

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Escuela de Biología

**ANALISIS COMPARATIVO DE
DIFERENTES DIETAS EN LA
ALIMENTACION DE Pterophyllum scalare
(Pez Angel)**

Práctica dirigida presentada para optar el título de
Licenciada en Biología con énfasis en Zoología

Magda Brigida Campos Barrantes

1986

ANALISIS COMPARATIVO DE DIFERENTES DIETAS EN LA ALIMENTACION
DE PTEROPHYLLUM SCALARE (PEZ ANGEL)

PRACTICA DIRIGIDA PRESENTADA A LA ESCUELA DE BIOLOGIA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TITULO DE LICENCIADA
EN BIOLOGIA CON ENFASIS EN ZOOLOGIA

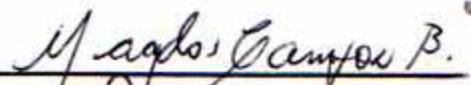

Dr. Jorge Günther Nonell
Director de Tesis


Lic. Jorge Cabrera Peña
Miembro del Tribunal


Lic. María Eugenia Barahona
Miembro del Tribunal


Jorge Campos Montero, M.sc.
Miembro del Tribunal


Carlos Villalobos Solé, M.sc.
Director de Escuela


Magda Brigida Campos B.
Sustentante.

AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Jorge Walter Russell, Conservador Principal, por su apoyo, sugerencias y facilidades de esta investigación, así como por haberme facilitado las facilidades de los laboratorios de la Escuela de Biología de la Universidad Nacional, Heredia.

Al Sr. Jorge Cabrera, por la ayuda brindada en la realización de este trabajo.

A los señores miembros del Tribunal, por su gran ayuda en la revisión del manuscrito.

A la Ing. Agr. Florinda Hernández Benilla, M.Sc., por sus múltiples consejos.

A mi más sincera gratitud al señor Luis Arce Alfaro, por el finca -
damiento y la facilitación del lugar de trabajo, así como por sus consejos y ayuda incondicional.

Al Ing. Agr. Raúl Fournier, por haberme facilitado gratuitamente todo el material biológico.

DEDICATORIA:

Al señor Ing. Agr. Fernando M. de la Cruz, por su valiosa ayuda en las sugerencias.

A mis padres por su gran esfuerzo y constante apoyo, a Dios por lo que me ha permitido ser.

Al Ing. Agr. José Rodríguez Salas por sus valiosos consejos.

A los compañeros de laboratorio Jorge Rojas, Julio Figueredo, Sandra Rojas, Álvaro Saldaña, Jorge Pallas y Roger Macillo, por la colaboración prestada.

A todas aquellas personas que me apoyaron siempre y colaboraron en la elaboración del presente estudio, mi sincero agradecimiento.

CONTENIDO

PAGINA

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Jorge Günther Nonell, Consejero Principal, por su apoyo, sugerencias y revisión de esta investigación, así como por haberme facilitado las instalaciones de los laboratorios de la Escuela de Biología de la Universidad Nacional, Heredia.

Al Lic. Jorge Cabrera, por la ayuda brindada en la realización de este trabajo.

A los señores miembros del Tribunal, por su gran ayuda en la revisión del manuscrito.

A la Ing. Agr. Flérida Hernández Bonilla, M.Sc., por sus múltiples consejos.

Mi más sincera gratitud al señor Luis Acosta Alfaro, por el financiamiento y la facilitación del lugar de trabajo, así como por sus consejos y ayuda incondicional.

Al Ing. Agr. Raúl Fournier, por haberme facilitado gratuitamente todo el material biológico.

Al señor Ing. Agr. Fernando Mojica B. y al Técnico Auxiliar Guillermo Ramírez, por su valiosa ayuda en los resultados de los análisis químicos proximales.

Al Ing. Agr. José Rodríguez Zelaya por sus valiosos consejos.

A los compañeros de laboratorio Jorge Monge, Julio Figueredo, Hannia Vega, Alonzo Baldizón, Jorge Fallas y Róger Murillo, por la colaboración prestada.

A todas aquellas personas que me apoyaron siempre y colaboraron en la elaboración del presente estudio, mi sincero agradecimiento.

CONTENIDO

	PAGINA
Resumen.....	i
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	6
III. REVISION DE LITERATURA.....	7
A. Necesidades nutricionales que se deben tener en cuenta para la formulación de una dieta seca.....	7
B. Materias primas.....	11
C. Manufatura del alimento concentrado.....	11
D. Elaboración del alimento.....	31
IV. DESCRIPCION DE ESPECIES ESTUDIADAS.....	20
V. MATERIALES Y METODOS.....	28
VI. RESULTADOS.....	37
VII. DISCUSION.....	57
VIII. CONCLUSIONES.....	61
IX. BIBLIOGRAFIA.....	63
ANEXO No. 1.....	69
ANEXO No. 2.....	73
ANEXO No. 3.....	76
ANEXO No. 4.....	81
ANEXO No. 5.....	89
Indice de mortalidad para cada dieta en relación con el grupo de muestra.....	47
Supervivencia y mortalidad de los peces para cada una de las dietas experimentales.....	48

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Composición (g/100g) de la dieta seca utilizada en la alimentación del pez ángel.....	32
2	Composición química proximal (g/100g) de las diferentes harinas usadas en la dieta seca para el pez ángel.....	33
3	Dietas experimentales suministradas al pez ángel (<u>Pterophyllum scalare</u>) durante un período de 60 días.....	33
4	Análisis químico proximal de <u>Daphnia pulex</u> utilizada en la dieta experimental.....	34
5	Valores promedio de los parámetros físicoquímicos controlados durante la fase experimental de alimentación del pez ángel.....	35
6	Promedios de longitudes (mm) [±] d.e. obtenidos en el pez ángel en cada uno de los muestreos de la fase experimental.....	40
7	Promedios de peso (g/1000g) [±] d.e. obtenidos en el pez ángel en cada uno de los muestreos de la fase experimental....	43
8	Efecto de las diferentes dietas sobre la ganancia en peso, incremento en el tamaño y conversión alimentaria durante 60 días.....	46
9	Índice de mortalidad para cada dieta en relación con el tiempo de muestreo.....	47
10	Sobrevivencia y mortalidad de los peces para cada una de las dietas experimentales.....	48

11	Costo de materias primas de un kilo de dieta seca.....	53
12	Costo para producir 194 g de <u>Daphnia pulex</u>	54
13	Costo por gramo para eclosionar cistos de <u>Artemia</u> sp (cantidad producida: 10 gramos).....	55
14	Costo de cada una de las dietas durante 60 días.....	56
15	Necesidades de vitaminas en peces de agua templada Coll, (1983).....	70
16	Necesidades de vitaminas, para carpa y otros ciprini- dos, según la casa "Roche". Hoffman, 1985.....	70
17	Vitaminas y minerales indispensables en la alimentación de peces. Dirección General de Acuacultura (1981) México.....	71
18	Vitaminott. Colborn Dawes Centroamérica S.A. (1985). Propaganda comercial.....	72
19	Composición química de las vinazas (gramos/litro). Umaña, (1981).....	85
20	Composición de la vinaza según análisis químico proximal de la Escuela de Química y la Escuela de Ciencias Agra- rias de la Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica....	85
21	Análisis de variancia (Cuadrados medios) para las dife- rentes variables medidas sobre la alimentación del pez ángel.....	90

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	DESCRIPCION	PAGINA
1	<u>Pterophyllum scalare</u> , pez ángel.....	21
2	<u>Daphnia pulex</u> , pulga de agua.....	24
3	Promedios de longitud obtenidos en el pez ángel alimentado con las dietas experimentales.....	41
4	Promedios de peso obtenidos en el pez ángel alimentado con las dietas experimentales.....	44
5	Indice de mortalidad (%), según las dietas registrado durante el período del experimento.....	49
6	Porcentaje de sobrevivencia, según las dietas registrados durante el período del experimento.....	50
7	Proceso de eclosión de nauplios de <u>Artemia</u> sp.....	75
8	Cultivo masivo de <u>Dafnia</u> (Pasos 1, 2a, 2b).....	79
9	Cultivo masivo de <u>Dafnia</u>	80
10	Paso 1. Cultivos de abastecimiento de <u>Scenedesmus obliquus</u>	86
11.	Paso 2. Cultivo masivo de algas en bolsas de plástico.....	87
12.	Número de células (algas/ml) obtenidas durante el período experimental, en diferentes contenedores.....	88

El análisis estadístico mostró que no hay diferencia significativa estadística entre las variables estudiadas de incremento de tamaño y la ganancia en peso, en los diferentes tratamientos, mientras que sí hay diferencia significativa para la conversión alimentaria.

Los mejores resultados con las dietas estudiadas en cuanto a peso y longitud se lograron con la dieta B, obteniéndose longitudes promedio de 23,4 cm y un peso promedio de 462 g. Sin embargo los resultados con

RESUMEN

Se probaron cinco dietas, a saber: Dieta A: 100% de Daphnia pulex; Dieta B: 75% de Daphnia pulex y 25% de alimento seco; Dieta C: 50% de Daphnia pulex y 50% de alimento seco; Dieta D: 25% de Daphnia pulex y 75% de alimento seco; Dieta E: 100% de alimento seco, todas durante 60 días. También se probó en las mismas condiciones una dieta empírica (50% Artemia Sp + 50% Tetramin (alimento en hojuelas)), que es la usada actualmente por los criadores de peces, esto con el fin de obtener una referencia del crecimiento.

El alimento seco se elaboró manualmente usando materias primas de la industria alimenticia nacional, y se formuló con base en tablas de necesidades nutricionales de muchas especies de peces de aguas tropicales y de hábito carnívoro.

La Cepa de Daphnia pulex fue alimentada con el alga Senedesmus obliquus. Ambas cepas estuvieron en cultivos controlados en laboratorio.

El cultivo de la segunda se mantuvo en un medio de vinaza, con muy buenos resultados. Se hicieron tres repeticiones para cada tratamiento (dietas).

El análisis estadístico mostró que no hay diferencia significativa estadística entre las variables estudiadas de incremento de tamaño y la ganancia en peso, en los diferentes tratamientos, mientras que sí hay diferencia significativa para la conversión alimentaria.

Los mejores resultados con las dietas estudiadas en cuanto a peso y longitud se lograron con la dieta B, obteniéndose longitudes promedio de 23,4 mm y un peso promedio de 462 mg. Sin embargo los resultados con

la dieta A y C fueron muy similares.

Se logró la mejor conversión alimentaria 0,24 con la dieta A. La mortalidad a través de todo el experimento fue muy baja.

La dieta E, fue la de menor costo, pero se obtuvieron con ella los menores resultados, comparativamente.

La acuicultura se divide en dos grandes ramas:

1. Acuicultura marina

2. Acuicultura de aguas continentales

En el campo de la acuicultura de aguas continentales se encuentra la piscicultura de agua dulce.

La piscicultura dirigida a la producción de especies acuáticas como salmónidos, caracines, etc. y de lagos al estado de piscicultura se conoce como piscicultura de agua dulce. En las últimas décadas se ha desarrollado la piscicultura de agua dulce en muchos países, especialmente en los países de América Latina, donde se ha desarrollado la piscicultura de agua dulce en forma de piscicultura de agua dulce. En los últimos años se ha desarrollado la piscicultura de agua dulce en forma de piscicultura de agua dulce. En los últimos años se ha desarrollado la piscicultura de agua dulce en forma de piscicultura de agua dulce.

Por otra parte, la tenencia de acuarios y peceras domésticas como mascotas ha experimentado un gran crecimiento en el mundo.

En la mayor parte de los ejemplos se citan mediante la explotación de animales silvestres, la piscicultura de peces ornamentales se desarrolla en una actividad de importancia, principalmente en lo que se refiere a especies tropicales, que son las más apreciadas, tanto por su colorido y belleza como por su adaptación a las condiciones de vida dentro de las habitaciones humanas.

La explotación de peces ornamentales constituye una importante

I. INTRODUCCION

La acuacultura se define como el conjunto de conocimientos y técnicas destinadas a producir organismos acuáticos en condiciones controladas, por el hombre. Por lo general, mediante una reproducción controlada, crecimiento y reducción de la mortalidad, se pretenden lograr altos rendimientos al más bajo costo posible (Reay, 1979, Coll 1983).

La acuacultura se divide en dos grandes ramas:

- A. Acuacultura marina
- B. Acuacultura de aguas continentales

Dentro de la acuacultura de aguas continentales se encuentra la piscicultura de agua dulce.

La piscicultura dirigida a la producción de especies apreciadas como alimento se conoce desde la antigüedad y se desarrolló especialmente en el Lejano Oriente. En las últimas décadas especialmente en los países industrializados, se ha dado una piscicultura destinada a producir alevines para repoblar los cauces de agua con especies ícticas amenazadas por la contaminación y la sobreexplotación (Huet, 1971).

Por otra parte, la tenencia de acuarios y peceras domésticas como pasatiempo ha experimentado un gran incremento en el mundo.

Aunque la mayor parte de los ejemplares se obtiene mediante la captura de animales silvestres, la piscicultura de peces ornamentales se está convirtiendo en una actividad de importancia, principalmente en lo que se refiere a especies tropicales, que son las más apreciadas, tanto por su mayor variedad y colorido como por ajustarse mejor a las condiciones climáticas dentro de las habitaciones humanas.

La exportación de peces ornamentales constituye una importante

actividad en muchos países del mundo. En América Latina, para el año 1976 los ingresos por este rubro fueron de E.U.A. \$250 millones, (Morales y García, 1977).

Sin embargo, la exportación acompañada de altas mortalidades, causadas principalmente por un descuidado manipuleo, provoca, una demanda mayor para abastecer el mercado, aumentando la presión pesquera. Por ejemplo, esta actividad representa una de las principales fuentes de ingresos en Puerto Carreño (Colombia), en donde la mayoría de sus habitantes depende de la captura de peces ornamentales (Bermúdez, 1974 citado por Morales y García, 1977). A medida que aumenta la cantidad de peces ornamentales cultivados, podrá reducirse la presión pesquera sobre las poblaciones naturales, evitando con ello los peligros de sobreexplotación de algunas especies muy cotizadas.

Una de las ventajas de la piscicultura sobre la simple captura, consiste en que, mediante la selección de variedades y mutantes, se obtienen animales de mucha mayor demanda, con el consiguiente incremento en los beneficios, tal como ya se viene observando en muchas variedades ornamentales.

En Costa Rica, desde hace varios años, la piscicultura se ha orientado mayormente al cultivo de especies dulceacuicolas para consumo humano.

La producción de especies ornamentales se realiza sólo en pequeña escala para abastecer el mercado nacional. En el año 1985, se exportaron alrededor de 6.000 ejemplares* de especies ornamentales marinas, equivalentes a \$40.000,00, cantidad que se extrajo directamente de nuestras costas.

*Biol. Fernando Víquez. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección de Recursos Pesqueros y Acuicultura. Comunicación Personal.

Uno de los mayores problemas que enfrenta la acuicultura es el de obtener un alimento que satisfaga las necesidades nutricionales de las especies objeto de cultivo, en sus primeras etapas de desarrollo. El alimento que se suministra no sólo debe contener los componentes nutricionales necesarios, sino que debe ser fácilmente digerible por el pez y además, poseer palatabilidad y características físicas adecuadas como tamaño, consistencia, flotabilidad y bajo costo (Dirección General de Acuicultura, 1981; Coll, 1983). Resulta difícil, entonces, sustituir el variado y complejo alimento natural por alimento seco que cumpla adecuadamente con las condiciones antes señaladas. También, desafortunadamente, el alimento seco no estimula, por lo general, la reacción de captura del pez de la misma forma que algunos alimentos vivos, lo cual, en peces carnívoros, se traduce en una menor aceptabilidad. Debido al gran número de marcas de alimentos existentes en el mercado mundial y a que varían en calidad, el acuarista se encuentra desorientado sobre cual seleccionar (Martty, 1980).

Para la piscicultura intensiva la alimentación generalmente representa uno de los mayores costos de operación. La proteína de origen animal es la más cara, por lo que resulta importante considerar, en la formulación de dietas, el empleo de sustitutos de las proteínas animales (Tiews et al., 1976; Braekkan, 1976).

En la composición de un alimento seco para peces se pueden utilizar muchos subproductos de la industria alimentaria, como son la harina de sangre, la harina de hueso, la harina de vísceras de pescado y otros, de modo que el costo de elaboración sea bastante favorable. Sin embargo, a pesar del gran desarrollo que ha experimentado la industria de los alimentos secos, se sigue investigando sobre la utilización de

determinados organismos vivos como fuente de alimentación para las etapas más delicadas del ciclo de vida de animales acuáticos sometidos a cultivo. Entre los grupos más utilizados como alimento natural se encuentran varias especies y variedades de copépodos y cladóceros (Gurzedo, 1960; Martty, 1977; Fontaine y Rivera, 1979).

El cladóceros Daphnia pulex ofrece muchos atributos para su uso potencial, debido a una amplia gama de tamaños potencialmente útiles, pronta disponibilidad, aceptabilidad nutricional y, sobre todo, reproducción partenogenética, la cual permite un rápido incremento en la población en un período de tiempo relativamente corto (Pennak, 1978; Rees y Oldfather, 1980).

Una de las especies ícticas ornamentales que presenta perspectivas para su cultivo a gran escala en Costa Rica, debido a su alta fecundidad y fácil reproducción, así como un excelente mercado potencial es el pez ángel (Pterophyllum scalare). Sin embargo, su alimentación se lleva a cabo de una forma empírica, ya que se desconocen sus necesidades nutricionales y, no se ha desarrollado ningún alimento seco recomendado para la especie. Se le alimenta fundamentalmente con alimento vivo; en las primeras etapas del desarrollo se suministran nauplios de Artemia sp, y en las etapas posteriores, el oligoqueto acuático Tubifex sp, y larvas de zancudo, suplementado con alimento concentrado (marca Tetramín).

En nuestro país se ha llevado a cabo sólo un trabajo de investigación sobre alimentación de peces, hecho por Fernández (1984) donde se compararon diferentes dietas secas en la alimentación de truchas. Puesto que no se conocen informes de investigaciones específicas nacionales sobre la alimentación de peces ornamentales, el presente trabajo pretende

contribuir al desarrollo del cultivo del pez ángel, mediante un análisis comparativo de una dieta de alimento vivo, otra de alimento seco y varias combinaciones de ambos para determinar la más ventajosa.

Para obtener una referencia del crecimiento de los peces con la dieta empírica (50% Artemia sp + 50% Tetramin (alimento en hojuelas)), que usan actualmente los criaderos, se realizó un experimento paralelo alimentando a los peces con esta dieta, en las mismas condiciones que las demás dietas experimentales.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

II. OBJETIVOS

General:

Comparar los resultados del empleo de una dieta seca, elaborada es
pecíficamente con productos nacionales de bajo costo, al complementarla,
en varias proporciones, con el alimento vivo (Daphnia pulex) y determi
nar su eficacia durante el segundo y tercer mes de edad del pez ángel.

Específicos:

- a) Determinar el crecimiento y los índices de mortalidad obtenidos
con las diferentes dietas.
- b) Determinar los índices de conversión de las dietas.
- c) Analizar los costos en alimentación, según las diferentes dietas.
- d) Determinar el análisis químico proximal de la dieta seca experi
mental.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Necesidades nutricionales que se deben tomar en cuenta para la formulación de una dieta seca.

Durante los pasados 30 años, el conocimiento científico acerca de la nutrición en peces se ha desarrollado rápidamente, en respuesta a una necesidad de dietas artificiales para la mayoría de los peces cultivados en el mundo con fines de alimentación. La tecnología moderna combina los diversos componentes del alimento con varios procedimientos de manufactura para preparar una extensa variedad de fórmulas y formas. Sin embargo, a menudo no se logra una buena adaptación de la especie íctica cultivada a la dieta artificial, debido a la falta de conocimientos sobre la conducta alimentaria, los mecanismos de digestión, las demandas de energía de cada especie y la influencia de variables abióticas, tales como la calidad de agua (Nose, 1978). Las necesidades nutricionales de los peces marinos no tienen gran diferencia de aquellos de los de agua dulce. De hecho, muchas fórmulas están deducidas por extrapolación de los salmónidos como modelo carnívoro de aguas frías (Luquet y Rumsley, (1979) citado por Coll, 1983).

La valoración de los nutrimentos de una dieta seca es tanto cuantitativa como cualitativa. Los elementos más importantes generalmente considerados son la humedad, la proteína bruta, el extracto etéreo o fracción lipídica, la fibra, las cenizas y las vitaminas (Coll, 1983).

Según Halver (1976), los conocimientos acerca de las cantidades de aminoácidos, vitaminas y oligoelementos requeridos no son exactos por lo que se hace necesario dosificar las fórmulas con un factor de seguridad

de 1,5 a 2 con el consiguiente perjuicio económico.

a) Proteínas

En las dietas para peces, el porcentaje óptimo de proteínas es variable, ya que depende, entre otras cosas, del régimen alimentario natural del pez (aparato digestivo), su edad y la cantidad total de calorías en la dieta. La edad es muy importante, puesto que las necesidades de proteína durante las primeras etapas de su vida son más altas, ya que se trata de provocar un rápido crecimiento; mientras que en las últimas fases necesita menos proteínas (simple mantenimiento).

El ámbito de los niveles de proteínas en el alimento de peces oscila desde el 20% hasta el 60% (Hastings, 1976; Coll, 1983).

b) Lípidos

Los peces necesitan de un 4% a un 18% de lípidos en la dieta. Los lípidos son hidrolizados por lipasas o fosfolipasas en el tracto digestivo para ser usados como fuente de energía; se almacenan como depósitos de grasa o se incorporan a fosfolípidos en los tejidos del animal (Hastings, 1976).

Las grasas contienen más energía por unidad de peso que cualquier otro producto biológico y su inclusión en la dieta generalmente incrementa la palatabilidad del alimento (Dirección General de Acuicultura, 1981).

La alta proporción de ácidos grasos insaturados en un alimento artificial produce problemas para mantener la estabilidad de la grasa durante el almacenamiento, por lo cual el alimento debe protegerse con niveles adecuados de antioxidante (National Research Council (NRC), 1973).

c) Carbohidratos

Los carbohidratos son la principal fuente de energía para el hombre y muchos animales domésticos, pero no así para los peces.

Los peces son relativamente poco eficientes en la utilización de carbohidratos, porque su dieta natural es pobre en carbohidratos digeribles. Por esto debe tenerse muy en cuenta la digestibilidad de los carbohidratos empleados (NRC, 1973). No obstante, su presencia suele ser ventajosa, porque al sustituir las proteínas como fuente de energía, abarata los costos de la alimentación, ya que su costo es más bajo que el de las proteínas y las grasas (Hastings, 1976; Coll, 1983; Martty, 1985).

El ámbito de los carbohidratos en los alimentos de peces varía de un 10% a un 50%. Además de energía, los carbohidratos contribuyen a la texturización de los alimentos manufacturados, como una envoltura del alimento compresionado y expandido (Hastings, 1976).

d) Minerales

Juegan un papel importante en la regulación de la concentración de los fluidos extracelulares e intracelulares y son reguladores fisiológicos del balance químico dinámico del cuerpo (Dulin, 1979; Coll, 1983).

La cantidad total de minerales por kilogramo que se debe suministrar en la dieta es de aproximadamente un 4% del total de la dieta.

Entre los minerales que se requieren para una adecuada nutrición están el calcio, fósforo, zinc, magnesio, hierro, manganeso, cobre, yodo y selenio. Según las necesidades del organismo, los minerales pueden dividirse en minerales mayores y minerales menores.

Los minerales mayores se requieren en cantidades que oscilan entre

el 0,10% y el 2% del peso seco de la dieta; en este grupo se incluyen Cl, Na, F, Mg, K y S, que forman parte de estructuras corporales o actúan en la regulación del metabolismo. Los minerales menores se necesitan en cantidades mínimas de hasta 0,0008% y fungen sobre todo como activadores de enzimas, ejemplos son Fe, I, Co, Cu, F, Mn, Se, Zn, y otros. Los minerales como el Ca, P, Co, y Cl, se absorben directamente del medio, como se ha podido comprobar utilizando isótopos radioactivos, sobre todo Ca y Co (N.R.C., 1973; Coll, 1983).

e) Vitaminas

Aunque están presentes en pequeñas cantidades, son las que ayudan a que se lleven a cabo las actividades normales de los tejidos; intervienen en los procesos oxireductores, estimulan el crecimiento y regulan el aumento de peso.

Así como en otros animales, la demanda de vitaminas en los peces (Anexo 1, Cuadros 15, 16 y 17) varía con el tamaño, la edad, la tasa de crecimiento y las condiciones ambientales (Dulin, 1979; Coll, 1983).

Según Hastings (1976) y N.R.C. (1973), es conveniente añadir un pequeño exceso de vitaminas a la ración, pues siempre hay disminución en la actividad biológica de las vitaminas. Esto se debe a que las pérdidas oxidativas de vitaminas se aceleran por el calor y la humedad, los aceites de grasas rancias destruyen ciertas vitaminas y los ingredientes higroscópicos pueden acelerar los efectos destructivos de la humedad. La exposición a la luz directa del sol puede aumentar la pérdida de vitaminas fotosensibles.

Debido a la variación de los contenidos de vitaminas en los

ingredientes higroscópicos pueden acelerar los efectos destructivos de la humedad. La exposición a la luz directa del sol puede aumentar la pérdida de vitaminas fotosensibles.

Debido a la variación de los contenidos de vitaminas en los ingredientes de la dieta y el costo relativamente moderado de la vitamina sintética, las dietas comerciales para peces son generalmente complementadas con todas las vitaminas necesarias para las especies.

f) Fibras

Además de las grasas, proteínas, minerales, vitaminas y carbohidratos, este componente también es necesario.

La fibra dentro de la ración asegura una distribución homogénea de los nutrientes, ayuda a mejorar la estabilidad y previene la inflamación de la mucosa intestinal por una alimentación altamente concentrada (Dulin, 1979).

En dietas granuladas, una proporción del 8% de fibra aumenta la integridad estructural y la estabilidad. Si la proporción de fibra es superior al 10%; los peces carnívoros no la digieren, por lo que la expulsan al medio y se convierte en un contaminante (Coll, 1983).

B. Materias Primas

La elaboración de una dieta requiere del cálculo de una combinación de materias primas que satisfagan las necesidades de la especie que se cultiva. Generalmente existen muchas combinaciones de materias primas, pero son factores económicos los que determinan cual de las posibles combinaciones es la más adecuada (Coll, 1983). Muchos de los fabricantes

de alimentos para peces determinan por medio de la computación las formulaciones de una dieta (Bureau de la nutrition animale et de l'elevage (BNA), 1970).

1. Proteínas (A D C P, 1980).

a) Proteínas de origen animal

El valor biológico de las proteínas animales es de los más elevados. Generalmente se presentan para su uso como harinas y son productos o subproductos de las industrias alimentarias, mataderos, industrias de conservas, etc., (Coll, 1983). Algunas de las más importantes son:

1) Harina de sangre. Rica en valina, treonina, fenilalanina, lisina e histidina. Tiene aproximadamente la siguiente composición: humedad 9,5%; lípidos 1,0%; trazas minerales 4,5%; proteínas, alrededor de un 80%; Ca 0,3% y P 0,25%. Su color es rojo oscuro, tiene un fuerte olor, la textura es muy fina y su rendimiento depende del grado de frescura y del proceso de secado.

2) Harina de pescado. Es una de las más utilizadas. El contenido de proteína varía de un 40% a un 65%; humedad de 7 a 15%; lípidos 6%; fibra 1%; trazas minerales 15%; Ca 4,5% y P 2,7%. Su color es claro o ligeramente café; tiene olor suave a pescado cocinado y textura muy fina. La harina de pescado tiene los inconvenientes de su precio y de su variabilidad en cuanto a composición, debido a la diversidad de especies que se usan en su elaboración (Feed Production Council, 1979); Vargas et al, 1982).

3) Harina de krill. Considerada como la alternativa del futuro en la alimentación humana y animal, es poco utilizada todavía. Contiene un 55% de proteínas, 10% de humedad, 10% de grasa, 15% de cenizas. Provee una fuente importante de carotenoides, muy importantes para realizar el color rojo (A D C P, 1980).

b) Proteínas de origen vegetal

En general, son deficientes en varios aminoácidos, como la lisina, la metionina y el triptofano. Algunas de las más importantes son:

1) Harina de maíz. Es una fuente de las más baratas. Los granos de cereales constituyen concentrados de carbohidratos, sobre todo de almidones, con un máximo contenido de un 65,9%. Tiene una humedad de 12,5%; proteínas 9,0% lípidos 4,5%; fibra 3,5%; Ca 0,05% y P 0,40%. Su color es ligeramente amarillento, su olor y sabor agradables, textura muy fina (Feed production Council, 1970; Coll, 1983).

2) Harina de soja. Contiene de 47% a 50% de proteínas; 5% a 6% de cenizas; 1% de lípidos; 40% de carbohidratos. No es bien aceptada en cuanto al sabor y palatabilidad; es deficiente en los aminoácidos que contienen azufre. Se hace necesario cocinar la soja para inactivar los inhibidores de triptofano y la desnaturalización proteínica (Feed Production Council, 1970; ADCP, 1980; Coll, 1983).

2. Vitaminas y Minerales

Existen en el mercado muchos compuestos que suministran conjuntamente las vitaminas y los minerales. Son muy utilizadas las fórmulas

para alimentos de pollos, de humanos, de caballos (Feed Production Council, 1970).

3. Aceites

Se usan tanto los de origen animal como vegetal. Se emplean para lograr una mejor homogeneización de la mezcla, así como para mejorar su palatabilidad (Hastings, 1976).

Es necesario que los aceites se encuentren estabilizados en su composición para prevenir el enranciamiento, aunque los que se encuentran en el mercado ya vienen estabilizados (Feed Production Council, 1970).

4. Antioxidantes

Cuando hay oxidación de los componentes de una dieta, se producen enranciamientos de grasas y destrucción de las vitaminas A, D y E, así como de los pigmentos (carotenoides) y aminoácidos. Como resultado, hay una baja de los valores de energía biológica de la dieta. El uso de antioxidantes ayuda a prevenir esas pérdidas. Entre los más destacados están etoxiquina (1,2 dihidro-6-etoxi-2,2,4-trimetilquinoleína); BHA (hidroxianisol butilado) y BHT (hidroxibutiltolueno).

Otros preservantes químicos son ácido ascórbico, ácido propiónico, ácido benzoico y ácido cítrico. Hay problemas tecnológicos, como el nivel de humedad, asociados al uso de estos preservantes; sin embargo el costo es la consideración más importantes que limita su uso en los alimentos para peces.

La Administración de Alimentos y Drogas de los E.E.U.U. permite los siguientes niveles de antioxidantes en el alimento final:

etoxiquina, 150 ppm; BHA 200 ppm; BHT, 200 ppm.

5. Aglutinantes o coligantes

Las características físicas del alimento influyen en el proceso de fabricación y en la incorporación de aglutinantes. Se logra mejorar la uniformidad de la mezcla añadiendo aceite para condensar las partes solubles u homogeneizar y agregando soluciones acuosas de compuestos almidonados con base en polímeros naturales, fácilmente digeribles, como alginatos, gelatinas o geles sintéticos (Coll, 1983).

Entre los agentes aglutinantes se conocen gelatinas, agar, carboximetilcelulosa (CMC) y almidón pregelatinado. El agar y el CMC no tienen valor nutritivo. Los niveles de utilización de los aglutinantes se encuentran entre 2% y 5% (Feed Production Council, 1970; ADCP, 1980; Coll, 1983; Spotte et al, 1985).

C. Manufactura del alimento concentrado

Las propiedades físicoquímicas del alimento son un factor importante en la alimentación de peces. El proceso de fabricación de un gránulo está condicionado por las materias primas o ingredientes que entran en su composición y una serie de variables biológicas propias de la especie en cultivo. Las variables biológicas se refieren a los mecanismos de captura del alimento por parte del animal, sus mecanismos de masticación e ingestión, la fisiología y la anatomía del aparato digestivo, así como su forma de alimentarse. Por lo tanto, las características específicas que deben combinarse para que un concentrado sea aceptado por el pez son: tamaño, textura, consistencia, palatabilidad, flotación en el

agua, estabilidad y propiedades organolépticas.

Tipos de gránulos

Según Solberg, (1978), citado por Coll, (1983) los gránulos se pueden clasificar en tres categorías:

- a) Gránulos húmedos (más del 50% de agua)
- b) Gránulos semihúmedos (entre 20% y 50% de agua) (Oregon Moist Pellet, OMS).
- c) Gránulos secos (menos del 20% de agua).

a) Húmedos. Se fabrican con base en desechos de mataderos, de granjas, con vísceras y con desechos de pescado. La elaboración es muy elemental y se puede hacer en la propia instalación del criadero, utilizando cuchillos, máquinas de picar carne o ralladores. Los gránulos salen de la máquina en forma de cilindros con un diámetro de 2-10 mm y una longitud hasta dos o tres veces la del diámetro. Se conservan congelados a -18°C durante meses, si su consumo no es inmediato.

Ventajas: No se necesita una granuladora. Muchos peces prefieren las dietas húmedas a las secas. No se requiere calentamiento ni secado, lo que previene pérdidas de nutrimentos y vitaminas (ADCP, 1980).

Desventajas: Requiere gastos de almacenamiento y empleo de mano de obra. Se produce pérdida de nutrimentos por oxidación y alteración de la calidad del agua. Es posible la inducción de enfermedades por descomposición.

Están recomendados en áreas geográficas en donde el precio de las materias primas es más barato, o para alevines o especies de hábito

carnívoro (Coll, 1983).

b) Semihúmedos. Consisten en la mezcla de partes aproximadamente iguales de ingredientes húmedos e ingredientes secos. La presentación puede ser en forma de una masa pastosa o de pequeños cilindros. Se utilizan máquinas similares a las empleadas en la fabricación de macarrones o espaguetis. El tamaño varía de 1.45 hasta 3.15 mm de diámetro B.N.A., 1965). La granulación incluye empleo de humedad, calor y presión antes de que la mezcla pase por los agujeros del troquel. Los gránulos semihúmedos se empaquetan en sacos de 23 Kg y en el plazo de una hora se ponen en un congelador a -30°C para una congelación rápida. Cuando han alcanzado -9°C se les puede pasar a un congelador a -18°C , que es la temperatura de almacenamiento y a la que se debe recibir en la piscifactoría, en donde se distribuyen 24 horas después de descongelados (Coll, 1983).

Ventajas: Tienen menos pérdida de nutrimentos que los gránulos húmedos. No se hunden tan rápidamente en el agua. Utilizan también muchos desechos del mercado.

Desventajas: Se destruyen algunos nutrimentos termolábiles, como la vitamina C, (Nose, 1978).

c) Secos. La tecnología de fabricación se basa en la producción de gránulos secos para especies terrestres (vacas, cerdos, pollos, etc.) y acuáticas (truchas, tilapia y otros) (Coll, 1983).

Ventajas: Menor costo por kilogramo animal producido; regularidad de suministro y composición; almacenamiento y distribución fáciles; se pueden utilizar aparatos automáticos; más concentrados; reducción del riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas por parásitos o biotoxinas; mayor estabilidad en el agua (15 a 20 minutos); mejor digestibilidad. (Hastings, 1976; Nose, 1978; ADCP, 1980; Coll, 1983).

Desventajas: Uno de los mayores problemas técnicos es poder fabricar un alimento suficientemente pequeño (menor de 0,1 mm), ya que es difícil forzar estos gránulos por un agujero más pequeño. Se destruyen con el calor algunas vitaminas liposolubles (ADCP, 1980; Coll, 1983).

D. Elaboración del alimento

Para la elaboración del alimento, tanto en forma seca como semihúmedo, hay varios pasos: la molienda, la mezcla, la aglomeración, el enfriamiento y el secado.

Dentro de las formas de aglomerar se conocen comúnmente las siguientes:

a) **Granulación.** Es la forma más utilizada. Se hace con prensas y el producto final, frío y seco es de gránulos duros. Se estima el costo en un 3.4% más que en la fórmula presentada como harina seca o mezclada con componentes líquidos. Los gránulos duros se hunden en el agua rápidamente, por lo que están indicados en animales con un hábito alimentario benéfico.

b) **Extrusión (gránulos expandidos).** Es similar en lo esencial a la granulación, pero con un acondicionamiento en temperatura, humedad y una expansión con temperatura y presión mayores. Los costos son de un 10% a un 20% más caros que los gránulos duros, ya que la maquinaria empleada es más compleja y el gasto energético es mayor (Lovell, (1980), citado por Coll, 1983). Las vitaminas, los aminoácidos, los medicamentos y las grasas se aplican cuando el granulado ya está hecho. Estos gránulos flotan en el agua. Por lo general, están indicados en animales con hábito alimentario pelágico.

Los gránulos duros y los gránulos expandidos salen más caros cuanto

más pequeños sean, ya que se requieren mayor potencia y más gastos de mantenimiento para fabricarlos. A partir de cierto tamaño, es más rentable romper los gránulos duros y expandirlos en trozos más pequeños (0,4 a 2,0 mm), proceso que se llama migado (Coll, 1983).

c) Laminación. Es muy usada actualmente por los acuaristas en la alimentación de larvas de peces. Este proceso tiene un elevado costo en comparación con las otras formas de aglomeración. Consiste en hacer pasar la mezcla humedecida entre dos rodillos calientes (130° a 190°C), lisos y próximos. La distancia entre los rodillos y, por lo tanto, el grosor de la pasta, son regulados. La lámina formada se corta luego en trozos.

A medida que se rehidratan, las láminas caen hacia el fondo lentamente, por lo que están indicadas para animales con hábito alimentario pelágico (Feed Production Council, 1970; Dirección General de Acuacultura, 1981; Coll, 1983).

Alimentación

En el acuario se alimentan principalmente de formas vivas muy variadas, entre las que se encuentran el Tubifex sp., las larvas de zanudo, las pulgas de agua y otras (Schäfer y Delström, 1971).

IV. DESCRIPCION DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS

1. Familia Cichlidae.

Nombre científico: Pterophyllum scalare (Fig. 1)

Nombre vulgar: Pez ángel

Sinonimia: Pterophyllum eimekei

Descripción

El pez ángel tiene el cuerpo de forma ovalada. En su estado adulto puede llegar a medir de 8 a 15 cm de largo y 26 cm de alto, incluidas las aletas. Tiene una compresión lateral del óvalo corpóreo, con un espesor medio máximo de 2 cm en los ejemplares muy desarrollados; las aletas dorsal y anal largas y extendidas; la aleta caudal posee numerosos radios, de los cuales los extremos superior e inferior suelen prolongarse en dos filamentos. Las aletas pélvicas son muy delgadas, con los radios terminados en dos largos filamentos, muchas veces con delgadas ramificaciones que agrandan el conjunto del pez. Las aletas pectorales son sumamente delicadas y cortas en relación con el resto de las aletas. El color original es el gris plateado, con cuatro bandas oscuras, casi negras, que atraviesan el cuerpo en forma vertical y espaciada. (Martty, 1980).

Alimentación

En el acuario se alimenta principalmente de formas vivas muy variadas, entre las que se encuentran el Tubifex sp, las larvas de zancudo, las pulgas de agua y otras (Schiötz y Dalström, 1971).

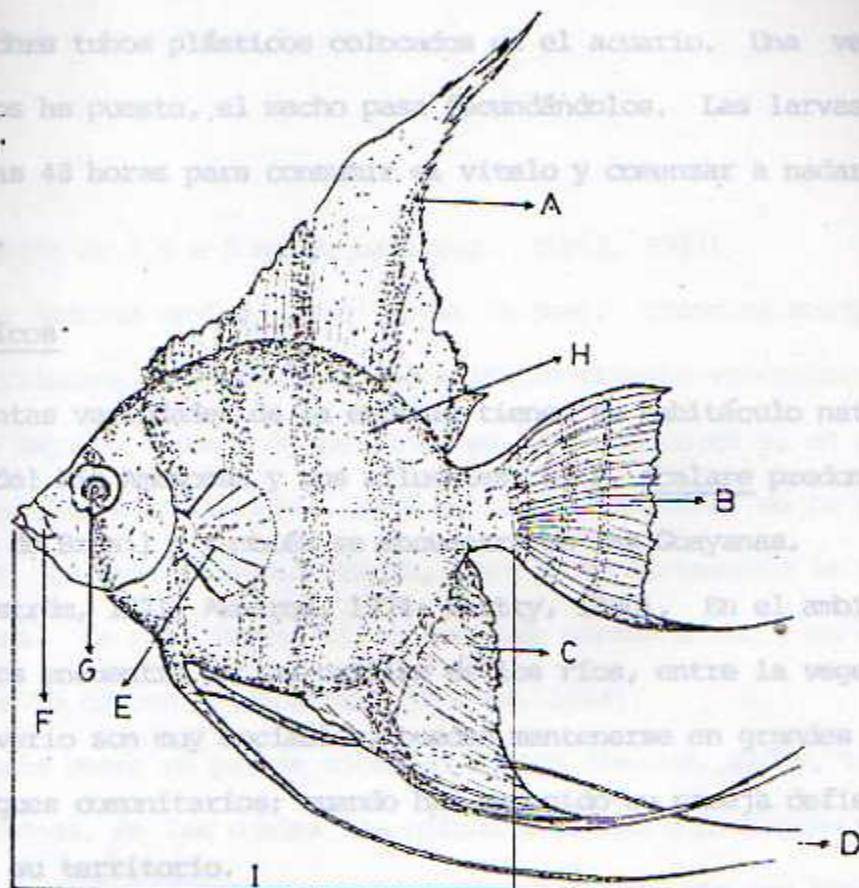


FIG. 1. *Pterophyllum scalare*, "PEZ ANGEL"

- | | |
|-----------------|----------------------|
| A= Aleta dorsal | F= Boca |
| B= " caudal | G= Ojo |
| C= " anal | H= Banda |
| D= " pélvica | I= Longitud estándar |
| E= " pectoral | |
- (Tomado de MARTTY, 1980)

Reproducción

Son ovíparos y colocan sus óvulos sobre las hojas, en las paredes del acuario o sobre tubos plásticos colocados en el acuario. Una vez que la hembra los ha puesto, el macho pasa fecundándolos. Las larvas requieren de unas 48 horas para consumir el vitelo y comenzar a nadar (Axelrod, 1969).

Aspectos ecológicos

Las distintas variedades de la especie tienen su hábitáculo natural a lo largo del Río Amazonas y sus afluentes. El P. scalare predomina en la cuenca de Brasil y también se encuentra en las Guayanas.

(Schiötz y Dahlström, 1971; Axelrod, 1974; Martty, 1980). En el ambiente natural se les encuentra en las orillas de los ríos, entre la vegetación. En cautiverio son muy sociables, pueden mantenerse en grandes grupos y en tanques comunitarios; cuando han escogido su pareja defienden fuertemente su territorio.

Las condiciones óptimas del medio son: pH 7 o ligeramente ácido, poca iluminación y temperaturas entre 25 y 30° C (Schiötz y Dahlström, 1971; Simon y Schuster's, 1976).

Importancia

Dentro de esta especie existe una gran variedad de formas que los criadores han conseguido por selección (Simon y Schuster's, 1976; Martty, 1980); se le aprecia también por su resistencia al manejo y a diferentes condiciones adversas.

2. Familia Daphnidae

Nombre científico: Daphnia pulex (Fig. 2)

Nombre vulgar: Pulga de agua

Descripción

D. pulex mide de 0,5 a 5 mm de longitud. (Coll, 1983).

Alcanza la madurez sexual a los 8 días (1.9mm). Tiene el cuerpo comprimido lateralmente, encerrado en un caparazón abierto ventralmente, dentro del cual hay 5 o 6 pares de apéndices en forma de hojas y, en posición dorsal, una cámara incubadora. Esta estructura termina, en la parte posterior, en una espina apical (Macan, 1969). Se ha perdido la segmentación externa. La rama furcal tiene forma de gancho o uña y su desarrollo raramente se da con metamorfosis (Barnes, 1984).

Esta especie posee un par de ojos compuestos (Pennak, 1953), tiene dos pares de antenas, de las cuales las primeras sirven como órgano olfativo, las segundas que tienen muchas sedas plumosas, son las que ayudan en la locomoción (Martty, 1977; Meglitsch, 1983; Barnes, 1984).

Alimentación

Como los demás cladóceros, la especie se alimenta usualmente de una mezcla de algas, bacterias y detritos, con un tamaño de partícula de 1 a 1,5 μ m de diámetro, entre los cuales se encuentran bacterias (Azobacter, Chroococum y Escherichia coli), levaduras (principalmente S. cerevisiae, algas (Scenedesmus, Chlorella, Volvox, Ulothrix), euglenas y protozoarios (Vijververg, 1976; Champ y Pourriot, 1977; Cabrera, 1980).

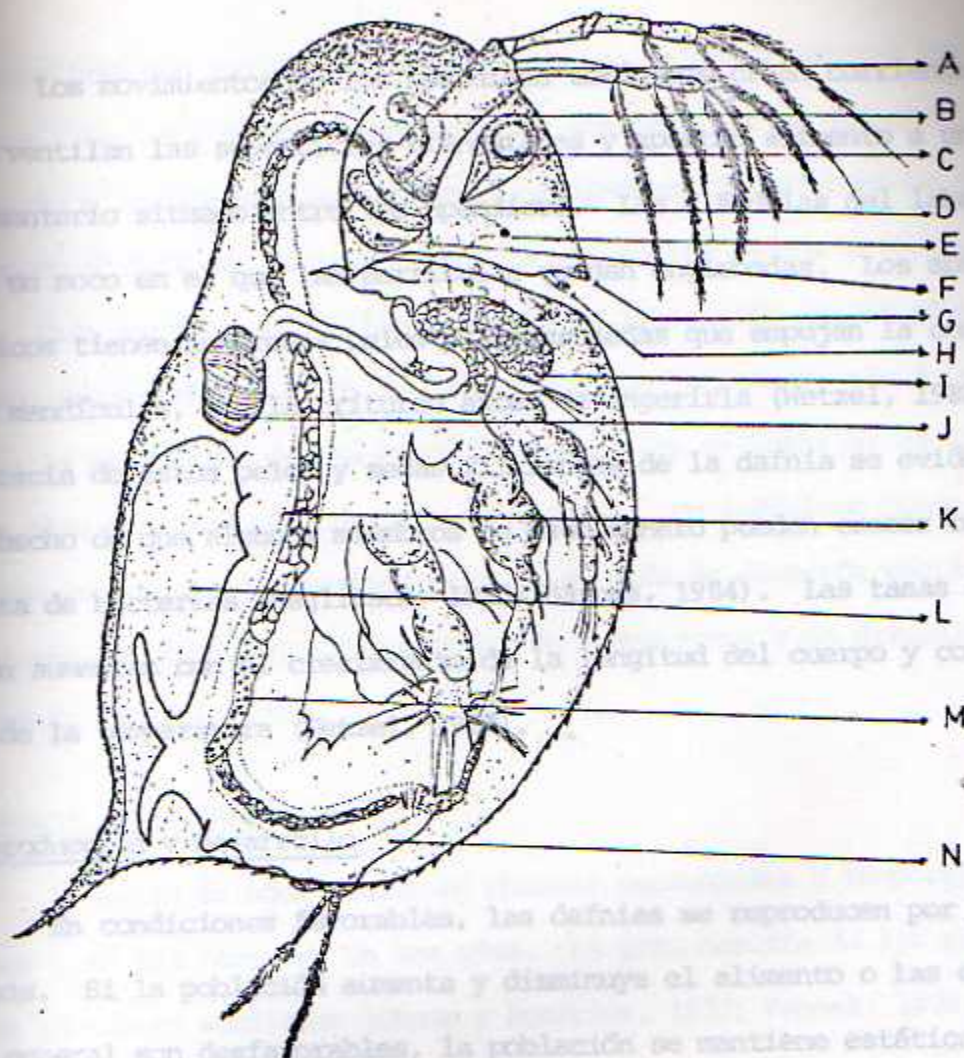


FIG. 2 Daphnia pulex, "PULGA DE AGUA"

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| A: Segunda antena | H: Primera antena |
| B: Ciego del intestino medio | I: Glándula maxilar |
| C: Ojo compuesto | J: Corazón |
| D: Cerebro | K: Intestino |
| E: Océlo | L: Camara de incubación |
| F: Fornix | M: Ovario |
| G: Pico | N: Postabdomen |

(Tomado de PENNAK, 1953)

Los movimientos de los apéndices torácicos crean corrientes de agua que ventilan las superficies branquiales y aportan alimento a un canal alimentario situado entre los apéndices. Las glándulas del labro segregan un moco en el que las partículas quedan englobadas. Los apéndices torácicos tienen numerosos pelos y largas sedas que empujan la comida hasta las mandíbulas, que la trituran antes de ingerirla (Wetzel, 1982). La eficacia de estos pelos y sedas filtrantes de la dafnia se evidencia en el hecho de que algunos miembros de este género pueden crecer con base en dieta de bacterias (Meglitsch, 1983; Barnes, 1984). Las tasas de filtración aumentan con el crecimiento de la longitud del cuerpo y con el aumento de la temperatura (Wetzel, 1982).

Reproducción y desarrollo

En condiciones favorables, las dafnias se reproducen por partenogénesis. Si la población aumenta y disminuye el alimento o las condiciones en general son desfavorables, la población se mantiene estática, la producción de huevos partenogenéticos disminuye y algunos de ellos se desarrollan como machos, con lo cual sobreviene la fecundación. Después de la fecundación, la estructura que envuelve los huevos se vuelve más gruesa y se cierra sobre ellos, formando una bolsa denominada efipio. En las siguientes mudas el efipio puede ser liberado. El número de huevos producidos por puesta varía entre 2 y 30. Hay una generación, aproximadamente, cada diez días (Cabrera, 1980). El número de mudas es variable. El número de estadios de preadulto varía entre 2 y 8; en los adultos es más variable que en los estadios juveniles, desde unas pocas mudas hasta más de veinte. La longevidad y el intervalo de tiempo entre las mudas

consecutivas son variables, aunque están en relación inversa con la temperatura. La longevidad también se ve afectada por la disponibilidad de alimento y normalmente aumenta con una disminución del consumo de éste. Un corto período de inanición provoca una muerte rápida en cualquier fase.

Cada estadio adulto finaliza con la liberación de los jóvenes de la cámara incubatriz, seguida de la muda, de un incremento rápido de tamaño y con la deposición de una nueva generación en el interior de la bolsa, todo ello realizado en cuestión de minutos. Un individuo puede producir varios centenares de descendientes en su vida de duración media, bajo condiciones favorables de crecimiento, de temperatura y de disponibilidad de alimento (Wetzel, 1982).

Aspectos ecológicos

La pulga de agua habita en charcas permanentes y temporales, en lagunas y en las márgenes de los ríos. La gran mayoría de las especies de este género es euriterma (Champ y Pourriot, 1977; Pennak, 1978; Meglitsch, 1983).

Unas pocas especies del género están adaptadas a vivir sobre el fondo, pero la mayoría nada a saltos en aguas abiertas o entre la vegetación, de ahí su nombre de pulga de agua.

Importancia

Es ya conocida la importancia de los cladóceros en la alimentación de los peces durante las primeras etapas del crecimiento (Raisanen y Applegate, 1983; Holm y Moller, 1984). Según Tacon (1981, citado por Holm y Moller (1984), se ha determinado que el zooplancton vivo es rico

en carotenoides. Además, es muy importante por su contenido de aminoácidos libres, enzimas y la misma agua.

Entre el grupo de los cladóceros Daphnia pulex presenta una serie de ventajas para su producción en gran escala, como son su alta fecundidad, fácil cultivo y elevado valor nutricional (56,9% de proteínas) (González y Mastarrigo, 1954). Además, sus diferentes tamaños la hacen una especie adecuada para la alimentación de peces (Pennak, 1953).

Procedimiento Experimental

El sistema experimental se instaló en un recinto techado de 4 m de ancho por 4 m de largo, iluminado con luz artificial, con un fotoperíodo de doce horas. Penetraba también una pequeña cantidad de luz natural por las láminas de fibra de vidrio del techo.

Se seleccionaron dos corrales de alevines, con una edad estimada de dos a tres semanas, un peso promedio de 0,00460 g y una longitud que fluctuó entre 4 y 6 mm.

El agua suministrada a todos los acuarios provenía de la misma fuente y era filtrada con carbón activo y resinas. Una tercera parte del agua de cada acuario se cambió día a día, por medio de sifones, para eliminar desechos metabólicos y residuos de alimento.

Debido al tamaño de la boca se les alimentó durante los primeros quince días con nauplios de Artemia sp, cinco veces al día, con una cantidad total equivalente al 5% de su biomasa y durante los quince días siguientes entró un período relativo de adaptación a las nuevas dietas, durante el cual se les continuó dando el 5% de su biomasa hasta cumplir el primer mes de edad. Luego, durante los otros sesenta días experimentales

V. MATERIALES Y METODOS

El presente estudio fue realizado en el "Criadero de peces Acosta", ubicado en San Antonio de Desamparados, San José, Costa Rica, entre agosto y octubre de 1985. Los peces utilizados (Pterophyllum scalare) se obtuvieron del criadero "Peces Vitalizados S.A. (Pevitsa)", ubicado en Turrucares de Alajuela, Costa Rica.

Procedimiento Experimental

El sistema experimental se instaló en un recinto techado de 4 m de ancho por 4 m de largo, iluminado con luz artificial, con un fotoperíodo de doce horas. Penetraba también una pequeña cantidad de luz natural por las láminas de fibra de vidrio del techo.

Se seleccionaron dos camadas de alevines, con una edad estimada de dos a tres semanas, un peso promedio de 0,00460 g y una longitud que fluctuó entre 4 y 6 mm.

El agua suministrada a todos los acuarios provenía de la misma fuente y era filtrada con carbón activado y resinas. Una tercera parte del agua de cada acuario se cambió día a día, por medio de sifones, para eliminar desechos metabólicos y residuos de alimento.

Debido al tamaño de la boca se les alimentó durante los primeros quince días con nauplios de Artemia sp, cinco veces al día, con una cantidad total equivalente al 5% de su biomasa y durante los quince días siguientes hubo un período paulatino de adaptación a las nuevas dietas, durante el cual se les continuó dando el 5% de su biomasa hasta cumplir el primer mes de edad. Luego, durante los otros sesenta días experimentales

se les suministró diariamente una cantidad de alimento correspondiente al 9% de su biomasa dividida en tres porciones. A los peces alimentados con la dieta empírica denominada en el experimento dieta común comercial se les alimentó con el mismo porcentaje que los otros peces.

El porcentaje de alimento correspondiente se determinó con base en el peso promedio de los peces, el cual era determinado cada quince días.

Diseño experimental y tamaño de las unidades experimentales

El diseño utilizado fue analizado en forma de un irrestricto al azar con tres repeticiones. Las unidades experimentales consistieron en peceras de 50 X 30 X 25 cm, con una capacidad de aproximadamente 38 litros. En cada una de ellas se colocaron 20 alevines. En total se usaron 15 peceras, tres para cada uno de los cinco tratamientos. Para determinar el crecimiento de los peces con la dieta común comercial, se instalaron 3 peceras con 20 peces cada una. En razón de que las condiciones de las distintas peceras de la batería eran muy homogéneas, la posición de los diferentes tratamientos no se efectuó en forma aleatoria.

Variables que se estudiaron:

Para evaluar los resultados de los diferentes tratamientos se cuantificaron las siguientes variables.

1. Peso en mg de una muestra al azar de cinco peces.
Se efectuó cada dos semanas, durante 12 semanas y se utilizó una balanza "Henry Traemmer Inc" con una precisión de 0,001 g.
2. Longitud estándar en mm. Cada dos semanas y con la misma muestra para la variable anterior. Se utilizó un ictiométrico de vidrio al

que se le agregó una escala en mm (Lagler et al; 1984).

3. Índice de mortalidad. Esta variable se calculó con base en 20 peces como 100%, efectuando el recuento de los peces que murieron en cada pecera.
4. Conversión alimentaria final por individuo promedio. Se determinó para cada una de las dietas, en 60 días experimentales, sobre la relación mg de alimento dados/mg de peso ganado. (Dirección General de Acuicultura, 1981).

Dietas:

Se formuló una dieta seca granulada (Cuadro 1), con base en las recomendaciones del N.R.C. (1973), Phillips (1975) y Tiews et al., (1976), la cual se preparó de la siguiente forma:

- A. Se pesaron todos los ingredientes en forma individual y se mezclaron primero aquellos que aportaban las mayores cantidades.
- B. Se mezclaron los ingredientes secos y presentes en menor cantidad (Vitaminas, minerales, sal, antioxidante).
- C. Se mezclaron A y B homogéneamente.
- D. La mezcla se terminó de homogeneizar con aceite de maíz.
- E. Por cada 225 gramos de mezcla, se preparó una solución de 8 g de gelatina (sin sabor ni color artificiales) en 200 ml de agua*.
- F. Se colocó parte de la mezcla en un tazón y luego, en forma manual, se movía el tazón formando círculos y, poco a poco, se le agregaba

*Lic. Jorge Cabrera P. Escuela de Biología, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. Comunicación personal.

por medio de una pizeta la solución de gelatina hasta obtener formas semicompactas, en diferentes tamaños, y se tamizaron para obtener partículas que oscilaron entre 0,75 y 1 mm de diámetro.

El producto final fue secado a una temperatura de 30 C, durante 48 horas** y posteriormente fue colocado en frascos herméticos. Se prepararon cantidades pequeñas para períodos cortos de aproximadamente un mes, las cuales una vez secas y enfriadas fueron pasadas por varios tamices para separar los diferentes tamaños. El análisis químico proximal de dicha dieta, se realizó en los Laboratorios de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Los porcentajes de dicho análisis están expresados en base seca (Cuadro 1).

A cada uno de los componentes presentes en mayor cantidad les fue hecho el mismo análisis químico proximal que el de la fórmula total. La composición se muestra en el Cuadro 2.

Se usaron cinco dietas (Cuadro 3), una de 100% alimento seco, otra con 100% de alimento vivo (Daphnia pulex) y tres diferentes combinaciones de ambas. Una sexta dieta utilizada fue la Común Comercial que consistía de 50% de Artemia sp y 50% de alimento en hojuelas, marca "Tetramín".

Los nauplios de Artemia sp suministrados a los peces de las diferentes dietas se obtuvieron de huevos envasados por Bio Marina, Serie 721602, California, U.S.A. y se hicieron eclosionar de acuerdo con las indicaciones comerciales (Anexo 11).

**Ing. Wilfredo Flores. CITA. Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Comunicación Personal.

Los ejemplares de *Daphnia pulex* se obtuvieron de un monocultivo (Anexo 111), desarrollado durante todo el período experimental y se alimentaron con *Scenedesmus obliquus* (Anexo IV), de acuerdo con la Metodología propuesta por Martty, 1977; Rees y Oldfather, 1980. El análisis proximal de la dafnia se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 1. Composición (g/100 g) de la dieta utilizada en la alimentación del pez ángel.

Componentes	%
harina de pescado	40
harina de sangre	20
harina de maíz	30
vitaminas y minerales (1)	2
aceite de maíz	6
sal	1,5
antioxidante (2)	0,5
Nutrientes	
proteínas	49,44
lípidos	12,44
carbohidratos	27,67
ceniza	11,56
humedad	10,92
fibra	2,44

- (1) Obtenida de Vitaminott, usado como fuente matriz (Ver anexo 1, Cuadro 18). Mezcla vitamínica y de minerales usada: contenido por kg de dieta seca: vitamina A: 33000 UI; vitamina D₃: 3300 UI; tiamina: 0,023 g; niacina: 0,079 g; piridoxina: 0,0226 g; cloruro de colina: 0,3960 g; vitamina B₁₂: 0,066 mg; ácido fólico: 6,60 mg; manganeso: 0,027 g; zinc: 0,165 g; hierro: 0,125 g; cobre: 11 mg; yodo: 1,1 mg; cobalto: 1,1 mg; selenio: 1,1 mg; calcio: 1,91 g; fósforo: 1,36 g; magnesio: 0,50 g; riboflavina: 0,026 g; D. Pantotenato de calcio: 0,033 g; vehículo C.S.P.: 20 g.

- (2) hidroxibutiltolueno.

CUADRO 2. Composición química proximal: (g/100 g) de las diferentes harinas usadas en la dieta seca para el pez ángel.

Componentes Nutrimentos	Componentes		
	Harina de pescado %	Harina de sangre %	Harina de maíz %
proteínas	45,84	79,59	10,25
carbohidratos	0,24	0,13	20,75
lípidos	20,30	1,81	6,57
cenizas	0,78	8,27	1,72
humedad	6,82	10,00	12,31

CUADRO 3. Dietas experimentales suministradas al pez ángel (*Pterophyllum scalare*) durante un período de 60 días.

Tipo de alimento	Dieta				
	A	B	C	D	E
VIVO	100% <u>Daphnia</u> <u>pulex</u>	75% <u>Daphnia</u> <u>pulex</u>	50% <u>Daphnia</u> <u>pulex</u>	25% <u>Daphnia</u> <u>pulex</u>	0%
SECO	0%	25% Alimento en grano	50% Alimento en grano	75% Alimento en grano	100% Alimento en grano

CUADR 4. Análisis químico proximal de Daphnia pulex utilizada en las dietas experimentales. Cabrera, 1980.

	Secado rápido % en g	Secado lento % en g	Fresco % en g
humedad	10,8	12,9	80,6
materia	89,2	87,1	19,4
nitrógeno total	9,1	8,1	
proteínas	56,9	55,6	
materia grasa	10,4	12,3	
carbohidratos	12,5	9,8	
cenizas totales	9,4	9,4	
fósforo	1,3	1,2	
calcio	3,0	0,2	
magnesio	Trazas	Trazas	

Análisis de las variables en estudio

A las variables estudiadas se les realizó el análisis de variancia según el modelo a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \xi_{ij},$$

en donde

Y_{ij} representa a la i -ésima observación ($i=1..,r$) de la j -ésima-dieta ($j=1,...., r=t$).

μ es un efecto general de todo el experimento, es la media de la población muestreada.

τ_j es la respuesta al efecto de j -ésima dieta.

ξ_{ij} es la representación del error experimental presente en la i -ésima observación de la j -ésima dieta.

Hipótesis para probar

$$H_0 = \sum_j \tau_j = 0 \quad H_1 = \sum_j \tau_j \neq 0$$

en donde

H_0 = suma de los tratamientos es igual a 0 cero; esto quiere decir que todos los tratamientos son iguales, que no hay diferencias entre dietas.

H_1 = La suma de las dietas es diferente de cero, lo que significa que al menos una dieta difiere de las demás. Cuando hubo diferencias significativas se recurrió a analizarlas por medio de la Prueba de Duncan.

Factores fisicoquímicos controlados

La temperatura del agua se fijó en 26 °C, utilizando un termostato "Hagen" de 100 vatios en cada pecera. La temperatura ambiental se midió siempre en un mismo lugar y en horas de la tarde. El pH se midió de día por medio con una cinta indicadora y se comprobó más exactamente cada quince días con un medidor "Digi Sense Cole Palmer"; se mantuvo en un ámbito de 6,8 a 7,2. Como el agua de las peceras tendía a hacerse alcalina, se utilizó ácido clorhídrico 10 N, el cual se dejó caer gota a gota sobre la corriente de burbujas de aire, para mantener el pH en el recorrido indicado.

La concentración de oxígeno disuelto se midió cada 25 días con un medidor "Y. S. I." Modelo 51 B.

Referencia preliminar del tipo económico

Se llevó a cabo una pequeña reseña económica de los costos de operación, que implican la elaboración de una dieta tanto seca como viva, sin considerar el manejo mismo de los peces.

En el Cuadro 8 se puede observar que no hubo diferencias significativas entre las dietas con respecto al incremento en peso.

En la Fig. 3 se puede apreciar que durante la primer mes hay poca diferencia en las longitudes promedio; es a partir del mes de noviembre que se comienza una diferencia mayor entre las longitudes obtenidas con las dietas A y B que las obtenidas con las dietas C, D y E.

VI. RESULTADOS

Factores fisicoquímicos

La fase experimental del estudio mostró que no hay diferencias marcadas entre los valores obtenidos para el oxígeno, el pH y la temperatura, tal como se observa en el Cuadro 5. En los diferentes tratamientos del experimento, estos factores se mantuvieron constantes según se comprueba en los bajos valores de las desviaciones estándar.

Longitud

Al inicio del estudio los valores fluctuaron en un ámbito de 4,2 a 5,5 mm y el incremento en la longitud a través de todo el experimento fue muy similar para todos los tratamientos (Cuadro 6). Al término de los 90 días, la mayor longitud promedio fue de 23,4 mm, correspondiente a los peces de la Dieta B y la menor de 17,93 mm para los de la Dieta E.

Se obtuvieron valores muy similares entre las longitudes del pez ángel obtenidas al final de la fase experimental y el tamaño mínimo comercial (25 a 30 mm) que eran las que se esperaba alcanzar. Esto a pesar del estrés a que fueron sometidos los peces con el cambio de dieta y los muestreos quincenales.

En el Cuadro 8 se puede observar que no hubo diferencias significativas entre las dietas con respecto al incremento en tamaño.

En la Fig. 3 se puede apreciar que durante el primer mes hay poca diferencia en las longitudes promedio; es a partir del mes de setiembre que se acentúa una diferencia mayor entre las longitudes obtenidas con las dietas A y B que las obtenidas con las dietas C, D y E.

La diferencia entre las longitudes finales obtenidas con la dieta A y B es muy poca, la diferencia sí es más notoria entre éstas con respecto a las dietas C, D y E.

Las dietas A (100% de alimento vivo) y B (75% de alimento vivo y 25% de alimento seco) produjeron los mejores resultados, mientras que con las dietas C, D y E se obtuvo un crecimiento menor.

La longitud obtenida en los peces alimentados con la dieta común comercial (23,71) fue mayor que la de las dietas experimentales A-E.

Cuadro 5. Valores promedio de los parámetros fisiológicos experimentales de alimentación del pez arroyo.

Parámetros fisiológicos	Dietas		
	A	B	C
	$\bar{x} \pm d.e$	$\bar{x} \pm d.e$	$\bar{x} \pm d.e$
Oxígeno (mg/l)	6,75 $\pm$ 0,42	6,75 $\pm$ 0,42	6,75 $\pm$ 0,42
pH	7,23 $\pm$ 0,49	7,23 $\pm$ 0,51	7,28 $\pm$ 0,48
Temperatura $^{\circ}\text{C}$	25,32 $\pm$ 2,31	24,91 $\pm$ 1,94	25,40 $\pm$ 2,53

Observación estándar.

Quadro 5. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos controlados durante la fase experimental de alimentación del pez angel.

Parámetros fisicoquímicos	DIETA					Común Comercial $\bar{x} \pm d.e$
	A	B	C	D	E	
	$\bar{x} \pm d.e^*$	$\bar{x} \pm d.e$	$\bar{x} \pm d.e$	$\bar{x} \pm d.e$	$\bar{x} \pm d.e$	
Oxígeno (mg/l)	6,75 $\pm$ 0,42	6,75 $\pm$ 0,42	6,75 $\pm$ 0,42	6,75 $\pm$ 0,42	6,75 $\pm$ 0,42	6,75 $\pm$ 0,42
pH	7,23 $\pm$ 0,48	7,23 $\pm$ 0,51	7,28 $\pm$ 0,48	7,25 $\pm$ 0,46	7,31 $\pm$ 0,42	7,26 $\pm$ 0,44
Temperatura °C.	25,33 $\pm$ 2,31	24,91 $\pm$ 1,94	25,40 $\pm$ 2,53	25,02 $\pm$ 2,15	24,85 $\pm$ 1,88	25,16 $\pm$ 2,15

*desviación estandar.

CUADRO 6. Promedios de longitudes (mm) $\pm$ d.e.* obtenidos en el pez ángel en cada uno de los muestreos de la fase experimental.

DIETA Muestreo (días)	A $\bar{X} \pm d.e.$	B $\bar{X} \pm d.e.$	C $\bar{X} \pm d.e.$	D $\bar{X} \pm d.e.$	E $\bar{X} \pm d.e.$	Común Comercial $\bar{X} \pm d.e.$
0	4,63 $\pm$ 0,32	4,2 $\pm$ 0,20	4,8 $\pm$ 0,26	5,5 $\pm$ 0,20	5,16 $\pm$ 0,29	5,2 $\pm$ 0,42
15	6,6 $\pm$ 0,40	6,0 $\pm$ 0,87	5,8 $\pm$ 0,62	5,7 $\pm$ 0,55	5,46 $\pm$ 0,35	6,7 $\pm$ 0,58
30	9,47 $\pm$ 1,45	10,27 $\pm$ 1,03	9,23 $\pm$ 1,73	8,73 $\pm$ 1,51	8,5 $\pm$ 1,30	10,33 $\pm$ 1,34
45	11,3 $\pm$ 2,04	11,37 $\pm$ 0,54	10,36 $\pm$ 2,07	10,40 $\pm$ 0,95	10,17 $\pm$ 0,66	12,23 $\pm$ 1,43
60	12,5 $\pm$ 0,96	13,33 $\pm$ 0,30	11,40 $\pm$ 1,65	11,33 $\pm$ 0,23	11,33 $\pm$ 0,58	13,47 $\pm$ 1,29
75	18,63 $\pm$ 2,32	18,8 $\pm$ 2,50	18,35 $\pm$ 3,77	18,06 $\pm$ 3,40	16,17 $\pm$ 1,02	19,07 $\pm$ 0,31
90	22,75 $\pm$ 2,15	23,4 $\pm$ 1,44	19,93 $\pm$ 2,90	19,3 $\pm$ 2,59	17,93 $\pm$ 1,70	23,71 $\pm$ 2,33

*desviación estándar.

FIG. 3. Promedios de longitud obtenidos en el pez ángel alimentado con las dietas experimentales.

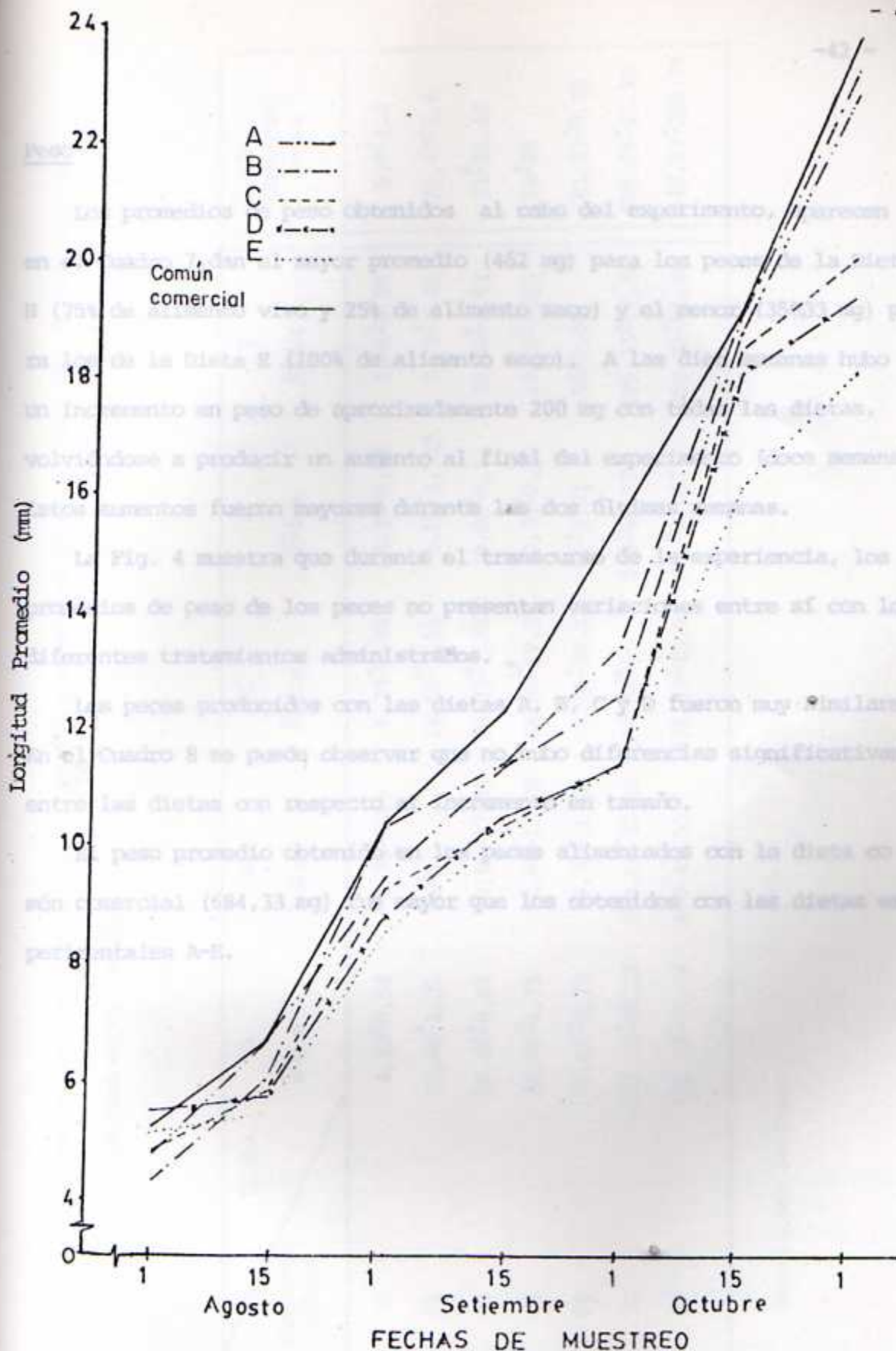


FIG. 3. Promedios de Longitud obtenida en el pez ángel alimentado con las dietas experimentales.

Peso

Los promedios de peso obtenidos al cabo del experimento, aparecen en el Cuadro 7, dan el mayor promedio (462 mg) para los peces de la Dieta B (75% de alimento vivo y 25% de alimento seco) y el menor (350,33 mg) para los de la Dieta E (100% de alimento seco). A las diez semanas hubo un incremento en peso de aproximadamente 200 mg con todas las dietas, volviéndose a producir un aumento al final del experimento (doce semanas). Estos aumentos fueron mayores durante las dos últimas semanas.

La Fig. 4 muestra que durante el transcurso de la experiencia, los promedios de peso de los peces no presentan variaciones entre sí con los diferentes tratamientos administrados.

Los peces producidos con las dietas A, B, C y D fueron muy similares. En el Cuadro 8 se puede observar que no hubo diferencias significativas entre las dietas con respecto al incremento en tamaño.

El peso promedio obtenido en los peces alimentados con la dieta común comercial (684,33 mg) fue mayor que los obtenidos con las dietas experimentales A-E.

Dieta	A
Alimentación (semanas)	$\bar{x} \pm d.e$
0	4,33 [±] 0,58
15	10,66 [±] 2,31
30	20,66 [±] 9,45
45	34,90 [±] 4,71
60	66,66 [±] 5,77
75	124,33 [±] 86,22
90	425,33 [±] 74,14

CUADRO 7. Promedios de peso (g/1000g)[±]d.e* obtenidos en el pez ángel en cada uno de los muestreos de la fase experimental.

Muestreo (días)	Dieta					Común Comercial $\bar{X} \pm d.e$
	A $\bar{X} \pm d.e$	B $\bar{X} \pm d.e$	C $\bar{X} \pm d.e$	D $\bar{X} \pm d.e$	E $\bar{X} \pm d.e$	
0	4,33 [±] 0,58	4,76 [±] 0,49	5,33 [±] 2,08	3,33 [±] 0,58	3,66 [±] 0,58	5,0 [±] 1,0
15	10,66 [±] 2,31	12 [±] 0	14,66 [±] 7,51	8,66 [±] 1,115	7,73 [±] 0,46	14,67 [±] 6,6
30	20,66 [±] 9,45	30,66 [±] 17,01	26,33 [±] 7,23	19,66 [±] 6,11	19,66 [±] 1,53	31 [±] 12,12
45	34,90 [±] 4,71	48,66 [±] 12,05	48,00 [±] 19,08	30,33 [±] 2,52	29,66 [±] 6,03	54 [±] 26
60	66,66 [±] 5,77	78,33 [±] 16,20	68,66 [±] 24,12	61 [±] 3,61	58 [±] 2,00	81,33 [±] 9,02
75	243,33 [±] 86,22	254,66 [±] 82,01	254,33 [±] 66	232 [±] 66,57	189,33 [±] 47,39	265,66 [±] 25,90
90	425,33 [±] 74,14	462 [±] 45,30	435,33 [±] 43,99	401 [±] 22,87	350,33 [±] 81,40	648,33 [±] 106,91

*desviación estándar.

Conversión alimentaria

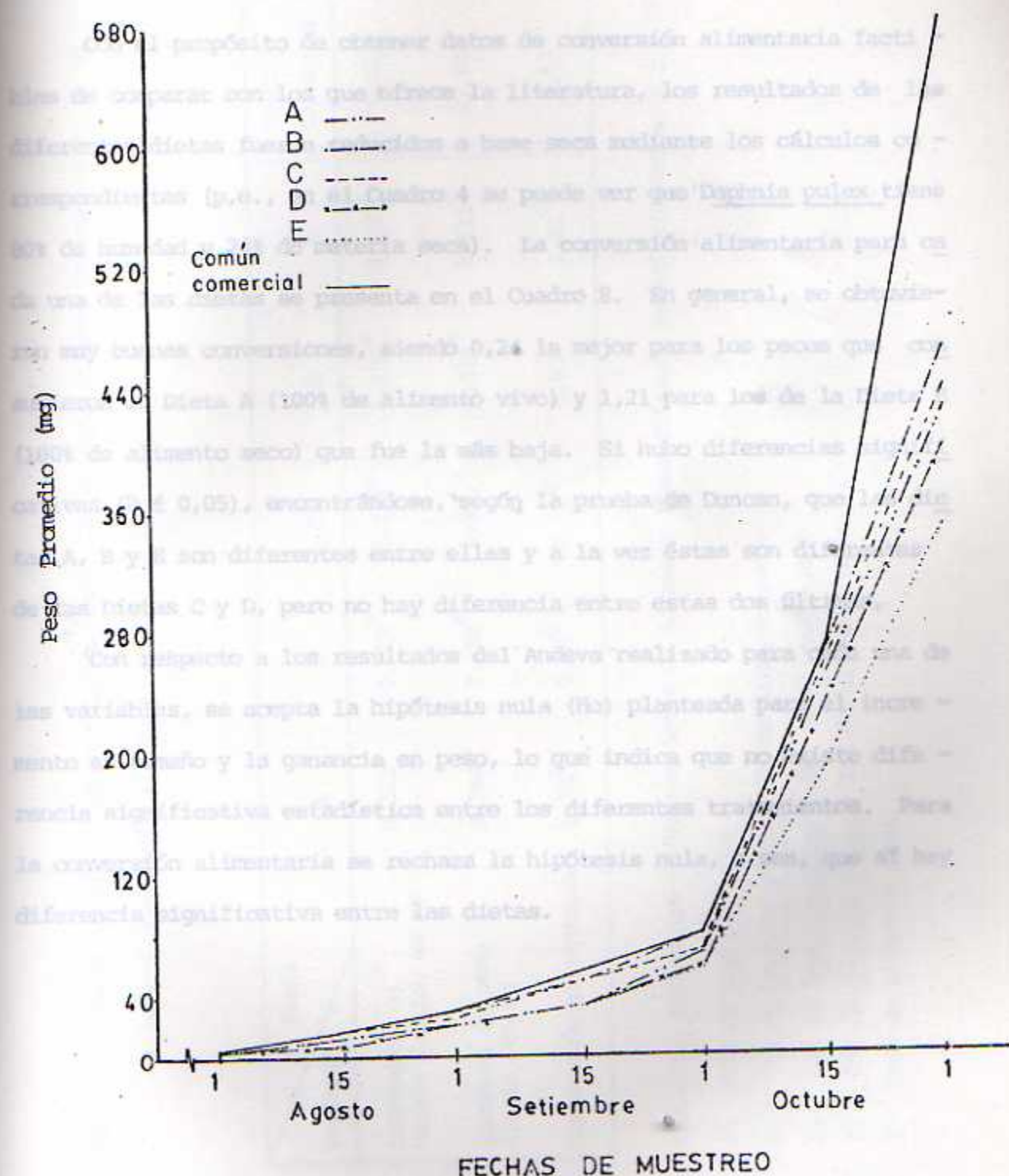


FIG. 4. Promedios de peso obtenido en el pez ángel alimentado con las dietas experimentales.

Conversión alimentaria

Con el propósito de obtener datos de conversión alimentaria factibles de comparar con los que ofrece la literatura, los resultados de las diferentes dietas fueron reducidos a base seca mediante los cálculos correspondientes (p.e., en el Cuadro 4 se puede ver que *Daphnia pulex* tiene 80% de humedad y 20% de materia seca). La conversión alimentaria para cada una de las dietas se presenta en el Cuadro 8. En general, se obtuvieron muy buenas conversiones, siendo 0,24 la mejor para los peces que consumieron la Dieta A (100% de alimento vivo) y 1,21 para los de la Dieta E (100% de alimento seco) que fue la más baja. Si hubo diferencias significativas ($P \leq 0,05$), encontrándose, según la prueba de Duncan, que las dietas A, B y E son diferentes entre ellas y a la vez éstas son diferentes de las Dietas C y D, pero no hay diferencia entre estas dos últimas.

Con respecto a los resultados del Andeva realizado para cada una de las variables, se acepta la hipótesis nula (H_0) planteada para el incremento en tamaño y la ganancia en peso, lo que indica que no existe diferencia significativa estadística entre los diferentes tratamientos. Para la conversión alimentaria se rechaza la hipótesis nula, o sea, que sí hay diferencia significativa entre las dietas.

Dieta	Variable	Incremento en tamaño diario, en	Ganancia de peso diario, en mg	Conversión alimentaria
A				0,24
B				0,25
C				0,26
D				0,27
E				1,21

CUADRO 8. Efecto de las diferentes dietas sobre la ganancia en peso incremento en el tamaño y conversión alimentaria durante 60 días.

Variable	Dieta				Común Comercial
	A	B	C	D	E
Incremento en tamaño diario, en mm	0,221 ^a	0,219 ^a	0,178 ^a	0,176 ^a	0,157 ^a
Ganancia de peso diario, en mg	6,744 ^a	7,189 ^a	6,822 ^a	6,355 ^a	5,511 ^a
Conversión alimentaria	0,24 ^a	0,52 ^b	0,79 ^c	0,97 ^c	1,21 ^d
					0,223
					10,88
					0,53

a,b,c,d. Medias con diferente letra en la misma línea difieren estadísticamente ($P \leq 0,05$)

A: 100% de Daphnia pulex.

B: 75% de Daphnia pulex y 25% de alimento seco.

C: 50% de Daphnia pulex y 50% de alimento seco.

D: 25% de Daphnia pulex y 75% de alimento seco.

E: 100% de alimento seco.

Mortalidad

La mortalidad durante toda la fase experimental, aumentó durante el mes de octubre para todas las dietas y luego se mantuvo casi constante hasta el final del experimento (Cuadro 9). El índice de mortalidad para cada una de las dietas con respecto al tiempo, en general fue bajo, siendo el mayor para los peces de la Dieta E, 100% de alimento seco (28,33% y el menor para los peces que se alimentaron con la Dieta C, 50% de alimento seco y 50% de alimento vivo (3,33%) Fig. 5. En el Cuadro 10, se puede apreciar que la Dieta C fue la que presentó mayor porcentaje de sobrevivencia (96,66). En la Fig. 6 se observa que no hay mayor diferencia en el porcentaje de sobrevivencia entre las dietas A y B, lo mismo que entre las dietas D, E y Común Comercial.

CUADRO 9. Índice de mortalidad para cada dieta en relación con el tiempo de muestreo.

Días \ Dieta	A %	B %	C %	D %	E %	Común Comercial %
30	0	0	0	0	0	0
45	5	0	0	6,66	15	0
60	11,66	6,66	3,33	20	28,33	15
75	11,66	6,66	3,33	20	28,33	23,33
90	15	11,66	3,33	20	28,33	23,33

CUADRO 10. Supervivencia y mortalidad de los peces ángel para cada una de las dietas experimentales.

Dietas	Supervivientes	% sobre vivencia	Índice de Mortalidad
A	51	85	15
B	53	88,33	11,66
C	58	96,66	3,33
D	48	80	20
E	43	71,66	28,33
Común Comercial	46	76,66	23,33

FIG. 1. Índice de mortalidad (%) registrado durante el período experimental, según la dieta.

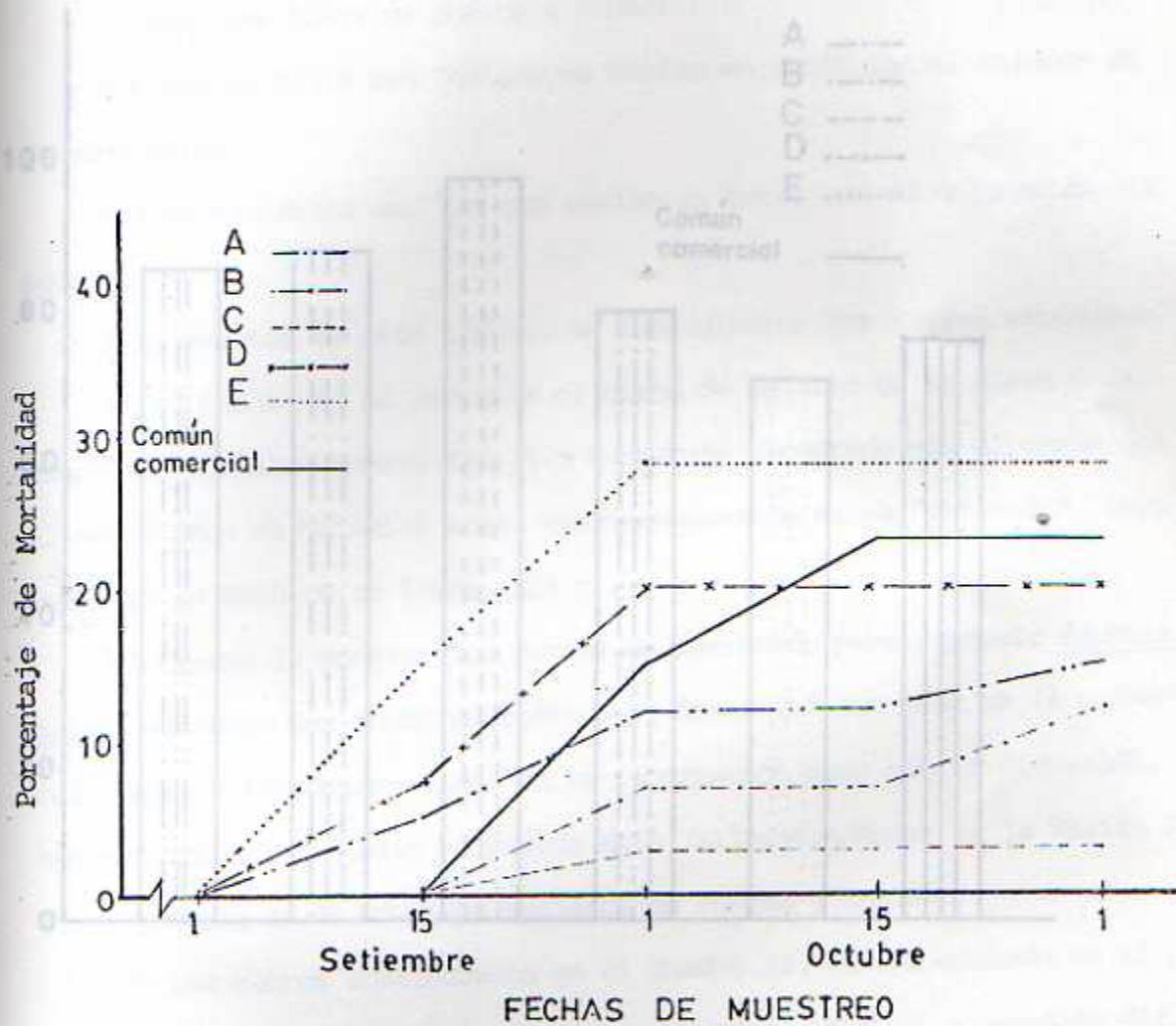


FIG. 5. Índice de mortalidad (%) registrado durante el período experimental, según la dieta.

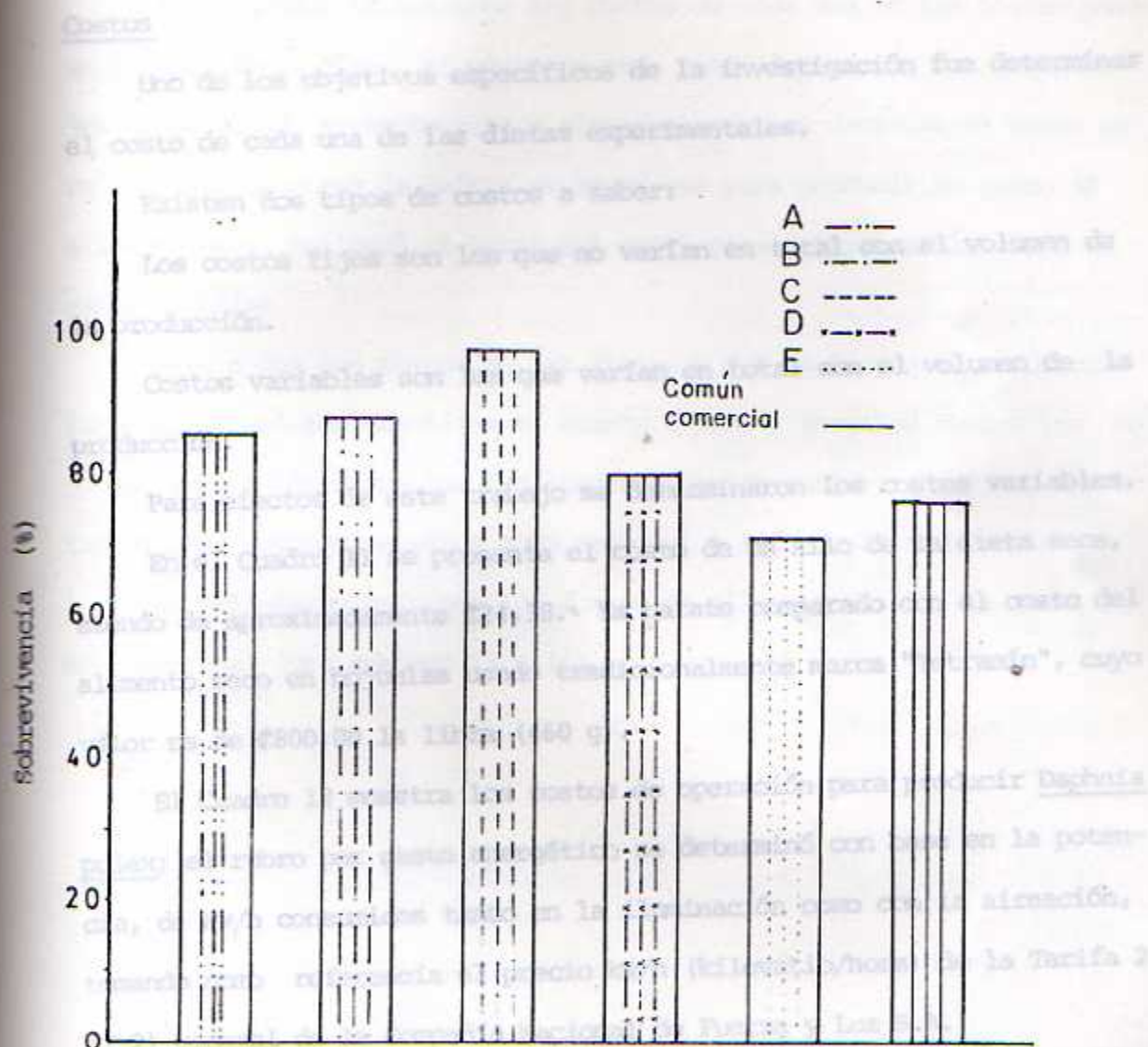


FIG. 6. Porcentaje de sobrevivencia registrado durante el período experimental, según las dietas.

Costos

Uno de los objetivos específicos de la investigación fue determinar el costo de cada una de las dietas experimentales.

Existen dos tipos de costos a saber:

Los costos fijos son los que no varían en total con el volumen de la producción.

Costos variables son los que varían en total con el volumen de la producción.

Para efectos de este trabajo se determinaron los costos variables.

En el Cuadro 11 se presenta el costo de un kilo de la dieta seca, siendo de aproximadamente \$24,38. Es barato comparado con el costo del alimento seco en hojuelas usado tradicionalmente marca "Tetramín", cuyo valor es de \$800,00 la libra (460 g).

El Cuadro 12 muestra los costos de operación para producir Daphnia pulex; el rubro por gasto energético se determinó con base en la potencia, de kw/h consumidos tanto en la iluminación como con la aireación, tomando como referencia el precio kw/h (kilovatio/hora) de la Tarifa 2 (T 2) general de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A.

De los rubros considerados en el Cuadro 12, el más elevado es el de la mano de obra, ya que el cultivo de dafnia debe ir acompañado del de algas. Se consideró costo de hora peón (equivalente a un cuarto de jornal permanente), ya que un obrero bien entrenado puede solventar la mayoría de los diversos problemas que se le presentarían al cultivar tanto la dafnia como el alga; además, la magnitud de la producción era en pequeña escala.

En el Cuadro 13 aparecen los costos de cada una de las dietas para un período de 60 días. El costo de cada dieta depende de los porcentajes empleados de alimento vivo y alimento seco, es decir, si el costo para producir un gramo de dafnia es mayor que para producir un gramo de alimento seco, así será el total del costo para determinar la dieta durante 60 días.

Pese a que los costos de las dietas E y D no fueron elevados, como tampoco los valores obtenidos en cuanto a peso y longitud fueron los mejores, se considera que los resultados de estas variables son muy importantes para futuros estudios como material e informe de referencia.

Se calcularon asimismo los costos de alimentación con la dieta Común Comercial (Ver cuadros 13 y 14).

Ingredientes	Peso	Precio*	Precio por kilo de la dieta
Harina de pescado	40	\$0,018	\$7,39
Harina de soya	20	\$0,0114	\$2,28
Harina de maíz	30	\$0,0087	\$2,61
Vitaminas	2	\$0,172	\$3,45
Sal	1,5	\$0,026	\$0,39
B.H.T. (anticoagulante)	0,5	\$0,25	\$1,26
COSTO TOTAL/KILO			\$24,38

*Ag: 100 lb (1 lb = 450g)

** (B.O.A. = 52 = \$54,85)

CUADRO 11. Costo de materia prima de un kilo de la dieta seca.

Ingredientes	Precio unidad	%	Peso (g)	Precio** gramo	Precio por kilo de la fórmula
harina de pescado	¢850 qq*	40	400	¢0,018	¢7,39
harina de sangre	¢525 qq	20	200	¢0,0114	¢2,28
harina de maíz	¢400 qq	30	300	¢0,0087	¢2,61
Vitaminott	¢ 79,30/libra	2	20	¢0,172	¢3,45
aceite vegetal (maíz)	¢105/libra	6	60	¢0,116	¢7,00
sal	¢12/libra	1,5	15	¢0,026	¢0,39
B.H.T. (antioxidante)	¢116,40/libra	0,5	5	¢0,25	¢1,26
COSTO TOTAL/KILO					¢24,38

N.D.: No disponible, por no haberse podido conseguir.
*qq: 100 lb (1 lb = 460g)

*Sin precio, colectado en el campo.

**Vitrax (regalado por la Fábrica Nacional de Litografía) se usó en combinación con K₂S₂O₈. ** (E.U.A. = \$1 = ¢54,85)

son relativamente bajos y están contemplados en el 10% de supervisión.
***Fórmula usada para determinar el número de machos considerados:

$$\frac{\text{Potencia}}{\text{unidad}} \times \text{No. de horas} \times 50 \text{ días} = 1000 \text{ machos}$$

CUADRO 12. Costo para producir 194 g de Daphnia pulex 1/

Componentes	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Material biológico* (Cepa de <u>Daphnia</u>)	N.D	N.D	N.D
medio**	N.D	N.D	N.D
gasto energético ***	¢ 4,14 kw/h	357,12 kw/h	¢1,478,50
mano de obra	¢32,00/hora	10 horas/día	¢2,560,00
Subtotal			¢4,038,50
10% imprevistos			¢ 403,85
TOTAL	¢22,90		¢4,442,35

1/ La producción se llevó a cabo durante un período de 60 días.

N.D: No disponible, por no haber datos de mercado

*Sin precio, colectado en el campo.

**Vinaza (regalada por la Fábrica Nacional de Licores); se usó en combinación con K_2HPO_4 y $NaNO_3$, cuyos costos, por ser cantidades mínimas, son relativamente bajos y están contemplados en el 10% de imprevistos.

***Fórmula usada para determinar el número de kw/h consumidos:

$$\frac{\text{Potencia usada}}{\text{X No. de horas}} \times 60 \text{ días}$$

1000 vatios

CUADRO 13. Costo por gramo para eclosionar cistos de Artemia sp
(Cantidad producida: 10 gramos)

Componentes	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
cistos de <u>Artemia</u> sp	8,24 g	10 g	¢ 82,4
gasto energético*	¢ 4,14 kw/h	37,44 kw/h	¢155,00
Subtotal			¢237,4
10% imprevistos			¢ 23,74
TOTAL	¢ 26,11		¢261,14

*Incluye los gastos de iluminación y aireación durante 60 días.

CUADRO 14. Costo de cada una de las dietas durante 60 días

	Dieta A 100% Daphnia pulex	Dieta B 75% Daphnia pulex 25% alimento seco	Dieta C 50% Daphnia pulex 50% alimento seco	Dieta D 25% Daphnia pulex 75% alimento seco	Dieta E 100% alimen- to seco	Dieta Común Co- mercial 50% Artemia sp 50% Tetramín
Monto	¢178,66	¢161,05	¢108,27	¢ 39,38	¢ 0,1471	¢112,67
Gramos consumidos	26,06	31,32	31,55	22,90	18,09	29,01
Costo por grano	¢ 22,90	¢ 17,18	¢ 11,46	¢ 5,74	¢ 0,44	¢ 13,99

VII. DISCUSION

Los factores fisicoquímicos siempre estuvieron controlados para tratar de homogeneizar el medio y mantenerlo dentro de los valores óptimos para la especie, según lo recomendado por Innes, 1944; Axelrod, 1974; Simón y Schuster's, 1976.

Los valores obtenidos en longitud para las diferentes dietas están por debajo de los encontrados por Innes (1944), en la Cuenca del Amazonas, pero son coincidentes con los resultados obtenidos en algunas experiencias en varios criaderos del país.*

Los valores de peso fueron muy similares para cada una de las diferentes dietas y no son comparables con ningún dato de la literatura, ya que por lo general, en los trabajos sobre peces ornamentales solo se considera el tamaño, porque a mayor tamaño, mayor precio.

Otro de los factores que tiene importancia en cualquier trabajo de investigación sobre alimentación en peces es la conversión alimentaria. El suministro de alimento vivo y seco en diversas proporciones no parece afectar el crecimiento en peso, longitud, ni en la conversión alimentaria. Esto coincide con lo mencionado por Bromley (1980), que probó dietas con diferentes porcentajes de humedad en la alimentación del rodaballo (Scophthalmus maximus L) sin encontrar indicios de que el contenido de agua en la dieta influyera en la conversión alimentaria. Es probable que el pez ángel, al igual que el rodaballo, convierta eficientemente

*Sr. Luis Acosta Alfaro. Criadero de Peces Acosta
San Antonio de Desamparados, San José, Comunicación Personal.

tanto dietas húmedas como secas. En general, conversiones de 1:1 como se ha dado en truchas o de 0,47:1 como en el rodaballo, se consideran excelentes (Bromley, 1980). Otras buenas conversiones de 1,46:1 encontradas para peces carnívoros alimentados con dietas que contenían un 49% de proteína (porcentaje de proteína muy similar al que contienen las dietas utilizadas) son mencionados por Tiëws et al; (1976).

Las conversiones logradas fueron muy similares a las señaladas por la casa comercial productora de alimento "Hills Kordon" (E.U.A.), en su propaganda comercial quien hizo varias pruebas con una dieta seca de alimento en hojuelas con el Pterophyllum scalare) y cuyo análisis proximal es muy similar al alimento usado en este experimento. Esta casa obtuvo conversiones de 1,39:1; con la misma especie y un alimento elaborado con plancton seco, con el que se consiguieron conversiones de 1,15:1.

Conviene enfatizar que tan buenas conversiones alimentarias se deben a un contenido adecuado de nutrimentos y sus balances, a una buena aceptabilidad y habilidad digestiva, así como a condiciones óptimas del medio (Hastings, 1976).

Puesto que los factores abióticos del medio (temperatura, oxígeno, luz y pH) fueron controlados a lo largo de la experiencia y la alimentación siguió patrones definidos, los casos de mortalidad podrían atribuirse a algún residuo de comida en principio de descomposición que fuera consumido por los peces, al estrés sufrido a causa de los muestreos quincenales ya que estos peces son muy asustadizos o por razones no controlables ocurridas en la noche.

Los costos para producir un gramo de alimento vivo (Dafnia) son más altos que los que resultaron de producir un gramo de alimento seco

pero los rendimientos óptimos se obtuvieron en los peces alimentados con las dietas que contenían los mayores porcentajes de alimento vivo. Es de considerar para proyectos futuros que los costos se vieron aumentados debido al tipo de investigación y que en otras circunstancias estos podrían haber sido más favorables.

Los resultados con el cultivo de algas, fueron muy satisfactorios. Se debe aclarar que no obstante las buenas concentraciones algales, siempre persistió la contaminación por hongos y bacterias propiciada por los nutrimentos que contiene la vinaza (medio). Además, de acuerdo con la literatura citada y a la que se hace referencia al principio, las dafnias consumen bacterias u otros organismos similares.

La vinaza es un subproducto muy abundante, derivado de la fabricación de alcohol. Su composición química se caracteriza por poseer elementos químicos importantes para el crecimiento algal. Además de ser líquida y poseer gran solubilidad, pueden ser utilizadas sin tratamiento previo en la fertilización de estanques para producción de algas y como fertilizante parcial o total en agricultura (Calderón et al., 1984). En Costa Rica hay varios estudios realizados sobre el empleo de la vinaza, entre otros están los de Calderón et al., (1984) y Acuña, (1985).

Se trató de mantener el cultivo de dafnias dentro del ámbito recomendado por Rees y Oldfather (1980). Así, los resultados concuerdan con lo mencionado por Frank (1960), en cuanto a que el cultivo, después de 12 a 13 días de edad, sufre un descenso de población o cambio de densidad.

Los resultados obtenidos en el experimento paralelo con la dieta común comercial indican que la eficiencia de ésta en cuanto a crecimiento en longitud y peso es mayor que cualquiera de las dietas experimentales

analizadas.

En lo referente a conversión alimentaria y a los costos, algunas de las dietas experimentales son más ventajosas (con respecto a conversión las dietas A y B, con respecto a costos las dietas C, D y E).

Sin embargo no se puede llegar a una conclusión definitiva en cuanto a la comparación entre las dietas experimentales analizadas en este trabajo y la dieta común comercial.

Aunque las dietas experimentales no han logrado un crecimiento mejor que la dieta común comercial, en algunos casos tampoco han sido inferiores, por lo que constituyen una base para obtener en el futuro una dieta más ventajosa mediante alteraciones en la composición de la dieta seca.

4. En general, los índices de conversión alimentaria fueron muy buenos. La dieta A (100% de alimento vivo) tuvo la más baja conversión (0.24) y la dieta B (100% de alimento seco) la más alta conversión (1.21); esto último puede ser indicativo de que el pez ángel necesita un complemento de materia viva.
5. Se reconoce que el índice de conversión de 0.24 de la dieta A, es mucho menor que los datos respectivos de la literatura, acercándose a los límites establecidos por la teoría fisiológica. El resultado puede atribuirse a posibles errores de muestreo o posibles errores en la administración de las dietas en algún momento.
6. Prestando la variable mortalidad, el índice de conversión alimentaria, los crecimientos en longitud y peso, y los otros, la dieta C es la que resulta más ventajosa de las dietas planteadas.
7. En cuanto a costos, la Dieta B (100% de gránulos secos) fue la más

VIII. CONCLUSIONES

1. Al mantener los factores oxígeno, pH y temperatura debidamente controlados y constantes, se logró homogenizar el medio y, así, no influir en los resultados de los diferentes tratamientos.
2. Con base en los análisis proximales de Daphnia pulex y del alimento seco, se concluye que ambos contienen porcentajes suficientes de proteínas, carbohidratos, lípidos, etc., por peso, como alimento para el pez ángel.
3. La dieta B (75% de alimento vivo y 25% de alimento seco) fue la mejor de las dietas experimentales usadas en cuanto a que produjo longitud y peso mayores.
4. En general, los índices de conversión alimentaria fueron muy buenos. La dieta A (100% de alimento vivo) tuvo la más baja conversión (0,24) y la dieta E (100% de alimento seco) la más alta conversión (1,21); esto último puede ser indicativo de que el pez ángel necesita un complemento de materia viva.
5. Se reconoce que el índice de conversión de 0,24 de la dieta A, es mucho menor que los datos respectivos de la literatura, acercándose a los límites establecidos por la teoría fisiológica. El resultado puede atribuirse a posibles errores de muestreo o posibles errores en la administración de las dietas en algún momento.
6. Ponderando la variable mortalidad, el índice de conversión alimentaria, los aumentos en longitud y peso, y los costos, la dieta C es la que resulta más ventajosa de las dietas planteadas.
7. En cuanto a costos, la Dieta E (100% de gránulos secos) fue la más

barata de todas, diferencia bastante grande en comparación con la Dieta A (100% de Daphnia pulex).

El costo de producción de Daphnia es elevado frente al uso del alimento seco; no obstante mediante la combinación de Daphnia con alimento seco, se obtuvieron tres dietas que son más baratas que la dieta de sólo alimento vivo (Daphnia pulex) pero con resultados de crecimiento similares a ésta última.

8. El cultivo de algas y de dafnias es de alto costo, a causa de un gran número de cuidados y controles, especialmente en las primeras etapas de su producción.
9. La posible opción de cultivar dafnias para alimentar alevines es de muy alto costo en comparación con otros tratamientos (aparte de que no se vieron diferencias mayores de crecimiento con respecto a las dietas), por lo que en las circunstancias dadas no es recomendable.
10. Como ninguna de las dietas experimentales logró obtener un mayor crecimiento que la dieta común comercial, se recomienda una reformulación de aquellas, especialmente del componente seco.

20. Cabrera, J. 1980. Cultivo de Invertebrados marinos. Guías de Laboratorio. Centro de Estudios del Mar y Acuicultura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Micrografado.

21. Calderón, P., M. Mora, J. Cabrera y Y. Astorga. 1984. Utilización de algas como fertilizante de co-cultivos para el cultivo de peces. Rev. Lat. Acuí. Ictia. París. 22:23-24.

22. Coll, J. 1981. Acuicultura marina animal. Ediciones Mundt-Prenas. Madrid. 670 p.

23. Chapp, P. y R. Pouillon. 1977. L'alimentation des cladocères planctoniques d'importance économique. Ann. Biol. P. XVI, Fasc. 3-4, 317-341.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. Acuña, J. 1985. Aplicación de vinaza como abono en el maíz (*Zea mays* L) y su efecto sobre las propiedades físicas del suelo. Tesis de Licenciatura en Ciencias Agrarias. Heredia, Universidad Nacional, 57 p.
2. Aquaculture Development and Coordination Programme. ADCP/REP/80/11. 1980 Fish Feed Technology. United Nations Development Programme/Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. 395 p.
3. Axelrod, H. 1969. Breeding fishes in color. T.F.H. Publ. Inc. U.S.A. 31 p.
4. Axelrod, 1974. Peces tropicales para el aficionado. T.F.H. Publ. inc. New Jersey. U.S.A. 32 p.
5. Barnes, R. 1984. Zoología de los Invertebrados, 3era edición. Editorial Interamericana S.A. de C.V. México, D.F. 826 p.
6. Bromley, P. 1980. The effect of dietary water content and feeding rate on the growth and food conversion efficiency of Turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*, 20:21-99.
7. Braekkan, O. 1978. Feed formulation and feed technology. XI Inter. Congress of nutrition. Brazil. 38 p.
8. Bureau de la Nutrition Animale et de l'elevage (B.N.A.) 1965. Alimente compose complete granules pour alevine, truitellas, truites portion et reproductrices. I T. 320 Marseille. 13 p.
9. Bureau de la Nutrition Animale et de l'elevage (B.N.A.) 1970. Comment etablir avec securite des formules d'analyses des metieres premieres? I.T. 488^G. Marseille. 6 p.
10. Cabrera, J. 1980. Cultivo de invertebrados inferiores. Guías de Laboratorio. Centro de Estudios del Mar y Acuicultura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Mimeografiado
11. Calderón, P., M. Mora, J. Cabrera y Y. Astorga. 1984. Utilización de Vinaza como fertilizante de es-anques para el cultivo de peces. *Rev. Lat. Acui. Lima, Perú*. 22:20-26.
12. Coll, J. 1983. Acuicultura marina animal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 670 p.
13. Champ, P. y R. Pourriot. 1977. L'alimentation des cladocères planctoniques dulcaquicoles. *Ann. Biol. T. XVI, Fasc. 7-8*, 317-341.

14. Daniel, W. 1984. Bioestadística. Limusa, México. 485 p.
15. De la Cruz, A. y F. Alfonso. 1975. Cultivo Masivo de algas planctónicas marinas mediante fertilización. Ciencia serie 8. Investigaciones marinas No. 17. Abril. Centro de Información Científica y Técnica. Universidad de la Habana. La Habana, Cuba, 25 p.
16. Dirección General de Acuicultura. 1981. Serie cuadernos de alimentación piscícola No. 1. Requerimientos nutricionales. Fabricación. Evaluación y Dietas. Dirección General de Acuicultura. México. 134 p.
17. Dulín, M.P. 1979. Tropical Fish Nutrition. Tropical Fish Hobbyist XXVII (282): 29-36.
18. Edmonson, N.T. 1959. Freshwater Biology. 2th Ed. Wiley E. Sons Inc. New York London. 1248 p.
19. Feed Production Council. 1970. Feed Manufacturing Technology. ED H.B.P. F t. Amer. Feed Manuf. Asso Inc. Chicago. III 604 p.
20. Fernández, L. 1984. Evaluación de cinco dietas secas en la alimentación de truchas arco iris (Salmo gairdneri Richardson) Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, 27 p.
21. Ferguson, C y J. Kreps 1967. Principios de Economía. Unión Tipo - gráfica. Editorial Hispanoamericana. 92 p.
22. Fontaine, C. y D. Rivera. 1979. The mass culture of the rotifer Branchionus plicatilis for use as foodstuff in aquaculture, Proc. World Maricul. Soc. 11:211 a 228.
23. Frank, P. 1960. Prediction of population growth form in Daphnia pulex cultures. American Naturalist. XCIV (878): 357-372
24. González, T. y V. Mastarrigo. 1954. Piscicultura del Pejerrey. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Pesca y Conservación de la Fauna. Argentina, 52 p.
25. González, W. 1981. Establecimiento y estudio económico de un nuevo sistema de producción de Tilapia. Tesis presentada en la Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. Escuela de Economía Agrícola. 178 p.
26. Guillard, R. 1972. Culture of phytoplankton for fadding marine invertebrates. Biology Departament, Woods Hole Oceanographic Institution. Woods Hole. Massachussetts, p. 29-60.

27. Gurzedo, A. 1960. Relationship between natural and artificial food in carp nutrition/EFAC/79. In FAO. Symposium on new developments in carp and trout nutrition E/FAC. Technical Paper No. 9. 118-131.
28. Halver, S.E. 1976. The nutritional requirements of cultivated warmwater and coldwater fish species. In advances in aquaculture FAO, Fishing News Books Ltd, England 574-579.
29. Hastings, W. 1976. Nutritional requirements and feed technology. In advances in aquaculture FAO, Fishing News Books Ltd, England, p. 568-574.
30. Hahn, J. y D. Moller. 1984. Growth and Prey selection by Atlantic Salmon yearling Reared on live Freshwater Zooplankton. *Aquaculture*, 43:401-412.
31. Hoffman, F. 1985. Recommended Vitamin Levels for Livestock Diets. La Roche. Schweetz. Sp.
32. Huet, M. 1971. Textbook of fish culture. Breeding and cultivation of fish. Fishing News Books Ltd. England, 426 p.
33. Innes, W.T. 1944. Exotic Aquarium fishes. 5th Ed. Innes Publishing Company Philadelphia, U.S.A. 500 p.
34. Jelvéz, C. 1979. Uso de microalgas en el tratamiento de residuos industriales de la elaboración de azúcar. Universidad de Chile. Seminario para optar al título de Ingeniero en Acuicultura. 52 p.
35. Ketola, H. 1980. Aminoacid requirements of fishes: A review proceedings of the Nutrition Conference. Cornell Univ. 43-347.
36. Komarek, J y B. Fott. 1983. Das Phytoplankton des süßwassers, Tomo XVI Parte 7 Chlorophyceae, Orden Chlorococcales. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart. 1044 p.
37. Lagler, M., J.E. Bardach, R.R. Miller y D. Passino. 1984. Ictiología. A.G.T. Editor. México. 489 p.
38. Laurence, S.G. 1981. Manual for the culture of selected freshwater invertebrates. Can. Spec. Publ. Aquat. Sci. 54:169 p.
39. Lovell, R. 1985. Uso de los productos de soya en dietas para especies de acuicultura. Asociación Americana de Soya. ASA/México. A.N. No. 12 sp.
40. Macan, T.T. 1969. Guía de animales invertebrados de agua dulce. Ediciones Universidad de Navarra, S.A. Pamplona, España. 118 p.
41. Martty, H.A. 1977. Alimentación de peces ornamentales. Albatros. Buenos Aires. Argentina. 168 p.

42. Martty, H.A. 1980. *Scalars. Albatros*. Buenos Aires. Argentina. 68 p.
43. Matty, A. 1985. Nutrition and aquaculture. From: *Outleack on agriculture*, 14(1): 14-19.
44. Meglitsch, P. 1983. *Zoología de Invertebrados*. Hermann Blume Ediciones. Madrid. 906 p.
45. Mora, M., J. Cabrera y S. Oxman. 1978. *Scenedesmus obliquus*. Culture in sugar-beet wast (Vinaza) XI Congreso Internacional de Nutricão. Brazil, Resumes Temas Livres. 592 p.
46. Morales, P.J. y B. García. 1977. Algunos aspectos de la industria de explotación de peces ornamentales en Colombia. I Simposium de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura (ALA) Maracay, Venezuela, 36 p.
47. National Research Council (N.R.C.). 1973. *Nutrient Requirements of Trout, Salmon and Catfish* National Academy of Sciences. 11.57 p.
48. Nose, T. 1978. *Fish Feeding Technology*. Freshwater Fisheries Research Laboratory. Fisheries Agency. Hino, Japan. 18 p.
49. Pennak, R. 1953. *Freshwater invertebrates of the United States*. The Ronald Press Company New York. 769 p.
50. Pennak, R. 1978. *Cladocera in Fresh invertebrates*. The Ronald Press Company New York. 11^{ava} Ed. pág. 350-381.
51. Phillips, A.M. 1975. *Alimentos y alimentación de la trucha*. División de investigación piscícola. Oficina de pesca deportiva y fauna silvestre. Servicio piscícola y de fauna silvestre. New York. 41 p.
52. Raisanen, G. y R. Applegate. 1983. Selection of Live food by captive yellow Perch Larvae *Prog. Fish-Cult.* 45(3).
53. Reay, P. 1979. *Aquaculture*. The Institute of Biology's Studies in Biology No. 106. Edward Arnold Limited. London. 60 p.
54. Rees, J. y J. Oldfather. 1980. Small scale mass culture of *Daphnia magna* *Straus Proc. World Maricul. Soc.*, 11:202-210.
55. Reinitz, G. 1980. Acceptability of Animal Fat in Diets for rainbow Trout at two Environmental Temperatures. *The Progressive Fish-Culturist*. Vol. 42 (4): 218-222.
56. Sancho, A. M. 1978. *Métodos estandarizados para el análisis físico-químico de aguas naturales y servidas*. Ministerio de Obras Públicas. Chile. 738 p.

57. Schiötz, A. y P. Dahlström. 1971. Los peces de acuario - Identificación-Cuidado-Cría. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 223 p.
58. Simon y Schuster's. 1976. Complete guide to Freshwater and Marine Aquarium Fishes. Simon and Schuster, U.S.A. 294 p.
59. Smith, G. 1950. The Freshwater Algae of the United States. Mc Graw Hill Book Company, Inc. Second Edition New York, U.S.A. 71 p.
60. Smith, R. R. y G. Pimsey. 1976. Nutrient utilization by fish. In: Proceedings, First International Symposium Feed Composition, Animal Nutrient Requirements, and Computerization of Diets. Utah State University, Logan, Utah. U.S.A. July 11-16. 320-325 p.
61. Sokal, R. y F. Rohlf. 1969. Biometry. W.H. Freeman and Company, San Francisco, U.S.A. 776 p.
62. Spotte, S; Stake, P; Bebućie, P; Buck, J. 1985. Alginate and Gelatin Bound Foods for Exhibit Fishes. Zoo Biology 4:33-48.
63. Sorgeloos, P. Bossuyt, E., Lavens, P; Vauhaecke, P. Versichelm. 1983. The use of brine shrimp Artemia in crustacean hatcheries and nurseries. In: Handbook of Mariculture. Crustacean Aquaculture, 1:71-93.
64. Sorgeloos, P. y S. Kulasekarapandian. 1984. Artemia production in controlled system. In: Production and use of Artemia in of Aquaculture. Edited by: K. Rengarajan, India. No. 15:59-73 p.
65. Stein, J.R. 1973. Handbook of Phycological. Methods Culture. Methods growth Measurements Sponsend Phycological Society of America Inc. Cambridge University Agency Press. 448 p.
66. Subcommittee on Fish Standards Committee on Standards. Institute of Laboratory Animal Resources National Research Council. 1974. Fishes/guidelines for the breeding, Care, and management of laboratory animals. National Academy of Sciences. Washington, D.C. 79 p.
67. Tiews, L., J. Groop. y H. Keeps. 1976. On the development of optimal rainbow trout pellet Arch. Fisherewiss, Beich. 27:1-29.
68. Umaña, A. 1981. Tratamiento anaeróbico de desechos agroindustriales. Factibilidad Técnica y Beneficios Ambientales/Dn: Simposio Centroamericano sobre aplicaciones de energía biomásica. Cartago Diseño y Construcción de Biodigestores. Editorial Tecnología de Costa Rica. 180 p.

69. Umebayashy, O. 1975. Practical culture of microalgal/In: Culture of Marine Life. Textbook for marine Fishries Research Course. Japan. International Cooperation Agency p. 131-143.
70. Vargas, E.; C. Campabadal y E. Vargas. 1982. Evaluación Química y Biológica de Sub-productos de la Industrialización de Carnes y pescado en Costa Rica. Agronom. Costarr. 6(1/2): 1-9.
71. Vijverberg, J. 1976. The effect of food quantity and quality on the growth. Birth-rate and longevity of Daphnia hyalina Laydig. Hidrobiología 51(2): 99-108.
72. Wetzel, R. 1982. Limnología. Editorial Omega, Barcelona, 2a Edición 679 p.
73. Wurtabaugh, W. y G. Davis. 1977. Effects of fish size and ration level on the growth and food conversion efficiency of rainbow trout, Salmo gairdneri Richardson. J. Fish Biol. 11:99-104.
74. Zaret, T. 1971. Interacción Depredador-Presa en un Ecosistema Lacustre Tropical. In: Ecology. Vol. 53, No 2: 287-257.

ANEXO 1

CURSO 15. Necesidades de vitaminas en peces de agua templada. Chil, 1983.

Vitaminas	Suplementada (mg/kg en dieta seca)	Completa (mg/kg en dieta seca)
tiarina	0	20
riboflavina	2-7	20
piridoxina	15	20
ácido pantoténico	7-11	50
niacina	17-28	100
ácido fólico	0	5
cobalamina	0,002-0,01	0,020
inositol	0	100
colina	440	550
biotina	0	0,1
ácido ascórbico	0-100	10-100
A	2000 UI	5,500 UI
E	21 UI	50 UI
K	5	10

CURSO 16. Necesidades de vitaminas según la casa "Roche" para la Carpa y otros ciprinídeos. Roffman, 1985.

Vitaminas	ANEXO 1	Cantidad por kg de mezcla
<u>Carpa y otros ciprinídeos</u>		
A		8,000 UI
D		1,800 UI
B		50-80 UI
K		10 mg
B ₁		20 mg
B ₂		25 mg
ácido pantoténico		100 mg
B ₅		20 mg
B ₁₂		0,02 mg
ácido fólico		5 mg
biotina		0,30 mg
colina		600 mg
C		150 mg
inositol		1000 mg

CUADRO 15. Necesidades de vitaminas en peces de agua templada. Coll, 1983.

Vitaminas	Suplementada (mg/kg en dieta seca)	Completa (mg/kg en dieta seca)
tiamina	0	20
riboflavina	2-7	20
piridoxina	11	20
ácido pantoténico	7-11	50
niacina	17-28	100
ácido fólico	0	5
cobalamina	0,002-0,01	0,020
inositol	0	100
colina	440	550
biotina	0	0,1
ácido ascórbico	0-100	30-100
A	2000 UI	5,500 UI
E	11 UI	50 UI
K	5	10

CUADRO 16. Necesidades de vitaminas según la casa "Roche" para la Carpa y otros ciprinidos. Hoffman, 1985.

Vitaminas	Cantidad por kg de mezcla
<u>Carpas y otros cirpinidos</u>	
A	8,000 UI
D	1,800 UI
E	50-80 UI
K	10 mg
3	20 mg
B ₁	25 mg
B ₂	100 mg
ácido pantoténico	20 mg
B ₆	0,02 mg
B ₁₂	5 mg
ácido fólico	0,30 mg
biotina	800 mg
colina	150 mg
C	1000 mg
inositol	

CUADRO 17. Vitaminas y minerales indispensables en la alimentación de peces. Dirección General de Acuacultura, 1981, México.

PREMEZCLAS	Cantidad por
Vitaminas	kg de premezcla
A (U l)	1,000,000
D3 (U l)	200,000
E (U l)	10,000
K	2 g
Tiamina	4 g
riboflavina	4 g
ácido pantoténico	10 g
niacina	20 g
piridoxina	4 g
biotina	20 g
ácido fólico	1 g
ácido ascórbico	20 g
<u>Minerales</u>	Cantidad por kg
Elemento	de premezcla
Fe ++	50 g
Cu ++	3 g
Co ++	0,01 g
Mn ++	20 g
Zn ++	30 g
I	0,1 g

CUADRO 18. VITAMINOTT. Colborn Dawes Centroamérica S.A., 1985, propaganda comercial.

Colborn Dawes Vitaminott es un fortificante a base de los macroelementos calcio, fósforo, magnesio; los microelementos zinc, hierro, manganeso, cobre, cobalto, yodo, selenio; de vitaminas liposolubles A, D, E e hidrosolubles, tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, ácido pantoténico, colina, ácido fólico y cianocobalamina. Se usa como aditivo para la alimentación de ganado equino.

FORMULA:

Cada 1.000 gramos contienen:

vitamina A	U.1	1,650,000
vitamina D ₃	U.1	165,000
vitamina E	U.1	1,650
tiamina	g	1,16
riboflavina	g	1,32
d - pantotenato de calcio	g	1,65
niacina	g	3,96
piridoxina	g	1,13
cloruro de Colina	g	19,80
vitamina B ₁₂	mg	3,3
ácido Fólico	mg	330
manganeso	g	1,38
zinc	g	8,25
hierro	g	6,25
cobre	mg	550
yodo	mg	55
cobalto	mg	55
selenio	mg	55
calcio	g	95,50
fósforo	g	68
magnesio	g	25
antioxidante	g	16,50
vehículo, c.s.p. 1000	g	

Descripción del proceso de selección de nauplios de *Artemia* Sp.

En la Fig. 7 se puede observar la posición en que fueron colocados los frascos para seleccionar los cistos de *Artemia* sp. Los pasos siguientes fueron:

Paso 1: Se disuelven 6 cucharadas de sal sin yodo (si se usa un hidrómetro, éste debe marcar entre 1012 a 1030), en 3,78 litros de agua potable sin cloro y a una temperatura de 21° C a 26° C. Se agrega una cucharadita de cistos, que se mantienen en movimiento continuo por medio del aire que se suministra a través de una piedra aireadora. Se utiliza una fuente de luz cercana (fluorescente), continua.

Paso 2: **ANEXO II** Para cosechar la aireación después de 36 a 48 horas; se dejan reposar los nauplios aproximadamente por 20 minutos, se extraen los que se necesitan por medio de alicates y se vierten en un coladero de 7,5 cm de diámetro, con una trama de 250 μ m. Posteriormente se lavan con agua dulce y se procede a repartirlos. Se vuelve a suministrar aire a los nauplios que quedaron en el frasco, los cuales en el transcurso de varias horas, se sacan para ser repartidos.

Descripción del proceso de eclosión de nauplios de Artemia Sp

En la Fig. 7 se puede observar la posición en que fueron colocados los frascos para eclosionar los cistos de Artemia sp. Los pasos seguidos fueron:

Paso 1: Se disuelven 8 cucharadas de sal sin yodo (si se usa un hidrómetro, éste debe marcar entre 1010 a 1030), en 3,78 litros de agua potable sin cloro y a una temperatura de 21° C a 26° C. Se agrega una cucharadita de cistos, que se mantienen en movimiento continuo por medio del aire que se suministra a través de una piedra aireadora. Se utiliza una fuente de luz cercana (fluorescente), continua.

Paso 2: Para cosechar se suspende la aireación después de 36 a 48 horas; se dejan reposar los nauplios aproximadamente por 20 minutos, se extraen los que se necesitan por medio de sifones y se vierten en un coladero de 7,6 cm de diámetro, con una trama de 250 μ m. Posteriormente se lavan con agua dulce y se procede a repartirlos. Se vuelve a suministrar aire a los nauplios que quedaron en el frasco, los cuales en el transcurso de varias horas, se sacan para ser repartidos.

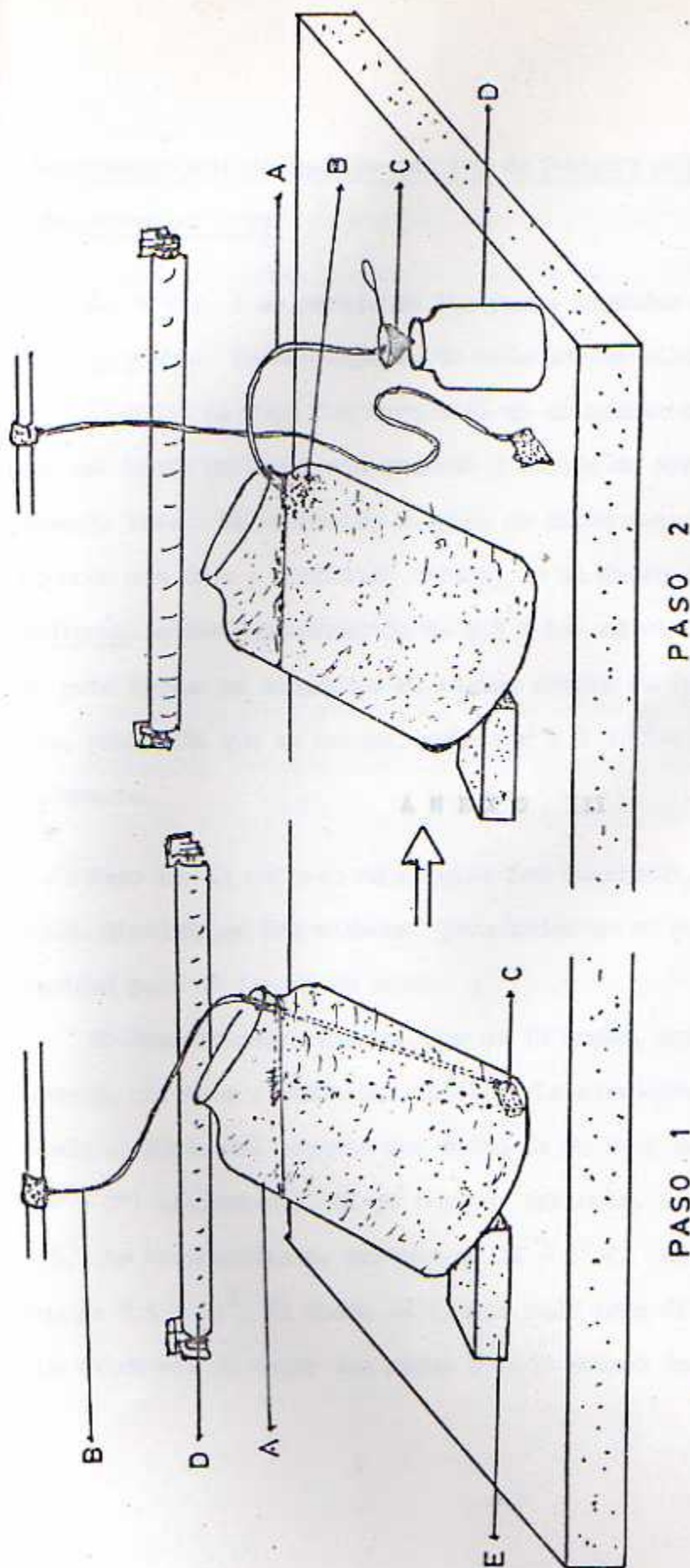


FIG. 7 Proceso de Eclosión de Nauplios de *Artemia* sp

- A: Frasco de 1 galón (3,78 L)
 B: Manguerilla
 C: Piedra aireadora
 D: Tubo fluorescente
 E: Espuma de poliestireno

- A: Manguera para sifonear
 B: *Artemia* concentrada
 C: Coladero con trama de 250 μm
 D: Recipiente plástico

Descripción del sistema de cultivo de *Daphnia pulex* (identificada según Simmons, 1959)

En la Fig. 1 se presentan los pasos seguidos en el cultivo de *Daphnia pulex*. La descripción de cada uno de ellos se da a continuación:

Paso 1: La cepa fue mantenida en un sistema de filtración de 1000 ml, el cual tenía un tapón con entrada y salida de aire. La aireación era por sifonada leve. El número de abejas en dicho sistema fue de 3 abejas, de acuerdo con Rees y Oldfather (1980), en un medio algal de *Skeletonema costatum*, a una concentración de 3.9×10^6 células por ml durante 15 días. En este tiempo se alcanzaba el número máximo de individuos, 2000 por litro, población que se estabilizaba por 2 o 3 días para luego decaer paulatinamente.

A N E X O III

Paso 2: El cultivo de abejas fue desarrollado en un acuario con su fondo dividido en dos mitades, levantadas en su parte distal y con una capacidad para 50 litros de agua.

El fotoperíodo utilizado fue de 12 horas, con luz fluorescente, de acuerdo con Rees y Oldfather (1980). La aireación flota homogéneamente desde el fondo del acuario por medio de un tubo de cloruro de polivinilo (PVC) agujereado. El pH fue muy variable, con un rango de 7.5 y 8.5. La temperatura se mantuvo en $24 \pm 1^\circ \text{C}$. La concentración algal fue de 3.5×10^6 . El fondo se limpió cada tres días por medio de sifones con el objeto de sacar las mudas y todo exceso de detritus.

Descripción del sistema de cultivo de Daphnia pulex (identificada según Edmonson, 1959)

En la Fig. 8 se presentan los pasos seguidos en el cultivo de Daphnia pulex. La descripción de cada uno de ellos se da a continuación:

Paso 1: La cepa fue mantenida en un matraz de Erlenmeyer de 1000 ml, el cual tenía un tapón con entrada y salida de aire. La aireación era suamente leve. El número de siembra en dicho matraz fue de 3 dafnias, de acuerdo con Rees y Oldfather (1980), en un medio algal de Scenedesmus obliquus, a una concentración de $3,9 \times 10^6$ células por ml durante 15 días. En este tiempo se alcanzaba el máximo número de individuos, 2000 por litro, población que se estabilizaba por 2 o 3 días para luego decaer aceleradamente.

Paso 2a: El cultivo de dafnias fue desarrollado en un acuario con su fondo dividido en dos mitades, levantadas en su parte distal y con una capacidad para 50 litros de agua.

El fotoperíodo utilizado fue de 12 horas, con luz fluorescente, de acuerdo con Rees y Oldfather (1980). La aireación fluía homogéneamente desde el fondo del acuario por medio de un tubo de cloruro de polivinilo ("PVC") agujereado. El pH fue muy variable, con un ámbito de 7,5 y 8,5. La temperatura se mantuvo en $24 \pm 1^\circ \text{C}$. La concentración algal fue de $7,5 \times 10^5$. El fondo se limpió cada tres días por medio de sifones con el objeto de sacar las mudas y todo exceso de detritos.

Paso 2b. Para realizar la cosecha se suspendió la aireación y se homogeneizó el medio. Las dafnias grandes y pequeñas se extraían del acuario y eran retenidas por medio de un coladero con trama de 250 micras.

También fueron utilizadas dos piletas de concreto con una capacidad de 80 litros cada una, para el cultivo de dafnias en forma masiva. Estas eran mantenidas con aireación leve, luz artificial y un fotoperíodo de doce horas. (Véase Fig. 9).

Cálculo de la densidad de dafnias

Se hizo por partes alicuantas de la siguiente forma: a) se agitó el medio para homogeneizarlo; b) se introdujo un tubo de ensayo de 20 ml, tres veces, para tomar una muestra del fondo, del medio y de la superficie del acuario; c) el contenido de cada tubo se colocó en un vaso vertedor ("beaker"); d) con una pipeta de 5 cc se contó el número de individuos presentes en la muestra de 60 cc y con base en la cifra obtenida se calculó la densidad que había en el acuario, por día.



Fig. 9. Cultivo
A) Muestrilla de entrada al agua
B) Muestrilla de salida del agua
C) Tubo de salida de agua
D) Tubo de entrada

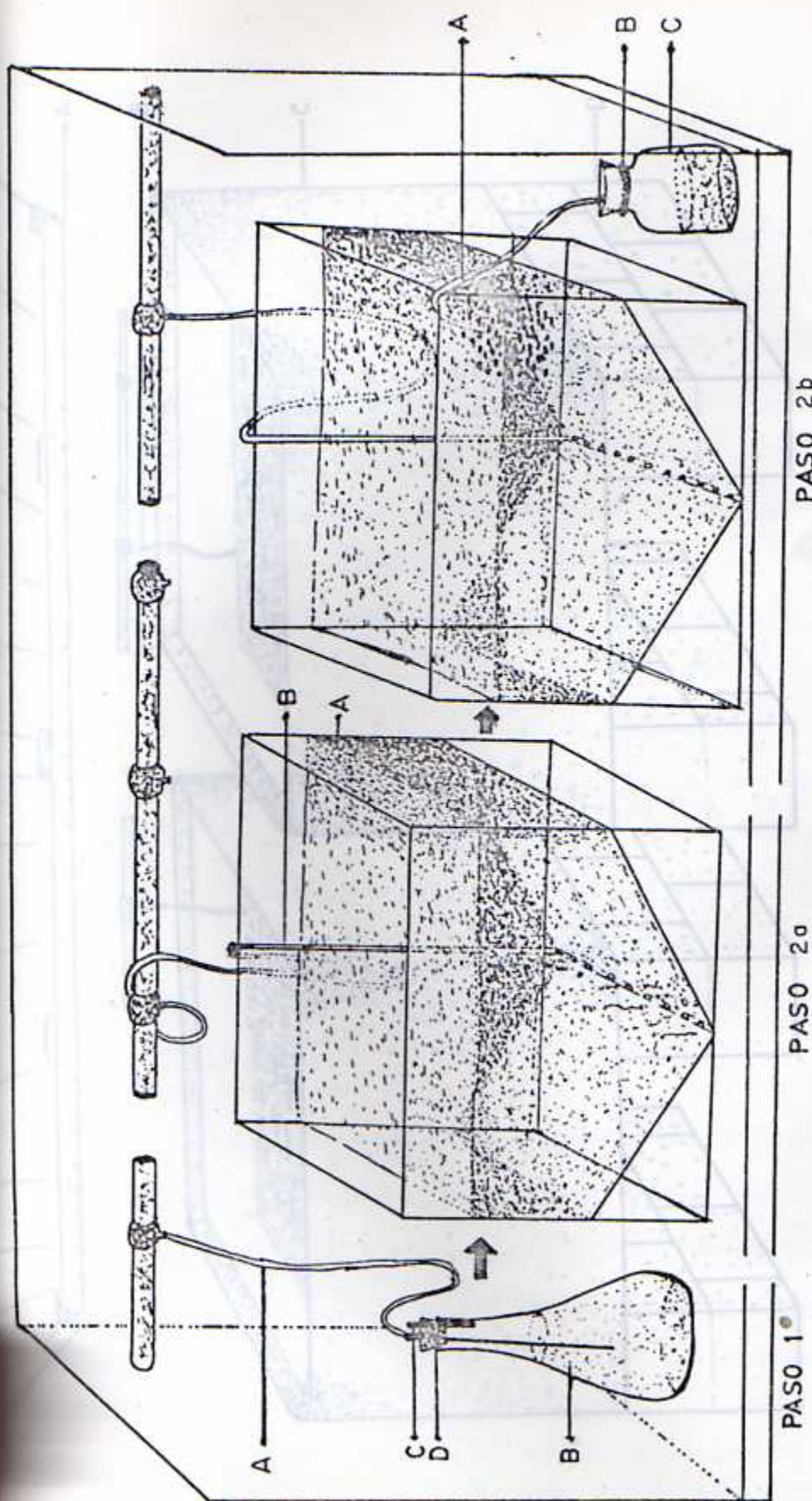


FIG. 8. Cultivo Masivo de Daphnia

A: Manguerilla de entrada aire
 B: Matraz de erlenmeyer, de 1000cc
 C: Tubo de vidrio, salida aire.
 D: Tapón de hule

A: Manguera para sifonear
 B: Malla separadora
 C: Frasco de 1 galón (3,78L)

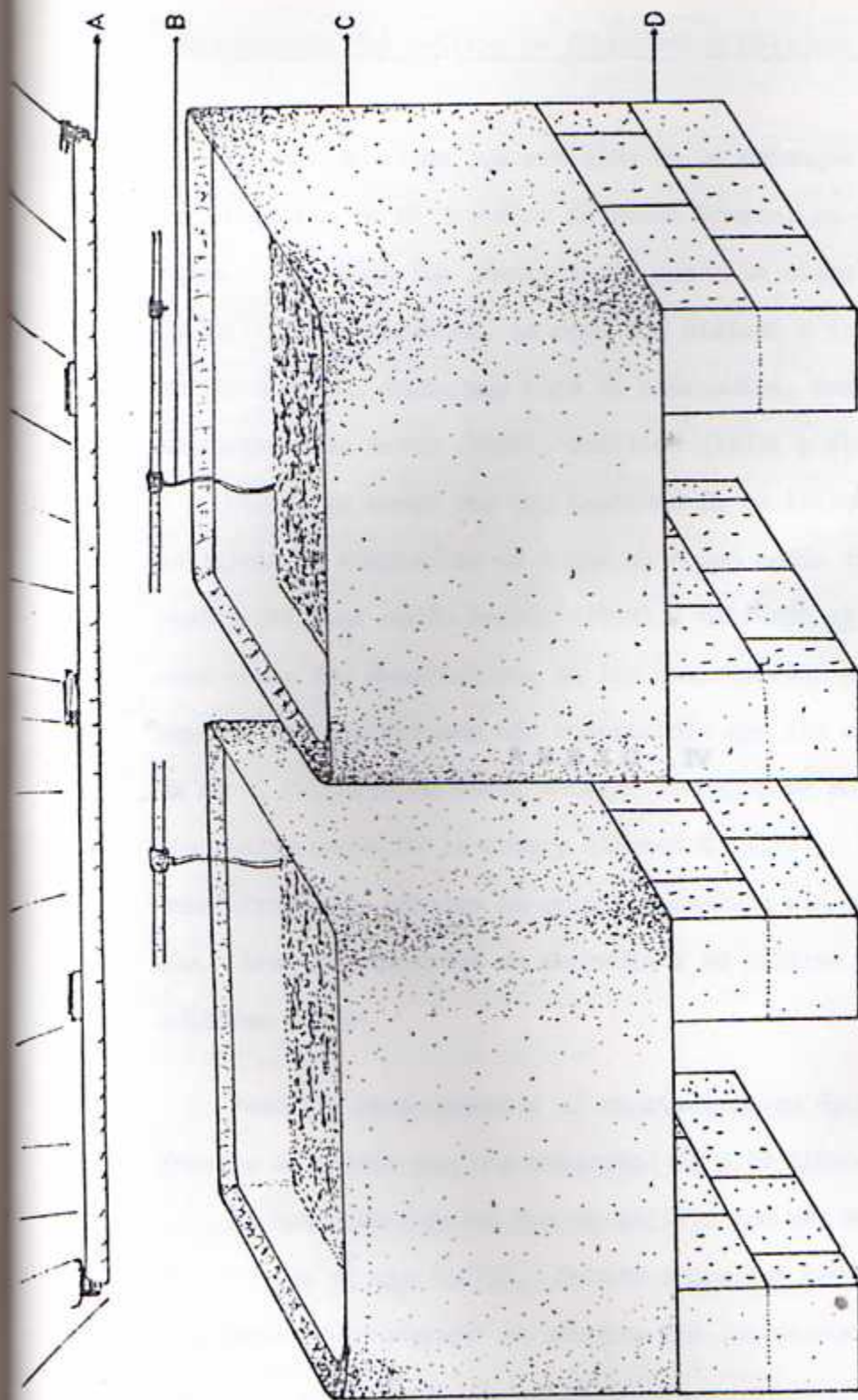


FIG. 9. Cultivo Masivo de Dafnia

- A: Tubo fluorescente
- B: Manguera de entrada de aire
- C: Pila de concreto, de 80 litros.
- D: Soporte

Descripción del cultivo de *Sporosira obliqua* (Turpi) Rutz 1933.

La cepa de algas fue extraída de un estanque que se encontraba a la intemperie en el Criadero de Peces Acosta, en San Antonio de Desamparados. Esta cepa fue identificada según la clave de Kuntz y Fott (1983). Posteriormente, la cepa fue aislada e inoculada en el medio conocido como WC, medio muy rico en nutrientes, todo esto según las recomendaciones de Smith (1970), Guillot (1972) y Smith (1973).

Cuando se contó con una cantidad de un litro de cultivo de algas, se inició la adaptación de éstas al nuevo medio (vinaza) en el que se podían cultivar según Jelske (1979) y Calderón *et al.* (1984). Esta primera etapa fue desarrollada en los laboratorios de Biología de la U.N.A., Heredia, en condiciones más controladas que las mantenidas posteriormente en el Criadero de Peces Acosta, condiciones no asépticas, dentro de las cuales según de la Cruz y Alfonso R. (1975), se podían obtener algunas concentraciones algales en cultivos masivos sin considerar mayores problemas. Una vez adaptadas se procedió a su cultivo masivo mediante los siguientes pasos:

ANEXO IV

Paso IV. Para mantener el abastecimiento de algas se utilizaron 10 frascos de vidrio con una capacidad de 3,78 litros (Fig. 10) cada uno.

El medio de cultivo que se utilizó fue una modificación del propuesto por Rutz *et al.* (1972). Debido a que las cantidades de los elementos presentes en la vinaza^{*} no siempre son las mismas, las proporciones de

^{*} Vinaza de la melaza que se extrae de la caña de azúcar. Fue donada por la Fábrica Nacional de Licor y su composición química se observa en el Cuadro 19.

Descripción del cultivo de *Scenedesmus obliquus* (Turp) Kutz 1833.

La cepa de algas fue extraída de un estanque que se encontraba a la interperie en el Criadero de Peces Acosta, en San Antonio de Desamparados. Esta cepa fue identificada según la clave de Komarek y Fott (1983). Posteriormente, la cepa fue aislada e inoculada en el medio conocido como WC, medio muy rico en nutrientes, todo esto según las recomendaciones de Smith (1950), Guillard (1972) y Stein (1973).

Cuando se contó con una cantidad de un litro de cultivo de algas, se inició la adaptación de éstas al nuevo medio (vinaza) en el que se podían cultivar según Jelvéz (1979) y Calderón et al; (1984). Esta primera etapa fue desarrollada en los Laboratorios de Biología de la U.N.A., Heredia, en condiciones más controladas que las mantenidas posteriormente en el Criadero de Peces Acosta, condiciones no axénicas, dentro de las cuales según De la Cruz y Alfonso E. (1975), se podían obtener altas concentraciones algales en cultivos masivos sin ocasionar mayores problemas. Una vez adaptadas se procedió a su cultivo masivo mediante los siguientes pasos:

Paso 1: Para mantener el abastecimiento de algas se utilizaron 10 frascos de vidrio con una capacidad de 3,78 litros (Fig. 10) cada uno.

El medio de cultivo que se utilizó fue una modificación del propuesto por Mora et al; (1978). Debido a que las cantidades de los elementos presentes en la vinaza* no siempre son los mismos, las proporciones de

*Desecho de la melaza que se extrae de la caña de azúcar. Fue donada por la Fábrica Nacional de Licores y su composición química se observa en el Cuadro 19.

los reactivos fueron modificadas, quedando finalmente que para cada litro de agua destilada se agregaron 5 ml de vinaza, 11 g de $K_2 HPO_4$ y 43,6 de $Na NO_3$. La composición de la vinaza empleada se muestra en el Cuadro 20.

Cada frasco de solución de abastecimiento quedó con dos litros de medio de cultivo, más un litro de inóculo de algas cuya concentración oscilaba entre $1,13 \times 10^6$ y 3×10^6 células por mililitro. A estos cultivos se les midió cada 24 horas la concentración algal, con un hematocitómetro "American Optical Brightline", de 0,1 mm de profundidad, según Uneyashy (1975). Se determinó la curva de crecimiento (Fig 12), de lo cual se deduce que a los siete días el cultivo llegaba a su máximo y en ese momento debía ser utilizado para ser inoculado en recipientes de mayor capacidad. Estos frascos fueron mantenidos con aireación constante durante todo el período, con bombas aireadoras y a igualdad de flujo de aire e iluminación artificial durante 24 horas.

Paso 2: Tres bolsas cilíndricas de plástico con una longitud de 72,4 cm y un radio de 22 cm, fueron montadas sobre un soporte metálico y se utilizaron para contener los cultivos semiextensivos de esta alga (Fig. 11). El agua utilizada en el medio de cultivo fue previamente esterilizada de la siguiente manera*:

Por cada litro de agua se agregaba un mililitro de hipoclorito de sodio y se, dejaba reposar por espacio de una hora; posteriormente se le agregaban 50 mg de tiosulfato de sodio y se dejaba reposar por 24 horas. Luego se le agregaban, en proporción a los litros necesarios, los

*Jorge Arturo Rodríguez M.S.C. Escuela de Biología Marina. Facultad de la Tierra y el Mar. Universidad Nacional, Costa Rica. Comunicación personal.

reactivos mencionados en el Paso 1.

Estas bolsas eran mantenidas con aireación e iluminación constantes durante 24 horas. Las algas que contenían estas bolsas fueron utilizadas para alimentar las dafnias que se encontraban tanto en las pilas de concreto como en el acuario de 50 litros. La curva de crecimiento de las algas en estas bolsas se puede observar en la Figura 12. El pH en esos dos sistemas se mantuvo en un ámbito de 7,5 a 8, con una oscilación de $\pm 0,5$, y la temperatura se mantuvo en $26 \pm 2^\circ\text{C}$.

carbono	18,2
substancias volátiles	9,5
proteína bruta	7,5
potasio (K ₂ O)	7,8
sulfato (SO ₄)	6,4
óxido (Ca)	3,6
óxido (Fe Cl)	3,8
nitrógeno	1,2
magnesio (MgO)	1,0
fósforo (P ₂ O ₅)	0,2
ácido	2,5
H ₂ O	6,5
ácidos (pH)	4,5

CINCO 20. Composición de la vinaza, según análisis químico proximal de la Escuela de Química y la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Elementos	Concentración mg/l
potasio	30,30%
calcio	15,72%
nitrógeno	13,59%
magnesio	3,08%
fósforo (PO ₄)	148 mg/l
azufre	1,05%
cenizas	1,54%
hidratos de carbono	33,99 mg/l
C H O	115928 mg/l
H O O	8,8 mg/l
ácidos (pH)	4,20

CUADRO 19. Composición química de las vinazas (gramos/litros). Umaña, (1981).

Elementos	Concentración g/l
sólidos totales	81,5
sólidos volátiles	60
sólidos fijos	21,5
carbono	18,2
sustancias reductoras	9,5
proteína bruta	7,5
potasio (K_2O)	7,8
sulfato (SO_4)	6,4
calcio (Ca)	3,6
cloro (Na Cl)	3,0
nitrógeno	1,2
magnesio (MgO)	1,0
fósforo (P_2O_5)	0,2
DBO	2,5
D Q O	6,5
acidez (pH)	4,5

CUADRO 20. Composición de la vinaza, según análisis químico proximal de la Escuela de Química y la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Elementos	Concentración mg/l
potasio	32,30%
calcio	15,72%
nitrógeno	13,59%
magnesio	3,08%
fósforo (PO_4)	148 mg/l
sodio	1,05%
ceniza	1,54%
hidratos de carbono	33,99 mg/l
D B O	115928 mg/l
D Q O	8,8 mg/l
acidez (pH)	4,20

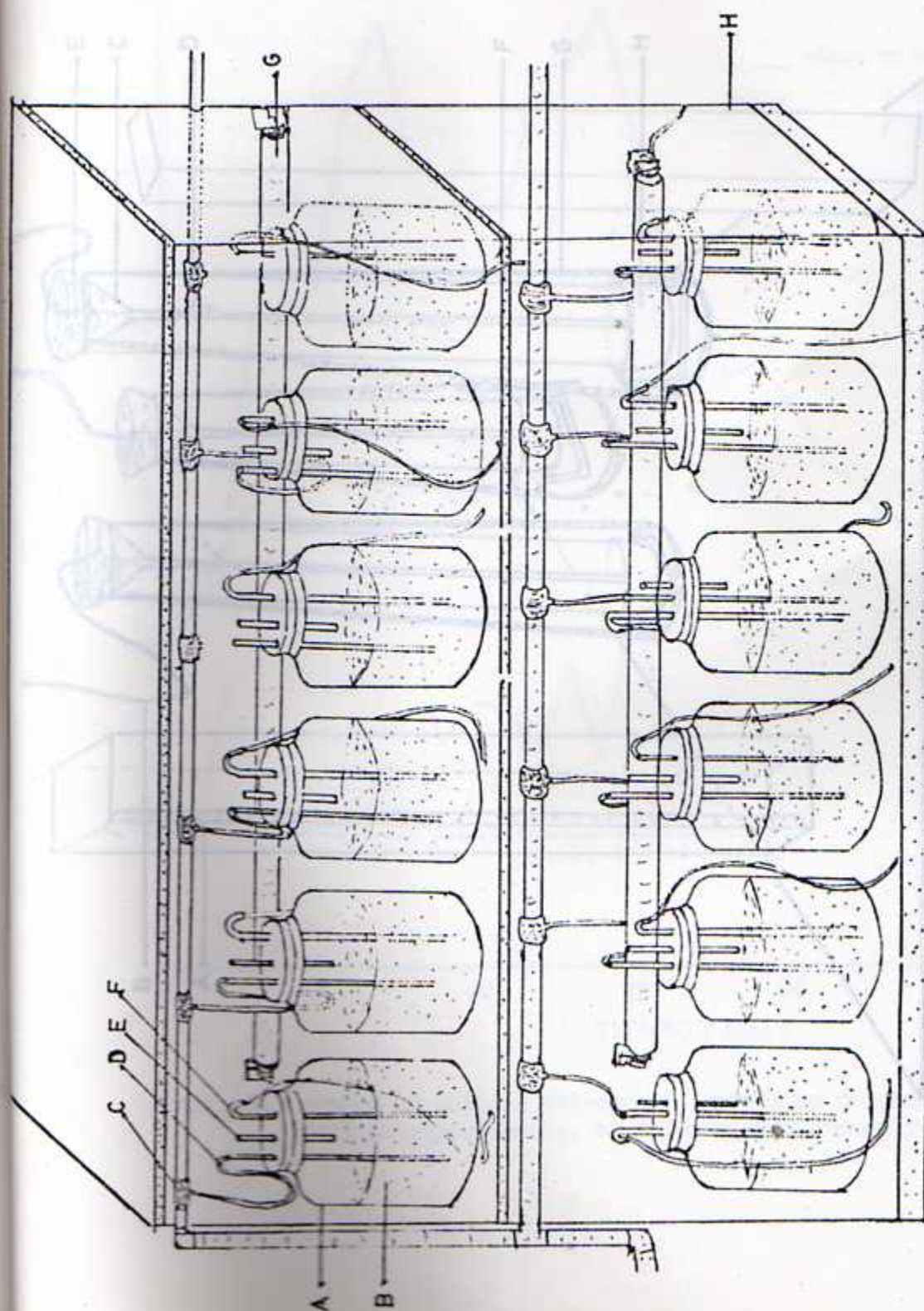


FIG. 10. Paso 1. Cultivos de abastecimiento de *Scenedesmus obliquus*

- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| A: Frascos de 1 galón (3,78 L) | E: Tubo de salida de aire |
| B: Medio de cultivo | F: Manguera para sifonear |
| C: Llave para entrada de aire | G: Tubo fluorescente |
| D: Manguera de entrada de aire | H: Estante de madera |

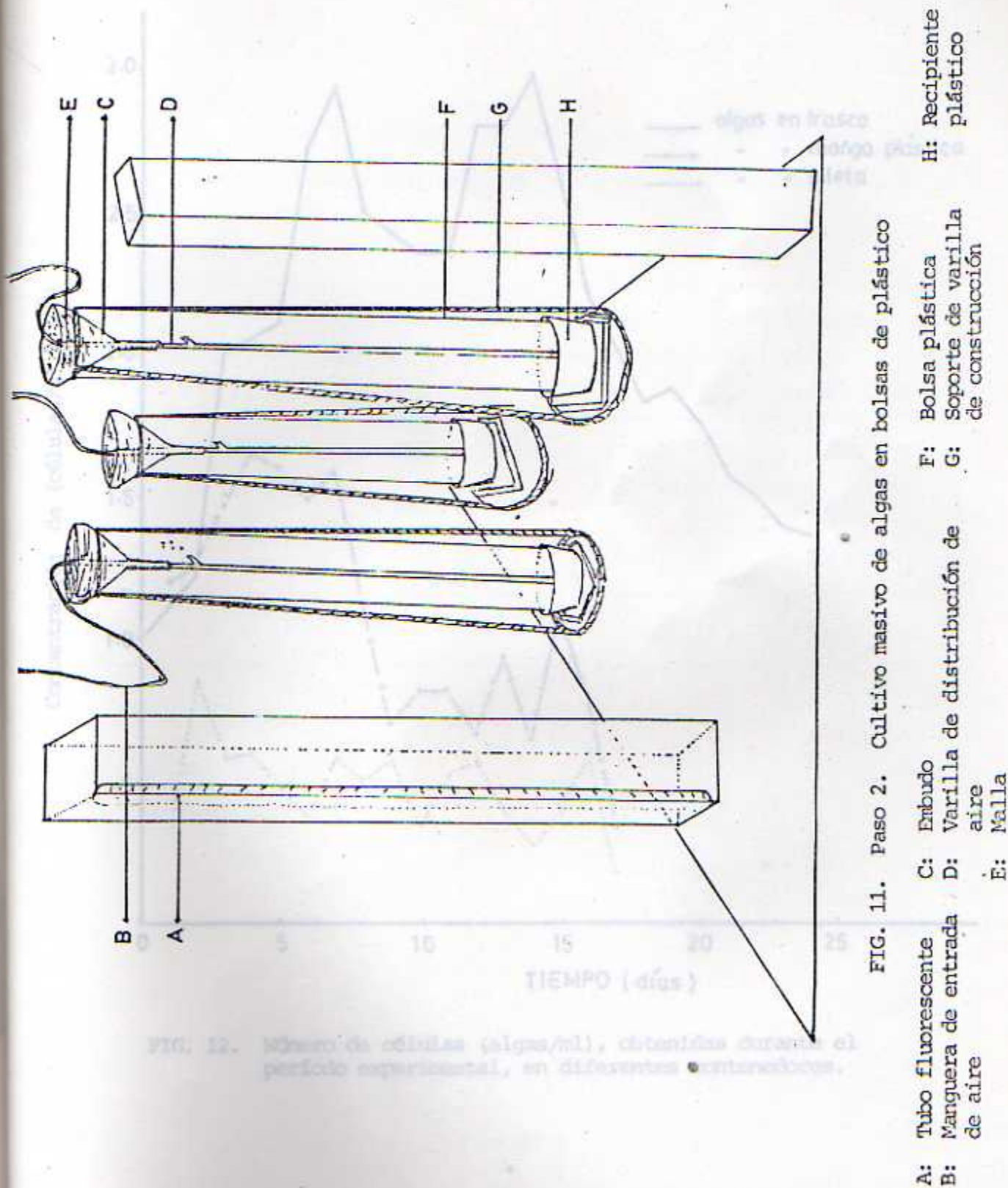


FIG. 11. Paso 2. Cultivo masivo de algas en bolsas de plástico

FIG. 12. Número de células (algas/ml), obtenidas durante el período experimental, en diferentes concentraciones.

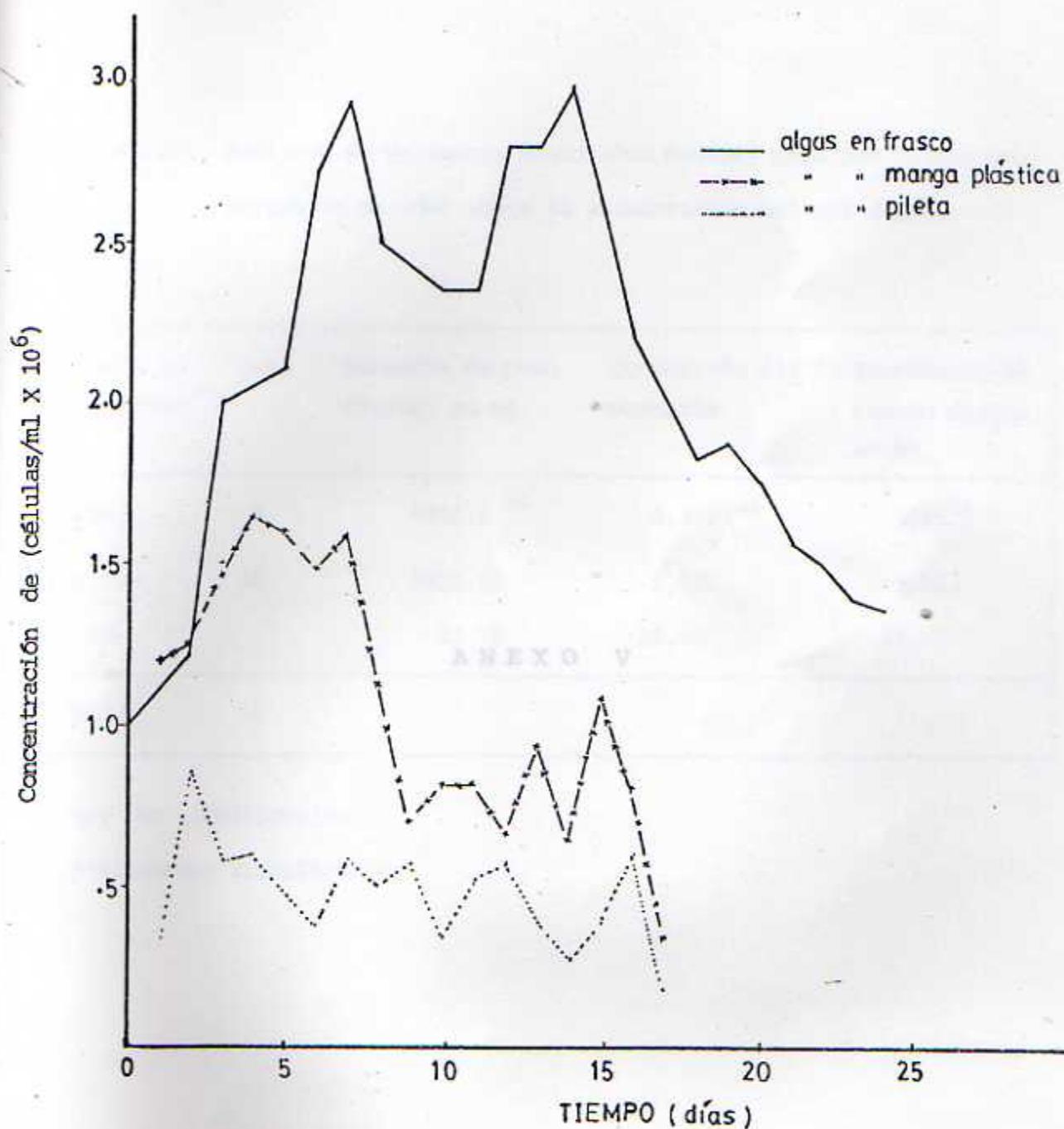


FIG. 12. Número de células (algas/ml), obtenidas durante el período experimental, en diferentes contenedores.

CUADRO 20. Análisis de variancia (Cambios medios) para las diferentes subsecciones del área (sección subsección) para las diferentes variables medidas sobre la alimentación del pez fríjol.

Punto de variancia	g.l.	Suma de pesos diario, en mg.	Coeficiente de variancia	Incremento en peso diario en mg.
Dieta	4	4411,5 ^{ns}	0,4493**	3,65 ^{ns}
Error	10	2828,53	0,021	5,343
C.V%		13,30	19,40	19,67
TOTAL	14			

ANEXO V

ns: No significativo

**Aumento significativo

CUADRO 20. Análisis de variancia (Cuadrados medios) para las diferentes variables medidas sobre la alimentación del pez ángel.

Fuente de variación	g.l.	Ganancia de peso diario, en mg.	Conversión alimentaria	Incremento en tamaño diario en mm.
Dieta	4	4411,6 ^{ns}	0,4493**	8,66 ^{ns}
Error	10	2826,53	0,021	5,043
C.V%		13,58	19,40	19,67
TOTAL	14			

ns: No significativo

**Altamente significativo