

**LA FRACCION SOLIDA DE LA DIGESTION DE DESECHOS  
ORGANICOS, ALIMENTO POTENCIAL  
PARA PECES Y CRUSTACEOS**

**SOLID FRACTION OF THE DIGESTION OF ORGANIC WASTE,  
A POTENTIAL FOOD FOR FISH AND CRUSTACEANS**

Jesús Paniagua Michel <sup>1</sup>  
Carlos Granados Machuca <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación Científica y  
de Educación Superior de Ensenada  
Espinoza #843, Ensenada, BC, México  
<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Marinas, UABC  
Apartado Postal 453, Ensenada,  
Baja California, México

Paniagua Michel, J. y Granados Machuca, C.- La fracción sólida de la digestión de desechos orgánicos, alimento potencial para peces y crustáceos. Solid Fraction of the Digestion of Organic Waste, A Potential Food for Fish and Crustaceans. Ciencias Marinas 13(4):69-80, 1987.

**RESUMEN**

Se elaboraron harinas de la fracción sólida de la digestión aeróbica de estiércoles de gallina y vaca y de *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh y se comparó el contenido de proteínas, aminoácidos, grasas, fibra y carbohidratos con los valores reportados en las dietas convencionales para peces y crustáceos importantes en acuicultura. Los resultados sugieren que estas harinas pueden substituir parcialmente las dietas convencionales para peces y crustáceos.

**ABSTRACT**

From the solid fraction of the aerobic digestion of chicken and cow manures and *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh, meals were elaborated. Their protein, aminoacid, fat, fibre and carbohydrate content was compared with that reported in conventional diets for fish and crustaceans important in aquaculture. Results suggest that these meals are a promissory source of carbohydrates, fats, fibre and proteins for the partial substitution of conventional meals in fish and crustacean diets.

**INTRODUCCION**

La acuicultura está experimentando una etapa de transición de una actividad extensiva a una semi intensiva. Esto ha fomentado el desarrollo de dietas más económicas porque el alimento balanceado se convierte, en este caso, en la principal y en algunas veces en la única fuente de alimento. La dependencia creada se refleja en un incremento de los costos de producción que a veces llegan a absorber el

**INTRODUCTION**

Aquaculture is in a transitional phase from an extensive to a semi-intensive activity. This has lead to the development of more economical diets because the balanced food becomes, in this case, the main and sometimes the only source of food. The dependance created produces an increase of the production costs which sometimes absorb 50% of the total of fish farms (Schroeder, 1977). In some fish

50% del total de las granjas de cultivo (Schroeder, 1977). En algunos cultivos de peces y crustáceos los altos costos de los constituyentes del alimento artificial que se administran en estos cultivos, principalmente de la harina de pescado (considerada como una de las mejores fuentes de proteína por Re-Araujo y Bückle-Ramírez, 1985; Law, 1986 y Dabrowski, 1977), obliga a explorar nuevos sustitutos y fuentes de alimento de bajo costo.

Entre las alternativas sobresalen los rastrojos de arroz y trigo, alfalfa, *Elodea* sp., *Lemna* sp., bagazo de caña, pastos, desechos agrícolas, conchas de crustáceos, semillas de girasol y nabo silvestre (Alexis *et al.*, 1985; Dabrowska y Wojno, 1977; Goyer y Avault, 1977; Jackson, *et al.*, 1982; Law, 1986; Rumsey y Ketola, 1975 y Venkataramiah *et al.*, 1978). Los desechos animales y vegetales crudos al ser tratados mejoran su calidad como alimento para los peces (Watson, 1985). Torres-Garza (1986) recomienda una transformación previa del alga *M. pyrifera* para alimentar a juveniles de *Tilapia* sp. Jacintos acuáticos procesados aeróbicamente son fuente promisoría de alimento para *Tilapia* sp. (Edwards *et al.*, 1983). Goyer y Avault (1977) y Wiernicki (1984) reportan que con un tratamiento efectivo de rastrojos y residuos vegetales se puede alimentar al langostino *Procambarus clarkii*. Venkataramiah *et al.* (1978) utilizan el pasto *Spartina* sp. tratado aeróbicamente, como alimento confiable para el camarón café, *Penaeus aztecus*. La fracción sólida de la digestión aeróbica de los estiércoles de vaca y de gallina y el alga *Macrocystis pyrifera*, no se han evaluado y puede ser un sustituto parcial de las dietas para peces y crustáceos.

## MATERIALES Y METODOS

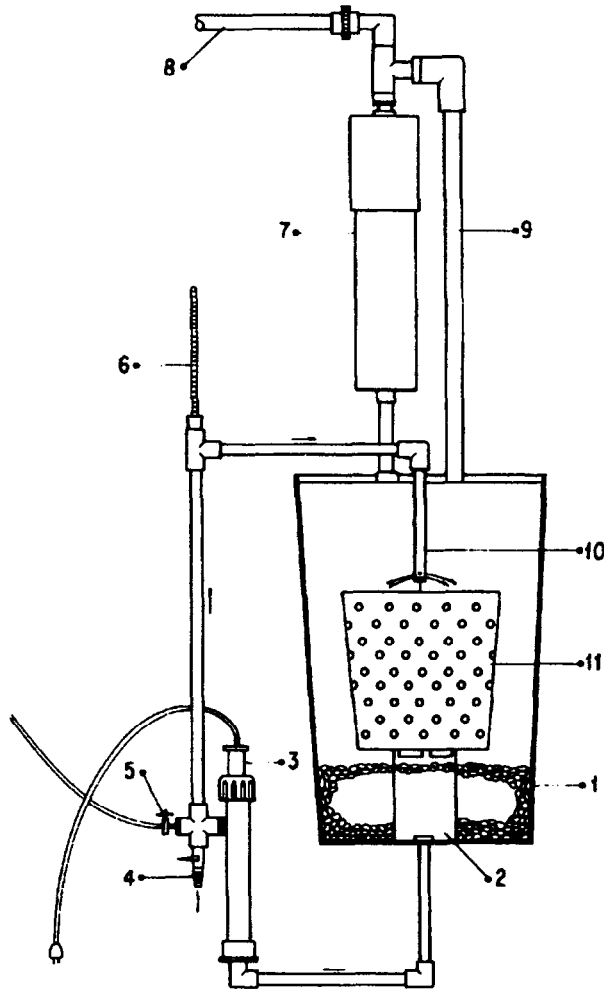
Se hizo la digestión aeróbica de estiércol de vaca, de gallina y de la macroalga café *M. pyrifera* en biodigestores individuales de circuito cerrado (Fig. 1) (Paniagua-Michel, 1984). Detalles de la carga orgánica, el tiempo de digestión y los principales parámetros registrados en el proceso se describen en Paniagua-Michel y Bückle-Ramírez (1986). De cada biodigestor se cosechó el remanente semisólido en forma de pasta después de 30

and crustacean cultures, the high costs of the artificial food constituents, mainly of the fish meals (considered as one of the best protein source by Re-Araujo and Bückle-Ramírez, 1985; Law, 1986 and Dabrowski, 1977), force us to explore new low cost sources of food and substitutes.

Among the alternatives, rice and wheat stubble, alfalfa, *Elodea* sp., *Lemna* sp., waste pulp of the sugar cane, pasture, agricultural wastes, crustacean shells, sunflower seeds, forest turnip, are the most important (Alexis *et al.*, 1985; Dabrowska and Wojno, 1977; Goyer and Avault, 1977; Jackson *et al.* 1982, Law, 1986; Rumsey and Ketola, 1975 and Venkataramiah *et al.*, 1978). The animal wastes and raw vegetable improve their quality as fish food when they are treated (Watson, 1985). Torres-Garza (1986) recommends a previous transformation of the algae *M. pyrifera* to feed *Tilapia* sp. juveniles. Aerobically processed aquatic hyacinths are a promissory source of food for *Tilapia* sp. (Edwards *et al.*, 1983). Goyer and Avault (1977) and Wiernicki (1984) report that with an efficient treatment of stubble and vegetable residues, the crayfish *Procambarus clarkii* can be fed. Venkataramiah *et al.* (1978) use the grass *Spartina* sp., aerobically treated, as a nutritive food for the northern brown shrimp *Penaeus aztecus*. The solid fraction of the aerobic digestion of chicken and cow manure and the algae *Macrocystis pyrifera* have not been evaluated and may constitute a partial substitute for fish and crustacean diets.

## MATERIALS AND METHODS

Aerobic digestion of chicken and cow manure and of the brown macroalgae *M. pyrifera* was made in individual biodigestors in close circuit (Fig. 1) (Paniagua-Michel, 1984). The details of the organic load, the digestion time and the main parameters recorded in the process are described in Paniagua-Michel and Bückle-Ramírez, (1986). The semi-solid remnant in the form of paste was removed from each biodigestor after thirty days and after collecting the liquid fraction. The paste of each digested resource was dried in the open air, avoiding the direct sunlight. Later, it was macerated in a mortar to form meals.



**Figura 1.** Biodigester de laboratorio: 1) capa de roca, 2) soporte del recipiente perforado, 3) calentador, 4) llave de colecta, 5) Inyección de aire, 6) termómetro, 7) eliminador de espuma, 8) desfogue de gases, 9) retorno, 10) descarga del licor, 11) recipiente perforado.

**Figure 1.** Laboratory biodigester 1) rock layer 2) base of the perforated container 3) heater 4) collection tap 5) air injection 6) thermometer 7) foam eliminator 8) gas ejection 9) return 10) liquor discharge 11) perforated container.

días y posterior a la colecta de la fracción líquida. La pasta de cada recurso digerido se secó a la intemperie evitando la incidencia directa del sol. Posteriormente se maceraron en un mortero para formar harinas.

Chemical analysis were made of the meals of each digested resource, as described below. The raw protein content was done using the Kjeldhal method, the raw fat content according to the Soxhlet method, raw

Se realizaron análisis químicos en las harinas de cada recurso biodigerido, como abajo se describe. El contenido de proteínas crudas se hizo por el método Kjeldhal, el de grasas cruda por el método Soxhlet, la fibra cruda, las cenizas, la humedad y los aminoácidos de acuerdo a los procedimientos descritos en Horowitz (1975). Los carbohidratos se calcularon indirectamente por diferencias. De los residuos hidrolizados se identificaron los aminoácidos con la técnica de cromatografía en papel en forma descendente y se cuantificaron por cromatografía de capa fina.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los niveles de proteína detectados en las harinas de los biodigeridos fueron 12% para el estiércol de gallina, 13% para el de vaca y 10% para *M. pyrifera* (Tabla I). Comparando estos valores con el rango de las dietas consideradas altas en proteína para peces y crustáceos (Tabla II), se observa que en algunos casos representan el 50% y en otros, por abajo de la mitad del mínimo requerido por organismos carnívoros y herbívoros. Para la trucha arco iris, *Salmo gairdneri*, se reporta el óptimo entre 35-40% de proteína (Satia, 1974 y Tiews *et al.*, 1976); para la carpa común *Ciprinus carpio*, entre 25-30% (Alexis *et al.*, 1985 y Tacon *et al.*, 1983) y para *Tilapia* sp. se estima el rango óptimo de 21-68% (Hepher *et al.*, 1983 y Jackson *et al.*, 1982). Farmanfarman y Lauterio (1979) indican que el requerimiento óptimo de proteína para camarones y langostinos juveniles es superior al 40%, mientras que para juveniles maduros y adultos es entre 20-35%. Para el langostino rojo *P. clarkii*, Butler (1971) recomienda el óptimo de proteína de 30-60%; no obstante Huner y Meyers (1979) y Huner *et al.* (1975) registran un buen crecimiento con niveles de proteína del 15%. New (1976) menciona que bajas cantidades de proteína (14 y 15%) son buenas para peneidos y carideos, si se logra un balance adecuado de aminoácidos. El hecho de que los fabricantes produzcan alimentos con menos del 30% de proteínas, es una evidencia de la factibilidad de las dietas balanceadas con baja proteína, siempre que se logre un balance adecuado en su contenido de aminoácidos. El 13% de proteína del biodigerido de estiércol de vaca es similar al adecuado para muchos crustáceos.

fibre, ashes, moisture and aminoacids following the procedures described in Horowitz (1975). The carbohydrates were calculated indirectly by differences. The aminoacids were identified among the hydrolyzed residues using the chromatography paper technique in descending form and were quantified by fine layer chromatography.

## RESULTS AND DISCUSSION

The protein levels detected in the biodigested obtained were 12% for the chicken manure, 13% for the cow manure and 10% for *M. pyrifera* (Table I). Comparing these values with the range of diets considered high in proteins for fish and crustaceans (Table II), it is observed that in some cases, they represent 50% and in others, below the minimum required by carnivore and herbivore organisms. For the rainbow trout, *Salmo gairdneri*, the optimum is reported between 35% and 40% of protein (Satia, 1974 and Tiews *et al.*, 1976), for the common carp, *Ciprinus carpio*, between 25% and 30% (Alexis *et al.*, 1985 and Tacon *et al.*, 1983) and for *Tilapia* sp., it is estimated from 21% to 68% (Hepher *et al.*, 1983 and Jackson *et al.*, 1982). Farmanfarman and Lauterio (1979) indicate that the optimum protein requirement of juvenile shrimps and crayfish is higher than 40%, whereas for mature juveniles and adults, it is between 20% and 35%. For the red swamp, *P. clarkii*, Butler (1971) recommends the protein optimum of 30% to 60%; Huner and Meyers (1979) and Huner *et al.* (1975), however, record a good growth with a 15% protein level. New (1976) points out that low quantities of protein (14% and 15%) are good for Penaeidae and Caridea, if an adequate balance of aminoacids is obtained. The fact that manufacturers produce food with less than 30% of protein shows the possibility of low protein diets, as long as an adequate balance of aminoacid content is obtained. A 13% protein level in the biodigested cow manure is similar to the adequate one for many crustaceans.

In the content of the meal of the biodigested chicken and cow manure, 14 aminoacids were detected and 12 were found in *M. pyrifera* (Table III). The aminoacids mentioned by New (1976) as essential for the shrimp *Penaeus serratus* and *P. aztecus*, such

**Table I. Análisis químico proximal de las harinas de los biodigeridos.**  
**Table I. Proximal chemical analysis of the meals of the biodigested.**

| Análisis (%)  | Estiércoles biodigeridos de |       |                    |
|---------------|-----------------------------|-------|--------------------|
|               | Gallina                     | Vaca  | <i>M. pyrifera</i> |
| Proteína      | 12.00                       | 13.10 | 10.00              |
| Grasas        | 0.45                        | 1.92  | 0.36               |
| Ceniza        | 18.42                       | 24.82 | 33.41              |
| Humedad       | 7.56                        | 8.11  | 15.54              |
| Fibra         | 3.00                        | 8.16  | 4.38               |
| Carbohidratos | 60.57                       | 43.89 | 36.31              |

**Tabla II. Constitución química de las dietas para peces y crustáceos importantes en acuicultura.**  
**Table II. Chemical constituents of the diets for important fish and crustaceans in aquaculture.**

| Ingrediente (%) | <i>C. carpio</i> <sup>1</sup> | <i>S. gairdneri</i> <sup>2</sup> | <i>Tilapia sp</i> <sup>3</sup> | <i>Panaeus sp</i> <sup>4</sup> | <i>Macrobrachium sp</i> <sup>5</sup> |
|-----------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Proteínas       | 25.0-38.0                     | 17.6-66.0                        | 21.0-68.0                      | 22.0-60.0                      | 22.0-48.0                            |
| Grasas          | 3.00-4.5                      | 7.0-11.0                         | 0.9-11.0                       | 2.5-8.0                        | 7.9-12.0                             |
| Humedad         | 11.0-12.0                     | 5.4-9.0                          | 2.0-16.0                       |                                | 9.7-10.0                             |
| Fibra           |                               | 2.4-5.6                          | 0.8-12.6                       | 4.0-13.3                       | 5.0-30.0                             |
| Carbohidratos   | 35.0-46.0                     | 17.0-38.0                        | 23.0-69.0                      | 10.0-21.0                      |                                      |
| Aminoácidos:    |                               |                                  |                                |                                |                                      |
| Arginina        | 3.85                          | 2.06                             | 5.2                            | 4.0-9.0                        | 6.86                                 |
| Histidina       | 1.66                          | 1.05                             | 2.4                            | 1.61-3.2                       | 2.87                                 |
| Leucina         | 7.39                          | 2.86                             | 7.0                            | 4.0-9.5                        | 8.66                                 |
| Isoleucina      | 4.92                          | 1.69                             | 4.2                            | 2.0-6.0                        | 2.10                                 |
| Licina          | 3.74                          | 2.81                             | 7.2                            | 0.30-8.4                       | 6.11                                 |
| Metionina       | 1.73                          | 0.81                             | 2.8                            | 4.95-8.2                       | 3.41                                 |
| Cistina         | 1.85                          | 0.26                             |                                | 0.5-2.3                        | 0.91                                 |
| Fenilalanina    | 5.01                          | 1.55                             | 3.8                            | 2.4-12.0                       | 4.26                                 |
| Tirosina        | 3.0                           | 1.10                             | 3.0                            | 0.9-8.0                        | 2.60                                 |
| Treonina        | 4.20                          | 1.66                             | 4.2                            | 2.9-3.8                        | 3.90                                 |
| Triptofano      | trazas                        | 0.55                             |                                | 0.37-4.0                       | 0.50                                 |
| Valina          | 4.59                          | 1.99                             | 4.6                            | 3.63-8.0                       | 4.06                                 |
| Ac. Aspártico   |                               |                                  | 8.9                            | 6.82-11.4                      | 9.81                                 |
| Serina          |                               |                                  | 3.6                            | 4.92-7.10                      | 4.71                                 |
| Ac. glutámico   |                               |                                  | 12.8                           | 11.48-19.0                     | 18.06                                |
| Prolina         |                               |                                  | 3.7                            | 1.60-15.8                      | 7.09                                 |
| Glicina         |                               |                                  | 5.7                            | 2.41-10.5                      | 7.01                                 |
| Alanina         |                               |                                  | 5.8                            |                                |                                      |

Datos tomados de: 1. Law (1986) y Watson (1985); 2. Alexis (1985), Tacon *et al.* (1983) y Edwards *et al.* (1977), 3. Hephert *et al.* (1938) y Jackson *et al.* (1982); 4. Andrews *et al.* (1972), CICTUS (1986) y Teshima *et al.* (1986); 5. Millikin *et al.* (1980), Farmanfarmaian y Lauterio (1980).

**Tabla III.** Contenido de aminoácidos de las harinas de los biodigeridos.  
**Table III.** Aminoacid content of the meals of the biodigested.

| Aminoácidos (%) | Estiércoles digeridos de |        |                    |
|-----------------|--------------------------|--------|--------------------|
|                 | Gallina                  | Vaca   | <i>M. pyrifera</i> |
| Isoleucina      | 1.37                     | 2.34   | 1.16               |
| Leucina         | 1.36                     | 2.36   | 1.15               |
| Lisina          | 3.06                     | 4.00   | 1.78               |
| Metionina       | 1.03                     | 1.10   | trazas             |
| Fenilalanina    | 1.39                     | 2.37   | 1.17               |
| Treonina        | 2.92                     | trazas | trazas             |
| Valina          | trazas                   | trazas | trazas             |
| Tirosina        | 4.20                     | 3.20   | 3.70               |
| Triptofano      | 3.60                     | 3.40   | 2.20               |
| Alanina         | 2.63                     | 1.30   | trazas             |
| Arginina        | 2.12                     | 10.60  | 4.20               |
| Ac. Aspártico   | 2.14                     | 10.40  | 4.06               |
| Cistina         | trazas                   | trazas | trazas             |
| Ac. Glutámico   | 2.11                     | 10.41  | 3.80               |
| Glicina         | 2.08                     | 9.45   | 4.40               |
| Histidina       | trazas                   | 3.94   | 1.80               |
| Prolina         | trazas                   | trazas | trazas             |
| Serina          | 3.10                     | 1.10   | 1.40               |

Al analizarse el contenido de aminoácidos se registraron en la harina del biodigerido de estiércoles de vaca y de gallina catorce aminoácidos y en *M. pyrifera* doce (Tabla III). En las tres harinas se hallaron los aminoácidos que menciona New (1976) como esenciales para el camarón *Penaeus serratus* y *P. aztecus* como Arginina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Treonina (valores muy bajos y trazas), Triptofano, Tirosina y con excepción de Valina (trazas). Los mismos aminoácidos se reportan para *Macrobrachium ohione* a excepción de Triptofano (Miyajima, *et al.*, 1975) y para *Macrobrachium rosenbergii* no se menciona a la Lisina como esencial (Watanabe, 1975). Dabrowska y Wojno (1977), encontraron que para la trucha arco iris se requerían sólo Triptofano y Metionina, mientras que Rumsey y Ketola (1979), determinaron que Metionina, Leucina, Treonina, Valina y Lisina también eran necesarios. Jackson *et al.* (1982) indican que *Tilapia* sp. y otros peces de importancia comercial necesitan de Metionina y Treonina en su dieta. Para

as Arginine, Histidine, Isoleucine, Leucine, Threonine (very low values and traces), Tryptophan, Tyrosine, except Valine (traces), were found in the three meals. The same aminoacids are reported for *Macrobrachium ohione* except Tryptophan (Miyajima *et al.*, 1975) and for *Macrobrachium rosenbergii*, Lysine is not mentioned as essential (Watanabe, 1975). Dabrowska and Wojno (1977) found that for the rainbow trout, only Tryptophan and Methionine were necessary, whereas Rumsey and Ketola (1979) determined that Methionine, Leucine, Threonine, Valine and Lysine were also required. Jackson *et al.* (1982) state that *Tilapia* sp. and other commercially important species require Methionine and Threonine in their diet. For some crustaceans, the value obtained from Isoleucine (essential aminoacid, AAE) could satisfy the requirements of the Penaeidae, *Macrobrachium* sp. and in some fresh water fish such as the rainbow trout, *C. carpio* and *Tilapia* sp., slightly over 50%. The detected value of Leucine (AAE) is adequate for the

algunos crustáceos, el valor obtenido de Isoleucina (aminoácido esencial, AAE) podría satisfacer los requerimientos de Peneidos, *Macrobrachium* sp. y en ciertos peces de agua dulce como la trucha arco iris, *C. carpio* y *Tilapia* sp., ligeramente superior al 50%. El valor detectado de Leucina (AAE) es adecuado para la trucha; la Lisina (AAE) para *S. gairdneri* y peneidos; Tirosina, Triptófano, Arginina, ácido aspártico, Glicina e Histidina podrían suplir las necesidades de *C. carpio*, *S. gairdneri*, *Tilapia* sp., peneidos y *Macrobrachium* sp. Metionina y Fenilalanina se encuentran por abajo de las demandas mínimas y también se tiene que suplementar completamente Treonina, Valina, Cistina y Prolina para las especies aludidas anteriormente (Tabla II y III).

El biodigerido de estiércol de vaca tuvo el máximo valor de 1.92% de grasas totales, el de gallina, 0.45% y *M. pyrifera*, 0.36%. Estos valores aunque bajos podrían suplir el 50% del mínimo necesario para *C. carpio*, *Tilapia* sp. y *Penaeus* sp. Los peneidos, truchas y salmones prefieren los ácidos grasos W3 (Sick and Andrews, 1973), además del ácido linoléico, importante en la dieta, por ser una fuente de materiales básicos para la síntesis de ácidos grasos superiores (Shewbart y Mies, 1973).

Los valores de 60%, 43% y 36% de carbohidratos detectados (Tabla III) en las harinas de los biodigeridos de estiércol de gallina, de vaca y de *M. pyrifera* respectivamente (Tabla I) son superiores al mínimo requerido por las especies aquí comparadas (Tabla II). Sólo el 12% de carbohidratos es adecuado para la trucha (Phillips *et al.*, 1948); 20% para el salmón *Oncorhynchus tshawytscha* (Buhler y Halver, 1961) y en especie del género *Tilapia* sp. se reporta un rango de 23-69% (Mazid *et al.*, 1979; Hopher *et al.*, 1983 y Jackson *et al.*, 1982). Tacon *et al.* (1983) mencionan para *C. carpio* valores de 35-46%. Los carbohidratos son necesarios como fuente de energía en las dietas principalmente de omnívoros y herbívoros como *Macrobrachium dayanum* (Tyagi y Prakash, 1967), tilapia, bagre y carpa (Bret y Groves, 1979). Se ha demostrado en los peces carnívoros una capacidad para utilizar carbohidratos como fuente de energía (Edwards *et*

trout, the Lysine (AAE) for *S. gairdneri* and Penaeidae; Tyrosine, Tryptophan, Arginine, aspartic acid, Glycine and Histidine could meet the requirements of *C. carpio*, *S. gairdneri*, *Tilapia* sp., Penaeidae and *Macrobrachium* sp. Methionine and Phenylalanine are below the minimum needs. It is also necessary to supplement completely Threonine, Valine, Cystine and Proline for the species referred to previously (Table II and III).

The maximum value of total fats of the biodigested cow manure was 1.92%, that of chicken, 0.45% and *M. pyrifera*, 0.36%. Although they are low, these values could supplement 50% of the minimum necessary for *C. carpio*, *Tilapia* sp. and *Penaeus* sp. The Penaeidae, trouts and salmones prefer W3 fat acids (Sick and Andrews, 1973), besides linolenic acid, important in the diet because it is a source of basic materials for the synthesis of superior fat acids (Shewbart and Mies, 1973).

The values of 60%, 43% and 36% of carbohydrates detected (Table III) in the meals of the biodigested chicken and cow manure and of *M. pyrifera* respectively (Table I) are superior to the minimum required by the species compared herein (Table II). Only 12% of the carbohydrates is adequate for the trout (Phillips *et al.*, 1948), 20% for the salmon *Oncorhynchus tshawytscha* (Buhler and Halver, 1961) and a range of 23%-69% for the species of the genus *Tilapia* sp., (Mazid *et al.*, 1979; Hopher *et al.*, 1983 and Jackson *et al.*, 1982). Tacon *et al.*, (1983) mention values of 35%-46% for *C. carpio*. The carbohydrates are a necessary source of energy in the diets mainly of Omnivora and Herbivora as *Macrobrachium dayanum* (Tyagi and Prakash, 1967), tilapia, North American catfish and carp (Bret and Groves, 1979). It was proved that carnivore fish are able to use carbohydrates as source of energy (Edwards *et al.*, 1977). The carbohydrates are metabolically important in the Krebs cycle, in glycogene storage, in the steroids and fat acids formation as well as in the synthesis of chitine, necessary for the peritrophic membrane of the faecal pellets and for the exoskeleton of crustaceans (Cowey and Foster, 1971).

*al.*, 1977). Los carbohidratos son importantes metabólicamente en el ciclo de Krebs, en el almacenamiento de glucógeno, en la formación de esteroides y ácidos grasos y en la síntesis de quitina, necesaria para la membrana peritrófica de los "pellets" fecales y para el exoesqueleto de los crustáceos (Cowey y Foster, 1971).

De menor importancia, pero necesaria en la dieta de los crustáceos y de los peces se considera la fibra. Los niveles de fibra en las harinas fueron de 8.16% para el biodigerido de vaca, 4.38% en *M. pyrifera* y 3.0% para el estiércol de gallina (Tabla I). Este rango es superior a los valores mínimos requeridos en especies de importancia comercial (Tabla II). Para *Tilapia* sp. no se recomiendan en sus dietas niveles de fibra superiores al 10% (Anderson *et al.*, 1984). Se observaron reducciones en la tasa de crecimiento de trucha arco iris con altas cantidades de fibra (Hilton *et al.*, 1983). Venkataramiah *et al.* (1975) reportan que deficiencias en proteínas en las dietas para juveniles del camarón café *P. aztecus* se pueden compensar parcialmente con fibra vegetal; estos camarones asimilan la fibra y la celulosa de *Spartina patens* previamente procesada (Venkataramiah, 1978). Williams (1958) puntualiza que las postlarvas de peneidos crecen mejor con una dieta animal suplementada con otra vegetal. El origen vegetal de los biodigeridos, principalmente el de vaca y *M. pyrifera* que aportan quitina, celulosa y fibra, los hace factibles para substituir la fuente vegetal necesaria en las dietas de peces y crustáceos.

El discutir estos elementos no significa que sean los únicos; posiblemente la transformación, monomerización y elutriación de la amplia variedad de compuestos de los estiércoles y macroalgas impriman a las harinas cierta facilidad de asimilación y propiedades atrayentes una vez incluídas en las dietas de los organismos. Esto se incrementaría si se usa la fracción líquida de la digestión al fabricar el alimento como se muestra en la Fig. 2. La digestión aeróbica produce cambios en los desechos húmedos semisólidos, transformando el nitrógeno orgánico no proteico en proteína microbial, produciéndose así, una forma de nitrógeno utilizable parcialmente

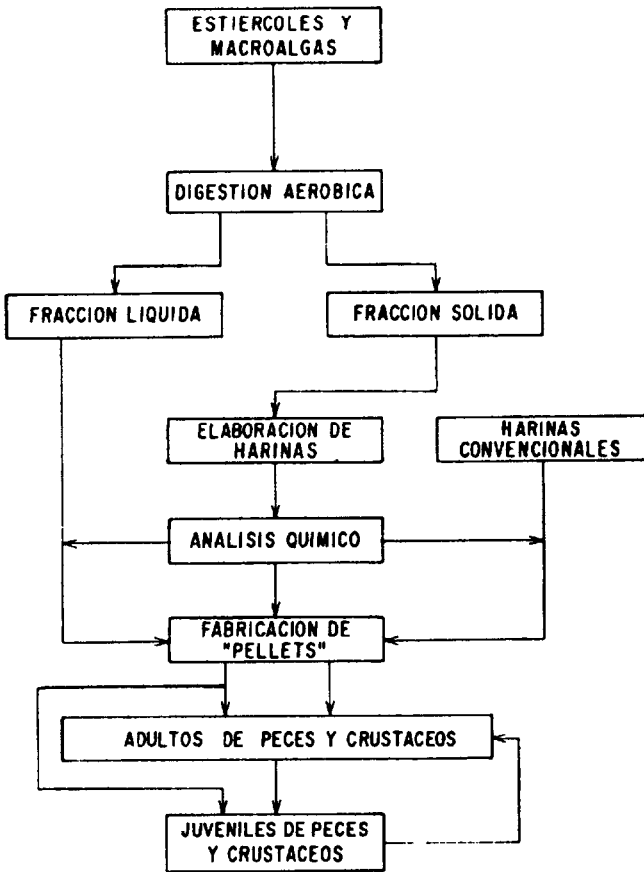
Fibre is considered of lesser importance but necessary in the diet of crustaceans and fish. The fibre levels in the meals were 8.16% for the biodigested cow manure, 4.38% in *M. pyrifera* and 3.0% for the chicken manure (Table I). This range is higher than the minimum values required in species of economic importance (Table II). As for *Tilapia* sp., fibre levels over 10% are not recommended (Anderson *et al.*, 1984). Reductions in the growth rate of the rainbow trout with great quantities of fibre were observed (Hilton *et al.*, 1983). Venkataramiah *et al.* (1975) point out that protein deficiencies in the diets of the northern brown shrimp *P. aztecus* can be compensated in part with vegetal fibre. These shrimps assimilate the fibre and the cellulose of *Spartina patens*, previously processed (Venkataramiah, 1978). Williams (1958) states that the postlarvae of Penaeidae grow better with an animal diet supplemented with another vegetal. The vegetal origin of the biodigested manure mainly of cows and *M. pyrifera*, which provide Chitin, cellulose and fibre, makes them susceptible to substitute the necessary vegetal source in the fish and crustacean diets.

To discuss these elements does not mean that they are unique; the transformation, monomerization and elutriation of the wide variety of components of manures and macroalgae give perhaps to meals a certain ability of assimilation as well as attractive properties once they are included in the diets of the organisms. This will increase if the liquid fraction of the digestion is used when the food is produced, as shown on Fig. 2. Aerobic digestion causes changes in semisolid and humid wastes, transforming the non proteic organic nitrogen into microbial protein. Thus, a form of nitrogen partially usable as food material is produced. The meals of the digested solid fraction are a promissory source of carbohydrates, fats and fibre and have potential characteristics as partial substitute of the protein source in the diets, with the disadvantage of the low contents of Threonine, Valine, Cystine and Proline.

#### ACKNOWLEDGEMENT

Our thanks go to Salvador Sánchez and Javier López from the Laboratory of Biotech-





**Figura 2.** Secuencia para elaborar una dieta para peces y/o crustáceos mediante la sustitución parcial de harinas convencionales con biodigeridos.

**Figure 2.** Sequence to elaborate a diet for fish and/or crustaceans through partial substitution of conventional meals by biodigested.

como material alimenticio. Las harinas de la fracción sólida digerida son fuente promisoría de carbohidratos, grasas, fibra y tienen características potenciales como sustituto parcial de la fuente de proteína en las dietas con el inconveniente de los bajos contenidos de Treonina, Valina, Cistina y Prolina.

#### AGRADECIMIENTOS

A Salvador Sánchez y a Javier López del Laboratorio de Biotecnología de Ciencias Químicas (UABC) por contribuir en el análisis químico de las muestras. A José Ma. Domínguez y Sergio Ramos por la elaboración de las

nology of Chemical Science (UABC) for their contribution to the chemical analysis of the samples, to José Ma. Domínguez and Sergio Ramos for drawing the Figures and Tables as well as to Fernando Bükle and to Denisse Re for their critics and suggestions to improve this paper.

Katarzyna Michejda translated this paper into English.

Figuras y Tablas. A Fernando Bükle y a Denisse Re por sus críticas y sugerencias para el mejoramiento del presente trabajo.

## LITERATURA CITADA

- Alexis, M.N., Paparaskeva, E. and Theochari, V. (1985) Formulation of Practical Diets for Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) Made by Partial or Complete Substitution of Fish Meal by Poultry By-Products and Certain Plant By-Products.
- Anderson, J., Jackson, A.J., Matty, A.J. and Cooper, B. (1984) Effects of Dietary Carbohydrate and Fibre on the Tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 37: 303-314.
- Brett, J.R. and Groves, T.D.D. (1979) Physical Energetics, In: W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (Editors), *Fish Physiology*. Academic Press, New York. 279-351.
- Buhler, D.R. and Halver, J.E. (1961) Nutrition of Salmonid Fishes. IX. Carbohydrate Requirement of Chinook Salmon. *J. Nutr.*, 74: 307-318.
- Butler, D.P. (1971) Development of Feeding Techniques for Shrimp and Other Crustaceans. Master's Thesis, Louisiana State University, Baton Rouge. 76pp.
- CICTUS (1985) El cultivo del camarón azul *Penaeus stylirostris* STIMPSON. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, Hermosillo. 126pp.
- Cowey, C.B. and Foster, J.R. (1971) The Essential Amino Acid Requirements of the Prawn, *Palaemon serratus*. *Mar. Biol.* 10: 77-81.
- Dabrowski, K. (1977) Protein Requirements of Grass Carp Fry *Ctenopharyngodon idella* Val. *Aquaculture*, 12: 63-73.
- Dabrowska, H. and Wojno, T. (1977) Studies on the Utilization by Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) of Feed Mixtures Containing Soya Bean Meal and an Addition of Amino Acids. *Aquaculture*, 10: 297-310.
- Edwards, D.J., Austreng, E., Rija, S. and Gjedren, T. (1977) Carbohydrate in Rainbow Trout Diets. I. Growth of Fish of Different Families Fed Diets Containing Different Proportions of Carbohydrates. *Aquaculture*, 11: 31-38.
- Farmanfarmaian, A. and Lauterio, T. (1979) Amino Acid Supplementation of Feed Pellets of the Giant Shrimp *Macrobrachium rosenbergii* Proc. World Maricult. Soc. 10: 674-688.
- Farmanfarmaian, A. and Lauterio, T. (1980) Aminoacid Composition of the Tail Muscle of *Macrobrachium rosebergii* Comparison to Aminoacid Patterns of Supplemented Commercial Feed Pellets. Proc. World Maric. Soc. 11: 454-462.
- Goyer, J.C. and Avault, J.W. (1977) Agricultural By-Products as Supplemental Feed for Crayfish, *Procambarus clarkii* Trans. Am. Fish. Soc. 106: 629-633.
- Hepher, B., Liao, I.C., Cheng, S.H. and Hsieh, C.S. (1983) Food Utilization by Red Tilapia. Effects of Diets Composition, Feeding Level and Temperature on Utilization Efficiencies for Maintenance and Growth. *Aquaculture*, 32: 225-275.
- Hilton, J.W., Atkinson, J.L. and Slinger, S.J. (1983) Effect on Increased Dietary Fibre on the Growth of Rainbow Trout (*Salmo gairdnerii*) Can. J. Fish., 46: 225-229.
- Horowitz, W. (1975) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist (AOAC). Assoc. Off. Agr. Chem., Washington. 1044pp.
- Huner, J.V. and Meyers, S.P. (1979) Dietary Prote in Requirements of the Red Crayfish *Procambarus clarkii* (GIRARD), Grown in a Closed System. Proc. World Maricult. Soc. 10: 751-760.
- Huner, J.V., Meyers, S.P. and Avault, J.W. Jr. (1975) Growth and Response of Fresh Water Crawfish to an Extruded, Water Stable Diet. Inter. Symp. of Freshwater Crayfish, 2: 149-157
- Jackson, A.J., Cooper, B.C. and Matty, A.J. (1982) Evaluation of Some Plant Proteins in Complete Diets for the Tilapia *Sarotherodon mosambicus*. *Aquaculture*, 27: 97-109.
- Law, A.T. (1986) Digestibility of Low Cost Ingredients in Pelleted Feed by Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquaculture*, 51: 97-103.

- Mazid, M.A., Tanaka, Y., Katayama, T., Rahman, M.A., Simpson, K.L. and Chichester, C.O. (1979) Growth Response of *Tilapia zilli* Fingerlings Fed Iso-Caloric Diets with Variable Protein Levels. *Aquaculture*, 18: 115-127.
- Millikin, M.R., Fortner, A.R., Fair, P.H. and Sick, L.V. (1980) Influence of Dietary Protein Concentration on Growth, Feed Conversion and General Metabolism of Juvenile Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *Proc. World Maric. Soc.* 11; 382-391.
- Miyajima, L.S., Broderick, G.A. and Reimer, R.D. (1975) Identification of the Essential Amino Acids of the Freshwater Shrimp *Macrobrachium ohione*. *Proc. Workshop World Maric. Soc.* 3: 699-704.
- New, M.B. (1976) A Review of Shrimp and Prawn Nutrition. *Proc. World Maric. Soc.* 7: 277-287.
- Paniagua Michel, J. (1984) Cultivo de fitoplancton marino bajo condiciones controladas en un medio elaborado con productos naturales biodigeridos. Tesis de Maestría, CI-CESE. 118pp.
- Paniagua Michel, J. and L. F. Bückle Ramírez. (1986) The Aerobic Digestion in the Organic Waste Treatment for the Phytoplankton Growth. *Ecol. Modelling* (Unpubl.).
- Phillips, A.M., Tunison, A.V. and Brockway, D.R. (1948) The Utilization of Carbohydrates by Trout. *Fish. Res. Bull.*, 11-44.
- Re Araujo, A.D. y Bückle Ramírez, L.F. (1985) Crecimiento y sobrevivencia de *Procambarus clarkii* GIRARD con diferentes temperaturas y dietas isocalóricas. *Ciencias Marinas*, 11(2): 36-82.
- Rumsey, G.L. and Ketola, H.G. (1975) Kandie Supplementation of Casein in Diets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Fry and Soybean Meal for Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) Fingerlings. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32(3): 422-426.
- Satia, B.P., (1974) Quantitative Protein Requirements of Rainbow Trout. *Prog. Fish. Cult.*, 36(2): 80-85.
- Shewbart, K.L. and Mies, W.L. (1973) Studies on Nutritional Requirements of Brown Shrimp. The Effect of Linolenic Acid on Growth of *Penaeus serratus*. *Proc. World Maricul. Soc.* 4; 277-287.
- Schroeder, G.L. (1977) Agricultural Wastes in Fish Farming. A Commercial Application of the Culture of Single-Celled Organisms for Protein Production. *Water Res.* 11; 419-420.
- Sick, L.V. and Andrews, J.W. (1973) The Effect of Selected Dietary Lipids, Carbohydrates and Proteins on the Growth, Survival and Body Composition of *Penaeus*.
- Tacon, A.G., Stafford, E.A. and Edwards, C.A. (1983) A Preliminary Investigation of Nutritive Value of Three Terrestrial Lumbricid Worms for Rainbow Trout. *Aquaculture*, 35: 187-199.
- Teshima, S.I., Kanazawa, A. and Yamashita, M. (1986) Dietary Value of Several Proteins and Supplemental Amino Acids for Larvae of the Prawn *Penaeus*.
- Tiews, K., Gropp, J. and Koops, H. (1976) On the Development of Optimal Rainbow Trout Pellet Feeds. *Arch. Fischereiwis, Beih.* 27(1): 1-29.
- Torres Garza, F. (1985) Experimentación de una dieta de bajo costo en peces de agua dulce. Tesis Profesional de Oceanólogo. (UABC). 47pp.
- Tyagi, A.P. and Prakash, A. (1967) A Study on the Physiology of Digestion in Freshwater Prawn *Macrobrachium dayanum*. *J. Zool. Soc. India*, 19: 77-83.
- Venkataramiah, A., Cook, D.W., Biesiot, P. and Lakshmi, G.J. (1978) Nutritional Value of the High Marsh Grass and Shrimp Shell Waste for Commercial Brown Shrimp (*Penaeus aztecus* IVES). *Proc. World Maric. Soc.* 9: 217-224.
- Venkataramiah, A., Lakshmi, G.J. and Hunter, G. (1975) Effect of Protein Level and Vegetable Matter on Growth and Food Conversion Efficiency of Brown Shrimp. *Aquaculture*, 6: 115-125.

Watanabe, W.O. (1975) Identification of the Essential Amino Acids of Freshwater Prawn, *Macrobranchium* Department of Zoology, University of Hawaii. 26pp.

Watson, N.R. (1985) Processed Piggery Waste as a Feed Material for *Ciprinus carpio*. *Aquaculture*, 44: 167-176.

Wiernicki, C. (1984) Assimilation Efficiency by *Procambarus clarkii* Fed Elodea (*Egera densa*) and its Products of Decomposition. *Aquaculture*, 36: 203-215.

Williams, A.B. (1958) Substrates as a Factor in Shrimp Distribution. *Limnol. Oceanogr.* 3: 283-290.