo de exposición a sustancias tóxicas. Además la fibra puede unirse a algunos tóxicos, neutralizando en parte su acción. Su fermentación produce ácido butírico y modifica el medio ambiente intestinal, lo que interfiere en la formación de metabolitos cancerígenos (Atalah, 1995).

COMPUESTOS ANTINUTRIMENTALES

En semillas de plantas de la familia de las leguminosas se ha reportado la presencia de compuestos antinutrientales, lo cual es un factor muy importante al considerar su consumo (Baduí, 1986). Los taninos, fitatos e inhibidores de proteasas son algunos de los compuestos tóxicos comúnmente contenidos en este tipo de semillas (C.I.A.T., 1978).

A) TANINOS

Cualquier sustancia polifenólica con peso molecular mayor a 500 puede ser considerada como un tanino. Este grupo de sustancias ha sido dividido en dos subgrupos: hidrolizables y condensados, ambos con capacidad para formar complejos con proteínas y con "actividad formadora de cuero", pero diferentes en su distribución botánica y productos de degradación, entre otras propiedades (Singleton y Kratzer, 1973).

Los taninos condensados son flavonoides poliméricos compuestos principalmente por unidades de leucoantocianidina las cuales se unen mediante enlaces carbón-carbón de la posición 4 de una unidad a la posición 6 u 8 de la siguiente. No son degradados fácilmente bajo condiciones fisiológicas sino que se requiere tratarlos drásticamente, obteniéndose productos como las catequinas y antocianidinas (Singleton y Kratzer, 1973).

El ácido tánico y otros taninos hidrolizables del roble han sido reportados por producir varios efectos tóxicos entre los que se incluyen anemia y daño en intestino, riñón e hígado. El ácido tánico ha sido muy empleado en tratamientos médicos (Singleton y Kratzer, 1969).

Por otra parte, también ha sido demostrada la producción de cáncer de hígado por aplicación de taninos en quemaduras como tratamiento o por inyección subcutánea repetida (Bichel y Bach, 1968; Kirby, 1960; Korpassy, 1961; citados por Singleton y Kratzer, 1969). La unión de estos compuestos con ADN de las células del hígado, probablemente esté relacionada con su carcinogenicidad (Singleton y Kratzer, 1969). Sin embargo, Chung y Wei (1997) señalan que la evidencia sobre la actividad carcinogénica de los taninos aún no es muy fuerte y que probablemente otros factores asociados con los taninos puedan estar involucrados en la formación del cáncer.

Por otra parte, los taninos están presentes en muchas plantas, incluso a niveles tan altos como 10% o más de su peso seco. Es muy significativa la cantidad de taninos en algunas que son comúnmente consumidas, como los granos de sorgo (Singleton y Kratzer, 1969).

Reichert *et al.* (1980) señalan que los taninos del sorgo tienen efectos nutrimentalmente deletéreos ya que interaccionan con las proteínas, resultando complejos que difícilmente son digeridos por

monogástricos conduciendo hacia una baja digestibilidad proteínica, bajos niveles de PER y disminución del peso ganado.

El consumo de alimentos con taninos conduce a una baja conversión de energía de los alimentos y a la excreción de altos niveles de nitrógeno en las heces, lo cual resulta de la unión inespecífica de los taninos tanto con las proteínas de la dieta como con las enzimas digestivas mediante múltiples puentes de hidrógeno, lo cual explica la baja digestibilidad de las proteínas (Singleton y Kratzer, 1973). Nyman y Björck (1989) concluyen que el ácido tánico disminuye la digestibilidad de lípidos y proteínas de la dieta en ratas.

Alanis-Guzmán (1990) señala que los taninos son compuestos termorresistentes que pueden unirse a dos o más grupos peptídicos mediante enlaces cruzados precipitando proteínas e impidiendo su absorción y que enzimas tales como la tripsina, amilasa y lipasa son inhibidas, por lo cual el crecimiento de los animales disminuye.

Rao y Prabhavati (1982) citados por Proulx *et al.* (1993) señalan que los taninos interfieren con el hierro dado que actúa como un agente quelante natural de tal mineral. Chung y Wei (1997) mencionan que los taninos reducen también la biodisponibilidad de la vitamina B₁₂.

Reichert *et al.* (1980) mencionan una serie de métodos experimentales descritos por diversos autores para disminuir el contenido de taninos en variedades de sorgo altas en el contenido de estos compuestos, entre los que se destacan: abrasión mecánica, suplementación con metionina o adición de polivinilpirrolidona, extracción con álcalis en solución acuosa, etc. y reportan disminución empleando granos tratados con agua, ácido clorhídrico o hidróxido de sodio y almacenados bajo condiciones anaeróbicas.

B) INHIBIDORES DE PROTEASAS

Muchos productos vegetales y animales contienen varias sustancias que tienen la propiedad de inhibir la actividad catalítica de algunas enzimas; entre las principales se encuentran las que inhiben las enzimas proteolíticas del sistema digestivo del humano, lo que trae consigo una reducción en el aprovechamiento de las proteínas ingeridas (Baduí, 1997).

Alanis-Guzmán (1990) señala que se trata de proteínas de diverso peso molecular que pueden estar presentes en vegetales como frijoles, garbanzos, alverjas, camote, papa y cereales que pueden inhibir enzimas como la tripsina, quimotripsina, carboxipeptidasa, plastina y tromboplastina, causando síntomas de toxicidad como inhibición del crecimiento, mala utilización alimenticia e hipertrofia pancreática.

Baduí-Dergal (1997) incluye entre los efectos nocivos de los inhibidores de la tripsina, incremento en los requerimientos de aminoácidos azufrados, estimulación de la secreción de enzimas pancreáticas y de la actividad de la vesícula biliar, inhibición de la proteólisis y reducción de la energía metabolizable.

Whitaker y Feeney (1973) señalan que estos inhibidores, a pesar de ser muy diferentes entre sí y provenir de muy diversas fuentes, pueden inhibir a un mismo tipo de enzima (por ejemplo la tripsina) pero que su especificidad sobre ésta puede variar según la fuente animal de donde se obtuvo tal enzima digestiva; así por ejemplo, podrán ocurrir varios inhibidores de tripsina bovina de diversas fuentes, pero alguno de ellos no necesariamente inhibirá la tripsina humana, o la porcina, etc.

Baduí-Dergal (1997) señala que los inhibidores de proteasas podrían actuar de dos formas

a) suprimiendo el mecanismo de retroalimentación que controla la síntesis y secreción de enzimas pancreáticas, con el consecuente consumo de los aminoácidos ingeridos, principalmente los aminoácidos azufrados indispensables para la síntesis de dichas enzimas, que de por sí son escasos en las leguminosas.

b) formando complejos con las proteínas del alimento, resistentes a la hidrólisis enzimática.

Por otra parte, García-Díaz (1996) indica que con tratamientos térmicos con temperaturas superiores a 80°C debe eliminarse al menos el 80% de la concentración inicial de estos inhibidores. También señala que el inhibidor de la tripsina (llamado Factor de Kunitz) se encuentra en la soya en concentración de 1.4%.

Abreu-Penate *et al.* (1988) reportan 29 UIT/mg en harina de semillas de *Leucaena leucocephala* valor muy similar al correspondiente en *Acacia wrightii* señalado por García-Díaz (1996).

Mali *et al.* (1990) reportaron que la actividad inhibitoria de la tripsina fue reducida un 40-50% al hervir las semillas de *Leucaena* por 10 minutos y fue totalmente eliminada al hervirlas durante 1 hora. Así mismo, se redujo su actividad un 60% mediante el uso del autoclave a 121°C/30 min.

Abreu-Penate *et al.* (1988) reportan disminuciones muy similares en semillas de *Leucaena leucocephala* cuando emplean el autoclave a 120°C/10 min.

DIGESTIBILIDAD EN ORGANISMOS ACUATICOS

Las fuentes de energía de una dieta son las proteínas, los lípidos y los carbohidratos. Se ha comprobado que los peces y los crustáceos utilizan preferentemente las proteínas como fuente de energía, por lo que se recomienda utilizar en las dietas formuladas carbohidratos altamente digeribles con el objeto de ahorrar proteínas, aumentar la velocidad de crecimiento y minimizar el costo de los alimentos (Rodríguez-Marin, 1993).

La información sobre la digestibilidad es esencial para evaluar la calidad de un ingrediente. Aunque el perfil de nutrientes de un ingrediente aparente sea bueno, si sus nutrientes no son digeridos, absorbidos y utilizados, serán de poco valor para el animal.

Akiyama *et al.* (1991) determinaron la digestibilidad aparente de materia seca, proteínas y aminoácidos de varios ingredientes para camarón. Estos ingredientes fueron caseína, almidón de maíz, gelatina, proteína de soya, gluten de trigo, harina de pescado, salvado de arroz, harina de camarón, harina de soya y harina de calamar. En términos de materia seca, las dietas conteniendo ingredientes puros ricos en proteínas como gelatinas, caseína, proteína de soya y gluten de trigo, fueron más digeribles que la dieta rica en carbohidratos conteniendo almidón de maíz. Esto sugiere que las proteínas son más eficientemente digeridas por el camarón que los carbohidratos.

Los requerimientos en proteínas son los más estudiados por el valor económico que representan dentro de la dieta. En cierta medida, una vez cubierta la ración de mantenimiento, existe una relación directa casi lineal entre la razón proteica y la tasa de crecimiento. La dosis más baja que asegura el crecimiento máximo es utilizada para definir el requerimiento, aunque otros criterios pueden ser utilizados como conversión alimenticia, composición corporal, etc. (Cruz-Suárez, 1993).

Los requerimientos proteicos globales varían en función de los siguientes factores:

Edad. Los animales jóvenes con tasas de crecimiento muy elevadas son más exigentes que los animales más viejos, en los cuales una importante ración sirve para cubrir los requerimientos de mantenimiento (excepto en la etapa de reproducción)

Hábitos alimenticios de la especie. Los carnívoros son más exigentes.

Calidad de la fuente proteica. Mientras mejor sea, menor será el requerimiento cuantitativo de las proteínas totales.

Valor energético de la dieta. Puede haber economía de proteínas con carbohidratos, por menor utilización de proteínas para fines energéticos.

Factores ambientales. Temperatura, salinidad, etc. (Cruz Suárez, 1993).

Ya que las proteínas están siendo usadas continuamente por el animal para crecimiento y reparación de tejidos, es necesario un suministro constante de proteínas o aminoácidos. Un nivel inadecuado de proteínas en la dieta produce una reducción o cese del crecimiento, seguido de una pérdida de peso debido a la toma de proteínas de los tejidos para mantener funciones vitales. Por otro lado, un exceso de proteína en la dieta hace que una parte se utilice para hacer una nueva proteína y que el resto sea convertido en energía (Cruz-Suárez, 1993).

El metabolismo de los animales está estrechamente relacionado con la producción de energía. Los aminoácidos presentes en exceso se degradan. La estructura carbonada de estos aminoácidos se utiliza para la producción de energía (Anónimo, 1991).

Nielsen *et al.* (1985) demostraron que la calidad de la proteína puede ser reducida cuando reacciona con lípidos oxidándose, especialmente con elevada actividad de agua y en presencia de un exceso de oxígeno. La reducción en la calidad de la proteína bajo cualquier condición representa una pérdida en el aprovechamiento de aminoácidos esenciales y una reducción en la digestibilidad.

La lisina y los aminoácidos azufrados son frecuentemente los primeros en limitar el aprovechamiento de las proteínas alimenticias (FAO, 1970 citado por Nielsen *et al.* , 1985) y cualquier reducción en su contenido reduce la calidad nutricional de la proteína (Nielsen *et al.* , 1985).

Un problema asociado con la determinación de la digestibilidad aparente en ambientes acuáticos, es la lixiviación potencial de nutrientes previa a la ingestión del alimento y a la colección de heces, aunque Fenucci (1981) y Coehlo (1984), citados por Clark (1993), establecen que la lixiviación no tiene efectos de significancia en estudios de nutrición en camarón cuando el alimento o heces están en agua salada por menos de 2 horas. Parece que la lixiviación si puede tener un efecto sobre la cantidad de nutriente ingerido, sobre todo cuando se trata de nutrientes solubles.

La IAFMM (1970) reporta que, dentro de las causas más probables que se encuentran al origen de la falta de disponibilidad de los aminoácidos, la digestión incompleta es la principal. Por lo tanto la evaluación de la digestibilidad resulta esencial en la determinación de la calidad de un ingrediente (Akiyama *et al.* , 1991), adicionalmente el conocimiento de la digestibilidad de las materias primas permite realizar una formulación mas precisa de la dieta, pudiendo disminuir la cantidad de proteína o bien se podrían utilizar fuentes de proteína de menor costo reduciendo así substancialmente el precio del alimento (Akiyama *et al.* , 1991; Brown, 1989; Mendoza, 1993).

Métodos para evaluar digestibilidad

La determinación de la digestibilidad se puede realizar por dos métodos diferentes:

A) Método cuantitativo o directo

Implica la colecta cuantitativa, la estimación y el análisis de todas las deyecciones y excreciones.

B) Método con marcadores o indirecto

El principio de este método radica en medir la concentración del producto estudiado con respecto a la de un marcador inerte incorporado dentro del alimento, en baja cantidad. Para este propósito se compara la relación del marcador existente en el alimento y en las heces. Mendoza, 1993.

Tipos de marcadores

Se distinguen dos categorías de marcadores: los que se presentan de manera inherente en el alimento y aquellos que se agregan externamente

Características del marcador

La utilización de cualquier compuesto de referencia se debe apegar a las siguientes exigencias:

- 1) Estar uniformemente mezclado en la dieta
- 2) Ser absolutamente inerte, *i.e.* debe resistir a las secreciones gástricas y a la digestión enzimática
- 3) No debe ser absorbible ni metabolizable
- 4) No debe influir en los fenómenos de absorción, digestión y secreción ya sea de manera sinérgica o antagónica

- 5) Debe tener la misma velocidad de tránsito que el ingrediente que tratamos de evaluar, ya que es nuestro punto de referencia
 - 6) Debe, de preferencia, ser rápidamente medible
 - 7) No debe influenciar la tasa de ingestión de la dieta
- (Leavitt, 1985; Bowen, 1978; Foltz, 1979, citados por Mendoza 1993).

El óxido de cromo es un material que cumple con la mayor parte de estos requisitos y, a pesar de la existencia de trabajos en los que se reporta su paso diferencial con respecto al bolo alimenticio en algunas especies (Bowen, 1978), es el marcador que mejores resultados ha dado en general y en consecuencia el que más se ha utilizado hasta el momento.

Cho (1987) menciona que la inclusión de solo 1% de óxido de cromo en la dieta permite la obtención de los coeficientes de digestibilidad a partir de la relación nutriente/indicador en dieta y en heces.

MATERIALES Y METODOS

El frijol endurecido durante el almacenamiento fue adquirido en la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. y cultivado en Zuazua, N.L.

La dureza del frijol fue determinada con el texturometro tA.Xt2, Stable Micro Systems.

El frijol se trató térmicamente a diferentes tiempos de cocción (Elias y Bressani *et al.* , 1977a) para determinar el tiempo en el cual se presentaba mejor textura.

Se realizaron tratamientos térmicos hirviendo los frijoles a presión atmosférica normal durante 5, 10, 15 y 20 minutos para determinar el contenido de inhibidores de tripsina (UIT) residuales (Kakade-Madhusudan, 1974) y seleccionar el tiempo que los inactive, aun cuando no se obtenga la mínima dureza.

El frijol a 20 minutos de cocción fue secado en un liofilizador (FreeZone® Liter Benchtop Freeze Dry System modelo 77520 y FreeZone® Stoppering Tray Dryer Freeze Dry System modelo 79480).

Se analizó la composición bromatológica (A.O.A.C, 1990), dureza, contenido de taninos (Price *et al.* , 1978), fibra dietética total (AOAC no. 991.43) e inhibidores de tripsina (Kakade-Madhusudan, 1974) al frijol crudo y al tratado a 20 minutos de cocción. El procedimiento de estas tres últimas técnicas se muestra en el apéndice A

ESTRATEGIA DE FORMULACION

Para introducir el frijol al 30 y al 60% en dietas balanceadas sin modificar su contenido proteico, se utilizó como dieta control para

crecimiento una dieta balanceada (Akiyama *et al* 1991) de una mezcla soya-trigo en la proporción 33/67%, la cual tiene una proporción de proteína de 23.57 similar a la del frijol (base húmeda) Tabla 1A.

Tabla 1A. - DISEÑO EXPERIMENTAL

Dieta	% inclusión frijol	% inclusión soya-trigo	% Proteína teórica	% Proteína real
1	0	60	30.02	29.34
2	30	30	30.02	28.69
3	60	0	30.01	28.89
4	0	43	31.72	31.26

Las dietas se formularon con 2 niveles de inclusión de frijol (30 y 60 %) con ayuda del programa mixit+2, composición química de los ingredientes, los requerimientos nutricionales recomendados por Tacón (1987) y Akiyama y Dominy (1989) para formulación de dietas para camarón. En la dieta con 30% de frijol, se utilizó 30% de inclusión de la mezcla soya-trigo. Para el 60% de inclusión de frijol, no se utilizó mezcla soya-trigo (Tabla 1).

ELABORACION

Las dietas fueron elaboradas de la siguiente manera:

Los ingredientes previamente molidos se pesaron en la balanza digital Ohaus (precisión 0.001g) y se mezclaron en una batidora Kitchen Aid de 5 litros, mezclándose los macroingredientes: Frijol, Soya, Trigo, Harina de Pescado (Jurel de Chile) y Harina de Camarón (Tepual, Chile) y los microingredientes: Hexametafosfato sodio, Atractante Flavo Pack, Vitamina C, Antifúngico, Antioxidante, Mezcla

Mineral, Mezcla Vitaminica, Alginato de Sodio, Colina Metionina, Colesterol Solvay, Almidón de Maíz y Oxido de Cromo.

La mezcla de aceite de pescado, lecitina de soya y aceite de soya fue precalentada y agregada a la mezcla de harinas, después se agregó agua (200 mL), posteriormente la mezcla se pasó por el molino para carne, para obtener los pellets que fueron secados en la estufa a 100°C por 10 minutos y permanecen después un día a temperatura ambiente.

COMPOSICION PROXIMAL

A las diferentes harinas y dietas experimentales se les analizó su composición proximal según los métodos de A.O.A.C. (1990)

Humedad.- Se determinó por evaporación del agua en estufa de aire (estufa de convección) y fue obtenida por pérdida de peso.

Materia Seca.- Deshidratación del producto hasta peso constante (100 - % de humedad).

Ceniza.- Se determinó por precalcificación de la muestra para carbonizarla y eliminar los compuestos volátiles; enseguida fue calcinada a 600°C, eliminando la materia orgánica y quedando el residuo mineral.

Proteína Cruda.- Se determinó el Nitrógeno orgánico por el método de Kjeldahl. Para convertir a proteína se utilizó el factor 6.25.

Extracto Etéreo.- Se determinó por el método de Goldfisch, se extrajeron los compuestos solubles en éter.

Fibra Cruda.- Se determinó al obtener la fracción que se pierde al incinerar el residuo seco obtenido tras la digestión de las muestras con H₂SO₄ y NaOH 1.25% bajo condiciones específicas.

Extracto Libre de Nitrógeno.- Fracción que representa principalmente los carbohidratos presentes en la muestra. Fue obtenido por la diferencia de la suma de los parámetros anteriores y 100,

Tabla 1. - Contenido de ingredientes en cada dieta al formularlas con ayuda del programa mixit+2 (% base húmeda).

INGREDIENTE	DIETA 1 (Frijol 0)	DIETA 2 (Frijol 30)	DIETA 3 (Frijol 60)	DIETA 4 (C. DIGEST)
Soya + Trigo	60	30	*****	43.052
Frijol	*****	30	60	*****
H. Pescado J	20.6	20.6	20.6	29.562
H. Camarón T	4	4	4	5.74
A. Pescado T.	1.95	1.95	1.95	2.791
Lecitina Soya	4.239	4.238	4.231	6.082
Aceite de Soya	0.203	0.1	*****	0.14
Hexametafosfato Na	1	1	1	1.43
Atractante FP	0.5	0.5	0.5	0.717
Vitamina C	0.073	0.073	0.073	0.103
Mezcla Mineral	0.25	0.25	0.25	0.359
Mezcla Vitaminica	0.25	0.25	0.25	0.359
Alginato de Sodio	3.0	3.0	3.0	4.30
Colina	0.04	0.04	0.04	0.058
Antifungico	0.05	0.05	0.05	0.072
Antioxidante	0.05	0.05	0.05	0.072
Metionina	0.143	0.143	0.143	0.205
Colesterol Solvay	0.311	0.309	0.313	0.438
Almidón de Maíz	2.347	2.445	2.561	3.514
Oxido de Cromo	1	1	1	1

LIXIVIACION

Para determinar la pérdida de materia seca y la estabilidad de las dietas en el agua se utilizó un aparato de fabricación casera que permite mover el alimento en el agua utilizando el método de Aquacop (1978), modificado por Cruz-Ricque (1987).

El alimento se colocó en una canasta de tela metálica (luz de malla de 1 mm) de 10 cm x 10 cm x 10 cm, previamente secada por 2 horas en un horno a 130°C. Se pesaron las canastas taradas (Pc) agregándose 5 gramos, pesándose nuevamente (P1) después fueron introducidas al agua marina la cual presentaba una salinidad (35 g/L) y una temperatura de 29°C por una hora, con un movimiento circular de 5 r.p.m. Al final las canastas se secaron en el horno a 130°C por 2 horas, para después ser pesadas (P2); la pérdida de materia seca se evaluó conforme a la siguiente fórmula:

$$PMS = \frac{(P1 - Pc) \times MS - (P2 - Pc)}{(P1 - Pc) \times MS}$$

PMS = Pérdida de Materia Seca

P1 = Peso canasta más alimento.

Pc = Peso de la canasta seca.

MS = Porcentaje en peso, de la materia seca en la muestra, al inicio de la prueba.

P2 = Peso de la canasta más alimento lixiviado seco.

ENSAYO BIOLÓGICO

El bioensayo se llevó a cabo en la sala de zootecnia de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

A) CRECIMIENTO

El bioensayo de crecimiento se llevó a cabo del 22 de febrero al 21 de Marzo de 2000.

Consistió en evaluar parámetros de crecimiento mediante las siguientes fórmulas:

1) Tasa de Crecimiento (TC): incremento en peso en porcentaje del peso inicial.

$$TC = \frac{(\text{Peso final} - \text{Peso inicial})}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

2) Tasa de Conversión Alimenticia (TCA):

$$TCA = \text{Alimento consumido (g)} / \text{incremento en peso (g)}.$$

3) Tasa de Supervivencia (TS): en porcentaje del número inicial de animales.

$$TS = \frac{\text{Nº individuos final del bioensayo}}{\text{Nº individuos inicial del bioensayo}} \times 100$$

4) Porcentaje de Mortalidad = 100 - % de Supervivencia.

5) Biomasa final: la suma del peso final de los camarones de cada acuario.

6) Consumo individual por día: cantidad de alimento proporcionada en gramos en un acuario entre el número de camarones en este acuario.

B) DIGESTIBILIDAD

Los bioensayos de digestibilidad fueron llevados a cabo en el mes de Febrero y Marzo, el peso aproximado de los camarones variaba entre 7 y 15 gramos.

Las dietas que se utilizaron para realizar la digestibilidad fueron dieta 1 soya-trigo, la dieta 2 (30% de frijol y 30% soya-trigo) y la 4 de referencia, mencionadas en el diseño experimental.

Estos organismos se alimentaban *ad libitum* diariamente de acuerdo a la biomasa de cada acuario (replicado) y después de una hora aproximadamente se sifonearon los acuarios para eliminar residuos y restos de mudas, posteriormente se colectaban las heces. Sé repitió este procedimiento hasta completar aproximadamente un gramo por replicado.

A cada una de las dietas se determinó la Digestibilidad Aparente de la Proteína (DAP) y Digestibilidad Aparente de Materia Seca (DAMS).

$$\% \text{ DAP} = 100 - \left(100 \times \frac{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ en Dieta} \times \% \text{ Proteína en Heces}}{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ en Heces} \times \% \text{ Proteína en Dieta}} \right)$$

$$\% \text{ DAMS} = 100 - \left(100 \times \frac{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ en Dieta} \times \% \text{ Materia Seca en Heces}}{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ en Heces} \times \% \text{ Materia Seca en Dieta}} \right)$$

El óxido de cromo fue adicionado al 1% en las dietas al momento de mezclar los ingredientes.

El cromo en la dieta y en las heces se analizó de acuerdo al método descrito por Bolin (1952), modificado por Nieto (1992) y Guajardo, (1998).

La digestibilidad proteica y de materia seca de los ingredientes (Frijol y soya-trigo) se determinaron de la siguiente manera

$$\% \text{ DMS (frijol)} = \frac{(100 \times \text{DMS Dieta}_2) - (100-P) \times \text{DMS Dieta}_4}{P}$$

$$\% \text{ DMS (Soya-trigo)} = \frac{(100 \times \text{DMS Dieta}_1) - (100-P) \times \text{DMS Dieta}_4}{P}$$

$$\% \text{ DP (frijol)} = \frac{(100 \times \text{DPDieta}_2 \times \% \text{Prot DIETA}_2) - (100 - P) \times \text{DPDieta}_4 \times \% \text{ProtDieta}_4}{P \times \% \text{Proteína frijol}}$$

$$\% \text{ DP(soya-trigo)} = \frac{(100 \times \text{DPDieta}_1 \times \% \text{Prot DIETA}_1) - (100 - P) \times \text{DPDieta}_4 \times \% \text{ProtDieta}_4}{P \times \% \text{Proteína Soya-trigo}}$$

Donde:

DMS = Digestibilidad de Materia Seca

DP= Digestibilidad proteica

P= DMS ingrediente/DMS total(dieta)

ORIGEN DE LOS ORGANISMOS

Las postlarvas de camarón *Litopenaeus vannamei*, que fueron utilizadas se obtuvieron del Cib-Nor, La Paz, Baja California, y pertenecían a diferentes familias definidas dentro de un programa de mejora genética (F021, F028 y F080).

DISTRIBUCION DE LOS ORGANISMOS

Los camarones de las diferentes familias F021, F028 y F080, ubicados en diferentes tanques de preengorda, fueron pesados individualmente en una balanza digital (AND, Modelo HF-300) y basándose en estos pesos se determinó la clase más representativa.

Enseguida se tomaron 72 camarones (24 de cada familia) de la clase de peso seleccionada y fueron distribuidos en 18 acuarios, 4 camarones por acuario con un rango de peso entre 1.601 g y 2.287 (promedio de 1.887 g)

Para cada dieta se utilizaron 6 acuarios, 2 para cada familia.

SEGUIMIENTO DIARIO

Todos los días por la mañana (8.30 a.m.) y en la tarde (5:00 p.m.), se contaron los camarones y se cuantificaron los restos de muda y la cantidad de alimento no consumido. Posteriormente se sifonearon los acuarios para eliminar residuos, restos de mudas o camarones muertos. El registro de estas observaciones fue utilizado para determinar la tasa de alimentación diaria que fue *ad libitum*.

AREA EXPERIMENTAL

La sala de bioensayo cuenta con 3 tanques destinados a la preengorda con dimensiones de 1.4 x 1.15 x 0.4 m con capacidad de 500 litros, donde se acondicionaron 18 acuarios de fibra de vidrio de 20 x 30 x 20 cm con capacidad de 10 litros. La sala cuenta con agua marina sintética en un sistema de circuito cerrado y filtro biológico.

Los parámetros fisicoquímicos del agua temperatura y la salinidad (refractómetro) se determinaron diariamente y semanalmente pH, amonio, nitritos, nitratos y fosfatos estas últimos cuatro con ayuda de pruebas colorimétricas de Aquarium System

ANALISIS ESTADISTICO

Se realizaron estadísticas descriptivas para los resultados del análisis químico y para la distribución de los animales en los acuarios. Para comparar los diferentes tratamientos (niveles de inclusión y dieta control) se efectuó un análisis de varianza de una vía comparando las medias con la prueba de Duncan, para determinar diferencias significativas entre los tratamientos considerando los parámetros de digestibilidad y crecimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

TIEMPO DE COCCIÓN

Se realizaron diferentes tiempos de cocción en el frijol endurecido por el almacenamiento determinando que el de mejor textura o consistencia fue el de 90 minutos.

DUREZA DEL FRIJOL

Se determinó la textura a 10 frijoles a una velocidad de 1 min/seg, distancia 2. La lectura que se presentó en valor promedio fue de 179 ± 48 nw/grano. Reyes (1992) reporta para cuatro variedades de frijol común flor de mayo, mayacoba, Max-13 y mx 2340-5 una dureza de 10.63, 6.10, 9.30 y 8.58 nw/ grano respectivamente. Para medir la dureza utilizaron un equipo Instron (figura 4, Apéndice B).

INHIBIDORES DE TRIPSINA

El valor nutricional de las leguminosas se ve afectado por la presencia de un gran número de factores antifisiológicos en las semillas de las leguminosas comestibles, tanto termolábiles como termoestables. Entre estos se encuentran los factores antinutricionales, que afectan la digestibilidad de proteínas, y los inhibidores enzimáticos, quienes tienen como principal efecto el detener el crecimiento en animales inhibiendo la acción de la tripsina. Estos inhibidores son termolábiles (Alanis-Guzmán, 1990).

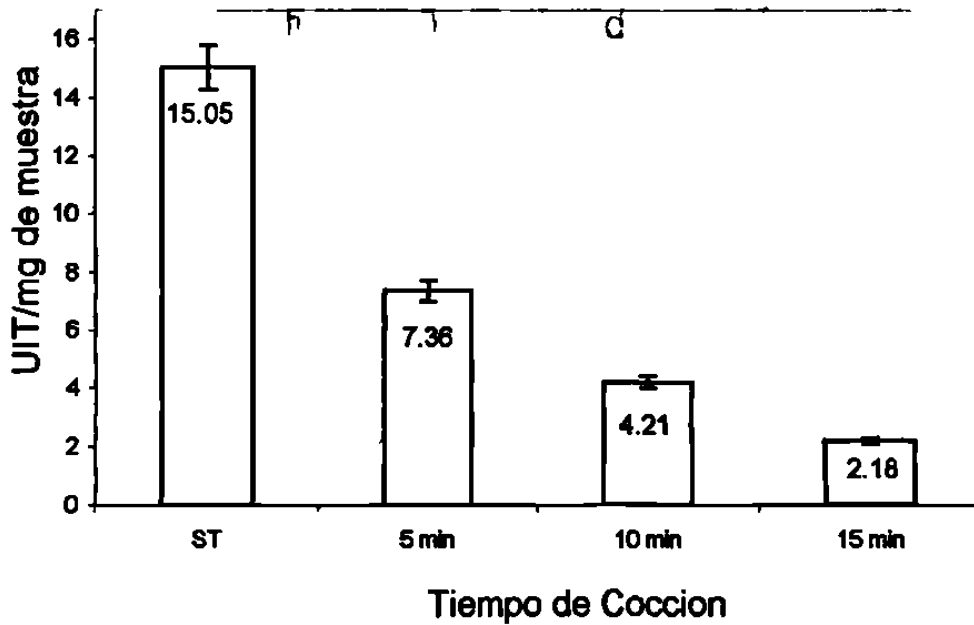
La actividad de los inhibidores de tripsina del frijol crudo y sometido a diferentes tiempos de cocción se muestra en la figura 1 y en la tabla 1 (Apéndice B). En el frijol crudo se puede observar 15.05 Unidades Inhibitorias de Tripsina (U.I.T.) por mg de muestra seca. Este valor se encuentra en el rango de 10-23 UIT/ mg de muestra para frijol

(García Díaz, 1996) y más bajo que 29.3 UIT/mg en frijol *Phaseolus vulgaris* var. Dore de Kirundo (Barampama. *et al*, 1994). Esta diferencia se puede deber a la variedad del frijol, condiciones climáticas y temporada de cultivo.

A los 5 minutos de cocción se observa una disminución del 51% con respecto al frijol crudo, y a los 10 y 15 minutos de cocción hubo un decremento del 72 y 86 % respectivamente y al determinar las UIT en el frijol sometido a 20 minutos de cocción no se detectaron por lo que se determino a este tiempo de cocción como el tratamiento seleccionado ya que aunque no es tratamiento donde mejor textura presenta el frijol, si es donde se logra eliminar el contenido de inhibidores de tripsina, los cuales al estar presentes pueden causar daño al camarón. Mali *et al*. (1990) reportaron que la actividad inhibitoria de la tripsina fue reducida un 40-50% al hervir las semillas de *Leucaena* por 10 minutos y fue totalmente eliminada al hervirlas durante 1 hora. Así mismo, mediante el uso del autoclave a 121°C/30 min se redujo su actividad un 60%. Los factores antifisiológicos de las leguminosas por lo general se destruyen durante los primeros 15 a 20 minutos de cocción a la que por costumbre se sujetan estos alimentos (Gómez-Brenes y Bressani, 1977; Elías y Bressani, 1977b).

En las 4 dietas de prueba no se detectó actividad inhibitoria de tripsina, esto confirma que los ingredientes tanto el frijol tratado durante 20 minutos como la pasta de soya utilizada estaban libres de estos compuestos antinutricionales, aun y cuando también el proceso de fabricación de la dieta puede inactivar cualquier residuo de ellos, ya que durante el paso de los pellets por el molino de carne, salen a una temperatura promedio de 76°C y tardan en salir alrededor de 25 segundos, y posteriormente se secan durante 10 minutos a 100°C.

Figura 1. - Contenido de Unidades Inhibitorias de Tripsina del frijol crudo y tratado a diferentes tiempos de cocción.



ANALISIS PROXIMAL (FRIJOL CRUDO Y TRATADO POR 20 MINUTOS DE COCCION)

Los resultados del análisis proximal del frijol crudo y tratado por 20 minutos de cocción se muestran en la tabla 2.

En lo que se refiere al contenido proteico se logro observar para el frijol crudo y tratado a 20 minutos de cocción valores de 23.4 y 24.8 % en base seca respectivamente, estos son poco más altos con los reportados en la tabla de composición de alimentos, 1996, que se encuentran en un rango de 15-23% y más bajo que en la semilla madura de *Leucaena leucocephala* de 28.3 y 29.9% en base seca mencionan Alanis-Guzman *et al.* (1995) y García-Villegas (1999) respectivamente. El contenido de proteína comparado con el de las

hojas de chaya (28.58%), es mas bajo, ingrediente también probado en un bioensayo con camarón Rocha-Estrada (1998).

En cuanto al contenido de ceniza se observó una disminución del 22.3% del frijol sometido a 20 minutos de cocción, con respecto al frijol crudo. Esto puede ser debido a la perdida de solubilidad de algunos minerales. Resultados similares se logran observar en la semilla madura autoclaveada de *Leucaena leucocephala* por 25 minutos: una disminución del 26.6% con respecto a la semilla madura sin tratamiento; este decremento va de 4.52 a 3.32% (Avalos-Zubieta, 1998).

En lo que se refiere al contenido de grasa no se observo diferencia alguna.

La fibra cruda se incrementa un 63.5% en el frijol tratado por 20 minutos de cocción con respecto al frijol crudo. Resultados similares se logran observar en la semilla madura de *Leucaena leucocephala* y la autoclaveada por 25 minutos (Avalos-Zubieta, 1998).

Tabla 2. - Composición proximal del frijol crudo y tratado por 20 minutos de cocción.

DETERMINACION	SIN TRATAMIENTO	COCIDO POR 20 MIN.
HUMEDAD	9.51 ± 0.23	4.71± 0.03
CENIZA	5.03 ± 0.31	3.91± 0.07
PROTEINA	23.43 ± 0.13	24.77± 0.26
GRASA	1.48 ± 0.08	1.61± 0.06
FIBRA CRUDA	2.61 ± 0.11	4.25± 0.28
E.L.N.	67.45 ± 0.24	65.42± 0.28

Representación de la media de 3 determinaciones (g/100 g de materia seca) y desviación estándar

ANALISIS PROXIMAL (DIETAS)

Los resultados de la composición proximal se muestran en la tabla 3.

Se encontraron valores de humedad de 10.3 y 13.3% para la dieta 1 y la 4 (control de digestibilidad) respectivamente.

En el contenido de minerales totales (ceniza) se logra observar una diferencia estadística significativa entre las dietas 1 y 3, no así entre las dietas 2 y 3.

En lo que se refiere al contenido proteico de las tres dietas utilizadas para el bioensayo de crecimiento no se observo diferencia significativa entre ellas por lo que de acuerdo a la formulación con el programa mixit concide, ya que las dietas se formularon para que fueran isoproteicas. El contenido de proteína promedio fue de 32.7%.

Con lo que repecta a la fibra cruda se incremento de la dieta 1 a la 3. Esto puede ser debido al incremento del frijol en las dietas, ya que la 1 no contiene frijol, la 2 presenta 30 % de inclusión y la 3 contiene 60% de inclusión, y que este presenta mayor contenido de fibra que la mezcla de soya-trigo utilizada. Esto es lo que explica el aumento de este nutrimento. Resultados similares se observan en lo reportados por Rocha-Estrada (1998) al utilizar chaya en diferente inclusiones y también una mezcla de soya-trigo.

En lo que respecta al extracto libre de nitrógeno o carbohidratos solubles, caso contrario al contenido de fibra cruda se logró observar un decremento, conforme aumenta la inclusión del frijol, esto se puede explicar a que la mezcla soya-trigo presenta mayor contenido de carbohidratos que el frijol, resultados similares son reportados por Rocha-Estrada (1998), al incrementar el contenido de chaya.

En el contenido de lípidos se observó diferencia significativa entre las tres dietas, aunque teóricamente se habían formulado para que fueran isolipídicas. Las diferencias sin embargo no fueron mayores a 0.86g /100g. En la dieta 4 o control de digestibilidad se observan resultados para humedad, minerales totales, proteína y lípidos mas altos en comparación con las otras tres dietas utilizadas para crecimiento. Esto es debido a que todos los ingredientes de la dieta 2 excepto el frijol pasan del 70 al 100% de inclusión y por lo tanto el contenido de estos nutrimentos aumenta. En lo que se refiere a la fibra cruda y al extracto libre de nitrógeno se observan valores más bajos comparados con las otras dietas.

Tabla 3. - Composición proximal de las dietas experimentales utilizadas para el ensayo biológico.

DIETA	HUMEDAD	CENIZA	PROTEINA	GRASA	FIBRA CRUDA	E.L.N.
DIETA 1	10.31 ± 0.19 ^a	9.70 ± 0.06 ^a	32.71 ± 0.36 ^a	10.21 ± 0.07 ^a	1.76 ± 0.09 ^a	45.60 ± 0.44 ^d
DIETA 2	11.66 ± 0.11 ^b	9.86 ± 0.05 ^{ab}	32.48 ± 0.13 ^a	10.74 ± 0.14 ^b	2.32 ± 0.19 ^b	44.59 ± 0.32 ^c
DIETA 3	11.83 ± 0.04 ^b	9.99 ± 0.17 ^b	32.77 ± 0.20 ^a	11.07 ± 0.09 ^c	3.33 ± 0.13 ^c	42.83 ± 0.47 ^b
DIETA CONTROL	13.28 ± 0.08 ^c	11.93 ± 0.35 ^c	36.04 ± 0.17 ^b	13.51 ± 0.12 ^d	1.57 ± 0.10 ^a	36.94 ± 0.28 ^a
Probabilidad	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Representación de la media de 3 determinaciones (g/100 g de materia seca) y desviación estándar Superíndices distintos en cada columna indican diferencia estadística significativa (P < 0.05)

ENERGÍA

Los resultados de la energía teórica proporcionada por las diferentes dietas se logran observar en la tabla 4.

Por lo que respecta a la energía de las diferentes dietas se logra ver entre la dieta 3 y 1, valores de 4.09 y 4.19 Kcal/g respectivamente, con un valor promedio de 4.14 Kcal/g. Este valor es menor que el reportado por Rocha-Estrada (1998) para las dietas con chaya (4.39 Kcal/g), pero cae dentro de los reportados para alimentos para camarón, los cuales están entre 2.08-4.31 Kcal/g (Devresse, 1991 citado por Rocha-Estrada, 1998).

Tabla 4. - Contenido energético teórico de las dietas experimentales.

DIETA	PROTEINA	GRASA	E.L.N.	ENERGIA
DIETA 1	29.34 ± 0.32 ^b	9.16 ± 0.06 ^a	40.90 ± 0.40 ^d	4.19 ± 0.01 ^c
DIETA 2	28.69 ± 0.11 ^a	9.49 ± 0.12 ^b	39.38 ± 0.28 ^c	4.12 ± 0.01 ^b
DIETA 3	28.89 ± 0.17 ^a	9.77 ± 0.08 ^c	37.77 ± 0.41 ^b	4.09 ± 0.01 ^a
DIETA CONTROL	31.26 ± 0.14 ^c	11.72 ± 0.10 ^d	32.04 ± 0.24 ^a	4.17 ± 0.01 ^c
Probabilidad	0.000	0.000	0.000	0.000

Representación de la media de 3 determinaciones (Proteína, Grasa y E.L.N. en g / 100 g de materia húmeda y Energía Kcal/g) y desviación estándar.

Superíndices distintos en cada columna indican diferencia estadística significativa (P < 0.05)

Los factores de conversión a energía para camarón son: Proteína (5.6 Kcal/g), Grasa (9.5Kcal/g) y E.L.N (4.1 Kcal/g)

TANINOS

El contenido de taninos de frijol crudo y sometido a 20 minutos de cocción, así como de las dietas se presentan en la tabla 5 y tabla 6.

El contenido de taninos del frijol crudo fue de 19.9 mg equivalentes de catequina / g de muestra húmeda. El valor se encuentra dentro de los reportados por Singleton y Kratzer (1973), citados por García-Díaz (1996) de 49-306 mg equi. de catequina / g de muestra. El contenido de taninos varía en una misma especie viéndose afectado por el clima y el estado de madurez (Braverman, 1967, citados por García-Díaz, 1996).

Se ha reportado que en el grano integro, los taninos condensados totales y sus fracciones aumentaron durante las primeras etapas del almacenamiento, alcanzaron un máximo y luego disminuyeron (Siewwright y Shipe, 1986, citados por Reyes-Moreno 1992). De León et al (1989), citados por Reyes-Moreno (1992) señalan que el contenido en la testa disminuye significativamente durante el almacenamiento, pero se observan ligeros incrementos en los cotiledones. El valor es alto comparado con el de otras leguminosas como la *Leucaena leucocephala*, 3.8 mg equi. de catequina / g de muestra (Alanís-Guzman, 1995) y 0.76 mg equi. de catequina / g de muestra en *Acacia wrightii* (García-Díaz 1996), y más alto también que el frijol común *Phaseolus vulgaris* var. Flor de Mayo de 13.89 mg equi. de catequina / g de muestra (Reyes-Moreno, 1992).

En el frijol sometido a 20 minutos de cocción, se logra observar una disminución del 58%, con respecto al frijol crudo. Mali et al. (1990) reportan una disminución del 40 al 60% en el contenido de polifenoles en semillas de *Leucaena leucocephala* empleando autoclave a 121°C/30 minutos.

Por otro lado en lo que se refiere a las tres dietas utilizadas para crecimiento, se logra ver un incremento del 36% en la dieta 2, con respecto a la dieta 1, y un aumento mas patente del 132% en la dieta 3 en comparación con la dieta 1. Esto puede ser explicado con el incremento en la inclusión del frijol en las dietas. Pero entre las dietas 2 y 4 hay una pequeña diferencia, estadísticamente no significativa, esta puede ser debido a la inclusión mezcla soya-trigo es casi igual en las dos dietas y es de 30 y 43% respectivamente.

Tabla 5.- Contenido de Taninos del frijol crudo y sometido a 20 minutos de cocción

FRIJOL	Base húmeda	Base seca
CRUDO	19.94 ± 0.39	22.04 ± 0.43
20 MINUTOS DE COCCION	8.32 ± 0.25	8.73 ± 0.26

Representación de la media de 3 determinaciones (mg equivalentes de catequina /g de muestra) y desviación estándar

Tabla 6. - Contenido de Taninos de las dietas experimentales utilizadas en el bioensayo.

DIETA	Base húmeda	Base seca
DIETA 1	1.57 ± 0.13 ^a	1.75 ± 0.14 ^a
DIETA 2	2.10 ± 0.25 ^b	2.38 ± 0.29 ^b
DIETA 3	3.59 ± 0.20 ^d	4.07 ± 0.22 ^d
DIETA CONTROL	2.44 ± 0.10 ^c	2.76 ± 0.08 ^b
Probabilidad	0.000	0.000

Representación de la media de 3 determinaciones (mg equivalentes de catequina / g de muestra) y desviación estándar

Superíndices distintos en cada columna indican diferencia estadística significativa (P < 0.05)

FIBRA DIETETICA TOTAL

Los resultados de la fibra dietética total del frijol sometido a 20 minutos de cocción y de las dietas se muestran en la tabla 7.

El contenido de fibra dietética total del frijol sometido a 20 minutos de cocción es de 39.57% en base húmeda, este valor es alto comparado con el de otras leguminosas como el ébano (*Pithecellobium flexicaule*) con un valor de 13.17% (González-Quijada, 1996), 13.97% para la semilla de *Acacia wrightii*, (García-Díaz, 1996). Además Pak (1995), reporta valores en chícharo, frijol var. Blanco, garbanzo var. California, lentejas var. Araucana y Constitución y Lupino var llama y Mutolupa de 14.1%,18.2%, 13.17%,, 15.6%, 35.3%,, 36.6% respectivamente. Y este es mas bajo comparado con la *Leucaena leucocephala* (51.93%).

Debido a que los 20 minutos de cocción no fue suficiente para suavizar el frijol o considerarlo cocido, es posible que una buena parte de esta fibra dietética esté constituida por almidones resistentes a la degradación enzimática, del tipo AR2 (nativo) o AR1 (inaccesible) (Englyst *et al* 1992 citados por Saura-Calixto *et al*, 1993), ya que la facilidad de hidrólisis enzimática de los almidones se incrementa de acuerdo al grado de gelatinización (Holn J. 1988) y ésta se incrementa durante la cocción. Sin embargo una alternativa para que los camarones utilicen la energía proveniente de los carbohidratos primordialmente y no de la proteína del frijol, seria aumentar el tiempo de cocción del frijol, pero esto implica cuestiones como gasto de energía, y por lo tanto puede aumentar el costo de la dieta. Rodríguez (1993) recomienda utilizar en las dietas formuladas carbohidratos altamente digeribles con el objeto de ahorrar proteínas, aumentar la velocidad de crecimiento y minimizar el costo de los alimentos.

En lo que se refiere a la fibra dietética total de las dietas se pudo observar que conforme aumenta el contenido de inclusión del frijol en la dieta, se incrementa este nutrimento, por lo que se logra apreciar un aumento del 25.22% y del 49.76% de las dietas 2 y 3 respectivamente en comparación con la dieta 1 que no contiene frijol.

Tabla 7. - Contenido de fibra dietética total del frijol sometido a 20 minutos de cocción y de las dietas experimentales.

MUESTRA	g / 100g en base húmeda	g / 100g en base seca
FRIJOL 20' COCCION	39.57	41.54
DIETA 1	18.67	20.82
DIETA 2	23.38	26.47
DIETA 3	27.96	31.71
DIETA CONTROL	26.91	31.03

LIXIVIACIÓN

Los resultados de la lixiviación se encuentran en la figura 2 y en la tabla 2 (Apéndice B)

En cuanto a la pérdida de materia seca, no se presentó diferencia estadística significativa en ninguna de las dietas, aunque se observó una pequeña diferencia entre la dieta 1 y 4 de 6.96% y 8.94% pérdida materia seca respectivamente. Las diferencias entre las tres dietas pudieron ser debidas al incremento en la inclusión de la harina de frijol.

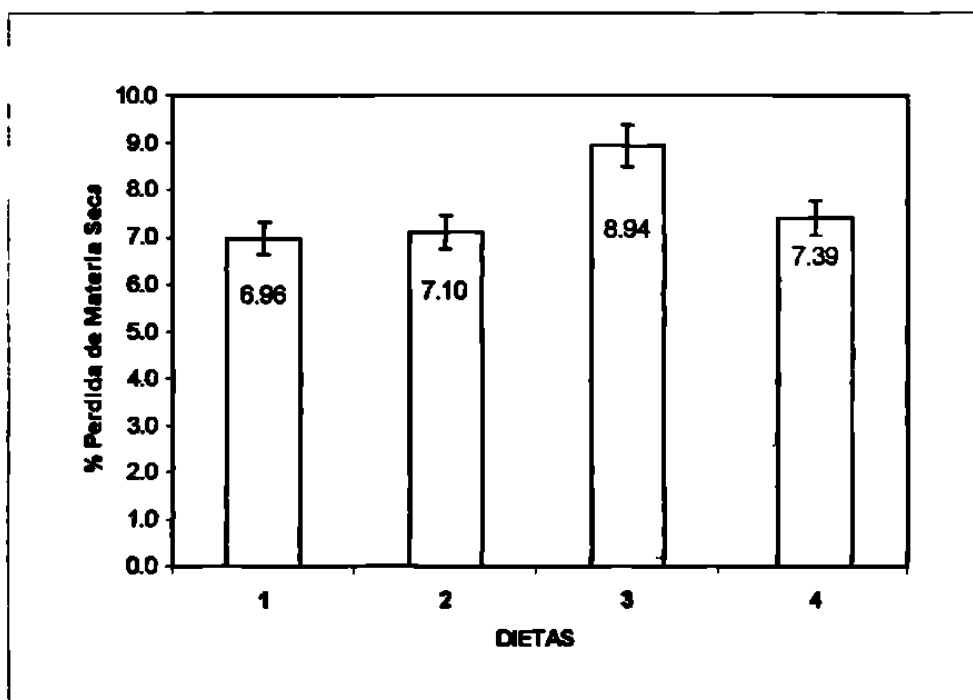
Entre mas contenido de fibra mayor pérdida de materia seca, ya que la fibra difícilmente se muele finamente y los restos actúan como conductores de agua, que al entrar al alimento, crea fracturas y disminuyen la estabilidad del alimento en el medio acuático (Akiyama et

al., 1991, citado por Rocha-Estrada, 1998). Por otro lado si como se mencionó anteriormente buena parte de la fibra es almidón, éste ejerce un poder de captación de agua hacia el interior del pelet, que también disminuiría su estabilidad.

Sin embargo los resultados reportados en esta investigación presentan menor porcentaje de pérdida de materia seca que los reportados por Rocha-Estrada (1998) en chaya y Rodríguez *et al.* (1994) al utilizar la inclusión de la planta halófito *Salicornia europea* en dietas para el camarón *Litopenaeus vannamei*.

El porcentaje de pérdida de materia seca de las dietas experimentales es excelente según la clasificación de Rodríguez *et al.* (1994), ya que él menciona que menos del 20 % de desmoronamiento se considera al alimento de excelente estabilidad.

Figura 2. - Porcentaje de lixiviación de las dietas utilizadas para el ensayo biológico.



PARAMETROS FISICOQUIMICOS DE LA CALIDAD DE AGUA

Los parámetros fisicoquímicos del agua se muestran en la tabla 8 y la figura 1 (Apéndice B).

Durante los 28 días que duró el bioensayo de crecimiento, la salinidad del agua en los acuarios fluctuó entre 30 y 35 g/L; la temperatura varió entre 25 y 30°C; el pH se mantuvo entre 8.0-8.3. Los NO_2 registraron una variación de 0.2-0.5 ppm y los NO_3 entre 120 y 176 ppm; La presencia de NH_3 vario entre 0-0.05 ppm. Los PO_4 fluctuaron entre 0.2 y 0.6.

Tabla 8. - Parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua

DETERMINACION	RANGO
pH	8.1 ± 0.13
NH_3 (ppm)	0.0 ± 0.03
NO_2 (ppm)	0.4 ± 0.14
NO_3 (ppm)	144 ± 23.32
PO_4 (ppm)	0.4 ± 0.16
TEMPERATURA (°C)	27.36 ± 1.22
SALINIDAD (g/L)	33.25 ± 1.48

ENSAYO BIOLÓGICO

A) CRECIMIENTO

1. - RESULTADOS DEL BIOENSAYO A LOS 14 DIAS

Los resultados obtenidos en la evaluación biológica a los 14 días de bioensayo se muestran en la tabla 9.

En este bioensayo, a los 14 días no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los parámetros biológicos evaluados (ganancia de peso, tasa de crecimiento, consumo individual, tasa de conversión alimenticia y sobrevivencia). Se confirmó que el peso inicial fue homogéneo sin diferencia significativa, eso es correcto para iniciar un bioensayo (figura 3).

En lo que respecta al consumo individual de los organismos aunque no se presentó diferencia estadística se logró observar que la dieta que la dieta 1 tuvo una mayor ingesta con 2.20 g., seguida de la dieta 2 con un consumo similar 2.14g y la dieta 3 fue la de menor consumo (2.08 g)(figura 6).

Para la tasa de crecimiento proporcionada por la dieta 2 (30% de inclusión de frijol) es mayor a la obtenida por las otras dietas 60.12% contra 48.60 y 49.42 (dieta 1 y 3 respectivamente)(figura 5).

Aunque para la tasa de conversión alimenticia no hubo diferencia estadística, la dieta 2 fue la que mejor valor presentó con 1.95 y seguidas por las dietas 3 y 1 con valores de 2.34 y 2.64 respectivamente (figura 7).

Además a lo que se refiere a la sobrevivencia aunque la mayor se observa en la dieta 3 (100%), en las otras dos dietas se reporta un

95.83%, por lo que la mortalidad es muy pequeña, considerándose excelente (figura 8).

Tabla 9. - Parámetros de Evaluación Biológica a los 14 días

PARAMETRO	DIETA 1	DIETA 2	DIETA 3	Prob.
Peso Inicial (g)	1.885 ± 0.01 ^a	1.883 ± 0.01 ^a	1.893 ± 0.01 ^a	0.433
Peso Final (g)	2.803 ± 0.26 ^a	3.015 ± 0.21 ^a	2.829 ± 0.21 ^a	0.257
Ganancia de Peso (g)	0.917 ± 0.25 ^a	1.132 ± 0.21 ^a	0.935 ± 0.21 ^a	0.231
Biomasa Inicial (g)	7.543 ± 0.05 ^a	7.531 ± 0.06 ^a	7.575 ± 0.06 ^a	0.425
Biomasa final (g)	11.214 ± 1.06 ^a	11.007 ± 1.39 ^a	11.317 ± 0.85 ^a	0.889
Tasa Crecimiento	48.60 ± 13.40 ^a	60.12 ± 11.25 ^a	49.42 ± 11.57 ^a	0.218
Consumo Individual (g)	2.196 ± 0.06 ^a	2.145 ± 0.13 ^a	2.088 ± 0.04 ^a	0.136
T.C.A.	2.64 ± 1.09 ^a	1.95 ± 0.36 ^a	2.34 ± 0.57 ^a	0.296
Sobrevivencia (%)	95.83 ± 10.20 ^a	95.83 ± 10.20 ^a	100 ± 0.00 ^a	0.616
Mortalidad (%)	4.17 ± 10.20 ^a	4.17 ± 10.20 ^a	0.0 ± 0.00 ^a	0.616

Superíndices distintos en cada fila indican diferencia estadística significativa (P < 0.05)

2. - RESULTADOS DEL BIOENSAYO A LOS 28 DIAS

Los resultados obtenidos en la evaluación biológica a los 28 días del bioensayo se pueden ver en la tabla 10.

No se observó diferencia estadística significativa en lo que refiere a ninguno de los parámetros evaluados en camarón *Litopenaeus vannamei* excepto para la tasa de conversión alimenticia.

Los organismos que mayor peso final presentaron fueron los de la dieta 2, observándose un valor de 4.201 g. El menor peso final (3.755 g) se obtuvo con la dieta 1 (figura 3), y, debido a que el bioensayo se inició con pesos homogéneos, la dieta 2 es la que mayor ganancia de peso presentó con 2.318 g (figura 4).

Para la dieta 2 se observó una tasa de crecimiento de 123.12%, un valor similar con la dieta 3 y un porcentaje de incremento del 24 % con respecto a la dieta 1, así que se logro observar que las de mayor tasa de crecimiento son para las dieta 2 y 3 las cuales presentan inclusión de frijol, a diferencia de la dieta 1 la cual presenta inclusión de soya-trigo, cabe mencionar que para las tres dietas no hay diferencia estadística (figura 5).

En lo que concierne al consumo individual la dieta que menos se ingirió fue la 3 con 5.29 g y la de mayor ingesta fue la dieta 1 con 5.63 g. (figura 6).

En lo que se refiere a la tasa de conversión alimenticia si hay diferencia significativa para las dietas, observándose la mayor TCA para la dieta 1 con un valor de 3.09 y menores valores para las dietas 2 y 3, de 2.46 y 2.31 respectivamente. Esto es el reflejo de que la dieta 1 fue la que mas se consumió y la que menor ganancia de peso se presentó (figura 7). Por lo anterior se tiene que la dieta 3 con 60% de frijol es la que presenta la mejor tasa de conversión alimenticia, aunque superior a la de Rocha Estrada (1998) con 20% de Chaya de 2.06.

La tasa de sobrevivencia es similar a la evaluada a los 14 días del bioensayo, en la dieta 3 se observó un 100% de sobrevivencia y para las otras 2 dietas un 95.83% (figura 8)

En el presente bioensayo con el camarón *Litopenaeus vannamei*, cuando se utiliza una inclusión de 30% de frijol se logra ver la mayor ganancia de peso (2.32 g) y una tasa de conversión alimenticia mejorada (2.46) con respecto a la dieta control (3.09) cuando se utiliza una inclusión de 60% de frijol, se logra una tasa de crecimiento prácticamente igual a la de la dieta con 30% de inclusión (121.51% vs 123.12%) y la mejor tasa de conversión alimenticia (2.31). La sobrevivencia, superior al 95% para las tres dietas, fue excelente y similar a la reportada por Rocha-Estrada (1998) alimentando a *Litopenaeus stylirostris* con 20% de harina de hojas de chaya en la dieta.

El grado de inclusión de 30% en las dietas es adecuado para una fuente vegetal, considerando que para la hoja de chaya fue de 20% con *Litopenaeus stylirostris* (Rocha-Estrada,1998), 28% para pasta de soya con *Litopenaeus vannamei* (Lim y Dominy, 1990), 26.5% de harina de algodón con *Litopenaeus vannamei* (Lim,1996).

Otros recursos vegetales se han utilizado experimentalmente en diversas especies acuáticas como la semilla de *Lupinus*, la cual puede reemplazar hasta 30% de la proteína animal en dietas para trucha suplementadas con lisina y metionina, mientras que puede incluirse hasta en 40% de su harina en alimentos con resultados adecuados (De la Higuera *et al.* , 1988; Hughes, 1988, 1991; Morales *et al.*, 1994 citados por Martínez *et al.* 1996). Por otra parte Rodríguez *et al.* (1994) encontraron que es posible utilizar la harina de paja de *Salicornia europea* como ingrediente en la formulación y elaboración de alimento para la engorda de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, con una consiguiente disminución de los costos del alimento, como resultado del uso de un recurso no convencional.

Treviño *et al.* (1994) mencionan sin embargo a la soya como una de las alternativas más promisorias como fuentes de proteína para las especies acuáticas, debido a su alta disponibilidad en el mercado a un

costo mucho más accesible que las fuentes tradicionales de proteína y con un excelente perfil de aminoácidos.

Mientras que Bressani y Elias ya desde 1980, citaban a las leguminosas como los vegetales mas ampliamente utilizados como alimento animal debido principalmente a su alto contenido proteico .

Tabla 10. - Parámetros de Evaluación Biológica a los 28 días.

PARAMETRO	DIETA 1	DIETA 2	DIETA 3	Prob.
Peso Inicial (g)	1.885 ± 0.01 ^a	1.883 ± 0.01 ^a	1.893 ± 0.01 ^a	0.493
Peso Final (g)	3.755 ± 0.37 ^a	4.201 ± 0.52 ^a	4.194 ± 0.22 ^a	0.106
Ganancia de Peso (g)	1.869 ± 0.36 ^a	2.318 ± 0.51 ^a	2.300 ± 0.22 ^a	0.105
Biomasa Inicial (g)	7.543 ± 0.05 ^a	7.531 ± 0.06 ^a	7.575 ± 0.06 ^a	0.425
Biomasa Final (g)	15.020 ± 1.47 ^a	15.242 ± 1.64 ^a	16.777 ± 0.87 ^a	0.085
Tasa Crecimiento	99.08 ± 19.02 ^a	123.12 ± 27.09 ^a	121.51 ± 12.26 ^a	0.107
Consumo Individual (g)	5.629 ± 0.25 ^a	5.511 ± 0.43 ^a	5.289 ± 0.31 ^a	0.243
T.C.A.	3.09 ± 0.55 ^b	2.46 ± 0.46 ^a	2.31 ± 0.75 ^a	0.013
Sobrevivencia (%)	95.83 ± 10.20 ^a	95.83 ± 10.20 ^a	100 ± 0.00 ^a	0.616
Mortalidad (%)	4.17 ± 10.20 ^a	4.17 ± 10.20 ^a	0.0 ± 0.00 ^a	0.616

Superíndices distintos en cada fila indican diferencia estadística significativa (P < 0.05)

Figura 3. - Peso Inicial, a los 14 y 28 días

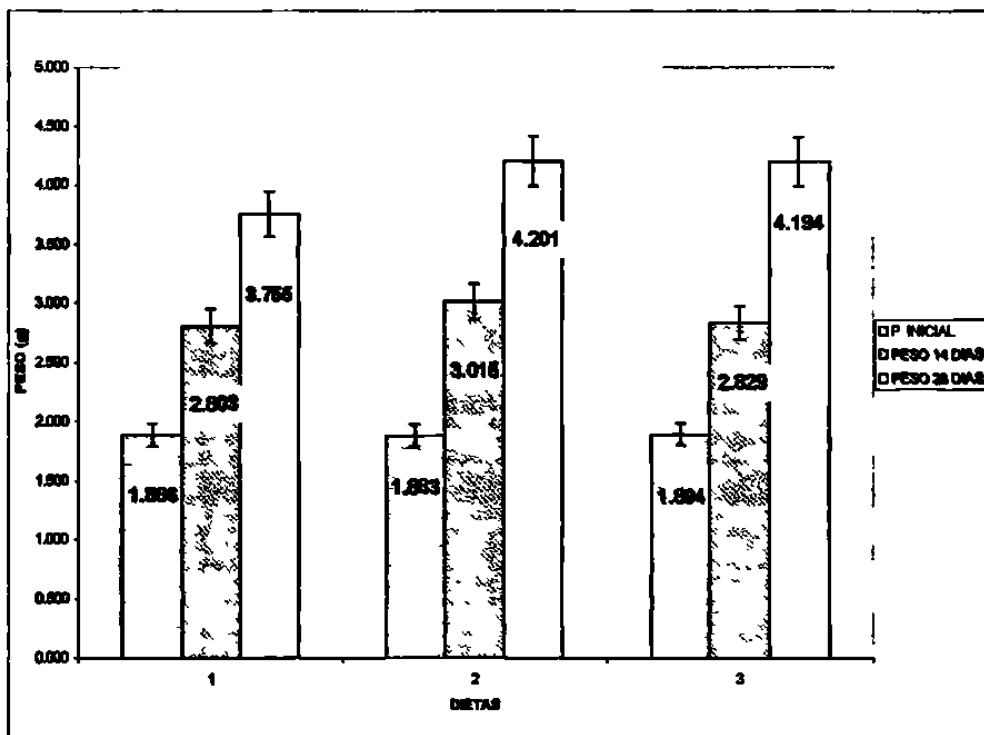


Figura 4. - Peso Ganado a los 14 y 28 días.

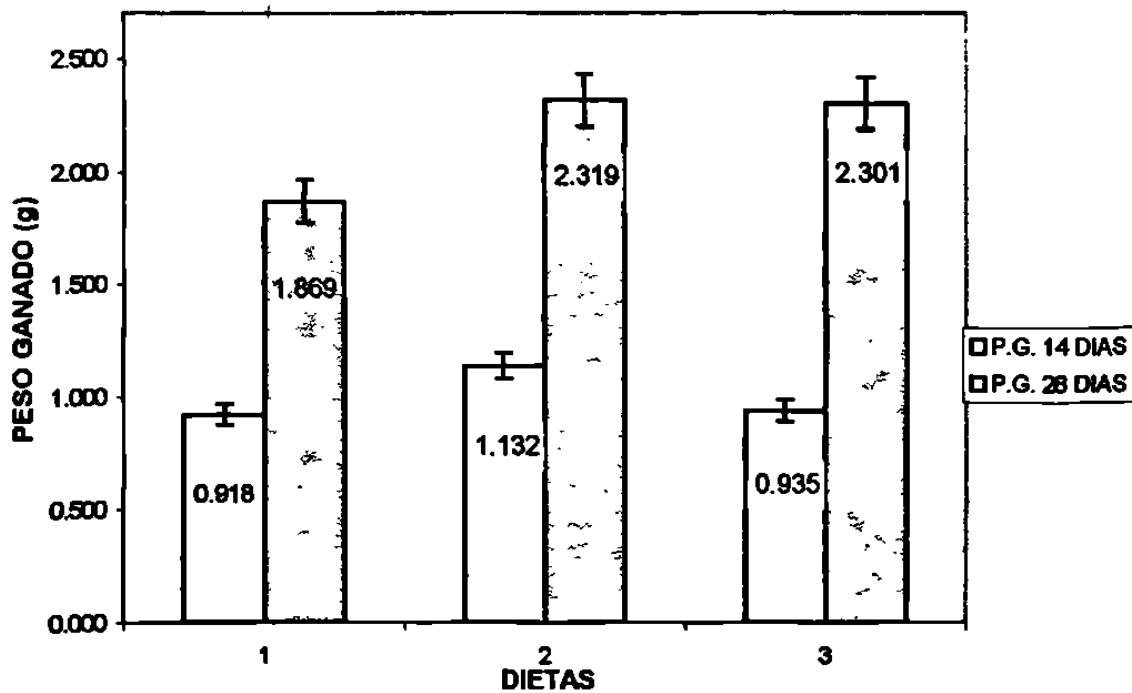


Figura 5. - Tasa de Crecimiento a los 14 y 28 días.

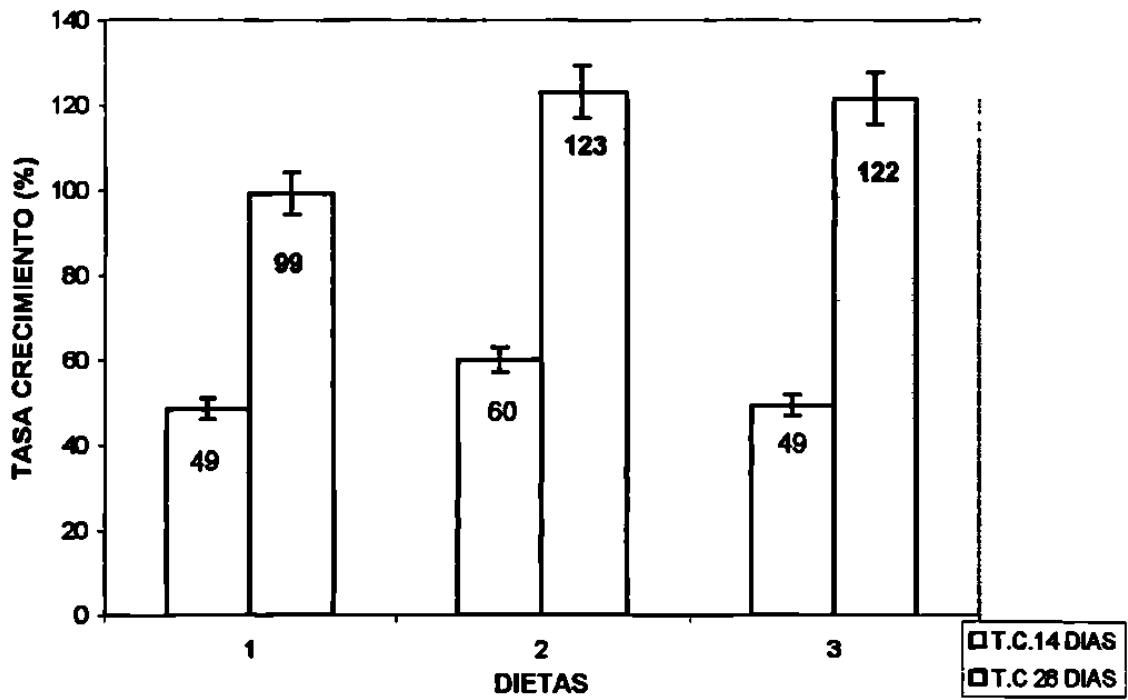


Figura 6. - Consumo individual a los 14 y 28 días.

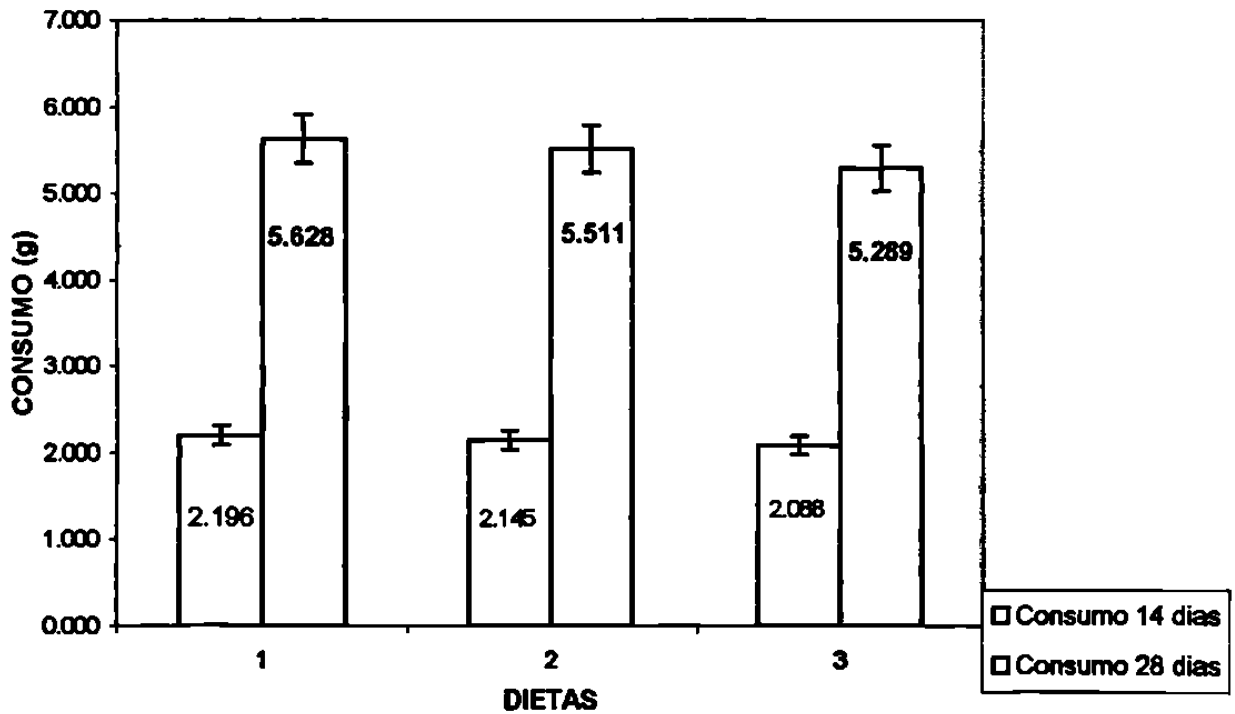


Figura 7. - Tasa de Conversión Alimenticia a los 14 y 28 días.

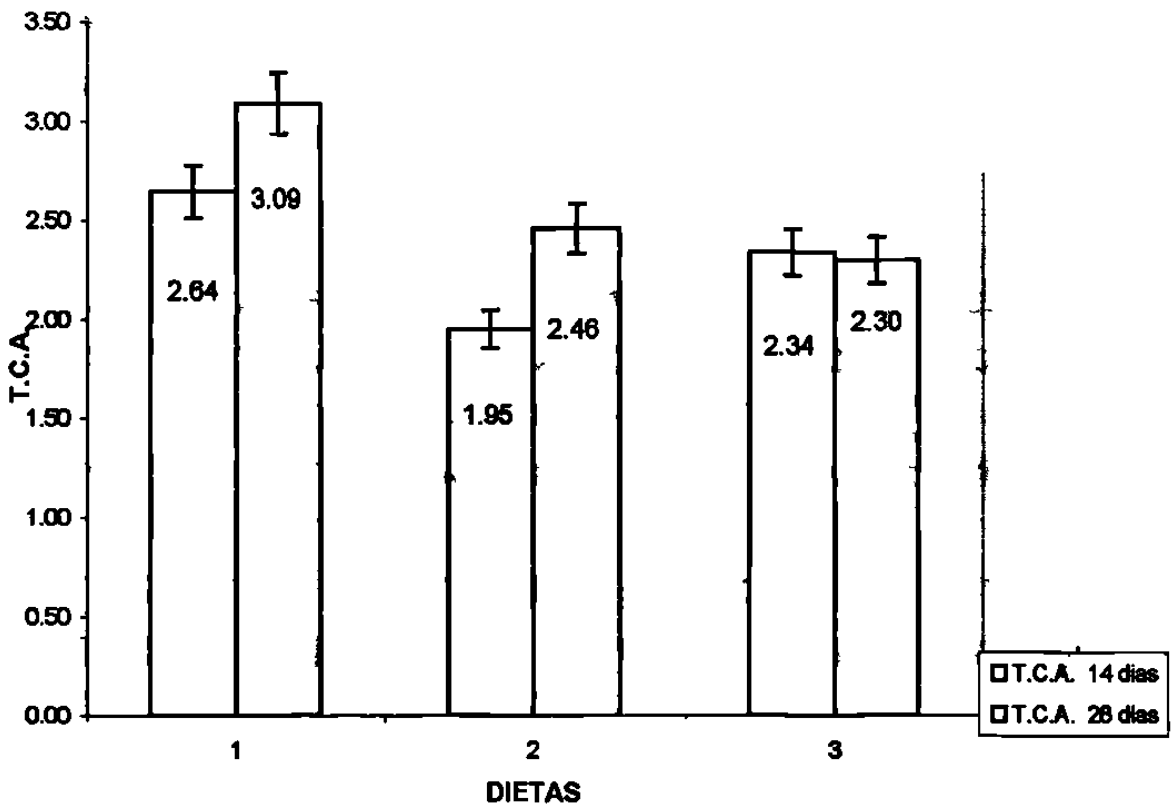
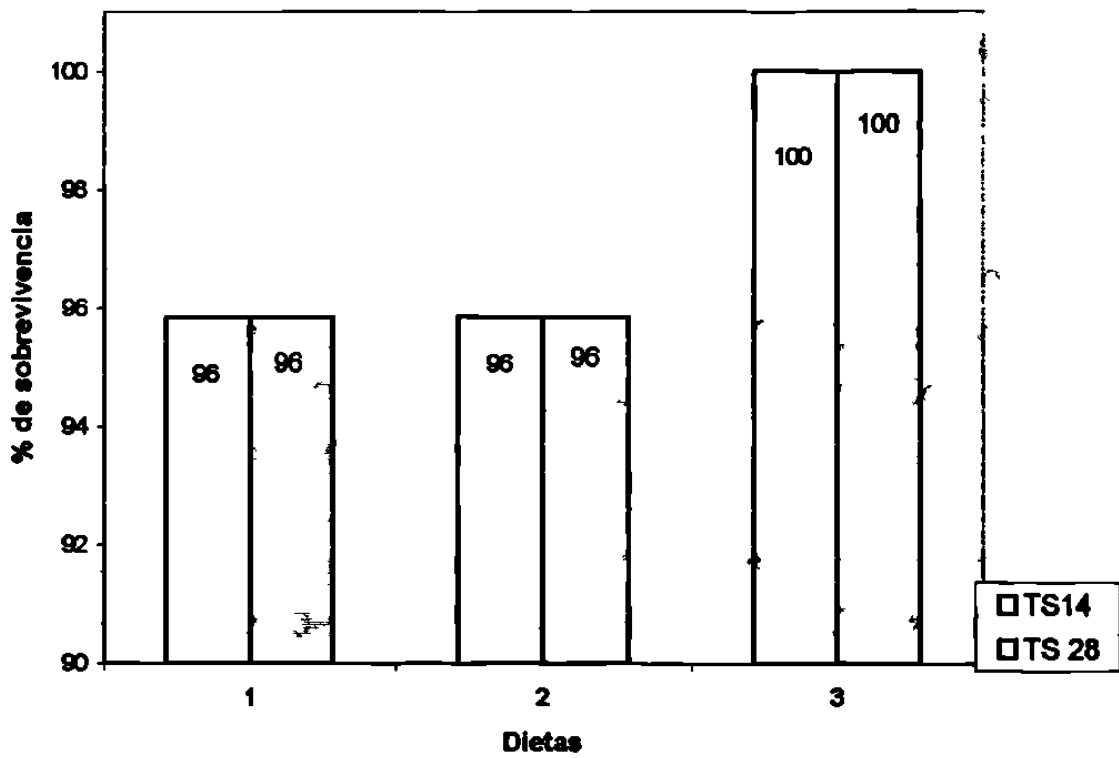


Figura 8. - Tasa de Supervivencia a los 14 y 28 días



DIGESTIBILIDAD PROTEICA Y DE LA MATERIA SECA.

Los resultados de la Digestibilidad Proteica y de la Materia Seca determinados para las dietas 1 (60% mezcla soya-trigo) y 2 (30% frijol) se muestran en la tabla 11, así como, de los ingredientes frijol y soya-trigo.

Se observa para la digestibilidad proteica en la dieta 1 (60% mezcla soya-trigo) un valor de 84.04%, similar estadísticamente a la dieta 4(1) de referencia y para la dieta 2 (30% frijol) se observa un valor significativamente menor que su dieta de referencia 4(2).

En cuanto a la digestibilidad proteica de los ingredientes se puede observar que para el frijol es de 71.67% y para soya-trigo es de 89%.

Salinas-Miller (2000) presenta resultados de digestibilidad proteica de diversos ingredientes entre los que se encuentran pasta de soya (90.7%), harina de trigo (71.2%) y gluten de trigo (94.6%). La harina de trigo presenta menor digestibilidad comparada con el frijol aquí obtenida de 89.5% mientras que la de la soya es similar a este último

En lo que se refiere a la digestibilidad de la materia seca para la dieta 1 y 2 se observan valores de 61.72% y 70.44% respectivamente, no presentándose diferencia estadística significativa con respecto a cada una de su dieta de referencia.

En cuanto a la digestibilidad de materia seca de los ingredientes se observan valores de 75.01% para el frijol y de 67.33% para la soya-trigo.

Salinas-Miller (2000) presenta resultados de digestibilidad de materia seca de diversos ingredientes entre los que se encuentran

pasta de soya con un valor de 78.3%, harina de trigo (101.5%) y gluten de trigo (101.1%). La digestibilidad del frijol es menor que la pasta de soya, harina de trigo y gluten de trigo.

Tabla 11. - Digestibilidad Proteica y de la Materia Seca de las dietas así como de los ingredientes frijol y soya-trigo.

DIETA	D.D.P	D.M.S.D.	I.A.D.P.	I.D.M.S.D.
DIETA 1 (SOYA-TRIGO)	84.04 ± 3.39 ^a	61.72 ± 7.54 ^a	89.53 ± 15.24♣	67.33 ± 25.32♣
DIETA 4(1)*	84.38 ± 3.21 ^a	59.34 ± 6.44 ^a		
DIETA 2 (FRIJOL)	88.42 ± 1.57 ^b	70.44 ± 4.72 ^b	71.67 ± 6.80♣	75.01 ± 15.52♣
DIETA 4 (2) **	92.38 ± 0.85 ^c	68.45 ± 2.51 ^b		
Probabilidad	0.000	0.001		

Representación de la medida de 8 determinaciones y desviación estándar

Superíndices distintos en cada columna indican diferencia estadística significativa (P < 0.05)

♣ Digestibilidad del Frijol ♣ Digestibilidad de la Soya-Trigo

* Dieta de referencia para la dieta 1 ** Dieta de referencia para la dieta 2

CONCLUSIONES

- 1.- El tratamiento que produce un frijol de mejor textura o consistencia fue el de 90 minutos de cocción a presión normal.**
- 2.- En el frijol sometido a 20 minutos de cocción a presión atmosférica ya no presenta Unidades Inhibidoras de Tripsina (UIT/mg muestra) por lo que se seleccionó este tiempo de cocción como el tratamiento a aplicar ya que aunque no logra la textura mas suave, si es donde se logra eliminar la actividad de los inhibidores de tripsina con el menor costo energético, pudiéndose incluso reducir éste si se emplea autoclave.**
- 3.- El frijol crudo y tratado por 20 minutos de cocción presentaron valores similares de proteína, la ceniza disminuyó y la fibra cruda se incrementó en la cocción.**
- 4.- La fibra cruda se incrementó conforme se aumentó la inclusión de frijol en la dieta.**
- 5.- El contenido de taninos disminuyó de 19.94 a 8.32 mg de catequina/g de muestra en el frijol tratado por 20 minutos de cocción con respecto al crudo.**
- 6. - El contenido de taninos en las dietas incremento con la inclusión del frijol .**
- 7. - La tasa de conversión alimenticia fue el único parámetro que presento diferencia significativa observándose los mejores valores para la dieta 2 y 3 que contienen frijol como ingrediente principal. La dieta de mejor TCA es la de 60% de frijol (Dieta 3).**

8.- La mejor dieta fue la 2 (frijol y soya-trigo), ya que presenta un contenido de taninos de 2.38 mg de catequina/g de muestra, fibra dietética 26.47%, una tasa de conversión alimenticia 2.46 y la mejor digestibilidad de proteína 88.42%.

LITERATURA CITADA

- Abreu-Penate, M.; A. Bencomo Hernández; E. Sampere Díaz; I. Farras Fernández; M. Hernández Triana; C. Porrata Maury and I. Ponce de León Boloy. 1988. Nutritional evaluation of the seeds of *Leucaena leucocephala*, *Bauhinia monandra* and *Albizia lebbek*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 38:4, pp 956-964. (Abstract).
- Ali R; H. Staub; G. Coccodrilli, Jr. and L. Schanbacher. 1981. Nutritional Significance of Dietary fiber: Effect on Nutrient Bioavailability and Selected Gastrointestinal Functions. J. Agric. Food Chem. vol 29 No.3 pp 465-472.
- Akiyama D.M; W,G, Dominy. 1989. Penaeid Shrimp Nutrition for the Commercial Feed Industry. American Soybean Association. Vol 3. pp 50.
- Akiyama D.M; W,G, Dominy y Addison L. Lawrence. 1991. Penaeid Shrimp Nutrition for the Commercial Feed Industry. Revised "Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop" American Soybean Association. pp 80-98.
- Akiyama D.M; W,G, Dominy y Addison L. Lawrence. 1993. Nutrición de Camarones Peneidos para la Industria de Alimentos Comerciales. Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. Facultad de Ciencias Biológicas. U.A.N.L. pp 43-79.
- Alanis-Guzmán, M.G. 1990. Apuntes de Nutrición. Apoyo Didáctico editado por la Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.N.L.
- Alanis-Guzmán, M.G.; A. Quiñones Patiño; T. Ramírez Hernández; T.E. Torres Cepeda. 1995. Estudio Químico, Nutricional y Toxicológico de la Semilla de *Leucaena leucocephala* En: Memorias del XIII Congreso Nacional de Investigación Biomedicas. Subdirección de Investigación y Estudios de Postgrado. Facultad de Medicina. U.A.N.L. pp 19

- Anónimo. 1991. Los Aminoácidos en la Nutrición Animal. Arbeitsgemeinschaft fur Wirkstoffe in der Tierernahrung e.V (AWT)
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 11th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. USA pp. 69-82.
- Atalah S. E. 1995. Factores dietarios en la prevención del cáncer. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 45 No.1-S pp 93-95.
- Avalos-Zubieta, E. 1998. Efectos de Tratamientos Térmicos en la Utilización Biológica de la Semilla de *Leucaena leucocephala* Lam de Wit. Tesis profesional. Departamento de Bioquímica. Facultad de Ciencias Biológicas. U.A.N.L.
- Badui-Dergal, S. 1986. Química de los alimentos. 1a ed. Ed. Alhambra Mexicana pp 353, 362, 366-371.
- Badui-Dergal, S. 1997. Química de los Alimentos. Quinta Reimpresión de la 3a. edición. Editorial Alhambra Mexicana, S. A. de C. V. México. pp. 296, 621, 631-632.
- Barampama, Z.; R.S. Simard. 1994. Oligosaccharides, Antinutritional Factors, and Protein Digestibility of Dry Beans as Affected by Processing. Journal of Food Science. Vol.59, No. 4, pp. 833-838.
- Bidlack-Wayne R; k. Arlene and M. S. Meskin. 1986. Nutritional Requirements of the Elderly. Food Technology. vol 40 No.2 pp 61-70.
- Bowen. 1978. Chromic Oxid In Assimilation Studies A Caution. Transactions of the American Fisheries Society. 107(5): 755-756.
- CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1978. Resúmenes Analíticos sobre Frijol. Vol. III. Cali, Colombia. pp. 100-101.

- Charley, H. 1991. Tecnología de los alimentos. Procesos Químicos y Físicos en la preparación de alimentos. 1a ed. Ed. LIMUSA, México D.F pp 623-624.
- Cho, C.Y. 1987. La Energía de los Nutrientes en los Peces, Nutrición en Acuicultura. Vol. II CAICYT, España. pp 197-237.
- Chung, K.T. and Cheng I Wei. 1997. Food Tannins and Human Health: A Double-Edged Sword? Food Technology, Vol.51, No.9, pp. 124.
- Clark, D. J; Lawrence, A. L; Swakson, D. H. D. 1993. Apparent chitin Digestibility in Penaeid Shrimp Acuaculture. Elsevier Science Publisler B.V. Amtsterdam.
- Cruz-Rique, L.E. 1987. Reserches sur la nature et le mode d'acction d'un "Facteur de Croissane" extraict du Calamar, Dans la Nutrition des Crevettes Peneides (Crustacea Decapoda), These de doctorat de l'université de Bretagne Occidentale.
- Cruz Suárez, L.E. 1993. Nutrición del Camarón. Diccionario de Nutrición Animal. PLM. 1a ed. pp 209-216.
- DRN. Dirección de Recursos Naturales. Gobierno del Estado de México. Mayo de 1981. Las Leguminosas del Estado de México. Servicios Agrícolas Internados en el Estado de México. S.A.R.H. México. pp. 1, 20-25.
- Desrosier. N.W. 1983. Elementos de Tecnología de Alimentos. 1a ed. Ed. CECSA. México. D.F. pp 44-51, 195-198.
- Egan, H; R. S. Kirk y R. Sawyer. 1991. Análisis Químico de los Alimentos de Pearson. 1a edición. Editorial CECSA México D.F pp 37-39.

- Elías, L.G. y R. Bressani. 1977a. Otros Factores que Afectan la Aceptabilidad de Las Leguminosas de Grano. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. XXVII (2) pp. 41-45
- Elías, L.G. y R. Bressani. 1977b. Métodos Biológicos para la Evaluación de las Leguminosas de Grano. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. XXVII (2) pp. 139-151.
- Fisher, P. y A. Bender. 1980. Valor nutritivo de los alimentos. 1a ed. Ed. LIMUSA. S.A pp. 72-74.
- García Díaz, C. 1996. Composición Química, Valor Nutricio y Anatomía de la Semilla de *Acacia wrightii*, Leguminosae. Tesis de Maestría en Ciencias con Especialidad en Alimentos. Subdirección de Postgrado. Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.N.L. Monterrey, N.L., México.
- García Villegas, A. 1999. Efectos de la Germinación sobre los Contenidos de Compuestos Antinutrimientales en Semillas de *Leucaena leucocephala* Lam de Wit. Tesis profesional. Departamento de Bioquímica. Facultad de Ciencias Biológicas. U.A.N.L.
- Gómez-Brenes, R y R. Bressani. 1977. Metodología Química Rápida para Propósitos de Selección. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. XXVII (2) pp. 125-138.
- González Quijada, M. R. 1996. Evaluación de Algunos Parámetros Nutricionales de la Semilla de Ebano *Pithecellobium flexicaule* (Benth) Relacionados con Potenciales Usos en la Alimentación Humana. Tesis de Maestría en Ciencias con Especialidad en Alimentos. Subdirección de Postgrado. Facultad de Ciencias Biológicas. U.A.N.L.

- Guerra, M. J. 1995. Digestibilidad de las proteínas de los cereales naturales y procesados. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. vol. 45 No. 1-S pp 320-325.
- Hughes, J. S. 1991. Potential Contribution of Dry Bean Dietary Fiber to Health. Food Technology. Vol 45 No.9 pp 122-126.
- IAFMM. 1970. Contenido de Aminoácidos Disponibles de la Harina de Pescado. No. 1.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1997. Cultivos Anuales de México. VII Censo Agropecuario. México, D.F. pp 195, 200.
- López, G; G. Ros; F. Rincón; M.J. Periago; C. Martínez y J. Ortuño. 1997. Propiedades Funcionales de la Fibra Dietética. Mecanismos de Acción en el tracto Gastrointestinal. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 47 No.3 pp 203-207.
- Kakade-Madhusudan, L. 1974. Biochemical Basis for the Differences in Plant Protein Utilization. J. Agr. Food Chem. vol. 22 No.4 pp 550-555.
- Kathleen-Mahan L. and M. T. Arlin. 1995. Krause Nutrición y Dietoterapia. 3a edición. Editorial Interamericana. Mc. Graw-Hill. pp 29-43.
- Mali, J.M.; L. S. Kute; N. D. Jambale and S. S. Kadam. 1990. Effect of Heat Processing on Antinutrients in Leucaena Seeds. Indian Journal of Animal Sciences. 60:3, pp. 383-385. (Abstract).
- Mendoza Alfaro, R. 1993. Métodos para Evaluar la Digestibilidad Proteica de los Alimentos Destinados a los Organismos Acuáticos. Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos para Acuicultura. Facultad de Ciencias Biológicas. U.A.N.L. pp 155-202.

- Molina, M. R., G. de la Fuente, y M.D. Breen. 1975. Interrelationship between storage, soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristics of the black bean (*Phaseolus vulgaris*). J. Food Science. Vol. 40, pp 581-587.
- Nagy, S.; L. Telek; N. T. Hall and R. E. Berry. 1978. Potential Food Uses for Protein from Tropical and Subtropical Plant Leaves. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 26:5, pp. 1016-1028.
- Nielsen, H.K; Finot, P.A; and Hurrell, R.F. 1985. Reactions of Proteins with oxidizing lipids, Influence on Protein Quality and the Bioavailability of Lysine, Methionine, Cysteine and Tryptophan as Measured in Rats Assays. British Journal of Nutrition vol 53 pp 75-86.
- Nielsen, S. S. 1991. Digestibility of Legumes Proteins. Food Technology. vol. 45 No.9 pp 112-114.
- Nieto López, M,G. 1995. Efecto de las Diferencias en el Procesamiento de las Harinas de Pescado y la Toxicidad de las Mismas, sobre la Digestibilidad Aparente en el Camarón Blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei* Boone) en Condiciones de Laboratorio.
- Nyman, M.E. and M. Bjorck.1989. *In Vivo* Effects of Phytic Acid and Polyphenols on the Bioavailability of Polysaccharides and Other Nutrients. Journal of Food Science. Vol. 54, No.5, pp 1332-1335,1363.
- Olson, A; G. M. Gray and Mei-chen Chiu. 1987. Chemistry and Analysis of Soluble Dietary Fiber. Food Technology. vol 41 No.2 pp 71-80.
- Pak, D. N. 1995. Aspectos Conceptuales y Analíticos de la Fibra de los Alimentos. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 45 No. 1-s pp 273-279.
- Potter, N. 1973. La Ciencia de los Alimentos. 1a ed. Ed. Edutex. México, D.F. pp 71.

- Price, M.L.; S. Van Scoyoc and L.G. Butler. 1978. A Critical Evaluation of the Vanillin Reaction as an Assay for Tannin in Sorghum Grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 26:5, pp. 1214-1218.
- Proulx, W.R.; C.M. Weaver and M.A. Bock. 1993. Trypsin Inhibitor Activity and Tannin Content Do Not Affect Calcium Bioavailability of Three Commonly Consumed Legumes. *Journal of Food Science*. 58:2, pp. 382-384.
- Reichert, R.D.; S.E. Fleming and D.J. Schwab. 1980. Tannin Deactivation and Nutritional Improvement of Sorghum by Anaerobic Storage of H₂O-, HCL-, or NaOH- Treated Grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 28:4, 824 and 829.
- Reyes Moreno, C. 1992. Endurecimiento del Frijol Común Desarrollo de Procedimientos para su Prevención y Cambios Físicoquímicos Durante la Reversibilidad de este Fenómeno. Tesis de Doctorado con Especialidad en Ciencias en Biotecnología de Plantas. CINVESTAV. IPN. Irapuato, Guanajuato, México.
- Rocha Estrada, A. 1998. "*Cnidocolus chayamansa* Mc. Vaugh como Fuente de Proteína Incorporada en Dietas para *Penaeus stylirostris*. Tesis de Maestría en Ciencias. Subdirección de Postgrado. Facultad de Ciencias Biológicas. U.A.N.L.
- Rodríguez-Marín, M.F. 1993. Requerimientos Energéticos de Peces y Crustáceos. pp 81-89. En Mendoza, Cruz-Suárez y Rique (Eds.). *Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 7-9 de Noviembre de 1994. Monterrey Nuevo León.
- Rodríguez, Marin, M. F.; J. González Villalobos y C. Ahumada 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. Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.N.L. pp. 219-231.

- Ruiz Oronoz, M; D. Nieto Roaro y E. Larios Rodríguez. 1983. Tratado Elemental de Botánica. 1a ed. Ed. ECLALSA. México D.F., pp 621-624.
- Singleton, V.L. and F.H. Kratzer. 1969. Toxicity and related physiological activity of phenolic substances of plant origin. Journal Agricultural and Food Chemistry. 17:3, pp. 497-512.
- Singleton, V.L. and F.H. Kratzer. 1973. Plant Phenolics. pp. 327-332. In: Toxicans Occurring Naturally in Foods. National Academy of Sciences, Washington, D.C., USA
- Schneeman, B. O. 1986. Physical and Chemical Properties Methods, and Physiological Effects. Food Technology. Vol. 40 No. 2 pp 104-110.
- Schneeman, B. O. 1987. Soluble vs Insoluble Fiber-Different Physiological Responses. Food Technology vol 41 No.2. pp 81-82.
- Schneeman, B. O. 1989. Dietary Fiber. Food Technology. Vol 43 No. 10 pp 133-139.
- Schnell, M. 1995. Aspectos fisiológicos y nutricionales de la fibra dietética. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 45 No. 1-S pp 280-283.
- Tacon, A.G.J. 1987. The Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp a Training Manual 1. The Essential Nutrients. F.A.O. pp 117.
- Toma, R.B. and D.J. Curtis. 1986. Effect on Mineral Bioavailability. Food Technology vol 40 No.2 pp 111-116.
- Treviño Camillo L, M. y A. Celis Gutiérrez. 1994. Uso de la Soya en Acuicultura. pp 171-183. En Mendoza, Cruz-Suárez y Rique (Eds.). Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 7-9 de Noviembre de 1994. Monterrey Nuevo León.

Whitaker, J. R. and R. E. Feeney. 1973. Enzyme Inhibitors in Foods. pp. 276-298. in: Toxicants Occurring Naturally in Foods. National Academy of Sciences, Washington, D.C., USA

APENDICE A (DETERMINACIONES ANALÍTICAS)

FIBRA DIETETICA TOTAL

La fibra dietética total fue determinada por el método enzimático-gravimétrico de la AOAC No.991.43. utilizando los reactivos de Sigma Chemical, Inc. Un gramo de muestra desgrasada fue ajustado a pH 6.0 con buffer de fosfato e incubada con amilasa por 15 minutos a 95°C. Transcurrido ese tiempo, se ajustó a pH 7.5 y se le adicionó proteasa y se incubó 30 minutos a 60°C, posteriormente se ajustó el pH 4.0-4.6 y incubó con aminoglucosidasa durante 30 minutos a 60°C. Para incubar a las diferentes temperaturas se utilizó un agitador Precision modelo 25. Enseguida se le adicionó etanol al 95% y se dejó reposar toda la noche. Después el precipitado se pasó a un crisol tarado y conteniendo celite, el cual es lavado con acetona y etanol al 95% y luego se seca en una estufa marca Narca, modelo 620, a 105°C por 24 horas. Dos blancos por muestra fueron corridos durante toda la técnica, obteniéndose cuatro residuos, dos de muestras y dos de blancos. Dos de ellos fueron analizados para proteína por el método de Kjeldahl (AOAC, 1990) y los otros se incineran a 525°C por 5 horas en una mufla Sybron/thermoline, Modelo F-A1730 (Iowa, USA) para determinar las cenizas. Gravimétricamente se determinó el contenido de fibra dietética total.

TANINOS

La concentración de taninos, fue determinada por el método de HCL-Vainillina, modificado por Price *et al.* (1978) y Desphande y Cheryan (1985); Para la extracción se utilizó HCL al 1% en metanol absoluto durante un tiempo de 22 horas en agitación mecánica a 30 °C, utilizando un agitador Precision modelo 25, con baño térmico. Los extractos fueron centrifugados a 1,500 r.p.m. durante 10 minutos en una centrifuga Solbat modelo C-300. alicuota de 1mL del sobrenadante se hicieron reaccionar durante 20 minutos exactamente a 30 °C con una mezcla de vainillina 1% en metanol y HCl 8% en metanol , se utilizó un

blanco con HCl 4% en metanol. Se realizó una curva estándar de catequina en concentraciones de 0.0, 0.04, 0.08, 0.12, 0.16 y 0.20 mg/mL. Las absorbancias fueron leídas a 515 nm en un espectrofotómetro Coleman Junior II modelo 6 | 20. Los análisis fueron determinados por triplicado y se ajustó a cero con metanol.

INIBIDORES DE TRIPSINA

Las muestras fueron analizadas de acuerdo a la metodología propuesta por Kakade *et al.* (1974).

A 1 gramo exacto de la muestra fue extraída con 50 mL de NaOH 0.008 N a temperatura ambiente durante 2 horas y media con agitación ocasional. El pH de las muestras varió entre 8.4 y 9.6, en un potenciómetro Basic Denver Instruments modelo Basic pH meter. Pasado el tiempo, de la suspensión se tomó una alícuota de 1 mL para seleccionar donde se presentaba una inhibición de 0.4 a 0.6, con respecto a el tubo 0 (agua destilada). Después de seleccionar la dilución, de esta se tomaban porciones de 0, 0.6, 1.0, 1.4, 1.8 y 2.0 mL fueron incubados con tripsina (doblemente cristalizada y libre de sales) en HCl 0.001 M y BAPA (Clorhidrato de benzoil-DL arginina-4-nitroanilida) en un baño térmico Precision modelo 25 a 37 °C durante exactamente 10 minutos, al pasar este tiempo se detuvo la reacción al agregarle ácido acético al 30%. Las absorbancias fueron leídas a 410 nm, utilizando un blanco de reactivos en un espectrofotómetro Coleman Junior II modelo 6 | 20. Los análisis se realizaron por triplicado.

OXIDO DE CROMO Y PROTEINA

A 30 mg de heces o de la dieta se hicieron reaccionar con Agente oxidante (Molibdato de Sodio como catalizador, H₂SO₄, Acido perclórico y Agua destilada) y ácido perclórico a una temperatura de 300°C por 15 min en un digestor eléctrico Tecator modelo 2006, se deja enfriar y se afora a 50 mL. Se lee la absorbancia a 438 nm en un espectrofotómetro Beckman DU® 650, Este aparato tiene una curva de calibración para las

dietas es de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 % de Cr_2O_3 y para las heces de 2.0, 3.0, 5.0 y 7.0% de Cr_2O_3 . Enseguida para la determinación de proteína a esto realizaba una destilación en un destilador Tecator modelo 1026 (Este cuenta con una dilución automática y una adición de álcali a la muestra) el destilado se recupera en ácido bórico al 4% y se titulo en el aparato (Brand Burette Digital II)

APENDICE B

Tabla 1. - Contenido de Unidades Inhibitorias de Tripsina del frijol crudo y tratado a diferentes tiempos de cocción.

TRATAMIENTO	U.I.T / mg DE MUESTRA SECA
SIN TRATAMIENTO	15.05 ± 0.29 ^d
5 MINUTOS DE COCCIÓN	7.36 ± 0.14 ^c
10 MINUTOS DE COCCIÓN	4.21 ± 0.26 ^b
15 MINUTOS DE COCCIÓN	2.18 ± 0.15 ^a
Probabilidad	0.000

Representación de la media de 3 determinaciones (U.I.T. / mg de muestra seca) y desviación estándar.

Superíndices distintos en cada columna indican diferencia estadística significativa (P < 0.05)

TABLA 2. - Porcentaje de lixiviación de las dietas utilizadas para el ensayo biológico.

DIETA	LIXIVIACIÓN
DIETA 1	6.98 ± 0.79 ^a
DIETA 2	7.10 ± 1.22 ^a
DIETA 3	8.94 ± 1.95 ^a
DIETA CONTROL	7.39 ± 0.62 ^a
Probabilidad	0.269

Representación de la media de 3 determinaciones (% de pérdida de materia seca y desviación estándar).

Superíndices distintos en cada columna indican diferencia estadística significativa (P < 0.05)

Tabla 3. - Contenido de nutrientes obtenidos al formular las dietas con el programa mixit+2

NUTRIENTES	Frijol 0	Frijol 30	Frijol 60	C. DIGEST.
Base %	100	100	100	100
Humedad %	6.47	5.67	4.87	6.11
Proteína %	30.02	30.02	30.01	32.93
Lípidos %	10	10	10	13.67
Fibra %	1.26	2.06	2.85	1.21
Ceniza %	11.13	10.58	12.03	14.57
E.L.N. %	41.27	40.83	40.39	31.72
Arginina %	2.11	2.16	2.22	2.44
Lisina %	1.91	2.17	2.43	2.28
Metionina %	0.69	0.69	0.68	0.86
Isoleucina %	1.09	1.13	1.16	1.13
Leucina %	2.06	2.16	2.26	2.21
Histidina %	1.05	1.11	1.18	1.27
Fenilalanina %	1.42	1.5	1.57	1.54
Treonina %	1.02	1.1	1.19	1.12
Triptofano %	0.36	0.35	0.34	0.38
Valina %	1.25	1.31	1.37	1.34
18:2n6 %	2.07	2.04	2	2.84
18:3n3 %	0.27	0.26	0.25	0.38
20:5n3 %	0.58	0.58	0.58	0.83
22:6n3 %	0.56	0.56	0.56	0.8
Calcio %	0.98	1.02	1.06	1.36
Fósforo %	1.06	1.1	1.13	1.38
Colesterol %	0.4	0.4	0.4	0.56
Fosfolípidos %	3.66	3.67	3.67	5.26
Energía (Kcal/g)	4.31	4.3	4.29	4.43

Figura 1. - Temperatura y Salinidad reportados durante el bioensayo de crecimiento

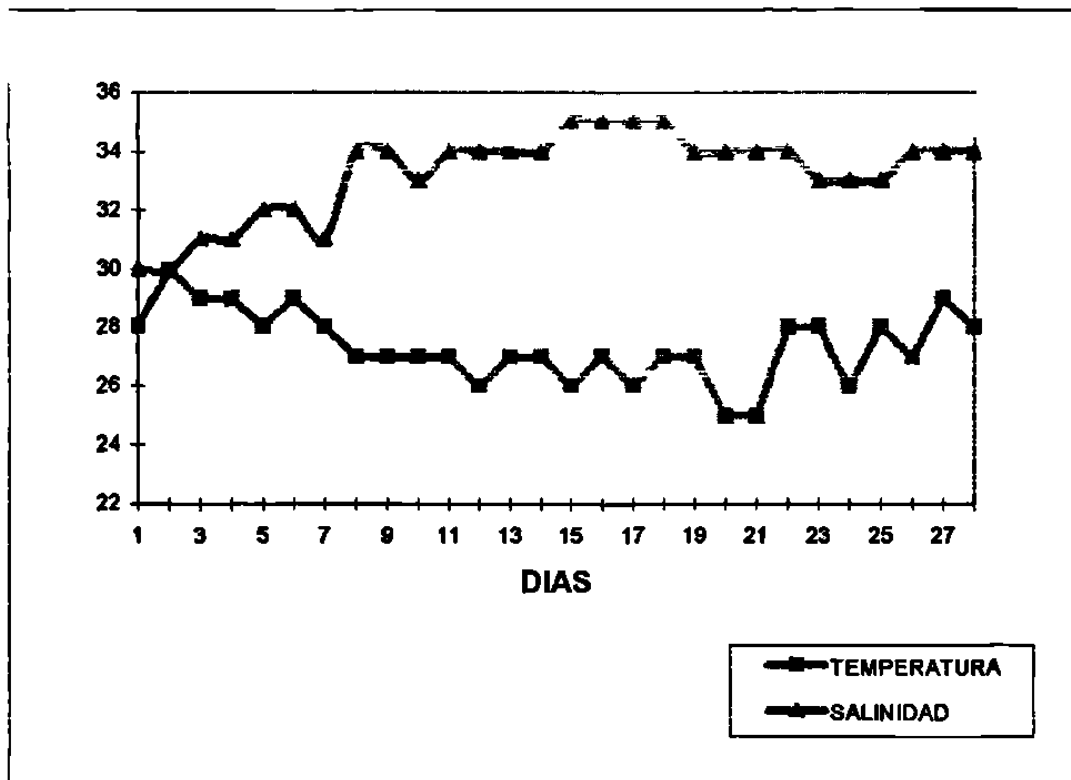


Figura 4. – Textura del frijol crudo

No. de Frijol	Newtons/grano
1	192.32
2	234.73
3	204.60
4	250.53
5	146.91
6	166.69
7	171.38
8	159.65
9	184.41
10	80.57



