



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

"Utilización del Afrechillo de Arroz en la Producción Intensiva de Biomasa de
Artemia"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de
ACUICULTOR

Presentada por
Mercedes Esther Ramera López

GUAYAQUIL - ECUADOR

1999

RESUMEN

Se intentó estandarizar el método de cultivo intensivo de *Artemia* encontrando una concentración constante y óptima de alimento (afrechillo de arroz) que permita obtener el mayor crecimiento y la mayor biomasa final. Luego de encontrar la concentración óptima se comparó dos sistemas intensivos de cultivo, el primero en base a lo descrito por Dhert et al. (1992) y el otro un sistema de recirculación empleando placas separadoras y la concentración encontrada como óptima.

La primera fase se llevó a cabo para determinar una concentración óptima y constante de afrechillo de arroz. Se evaluaron 5 concentraciones: 25, 50, 100, 150 y 200 mg/l, obteniéndose como resultados que concentraciones mayores a 100 mg/l pueden provocar altas mortalidades, pero si las poblaciones de *Artemia* sobreviven el tiempo de cultivo, se pueden obtener valores altos de biomasa. Los mejores resultados de sobrevivencia, se dieron con concentraciones menores a 50 mg/l, por lo que se eligió esta para la segunda fase.

Durante la segunda fase se comparó la concentración encontrada como óptima, aplicada a un sistema de recirculación con placas contra el sistema descrito por Dhert et al. (1992) el cual se basa en un flujo continuo del medio y determinación de la cantidad de alimento en base a la turbidez, a diferencia del método de recirculación en el cual se midió la concentración de alimento con el espectrofotómetro. Al final de los ensayos no se encontró diferencia significativa entre ambos tratamientos.

INDICE GENERAL

RESUMEN	vi
INDICE GENERAL	vii
INDICE DE FIGURAS	x
INDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE FOTOS	xii
ABREVIATURAS	xiii
INTRODUCCION.....	xv
 1. ANTECEDENTES	
1.1. CLASIFICACION TAXONOMICA	19
1.2. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS	19
1.2.1. Desarrollo morfológico	19
1.2.2. Ciclo de vida	21
1.3. ECOLOGIA	21
1.4. DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA	22
1.5. VENTAJAS DEL USO DE LA BIOMASA DE <i>Artemia</i> EN LA ACUACULTURA	23
1.6. ASPECTOS NUTRICIONALES	26
1.6.1. Tamaño de la partícula	28
1.6.2. Dietas empleadas	28
1.6.2.1. Dietas vivas	29
1.6.2.2. Dietas inertes	30
1.6.2.2.1. Algas secas	31
1.6.2.2.2. Levaduras	31
1.6.2.2.3. Microencapsulados	32
1.6.2.2.4. Alfechillo de arroz (rice bran)	32
1.6.3. Turbidez	33
1.7. TIPOS DE CULTIVO	34
1.7.1. Generalidades	34
1.7.2. Cultivo Extensivo	36
1.7.3. Cultivo Intensivo	37
1.7.3.1. Sistemas de cultivo intensivos	37
A. Batch	38
B. Flujo abierto continuo	39
C. Recirculación	41
1.8. PARAMETROS OPTIMOS DE CULTIVO	43
1.8.1. Temperatura	43
1.8.2. Salinidad	43
1.8.3. pH	44
1.8.4. Oxígeno disuelto	44
1.8.5. Luz	44
1.8.6. Calidad de agua	44

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. PRUEBAS PRELIMINARES	45
2.1.1. Porcentaje de humedad de la materia prima	45
2.1.2. Eficacia del Disco Secchi para la determinación de la cantidad de afrechillo adicionada al medio de cultivo	46
2.1.3. Método alternativo para la determinación de la turbidez	46
2.2. CONCENTRACION OPTIMA DE ALIMENTO	47
2.2.1. Diseño experimental	47
2.2.2. Material biológico	47
2.2.2.1. Quistes de <i>Artemia</i>	47
2.2.2.2. Afrechillo de arroz	47
2.2.3. Sistema de cultivo	48
2.2.3.1. Tanques de cultivo	48
2.2.3.2. Sistema de alimentación	48
2.2.4. Preparación del alimento	48
2.2.5. Condiciones de operación	49
2.3. APLICACION DE LA CONCENTRACION ENCONTRADA EN CULTIVOS INTENSIVOS	50
2.3.1. Diseño experimental	50
2.3.2. Sistema de cultivo	51
2.3.2.1. Tanques de cultivo	51
A. Recirculación	51
B. Flujo continuo	52
2.3.2.2. Sistema de alimentación	52
A. Recirculación	52
B. Flujo continuo	53
2.3.3. Condiciones de operación	53
2.3.3.1. Recirculación	53
2.3.3.2. Flujo continuo	53

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. PRUEBAS PRELIMINARES	54
3.1.1. Porcentaje de humedad de la materia prima	54
3.1.2. Eficacia del Disco Secchi para la determinación de la cantidad de afrechillo adicionada al medio de cultivo	55
3.1.3. Método alternativo para la determinación de la turbidez (Espectrofotómetro)	55
3.2. CONCENTRACION OPTIMA DE ALIMENTO	56
3.2.1. Longitud	56
3.2.2. Supervivencia	58
3.2.3. Biomasa final	62
3.2.4. Parámetros físico químicos	63

3.3. APLICACION DE LA CONCENTRACION ENCONTRADA EN CULTIVOS INTENSIVOS	64
3.3.1. Longitud	65
3.3.2. Supervivencia	66
3.3.3. Biomasa final	68
3.3.4. Conversión alimenticia	69
3.3.5. Parámetros físico químicos	70
3.4. COMPARACION ECONOMICA ENTRE AMBOS SISTEMAS.	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFIA	74
ANEXOS	83

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Diagrama esquemático del ciclo de vida de la <i>Artemia</i>	21
Fig. 2. Vista esquemática de un raceway y detalles de un air water lift (AWL)	35
Fig. 3. Vista esquemática de un sistema de flujo abierto de 1000 l de capacidad	40
Fig. 4. Esquema de un sistema de flujo cerrado (recirculación)	43
Fig. 5. Longitud promedio diaria para poblaciones de <i>Artemia</i> cultivadas a diferentes concentraciones de alimento (afrechillo de arroz)	58
Fig. 6. Porcentaje diario de sobrevivencia para artemias alimentadas con diferentes concentraciones de afrechillo de arroz.....	60
Fig. 7. Relacion entre la turbidez media diaria y el porcentaje de sobrevivencia diaria para poblaciones de <i>Artemia</i> recién establecidas (A y B) y "viejas" (C y D)	61
Fig. 8. Relación turbidez - sobrevivencia de todas las réplicas para cada tratamiento.....	62
Fig. 9. Biomasa final al termino de 10 días de cultivo para tratamientos sobrevivientes	63
Fig. 10. Longitud diaria para poblaciones de <i>Artemia</i> cultivadas por 15 días en dos sistemas de cultivo diferente.	66
Fig. 11. Sobrevivencia diaria para poblaciones de <i>Artemia</i> cultivadas en dos sistemas diferentes (recirculación y flujo continuo)	67
Fig. 12. Biomasa final de cada tratamiento, considerando 3 y 4 réplicas para el sistema de flujo continuo	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de algunos organismos alimentados con biomasa de <i>Artemia</i>	25
Tabla 2. Algunas dietas vivas e inertes empleadas en el cultivo de <i>Artemia</i>	29
Tabla 3. Promedios de la composición química del afrechillo de arroz	33
Tabla 4. Características del separador de placas usado para el tratamiento primario del agua del sistema de recirculación	32
Tabla 5. Porcentaje de humedad de tres muestras de afrechillo de arroz	34
Tabla 6. Cantidad de afrechillo adicionada al medio de cultivo de tanques de 1 TM	35
Tabla 7. Valores muestreados con el espectrofotómetro para la determinación de la concentración de alimento.	56
Tabla 8. Promedios y desviaciones estándares de parámetros físico - químicos registrados durante el desarrollo del bioensayo.	64
Tabla 9. Datos de conversión alimenticia, biomasa y consumo de afrechillo por tratamiento.	70
Tabla 10. Promedio y desviación estándar de parámetros físico - químicos registrados durante el desarrollo del bioensayo para los sistemas de recirculación y flujo continuo.	70
Tabla 11. Costos de producir un kilo de biomasa de <i>Artemia</i> para un sistema de recirculación y uno de flujo continuo.	71
Tabla 12. Análisis de varianza de una vía. Longitud	84
Tabla 13. Análisis de varianza de una vía. Supervivencia	84
Tabla 14. Análisis de varianza de una vía. Biomasa final	84
Tabla 15. Análisis de varianza de una vía. Conversión alimenticia	85

INDICE DE FOTOS

Foto 1.	Vista del sistema de alimentación provisto por una hielera que contiene los conos de alimentación, mangueras de distribución a cada tanque de cultivo y la bomba peristáltica	86
Foto 2.	Sistema de recirculación, consta del tanque de cultivo, cono de alimentación y la gaveta con las placas separadoras.....	87
Foto 3.	Vista del separador de placas.....	87
Foto 4.	Cono de alimentación con aireación de fondo	88
Foto 5.	Sistema de flujo continuo. Vista del tanque de cultivo (1 TM) provisto por los AWL y en el fondo tanque de alimentación de iguales características... ..	89

ABREVIATURAS

AWL = air water lift

art/tq = artemias por tanque

art/l = artemias por litro

°C = grados centígrados

cm = centímetro (s)

FC = flujo continuo

g = gramos

g/l = gramos por litro

H₀ = hipótesis nula

HUFAS = ácido graso altamente insaturado

h/hombre = horas hombre

ind/l = indiviúos por litro

kg = kilogramos

kg/m³ = kilogramos por metro cúbico

kw = kilowatt

l = litro

l/min = litros por minuto

ml = mililitros

mm = milímetros

min. = minuto (s)

mg/l = ppm = miligramos por litro

m³ = metro cúbico

nm = nanómetro

OD = oxígeno disuelto

ppm = partes por mil

ppt = partes por millón

pH = potencial de Hidrógeno

PUFAS = ácidos grasos poliinsaturados

PVC = cloruro polivinilo

R = recirculación

TM = toneladas

ups = unidades prácticas de salinidad

μm = micrómetros

μ = micras

INTRODUCCION

La acuicultura en Latinoamérica y el Caribe, en las últimas tres décadas, ha alcanzado uno de los mayores ritmos de crecimiento a nivel mundial. Un claro exponente de este desarrollo es la industria camaronera del Ecuador (Amat, 1996), quien produjo 83649.60 TM de camarón en 1997, convirtiendo a nuestro país en el primer exportador de camarón en cautiverio en el hemisferio Occidental y segundo productor en el mundo (Cámara Nacional de Acuicultura, 1997).

Actualmente la industria camaronera atraviesa serios problemas de producción, debido a la contaminación ambiental y el deterioro progresivo de la calidad de la larva silvestre. Esto podría significar que el futuro de la producción camaronera dependerá mayormente, sino exclusivamente, de las postlarvas de laboratorio, y de seguro la maduración con el paso del tiempo va a desempeñar un rol de mucha importancia.

El desarrollo de los laboratorios de larvas en el Ecuador se inició con Semacua en 1979 con un proyecto integrado de producción de larvas de camarón con tecnología francesa. El año de 1984 fue decisivo para el crecimiento de los laboratorios. El fenómeno climático llamado La Niña, contrario a El Niño, sumado a la competencia por encontrar larvas de camarón hizo pensar al sector camaronero la necesidad de contar con instalaciones de producción de larvas (Barnuel, 1995).

Pero algunos estudios demuestran que la postlarva de laboratorio difiere física y químicamente a la postlarva silvestre, esto se debe a que la postlarva de laboratorio tiene una dieta limitada en cantidad de alimento natural, lo que afecta su fisiología, dando como consecuencia su poca resistencia a condiciones adversas (Kravets, 1994).

Existe una lista de organismos vivos que pueden servir como alimento para postlarvas de camarón y mejorar su vitalidad, la *A. zezima* adulta (biomasa) y preadulto ocupan un lugar importante en esta lista de organismos vivos.

Pero no solo es un alimento adecuado para el camarón, sino también para otras especies acuícolas, es así que se la reconvenció como un alimento altamente nutritivo para estadios larvarios desde 1930 gracias a los resultados de investigaciones realizadas por Seale (1933) en EEUU y Kollefsen (1939) en Noruega, quienes emplearon los nauplios de *Artemia* para alimentar diversos organismos marinos.

Con el crecimiento de la producción acuícola el uso de la *Artemia* se ha incrementado, pero es mas común el empleo de nauplios recién eclosionados en lugar de *Artemia* adulta. La razón de esto es la disponibilidad en todo el mundo de quistes almacenables, mientras que la disponibilidad comercial de los adultos está muy restringida y su costo muy elevado (Lai y Lavens, 1986), a pesar de esto la aplicación de la biomasa de *Artemia* crece firmemente (Lai y Lavens, 1987).

Existen numerosas ventajas que apoyan el uso de la biomasa de *Artemia* sobre el empleo de nauplios: mayor tamaño, rica composición bioquímica, ahorro de energía para el predador y esqueleto extremadamente delgado.

La biomasa mas barata de *Artemia* es aquella que se obtiene en los biotopos naturales y/o piscinas manejadas por el hombre. Para la producción intensiva de *Artemia* es una alternativa importante que tiene las ventajas de producir organismos de un estadio específico, trabajar con altas densidades, controlar la calidad de la *Artemia*, realizar cultivos independientes de las condiciones climáticas locales y evitar predadores que puedan venir con el agua (Lavens y Sorgeloos, 1986).

La producción de *Artemia* no es un fin sino un paso intermedio en la optimización de la producción de muchos organismos acuáticos. Kiene (1977) menciona que el 85% de los organismos marinos, principalmente en estadio larvario, se les suministra *Artemia* como alimento, ya sea como complemento ó como dieta única.

La alta calidad y contenido proteico, fácil producción y su buena aceptabilidad por los consumidores hace de la biomasa de *Artemia* una fuente potencial de proteínas no solo

para especies acuáticas sino incluso para el hombre (Ronsivalli y Simpson, 1987).

El CENAIM con la asistencia técnica del Laboratory of Aquaculture & Artemis Reference Center, Universidad de Gante, Bélgica, por medio del Proyecto *Artemis*, iniciado en 1992 y con duración de tres años trató de optimizar la producción del camarón *Penaeus monodon* a través del cultivo con manipulación y aplicación racional de biomasa de *Artemis* y alimento artificial. Una etapa de este proyecto fue el cultivo intensivo de *Artemis* usando como alimento el afrechillo de arroz.

Se realizaron ensayos con el propósito de determinar el mejor sistema de cultivo (fujo abierto o cerrado). El número de repeticiones realizadas no fueron suficientes y en algunos casos no se tomaron datos.

De los datos obtenidos se pudo determinar que no había mayor diferencia entre los dos sistemas ni en longitud ni en biomasa. Para el sistema cerrado se obtuvo una longitud de 3.1 mm y una biomasa de 3.8 kg de peso húmedo/TM y para el sistema abierto 3.2 mm y 6.2 kg de peso húmedo/TM, respectivamente.

Estos resultados son bajos en relación a lo producido en otros países, los cuales han obtenidos hasta 25 kg de peso húmedo/TM (Dheri et al, 1993), a pesar de que las técnicas de manejo de los cultivos no varían mucho de un país a otro, ya que se emplean densidades iniciales, concentraciones y tipo de alimento similares y se consideran los mismos parámetros.

La producción intensiva de *Artemis* es simple, sin embargo se necesita instalar cierta tecnología que permita una buena circulación de agua, mantener una concentración constante de partículas en suspensión (afrechillo) y una distribución de alimento lo bastante precisa y frecuente (Lavens y Sorgeloos, 1991).

Por esta razón se trató de estandarizar el método de cultivo, encontrando una concentración constante y óptima de alimento (afrechillo de arroz) que permita obtener el mayor crecimiento y la mayor biomasa final. La aplicación de esta

concentración a un sistema de flujo cerrado, comparado con el manejo usual en un sistema abierto o de flujo continuo, nos permitió comparar la producción de la biomasa de *Asperula* tanto a nivel técnico como económico y comparar los resultados obtenidos por el CENAIM en las pruebas anteriormente mencionadas.

1. ANTECEDENTES

1.1. CLASIFICACION TAXONOMICA

Phylum:	Artrópoda
Clase:	Crustacea
Subclase:	Branquiopoda
Orden:	Anostraca
Familia:	Artemiidae
Género:	<i>Artemia</i> , (Leach 1819)



1.2. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS

1.2.1. Desarrollo morfológico

El primer estadio larvario de la *Artemia*, también llamado instar I, mide entre 400 y 500 μ de longitud, tiene un color pardo anaranjado por acumulación de reservas vitelinas y posee 3 pares de apéndices: el primero corresponde a las antenulas y tienen una función sensorial, el segundo a las antenas con función locomotora y filtradora y el tercero corresponde a las mandíbulas con función de toma de alimentos. Un único ocelo de color rojo también llamado ojo naupliar se encuentra situado en la cabeza entre el primer par de antenas. La cara ventral del animal se encuentra cubierta por un amplio labro que interviene posteriormente en la toma de alimento, transfiriendo las partículas desde las setas filtradoras hasta la boca. El estado larvario I no se alimenta ya que su aparato digestivo no es todavía funcional permaneciendo aún cerrados la boca y el ano.

Tras aproximadamente 12 horas el animal muda al estadio larvario II (también llamado instar II o metanauplio I). Las pequeñas partículas alimenticias tales como células de microalgas, bacterias, detritus con un tamaño que varía entre 1 y 40 μ son filtradas por

el segundo par de antenas, siendo entonces asimiladas por un aparato digestivo ya funcional.

La larva continúa su crecimiento apareciendo diferenciaciones a lo largo de 15 mudas, así van apareciendo unos apéndices lobuleros pares en la región torácica que se diferenciarán posteriormente en toracópodos. Se desarrollan ojos complejos laterales a ambos lados del ojo naupliar. Desde el estado X en adelante se producen importantes cambios tanto morfológicos como funcionales, por ejemplo: las antenas pierden su función locomotriz y se transforman en elementos de diferenciación sexual, los futuros machos desarrollan unos apéndices curvados y prensiles, mientras que las antenas de las hembras se transforman en apéndices sensoriales.

Los toracópodos están ahora diferenciados en tres partes funcionales: telopoditos, endopoditos que poseen una función locomotora y filtradora y la membrana del exopodito que funciona como branquias.

La *Astenis* adulta mide aproximadamente 10 mm de longitud en poblaciones bixenales y 20 mm en algunas poblaciones partenogénicas. Los adultos se caracterizan por tener un cuerpo alargado con dos ojos pedunculados complejos, un sistema digestivo lineal, antenas sensoriales y once pares de toracópodos funcionales. El macho tiene un par de ganchos musculares muy distintivos (segundas antenas) en la región de la cabeza, los cuales tienen una papila sensorial interna, y en la parte posterior de la región del tronco se observa un par de penes. La hembra no tiene apéndices distintivos en la cabeza, pero puede ser fácilmente reconocida por los ovarios situados a cada lado del tracto digestivo, detrás del onceavo par de toracópodos.

1.2.2. Ciclo de Vida

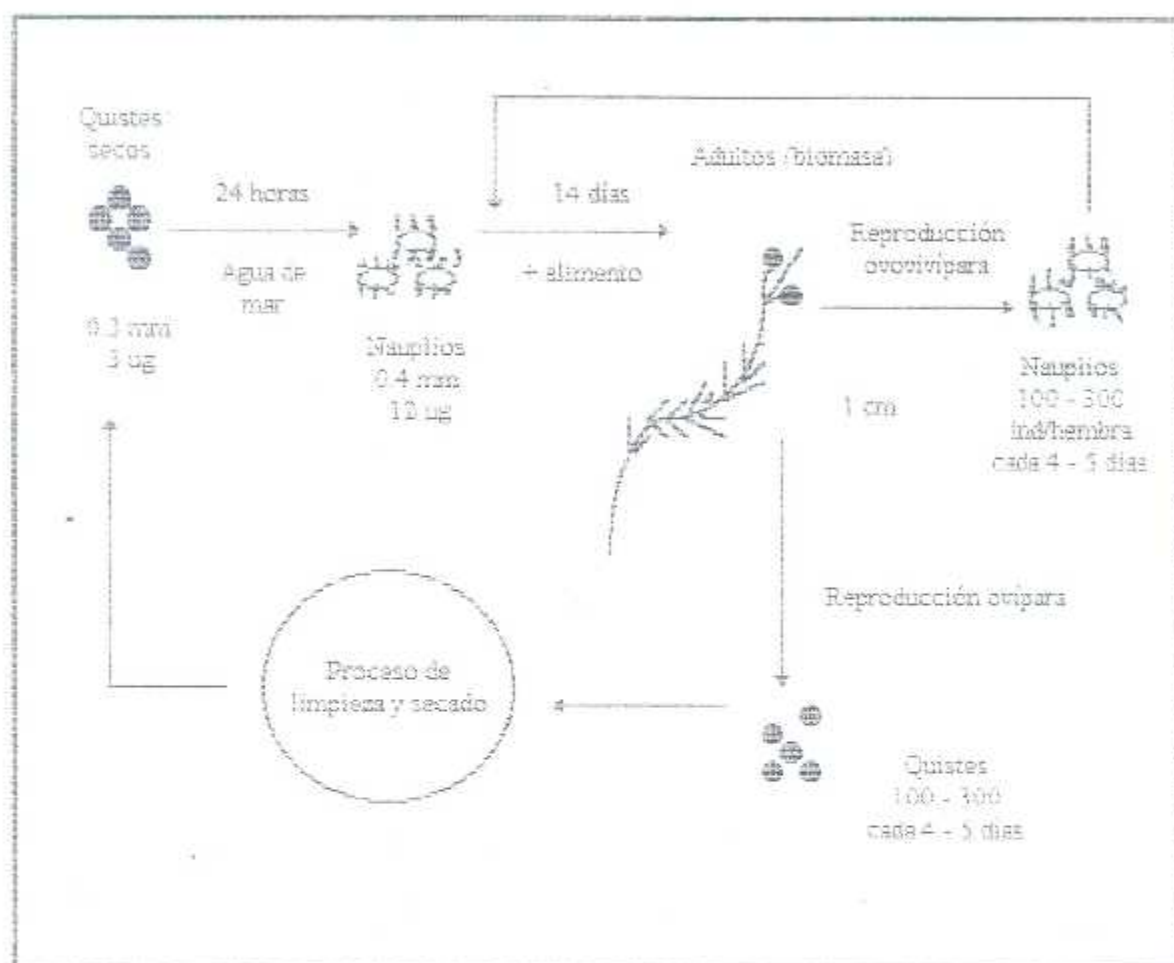


Fig. 1. Diagrama esquemático del ciclo de vida de la *Artemia* (Sorgeloos, 1986, modificado)

1.3. ECOLOGÍA

La *Artemia* es un crustáceo cosmopolita, sus poblaciones son encontradas en cerca de 500 lagos salados naturales y en salinas hechas por el hombre en zonas tropicales, subtropicales y templadas, a lo largo de las costas como en tierras interiores, a veces a cientos de millas del mar (Persoone y Sorgeloos, 1996), también se encuentran en aguas carbonatadas, sulfuradas, cloradas y ricas en potasio. Esta distribuida alrededor de todo el mundo excepto en la Antártida (Tsi, 1991).

La distribución de la *Artemia* es discontinua: no todos los biotopos de alta salinidad son poblados por *Artemia*. El único factor limitante para su presencia son las altas salinidades, las cuales a su vez le sirven como única defensa contra los predadores (peces y artrópodos) (Van Sluypen y Sørgeicos, 1983) ya que carecen de cualquier estructura anatómica de defensa (Persoone y Sørgeicos, 1980).

Por ello ha desarrollado adaptaciones fisiológicas que le proporcionan una defensa ecológica muy eficiente:

- Un sistema osmorregulador eficiente: la *Artemia* tiene el mejor sistema osmorregulador del reino animal (Persoone y Sørgeicos, 1980) que le permite soportar las grandes presiones osmóticas de los medios hipersalados. (Sørgeicos, 1977)
- La capacidad de sintetizar pigmentos (hemoglobina) respiratorios para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno y altas salinidades. La concentración de la hemoglobina se incrementa con el aumento de la salinidad, así como con el decremento de los niveles de oxígeno disuelto (Persoone y Sørgeicos, 1980).
- La capacidad de producir quistes durmientes los cuales resisten mejor que los juveniles y adultos condiciones ambientales extremas (Persoone y Sørgeicos, 1980).

La *Artemia* es incapaz de una dispersión activa, el viento y las aves acuáticas (flamingos, algunas especies de patos y gaviotas) son vectores naturales de su distribución geográfica, no solo mediante transportación externa sino también mediante ingestión. (MacDonald, 1980 en Persoone y Sørgeicos, 1980).

1.4. DISTRIBUCION GEOGRAFICA

La *Artemia* es un organismo euribalino (tolera un amplio rango de salinidades) que se encuentra distribuido en casi todos los continentes: Africa, Australia, Europa, Asia, Norte, Centro y Sudamérica.

En Ecuador poblaciones nativas e introducidas se encuentran en: salinas de Changuy, Pacoa, Mar Bravo, Playa Bruja, San Pablo, Acumbe y San Jacinto.

1.5. VENTAJAS DE SU USO EN ACUACULTURA

Existen diversos argumentos que apoyan el uso de la biomasa de *Artemia* sobre el empleo de nauplios (instar I). El tamaño ha sido el primer criterio para cambiar los nauplios por *Artemia* adulta, éstas son 30 veces más grandes y 500 veces más pesadas que los nauplios recién eclosionados (Reeve, 1983), a medida que el predador crece es capaz de capturar presas mayores. Se ha determinado mejoras en el crecimiento, tasa de desarrollo y sobrevivencia de numerosas especies de crustáceos y peces aplicando la estrategia de suministrar *Artemia* progresivamente mayor como alimento de transición, dieta de destete o preengorde (Léger et al., 1986).

Si comparamos en composición bioquímica, los nauplios de *Artemia* sólo contienen de 41.6 a 47.2 % de proteína (Van Henting, 1970; Claus et al., 1979; Schauer et al., 1980), contra el 56% que se encuentra en los adultos (Dobbelaire, 1983), de acuerdo a Watanabe (1978) la concentración de PUFAS aumenta a medida que el animal crece de nauplio a adulto. Los nauplios son deficientes en histidina, metionina, fenilalanina y treonina, en cambio los adultos son ricos en todos los aminoácidos esenciales (Shults, 1974; Gallagher y Brown, 1975; Watanabe et al., 1978; Claus et al., 1979). La *Artemia* adulta enriquecida con HUFA, incluida en la dieta de postlarvas de laboratorio mejora la resistencia y facilita la adaptación a las condiciones fluctuantes de la piscina.

La *Artemia* contiene gran cantidad de enzimas digestivas y usada en poca proporción puede mejorar la digestión de los organismos (Kravets, 1994).

El uso de la *Artemia* no sólo es ventajoso desde el punto de vista nutricional sino también energético, el predador necesita capturar menos presas por unidad de tiempo

para satisfacer sus requerimientos alimenticios (Lavens y Sorgeloos, 1986). Así por ejemplo en el caso de las larvas de salmón (*Salmo gairdneri*), una *Artemia* adulta provee 240 veces más energía que la captura de un nauplio, es decir, que debería ingerir 240 nauplios para igualar las calorías totales consumidas con una *Artemia* adulta. La biomasa de *Artemia* es superior a los nauplios como fuente de alimento (Kim et al., 1996).

Otras ventajas es que el exoesqueleto de la *Artemia* adulta es extremadamente delgado, apenas de 1 µm de grosor, lo que facilita la completa digestión del animal por los predadores sin ningún proceso previo (Lavens, 1986).

Aunque el mayor valor nutritivo se lo obtiene usándola en forma fresca y viva, también puede ser congelada, liofilizada o ensilada (Abelin et al., 1991; Naessens et al., 1993). Puede ser administrada en flasks (Janata, 1987; Sumera, 1986) y como complemento de dietas complejas o sustituto de dietas artificiales (Léger et al., 1986).

La biomasa de *Artemia* es un buen alimento para el crecimiento de postlarvas, juveniles de camarón y maduración de adultos (Sorgeloos et al., 1987; Farchalakukit y Wongrat, 1987; Naessens et al., 1993). Ha sido empleada con buenos resultados para la aclimatación de alevinos naturales debilitados por el transporte o sometidos a una manipulación excesiva (De los Santos et al., 1980).

En vista de la alta capacidad filtradora de la *Artemia* adulta es especialmente adecuada para la bioencapsulación, por medio de la cual se pueden suministrar compuestos particulares a las larvas de peces y crustáceos, como por ejemplo: largas cadenas de ácidos grasos no saturados, aminoácidos, vitaminas, esteroides, carotenos, enzimas, fosfolípidos, hormonas y proflácticos. Se requiere de menos de una hora para llenar completamente el sistema digestivo de la *Artemia* con estos productos suministrados en forma particulada o como emulsificantes. (Léger y Sorgeloos, 1985).

Por todas estas ventajas la biomasa de *Artemia* ha sido empleada como alimento en

diferentes organismos acuáticos, tanto peces, moluscos y camarones en estadio larvario o adulto, como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 1. Lista de algunos organismos alimentados con biomasa de *Artemia*

ORGANISMOS	REFERENCIA
<i>Homarus americanus</i>	Chang y Conklin, 1983; Eagles et al., 1984; Rosemark, 1978; Cariberg y Van Oist, 1976.
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Corbin et al., 1983
<i>Penaeus monodon</i>	Bombao, 1985; Tarnchatawakit, et al., 1987; Yashiro, 1985; Abellin et al., 1991
<i>Penaeus japonicus</i>	Trotta et al., 1985
<i>Penaeus aztecus</i>	Guimaraes y Lira do Rego, 1987
<i>Penaeus vannamei</i>	Guimaraes y Lira do Rego, 1987; Flores, 1985
<i>Penaeus californiensis</i>	Flores, 1985
<i>Penaeus vannamei</i>	Gomez et al., 1997; Naessens et al., 1997; Abellin et al., 1991
<i>Sciaenops ocellatus</i>	Cadena Roa et al., 1982
<i>Scophthalmus maximus</i>	Fernon-Le Ruyet et al., 1976
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Trotta et al., 1985
<i>Chanos chanos</i>	De los Santos et al., 1980; Bombao, 1985
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	Kim et al., 1986
Peces ornamentales	Van Stappen, 1991
<i>Crassostrea</i> sp.	Leger y Sorgeloos, 1985

1.6. ASPECTOS NUTRICIONALES

La *Artemia* tienen un mecanismo de alimentación muy primitivo, es un filtrador obligado, fagotrófico, continuo, no selectivo (Provasoli y Shiraishi, 1959 en Dobbeleir *et al.*, 1980). Excepto por el primer estado larval los productos solubles no pueden ser eficientemente ingeridos y por lo tanto no ayudan al crecimiento de la *Artemia*. (Dobbeleir *et al.*, 1980).

En los primeros estadios la *Artemia* no filtra adecuadamente, su máxima capacidad de filtración la alcanza cuando sus once pares de toracópodos están desarrollados (estadio XII) y gracias a su continuo movimiento remueve las partículas suspendidas del medio de cultivo

A pesar de que la *Artemia* es un filtrador continuo, ya que sus toracópodos cumplen las funciones de respiración, motilidad y filtración, existen factores que pueden influenciar en su conducta filtradora, afectando la tasa de ingestión, filtración y/o asimilación. Estos factores pueden ser: la cantidad y calidad del alimento, el estadio de desarrollo y las condiciones de cultivo (Lavens y Sorgeloos, 1991).

La supervivencia, el crecimiento y la reproducción son dependientes de la eficiencia de la asimilación, el cual varía con la calidad y la cantidad de alimento. La *Artemia* parece no tener una plasticidad en su metabolismo para compensar el valor nutricional del alimento en concentraciones subóptimas para una máxima ingestión y asimilación (D'Agostino, 1980), por ello cuando la densidad de partículas en el medio es lo más constante posible se garantiza un mejor resultado en la producción de biomasa. (Sorgeloos *et al.*, 1986)

Los requerimientos nutricionales de la *Artemia* de acuerdo a Lavens y Sorgeloos (1991) y Provasoli (1975) se pueden resumir como sigue:

- El ratio óptimo entre proteínas y carbohidratos está entre 1: 3 - 5.

- Los aminoácidos esenciales son probablemente los mismos que para los crustáceos en general.
- Los ácidos nucleicos que son esenciales para el crecimiento y los cuales son incapaces de sintetizar.
- Las vitaminas esenciales son: tiamina, nicotinamida, ácido pantoténico, ácido fólico y putrescina.
- Los ácidos grasos altamente insaturados no son esenciales para el crecimiento, pero estimulan la reproducción.
- Micronutrientes son ingeridos únicamente cuando sus concentraciones en el medio de cultivo son suficientemente altas.

La actividad metabólica de la *Artemia* cambia con la edad. Los carbohidratos parecen ser la principal fuente de energía durante la eclosión; un metabolismo tipo proteico predomina durante la temprana vida post-embrionaria y una mezcla de carbohidratos, lípidos y proteínas es predominante en juveniles y adultos. La *Artemia* está obligada a filtrar continuamente para llenar sus requerimientos de carbohidratos y proteínas a diferencia de otros organismos filtradores acuáticos que pueden ser facultativos (D'Agostino, 1980).

De acuerdo a resultados de experimentos realizados en condiciones xénicas y axénicas, se ha podido determinar que para un buen crecimiento de la *Artemia* no sólo es necesario de una "dieta principal", sino también del equilibrio de una microflora colonizante que se supone ayuda a la digestibilidad del alimento. (Deuillet, 1987; Lavens et al., 1987).

Esta microflora fortita e inocua suplementa la deficiencia de los productos naturales. Las bacterias y protozoos que se desarrollan fácilmente en un cultivo de *Artemia* son capaces de bioconcentrar nutrientes esenciales que son usados como suplementos.

alimenticios. (Lavens y Sorgeloos, 1991)

1.6.1. TAMAÑO DE LA PARTICULA

Se conoce que la *Artemia* puede ingerir partículas desde pocas μ (bacterias) hasta 25 μ m, en el caso de los nauplios, pero para los adultos no se conocía un tamaño adecuado. Para responder esta pregunta Dobbeleir et al. (1980) realizaron experimentos que se basaban en administrar esferas de cristal de diámetro entre pocas micras y 120 μ m, determinando que el rango de tamaño que puede ingerir un nauplio es de 25 $\pm$ 30 μ m y 40 $\pm$ 50 μ m para adultos. Aunque según reportes de Lavens y Sorgeloos (1991) se puede suministrar partículas de hasta 70 μ m.

Partículas que no son de tamaño adecuado (muy grandes o pequeñas) no pueden ser tomadas por las setas filtradoras de la *Artemia*, resultando en una baja tasa de crecimiento. (Sorgeloos, 1973)

1.6.2. DIETAS EMPLEADAS

En la literatura aparecen varias fuentes de alimento vivo e inerte que han sido probadas exitosamente para el cultivo de *Artemia* desde nauplio hasta adulto (Tabla 2.). Dos características específicas de la *Artemia* están relacionadas a este amplio rango de dietas adecuadas, por un lado su conducta filtradora no selectiva que facilita el empleo de un sin número de tipos de alimentos de tamaño adecuado y por otro lado la posibilidad de tomar y digerir una microflora exógena como parte de la dieta. (Lavens y Sorgeloos, 1991; Dobbeleir et al., 1980)

Tabla 2. Algunas dietas vivas e inertes empleadas en el cultivo de *Artemia*
(Dobbeleir, 1969, aumentada)

Algas vivas:

Diatomeas: Chaetoceros, Cyclotella, Phaeodactylum, Nitzschia

Chlorophyceas: Dunaliella, Chlamydomonas, Chlorella, Platymonas, Stichococcus,
Stephanoptera, Brachiomonas.

Algas secas: Chlorella, Scenedesmus, Spirulina

Levaduras:

Dietas inertes: Harina de trigo, yema de huevo, hígado homogeneizado, afrechillo de arroz, soya, Lactoserum

1.6.2.1. Dietas vivas

El alimento óptimo para la *Artemia* son las algas, numerosas publicaciones mencionan un sinnúmero de especies de algas cuya composición nutricional es óptima para el crecimiento de las artemias, pero debido a los grandes volúmenes requeridos para ello, resulta muy costoso y muy laborioso.

Además su contenido nutricional, por ejemplo composición proteica, varía de acuerdo a las condiciones de producción (Beacker, 1986) y los resultados obtenidos son producto de cultivos pequeños y no a escala comercial.

Algunas especies inadecuadas como dieta para la *Artemia* son: Chlorella o Stichococcus que poseen una sustancia gelatinosa que interfiere con la digestión y dinoflagelados que producen secreciones tóxicas. (Lavens y Sorgeloos, 1991).

1.6.2 Dietas Inertes

Los productos secos naturales y desechos agrícolas son menos caros que las algas vivas y, a diferencia de ellas, pueden ser almacenados por largos periodos de tiempo (Douillet, 1987).

Algunas consideraciones que se deben tomar en cuenta para la selección de un desecho agrícola son (Proyecto *Artemia*, 1994; Lavens y Sorgeloos, 1991):

- Disponibilidad: Debe ser asequible en cualquier lugar y en cualquier época del año.
- Costo: Debe tener un costo bajo o razonable.
- Contenido proteico: Debe ser una fuente de mucha proteína.
- Porcentaje de humedad: Se recomienda un porcentaje de 12 a 15 %, para permitir una mayor estabilidad de la partícula.
- Procesamiento del desecho: Fácil y económico
- Digestibilidad: Altamente digerible
- Solubilidad: Debe ser baja, ya que la *Artemia* no puede consumir partículas disueltas y permite mantener una mejor calidad del agua por más tiempo.
- Flotabilidad: De alta flotabilidad, para que se mantenga en la columna de agua por el mayor tiempo posible

Deseando conocer si se puede reemplazar el alimento vivo por una nueva fuente de alimento no vivo de fácil localización en nuestro país, disponible en el mercado en cualquier época del año y de bajo costo, el CENAIM realizó pruebas en pequeña escala (conos de 700 ml) de diferentes desechos agrícolas : afrechillo de arroz, polvillo de arroz, pasta de soya, harina de trigo, avena, harina de banano, maíz y

quinua (Naessens et al., 1994), en base a estos experimentos se seleccionó cuatro desechos agrícolas: maíz, polvillo de arroz, avena y harina de trigo. Pero al traspasar estos resultados a volúmenes mayores (500, 1000 y 3000 l) los resultados no fueron alentadores, decidiendo trabajar con arroz, el cual había obtenido buenas producciones de biomasa en otros países de condiciones climáticas similares.

1.6.2.2.1. Algas secas

Han dado resultados satisfactorios, especialmente cuando la calidad del agua es mantenida en niveles óptimo. Entre las especies probadas en forma seca están: *Scenedesmus* (Sorgeloos, 1973), *Spirulina*, *Gracilaria* y *Dunaliella salina*. (Lavens y Sorgeloos, 1991). La mayor ventaja de estos productos es su elevado costo.

1.6.2.2.2. Levaduras

Presentan numerosas ventajas:

- El diámetro de la célula es menor a 20 μ m
- La composición nutricional es razonablemente completa
- La pared celular rígida evita que los nutrientes se disuelvan en el medio de cultivo.
- Tienen un costo aceptable.

A pesar de ello no garantizan un éxito en el cultivo. Empleando levadura de pan y de alcohol se han tenido sobrevivencias que varían entre el 10 y el 80 %. En lo referente a la biomasa obtenida con *Candida* spp se han producido 7 kg. de peso vivo de *Artemia*, pero con *Rhodotorula*, *Saccharomyces* y *Kluyveromyces* se han tenido bajas producciones en raceways. (James, et al., 1987, Johnson 1980 en Lavens y Sorgeloos, 1991)

El principal problema cuando se alimenta con levaduras como dieta única es la

deficiencia de nutrientes, por lo que debe ser suplementado con otras dietas. (Urban *et al.*, 1984; Hirayama, 1987 *ex* Lavens y Sorgeloos, 1991).

1.6.2.2.3. Microencapsulados

Pocas publicaciones mencionan la aplicación de dietas artificiales para el cultivo de *Artemia*. Estas tienen la ventaja de ser nutricionalmente completas y no contaminar el medio de cultivo, pero se han obtenido sobrevivencias muy bajas (20 - 35 %) y un moderado crecimiento (Lavens y Sorgeloos, 1991).

1.6.2.2.4. Afrechillo de arroz (rice bran)

Según Sorgeloos *et al.* (1980) el problema de encontrar un alimento barato y adecuado para la *Artemia* es finalmente resuelto con el afrechillo de arroz, un desecho agrícola de muy bajo precio en muchos países de alrededor del mundo.

La "cubierta rota" del grano de arroz parece ser una dieta adecuada para la *Artemia*, a pesar de que se ha demostrado que es de bajo valor nutricional para peces y otros crustáceos (Sorgeloos *et al.*, 1980).

La excelencia del afrechillo de arroz como dieta para la *Artemia* es demostrado en los buenos resultados obtenidos en diferentes cultivos realizados (Sorgeloos, *et al.*, 1980; Dhert, *et al.*, 1992), estos parecen indicar que los componentes químicos del afrechillo (Tabla 3), conjuntamente con los microorganismos que resultan de la incubación de la materia orgánica a elevadas temperaturas satisfacen los requerimientos nutricionales de la *Artemia*.

El mejor afrechillo es el desgrasado por que hay menos riesgo de que se vuelva rancio, pero el afrechillo crudo es más barato y más estable (Dobbeleir *et al.*, 1980). Buenos resultados son garantizados sólo si el afrechillo está libre de contaminantes como pesticidas, los cuales son aplicados durante el transporte o el almacenaje del producto. (Sorgeloos *et al.*, 1980).

Tabla 3. Promedio de la composición química del afrechillo de arroz (expresado en porcentaje de peso seco)

Componente	Porcentaje (%)
Proteína cruda	11 - 13,4
Grasa cruda	11 - 12
Carbohidratos	25 - 33 (3 - 10 % de fibra)
Ceniza	8 - 12
Aminoácidos	10,5

En nuestro medio se tiende a confundir el afrechillo con el polvillo de arroz, pero son componentes diferentes. El polvillo de arroz resulta de la pérdida de la capa más externa de las glumas (palea y lema), se caracteriza por ser rico en cenizas y principalmente sílice que produce su poca digestibilidad, por ello el valor nutricional del polvillo es reducido.

El afrechillo de arroz, en cambio, se produce de las capas más internas de las glumas, incluyendo el pericarpio y endocarpio, capas que son ricas en proteínas y principalmente carbohidratos. (Angladette, 1969).

1.6.3. TURBIDEZ

Los alimentos secos consisten en fragmentos y partículas irregulares, por lo que la cantidad presente en el tanque no puede ser contada, como se hace con las algas. Una correlación entre el nivel óptimo de alimento y la transparencia del medio de cultivo ha sido desarrollado: la concentración de comida en el tanque de cultivo es comúnmente determinada por medición de la transparencia del agua (turbidez) con el disco Secchi.

La turbidez es la decreciente habilidad del agua para transmitir luz, se debe principalmente a la cantidad y naturaleza de la materia en suspensión. Es decir que la

turbidez o transparencia de la columna de agua se debe a el exceso de soluto, sólidos en suspensión, sólidos disueltos ó presencia de biomasa planctónica.

El disco Secchi es sumergido en el tanque de cultivo hasta que apenas sea visible y luego se agrega lentamente la suspensión de alrechoillo hasta que la transparencia sea la deseada. Lavens *et al.* (1986) sugieren que los niveles óptimos de alimento coinciden con una transparencia de 15 - 20 cm durante la primera semana de cultivo y 10 - 15 durante el resto del cultivo. Esta medición está, evidentemente, sujeta a una variación individual ó personal. (Sorgeloos *et al.*, 1986).

Versichele *et al.* (1980) desarrollaron un mecanismo automático para determinar la turbidez, denominado Turbidímetro. (ver Sorgeloos *et al.*, 1983), el cual es un sistema automático complejo, pero que permite eliminar el error personal que existe cuando las mediciones son hechas por diferentes personas.

1.7 SISTEMAS DE CULTIVO

1.7.1. Generalidades

Durante años recientes se han desarrollado técnicas para el cultivo intensivo y extensivo de biomasa de *Artemia* a un precio razonable, incluso integrando las operaciones de producción (crías de piscinas para el cultivo de *Artemia*).

Para obtener biomasa de *Artemia* se puede realizar dos tipos de cultivos:

Cultivo extensivo e intensivo. La diferencia básica entre estos métodos de producción es el mayor o menor control que se puede dar al cultivo. Para el sistema extensivo, se construyen piscinas de tierra en un ambiente abierto y se controla en cierto grado la salinidad, tiempo de retención del agua y el alimento. El mayor problema de emplear este tipo de cultivo es la depredación, ya sea por peces, crustáceos e inclusive insectos voladores (Familia Corixidae, mosquilla) (Tackx y Sorgeloos, 1991).

En cambio en la producción intensiva se emplean tanques para el cultivo de biomasa de *Artemia* en un ambiente controlado. Los mejores resultados se han obtenido en tanques denominados raceways con un sistema de aireación air-water-lift (AWL) probados inicialmente por Bossuyt y Sorgeloos (1980) en cultivos estancados, pero con el paso del tiempo y debido a los buenos resultados se han modificado para emplearlo en sistemas de flujo continuo abierto y cerrado (Dhert *et al.*, 1992; Lavens, *et al.*, 1985).

La ventaja del raceway - AWL es que permite una distribución homogénea del alimento y los organismos, reduce los problemas de bajas de oxígeno, minimiza las concentraciones de metabolitos potencialmente tóxicos, permite emplear mayores densidades de animales y el suave y gentil ascenso de las burbujas de aire en los AWL no mata los organismos en cultivo. (Wheaton, 1977; Persoone y Sorgeloos, 1975) (Fig. 2).

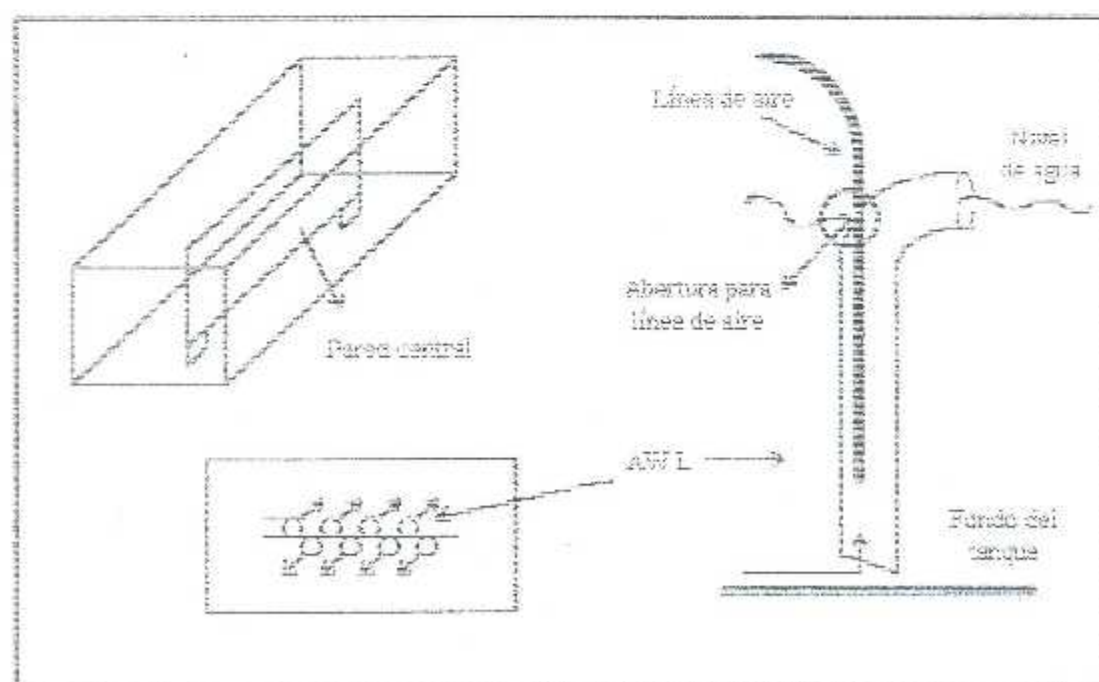


Fig. 2. Vista esquemática de un raceway y detalle de un air-water-lift (AWL).
(Modificado por Bossuyt y Sorgeloos, 1980)

Quando las condiciones ambientales son inapropiadas, el cultivo intensivo con agua de mar natural y subproductos agrícolas micronizados es una mejor opción de producción, sobre todo si el control de calidad es un factor importante para la comercialización. El desarrollo de esta técnica a mediados de los ochenta incrementó el interés de la biomasa de *Artemia* en las últimas décadas. (Dhoot y Lavens, 1996; Lavens *et al.*, 1985). Ofrecen además la ventaja de producir *Artemia* juvenil de una talla específica, de acuerdo a los requerimientos de tamaño del alimento del predador.

1.2.2. Cultivo Extensivo

Este tipo de cultivo está limitado a zonas cálidas y secas. Consiste en la producción en lagos salados, salinas y la cosecha de poblaciones naturales. El requisito más importante para este tipo de producción es la alta salinidad (80 - 100 ups), ya que sirve de única defensa contra los depredadores.

En el cultivo extensivo la producción de biomasa fluctúa en relación a la temperatura, salinidad y alimento disponible en el estanque o piscina gracias a la fertilización. (Tackaert y Sergelees, 1991).

De acuerdo a Sergelees y Lavens (1986) y Baert *et al.* (1996) los pasos para realizar una producción extensiva son los siguientes:

1. Preparación de la piscina o estanque
2. Inoculación con nauplios o metanauplios de *Artemia*
3. Monitoreo y manejo
4. Cosecha y control de calidad

Si el cultivo extensivo se realiza en salinas, la producción de quistes y biomasa de *Artemia* es un ingreso extra a la producción de sal, además de mejorar la calidad de la

sal, pero esta operación tiene una limitada ganancia porque la sal se produce en el periodo de sequía (Baert *et al.* , 1996; Sorgeloos *et al.* , 1986).

La producción de *Artemia* de estos estanques manejados por el hombre pueden ser de 200-500 kg. de biomasa en peso seco por hectárea/mes y 5-30 kg. de quistes en peso seco por hectárea/mes. (Informe Proyecto *Artemia*, 1993).

1.7.3. Cultivo Intensivo

1.7.3.1. Sistemas de Cultivo Intensivo

Las producción intensiva en tanques es más cara que la producción en estanques naturales salados o manipulados por el hombre, pero presenta múltiples ventajas, por lo cual se la considera una alternativa importante. (Dhont y Lavens, 1996; Sorgeloos, *et al.* , 1986; Sorgeloos, *et al.* 1987; Lavens, Léger y Sorgeloos, 1986)

1. Se puede producir independiente del clima, no se requiere de altas salinidades ni condiciones climatológicas específicas.
2. Se pueden obtener estadios específicos, presas de tamaño uniforme o en función del tamaño del predador.
3. Se pueden emplear altas densidades iniciales de miles de animales por litro en contraste con los cientos de animales por litro en la producción extensiva. Por lo tanto se pueden obtener altas producciones en volúmenes reducidos.
4. La calidad de la *Artemia* puede ser mejor controlada.
5. Además la biomasa producida intensivamente, puede ser más resistente que la producida en estanques, ya que esta última al ser producidas en altas salinidades no sobreviven al ser transferidas a tanques de 35 ups por un periodo de tiempo largo y pueden llevar organismos contaminantes al cultivo.
6. Puede integrarse al sistema de producción acuícola.

7. Se puede emplear además de algas subproductos orgánicos más baratos (afrechillo de arroz).

Dependiendo de las condiciones y los objetivos, diferentes técnicas de cultivo intensivo pueden ser aplicados, la selección de cualquiera de ellos depende de condiciones locales, necesidad de producción e inversión inicial. (Dhont y Lavens, 1996). Hay dos opciones, flujo continuo o no, y en el último caso se debe decidir si no se realizará ningún recambio del medio (sistema batch) o se aplicará algún mecanismo para mantener la calidad del agua (sistema de flujo cerrado).

La técnica de cultivo ideal para producción a gran escala, según Bossuyt y Sörgeloos (1980) y Sörgeloos y Persoone (1972) requiere:

- Buena oxigenación del medio para permitir un cultivo a altas densidades evitando la formación de zonas anaeróbicas.
- Circulación continua del medio para maximizar la disponibilidad del alimento para el organismos que está naciendo continuamente.
- La profundidad de el agua no debe ser mayor a un metro para poder emplear formas baratas de aireación.
- La distribución del alimento debe ser muy precisa y bastante frecuente para asegurar la densidad constante de partículas alimenticias en el medio. Lo más conveniente es la distribución automática.

A. BATCH

Se aplica cuando no se dispone de grandes volúmenes de agua de mar. Consiste en no cambiar el medio de cultivo durante el crecimiento del organismo. Los primeros días no existen problemas y el nivel óptimo de alimentación puede ser fácilmente mantenido. Pero a medida que avanzan los días de cultivo el deterioro del agua es rápido y la presencia de partículas grandes (heces, exuvias, agregaciones de alimento, etc.)

intervienen con la transparencia. (Lavens y Sorgeloos, 1991).

La ventajas de este sistema es el bajo costo de producción debido a el mínimo consumo de agua y de mano de obra. Pero no permite emplear altas densidades ya que se corre el riesgo permanente de enfermedades y elevadas mortalidades por el deterioro de la calidad de agua. Debido a ello no es económicamente rentable cuando se trata de producir a gran escala.

B. FLUJO CONTINUO ABIERTO

Una renovación continua del agua de cultivo por agua de mar limpia diluye las partículas y metabolitos disueltos resultando en un mejoramiento de las condiciones de cultivo y una alta capacidad de producción (Dhert y Lavens, 1996).

Esta técnica de cultivo con flujo continuo permite emplear altas densidades (10.000, 15.000 ó 20.000 / l), un mayor grado de control sobre los parámetros ambientales y mayor automatización (Lavens *et al.* , 1986), por lo que se requiere personal especializado (Dhert *et al.* , 1992).

La aplicación de esta técnica esta limitada a lugares donde se dispone de forma constante de grandes volúmenes de agua de mar a un bajo costo y donde grandes cantidades de alimento están disponibles (Sorgeloos *et al.* , 1986).

Tobias (1979, 1980) desarrolló esta técnica empleando algas como fuente de alimento, pero debido a la necesidad de mantener grandes volúmenes de fitoplancton, lo cual por razones técnicas y económicas es poco factible, Brisset *et al.* (1982) lo adaptó para emplear bioproductos como fuente barata de alimento. El espectro de alimentos adecuados para el cultivo de flujo continuo es mucho mayor que para batch, ya que se pueden emplear alimentos de alta solubilidad en agua como la soya y el trigo.

En este sistema de producción se pueden mantener rendimientos de hasta 25 kg. de biomasa viva por tonelada después de dos semanas de cultivo a 25 °C y empleando 18 kg. de afrechillo micronizado (Sorgeloos *et al.* , 1983).

El equipo más importante en un tanque de flujo continuo abierto es el sistema de filtros que debe retener los organismos en el tanque de cultivo y permitir la salida de los desechos. Existen diferentes modelos y materiales en los que están fabricados, el más efectivo es el de acero inoxidable descrito por Lavens *et al.* (1985), son de larga vida pero su costo es elevado. El más simple, pero también efectivo, es el fabricado con un marco de PVC y que emplea malla de nylon. Son de costo bajo, pero deben ser limpiados varias veces al día para evitar que se taponen y rebosen los tanques de cultivo, con la consecuente pérdida de la producción, deben ser cambiados cada cierto tiempo debido a su desgaste o destrucción.

Un sistema de flujo continuo muy simple ha sido propuesto por Dhert *et al.* (1992), este no requiere de bombas de alimentación y envuelve un mínimo cuidado y sofisticación. Consiste de un tanque rectangular de cultivo (raceway), un filtro con malla apropiada (de acero inoxidable), un tanque que sirve como reservorio para el agua de recambio que lleva el alimento y tiene las mismas dimensiones que el de cultivo y la tubería conectando las partes mencionadas. (Fig. 3.).

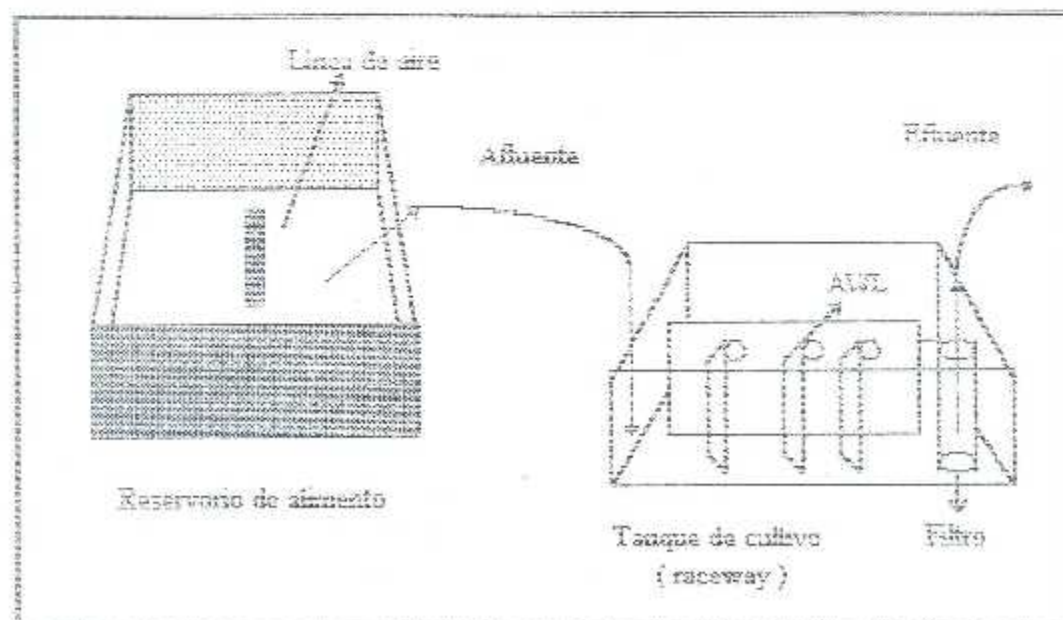


Fig. 3. Vista esquemática de un sistema de flujo abierto de 1000 l de capacidad. (Dhert *et al.*, 1992)

La metodología propuesta es inocular en un medio estancado y mantenerlo así hasta el segundo día en que se instala el flujo, el tiempo de retención es de 24 horas, el alimento debe ser mezclado con el agua de recambio en el tanque reservorio. La concentración del alimento en el agua de recambio está determinada por la turbidez requerida del agua de cultivo (15 cm la primera semana y 20 - 25 cm la segunda) y el tiempo de retención, y la concentración de alimento en el tanque de cultivo es medido con ayuda de un disco Secchi modificado.

C. RECIRCULACION

Cuando no se dispone de grandes volúmenes de agua de mar o salobre, se pueda aplicar un sistema de flujo cerrado, es decir con recirculación del agua a través de un sistema de tratamiento que consiste en un filtro biológico y/o un separador de placas.

Una técnica más adecuada y simple es la conocida como cultivo con mínima renovación de agua, la producción en este sistema alcanza hasta 5 kg. de biomasa en peso seco por tonelada de cultivo en 14 días. Una desventaja es el deterioro de la calidad del agua y la producción se ve limitada como resultado de la baja densidad empleada (5000 ind./l) y la supervivencia después un cultivo de 2 semanas no sobrepasa el 35%.

Las ventajas de la recirculación para el cultivo de organismos marinos es que permite mantener constante o con mínimas variaciones factores como: la salinidad, temperatura, turbidez y bloom de plancton (Goldizen, 1970). El sistema cerrado tiene la ventaja de no producir efluentes, pero requiere el empleo de un mecanismo para mantener la calidad de agua, un sinnúmero de filtros mecánicos y químicos han sido probados. Las placas separadoras tienen la ventaja de ser fáciles de construir, limpiar y manipular (Neal y Mock, 1976) y sobre todo permiten que partículas pequeñas (de tamaño adecuado para servir de alimento a la *Artemia*) regresen al tanque de cultivo. (Sorgeloos et al., 1986)

El separador de placas consiste de un tanque rectangular dividido en un compartimento pequeño de entrada y uno de sedimentación. Existe una placa vertical que separa a los dos compartimentos y está localizada a 2 cm del fondo del tanque. En el compartimento de sedimentación están ubicadas varias placas de superficie rugosa, de esta manera se incrementa la superficie de sedimentación. La inclinación de las placas es de 30-45°, en la dirección del flujo. (Fig. 4)

El agua es continuamente bombeada vía AWL o una bomba eléctrica hacia el compartimento de entrada y a través de la abertura del fondo pasa al compartimento de sedimentación donde las partículas mayores se acumulan en el fondo o en las placas. Para resultados óptimos, el volumen del separador debe ser no menos del 10% del volumen del tanque de cultivo. (Sorgeloos *et al.*, 1986)

El interés en la recirculación se ha incrementado dramáticamente debido a:

1. Incremento en los costos de un suplemento de agua de alta calidad
2. Incremento de la contaminación en aguas naturales
3. La necesidad de conservar energía en el calentamiento o enfriamiento del agua de cultivo. (Sandrier *et al.*, 1974)

Pueden ocurrir cambios rápidos en el medio y estas alteraciones son resultado de actividades metabólicas de todos los organismos presentes en el medio de cultivo y a medida que transcurre el tiempo el cuerpo de agua pierde capacidad de soportar la vida. Los principales cambios son la disminución del oxígeno, el incremento de compuestos orgánicos disueltos y bacterias (Goldizen, 1970).

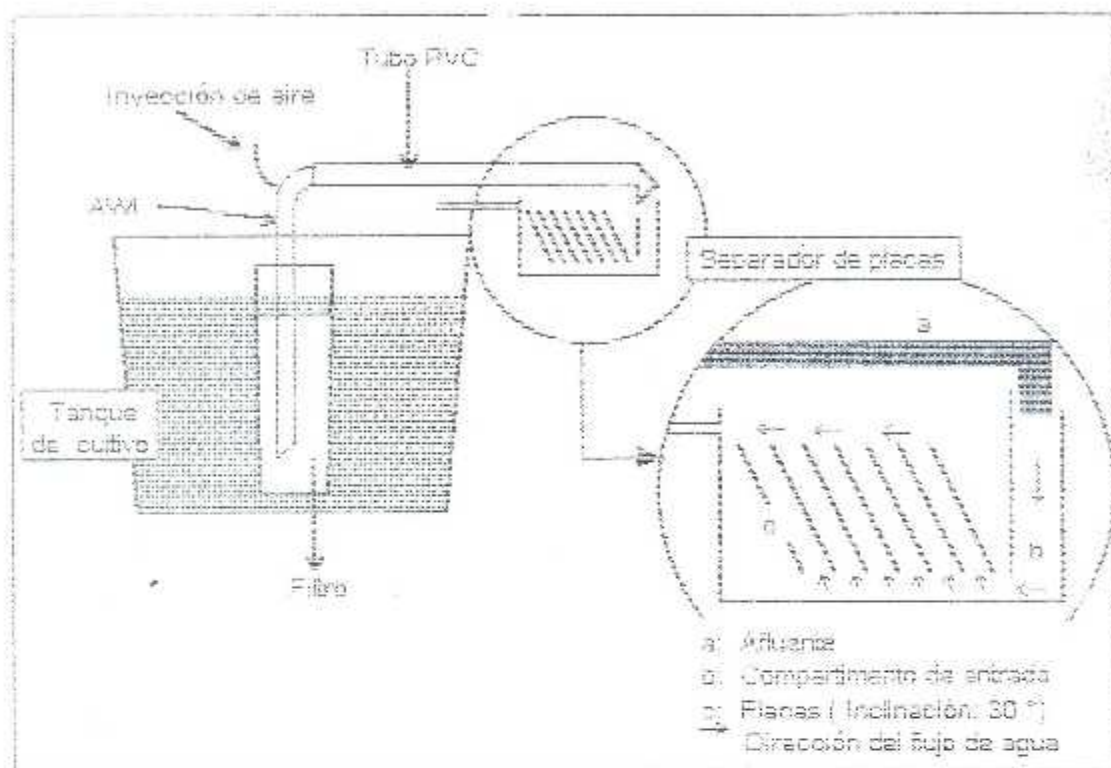


Fig. 4. Esquema de un sistema de flujo cerrado (recirculación) (Proyecto *Artemia*, 1993)

1.8. PARÁMETROS ÓPTIMOS DE CULTIVO

1.8.1. Temperatura

Para la mayoría de las líneas de *Artemia* el rango óptimo de temperatura es de 19 a 25 °C, sobre los 30°C puede ser letal para la mayoría de ellas. Pero se puede considerar como óptimo los 28°C.

1.8.2. Salinidad

La *Artemia* es un organismo euritalino que puede soportar salinidades de 35 a 110 ppt, pero valores altos de salinidad implican mayor pérdida de energía del organismo debido a la osmorregulación.

1.8.3. pH

En la literatura generalmente es aceptado rangos de 6.5 a 8.

1.8.4 Oxígeno

Sólo valores menores a 2 mg/l limitan la producción de biomasa. La *Artemia* tiene la capacidad de adaptarse rápidamente a las variaciones de oxígeno mediante la producción de diferentes hemoglobinas con afinidad específica para el oxígeno. Para una producción óptima se recomiendan valores mayores a los 2 mg/l, valores mayores a 5 mg/l resultan en la producción de animales pálidos.

Valores bajos de oxígeno son empleados al final del cultivo como bioenriquecimiento. La *Artemia* se torna rojiza debido a la producción de mayores cantidades de pigmentos respiratorios, lo que favorece la visibilidad del predador y por lo tanto facilita la captura de la *Artemia*.

1.8.5 Luz

Se conoce poco el efecto de la luz sobre el crecimiento, pero algunos estudios indican que en la oscuridad las artemias son menos activas y por lo tanto consumen menos energía para su metabolismo y crecen más rápido.

1.8.6 Calidad de agua

La tolerancia de la *Artemia* a compuestos como NH_3 , NH_4 , $\text{NO}_2^- \text{N}$, $\text{NO}_3^- \text{N}$ parece ser muy alta, en comparación con otros organismos acuáticos. Así niveles de 1000 ppm NH_4^+ y 320 ppm de NO_2^- no interfieren ni con el crecimiento ni la sobrevivencia de los organismo en cultivo.

2. MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se realizó en dos fases, empleando las instalaciones de los laboratorios de Bioensayos y Zooplancton del CENAIM, de acuerdo a las necesidades de los experimentos.

La primera fase se llevó a cabo con el fin de determinar una concentración de alimento (afrechillo de arroz) que permitiera obtener la mayor biomasa final y la mayor supervivencia.

Una vez determinada una concentración óptima de alimento se dio inicio a la segunda fase que consistió en aplicar la concentración encontrada en un sistema de flujo cerrado (recirculación) versus el sistema empleado por Dhari et al. (1992), que aplica un sistema de flujo continuo y determinación de la cantidad de alimento (turbidez) mediante un disco Secchi modificado. Ambas fases fueron realizadas en dos bloques, con réplicas en el tiempo.

Previo a estos ensayos se llevaron a cabo pruebas preliminares para determinar el porcentaje de humedad de la materia prima a emplear, la eficiencia y exactitud del Disco Secchi como instrumento de medición de la turbidez en el medio de cultivo y si era necesario la determinación de un método alternativo para este mismo propósito.

2.1 PRUEBAS PRELIMINARES

2.1.1. Porcentaje de humedad de la materia prima

Esta prueba fue realizada en el Área de Nutrición. Para ella se emplearon tres muestras de un mismo lote de afrechillo de arroz.

En una cápsula de aluminio previamente tarada, se colocaron 2 g de la muestra molida y se pesó en una balanza analítica. Se llevó a la estufa por 2 h. a 135°C, se sacó y

entró en un desecador para seguidamente pesar. Esto se repitió hasta que el peso final fue casi constante entre una pesada y otra.

Por medio de la siguiente fórmula se obtuvo el porcentaje de humedad de cada una de las muestras:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(B - C)}{(B - A)} \times 100$$

Donde:

A = Peso de la cápsula

B = Peso inicial de la cápsula más la muestra

C = Último peso de la cápsula más la muestra

2.1.2. Eficacia del disco secchi para la determinación de la cantidad de alimento adicionada al medio de cultivo.

Se emplearon tanques de 1 tonelada, de fondo blanco y adaptados como raceway. Estos estaban llenos de agua de mar sin ningún tratamiento especial.

Luego de preparar el afrechillo y determinar su concentración de acuerdo al método volumétrico, se procedió a agregar volúmenes conocidos de esta suspensión de afrechillo hasta que la lectura del disco Secchi fuera de 15 cm de turbidez.

2.1.3. Método alternativo para la determinación de la turbidez (Espectrofotómetro)

El objetivo de realizar estas pruebas fue buscar un método más exacto para determinar la concentración de alimento en el medio de cultivo.

Se emplearon tanques cilíndrico - cónicos, trashucos, con un volumen útil de 30 l de capacidad, con un sistema de aireación continuo en el fondo. Fueron ubicados en la

saia de Bioensayos, área que contaba con luz artificial. Debido al tipo de tanque y la presencia de luz artificial se empleó otro método para medir la turbidez en lugar del disco Secchi.

Después de preparar el alimento y determinar su concentración por medio del método volumétrico, se agregó un volumen conocido a cada tanque, tomándose tres muestras de cada uno para ser leídas en el espectrofotómetro DE/2000 modelo 45130, empleando el método para sólidos suspendidos (método 690, con 810 nm de longitud de onda).

2.2. CONCENTRACION OPTIMA DE ALIMENTO

2.2.1. Diseño experimental

Se evaluaron 5 tratamientos con diferentes concentraciones de alimento: 25, 50, 100, 150 y 200 mg/l (ppm), cada tratamiento tuvo 4 replicas en el tiempo. Se empleó una densidad fija de 3000 art/l (Lavens, 1980).

Cada parte experimental duró 10 días. La primera parte de este experimento se realizó del 27 de Mayo al 5 de Junio de 1998 y la segunda desde el 24 de Junio al 3 de Julio de 1998. Se empleó un sistema experimental por bloques aleatorizados.

2.2.2. Material biológico

2.2.2.1. Quistes de *Asterion*

Para todos los experimentos se empleó quistes marca Prime *Asterion* incorporated, lote 973029, tipo A. Estos fueron aclacionados de acuerdo a la metodología descrita por Sorgeles *et al.* (1983).

2.2.2.2. Afrachillo de arroz

El afrachillo de arroz empleado como fuente de alimento en todos los ensayos fue adquirido en centros de abastos de productos agrarios en San Pedro de Macoris.

2.2.3. Sistema de cultivo

2.2.3.1. Tanques de cultivo

En cada bloque experimental se emplearon 10 tanques cilíndrico-cónicos, traslúcidos, con un volumen útil de 30 l. Cada tanque estaba provisto de aireación gracias a una manguera colocada en el centro del tanque. El agua empleada fue filtrada a través de un filtro de piola de 10 μ . Los tanques estaban colocados sobre una mesa de madera, a un metro aproximadamente del suelo, en grupos de 3 o 4.

2.2.3.2. Sistema de alimentación

A partir del segundo día de cultivo, además de suministrar manualmente el alimento (correcciones de turbidez), se instaló una bomba peristáltica marca Watson Marlow de 10 canales, controlada por un temporizador para la distribución automática de la suspensión de afrechillo.

El alimento estaba dispuesto en conos de vidrio de 700 ml, los que se encontraban dentro de una hielera para evitar su rápida fermentación debido a las altas temperaturas (29 °C). Cada cono contaba con fuerte aireación para evitar la sedimentación del alimento y por lo tanto una falta de alimento en los tanques. (Foto 1.)

La distribución de alimento era cada 30 min. por un espacio de 1.5 min. a 75% de la velocidad máxima de la bomba peristáltica, de manera que los 700 ml de cada cono dure 24 horas. El alimento era dirigido a los tanques de cultivo por medio de mangueras plásticas (0.5 cm de diámetro), ayudado por la gravedad y una corriente de aire.

2.2.4. Preparación del alimento

El alimento consistió en una suspensión de afrechillo de arroz, el cual fue previamente pulverizado a 100 μ m con ayuda de la pulverizadora marca Nakayasu.

La suspensión se obtenía de mezclar por 3 min. una parte de afrechillo pulverizado y 4 partes de agua de mar en una licuadora doméstica, a alta velocidad. Esta suspensión era cernida a través de una malla de 50 μ (Dobbelaire *et al.*, 1980; Lavens y Sorgeloos, 1991), para obtener sólo partículas de tamaño adecuado para el consumo de la *Artemia* ($< 50 \mu$).

Usando este método la concentración de la suspensión de afrechillo varió de 23 g/l hasta 48 g/l, dependiendo de la eficiencia del cernido y la calidad del afrechillo.

El valor exacto fue determinado mediante el uso del espectrofotómetro DR/2000 modelo 45250, empleando el método para sólidos suspendidos (método 630, con 810 nm de longitud de onda). Para lo cual era necesario utilizar una dilución de manera que la lectura cayera dentro del rango del instrumento (0 - 750 mg/l).

La suspensión de afrechillo de arroz era preparada diariamente de acuerdo a los requerimientos del cultivo. Lo que no se empleaba se mantenía en refrigeración por un máximo de 24 horas.

2.2.5. Condiciones de operación

Los nauplios de *Artemia* recién eclosionados fueron inoculados en los tanques de cultivo a una densidad de 1000 art/l, en los cuales previamente se había colocado de forma manual la suspensión de afrechillo a la concentración deseada (23, 50, 100, 150 y 200 mg/l). La densidad inicial fue confirmada mediante conteo inmediatamente después de la siembra.

A partir del segundo día de cultivo, además de agregar el alimento manualmente, se colocó una bomba peristáltica, para su distribución automática.

Dos veces al día (08:00 y 20:00) se chequeaba la cantidad de alimento presente en el tanque (turbidez) con ayuda del espectrofotómetro y se agregaba la cantidad de

alimento faltante con el propósito de mantener siempre la concentración deseada de afrechillo a disposición de los organismos de cada tanque (corrección manual).

Los conos de alimentación duraban 24 horas y eran colocados al medio día. Para prepararlos se sumaban los mg de afrechillo colocados el día anterior en el cono, más los mg que se agregaron manualmente al tanque de cultivo el día anterior y menos los mg que sobraron luego de las 24 horas.

Estos cálculos se realizaron diariamente con la ayuda de una hoja de cálculo electrónico (Ms Excel 5.0) preparado para el efecto, la cual indicaba los ml de suspensión de afrechillo a agregar en cada cono y cada tanque, de acuerdo a la concentración (mg/l) de la suspensión preparada.

Se mantuvo un sistema estancado (batch) durante los días de cultivo, únicamente el quinto día se cosechó completamente el tanque y se lavó, para disminuir el riesgo de contaminación por hongos y bacterias por un exceso de materia orgánica en el medio de cultivo.

Diariamente se monitoreó temperatura y OD con ayuda del oxigenómetro YSI model 57 y se tomaron 5 art/q, las cuales eran fijadas con alcohol, para determinar crecimiento mediante un proyector de perfiles Mitutoyo, además se determinó la densidad mediante la toma de 3 muestras en cada tanque.

2.3. APLICACION DE LA CONCENTRACION ENCONTRADA EN CULTIVOS INTENSIVOS

2.3.1. Diseño experimental

Se comparó la concentración encontrada como óptima, aplicada a un sistema de recirculación con placas contra el sistema descrito por Dhert et al. (1992). Se evaluaron 2 tratamientos, cada uno con cuatro réplicas en el tiempo. Para ambas partes del experimento se emplearon 4 unidades experimentales. La densidad empleada fue de 5000 art/l.

Cada parte experimental duró 15 días, la primera se desarrolló del 29 de Julio al 12 de Agosto y la segunda desde del 14 al 28 de Agosto de 1998.

2.3.2. Sistema de Cultivo

2.3.2.1. Tanques de Cultivo

Los tanques fueron colocados en un área externa techada y rodeada de un saquillo negro para evitar excesivas fluctuaciones de temperatura producidas por el sol y el viento.

A. Recirculación

Se emplearon tanques circulares de media tonelada de capacidad, de color blanco y fondo plano. A estos se les adaptó dos air water lift (AWL), mantenidos fijos por medio de sujetadores de PVC.

Cada tanque estaba equipado con un filtro cilíndrico perforado y forrado con mallas de 100, 200, 300 μ , de acuerdo al tamaño alcanzado por la *Artemia*. (Foto 2). En la base de cada filtro se colocó un collar de dirección que conectaba en una manguera perforada, para prevenir que se sature el filtro (Tobías et al., 1979).

El separador de placas se dispuso en una gaveta, la cual contaba con un compartimiento de entrada y una área de placas rugosas o sedimentación, en la parte superior y final de esta se encontraba un codo que permitía la salida del flujo de agua. Las placas se mantenían inclinadas y orientadas en la dirección del flujo de agua, a través de la gaveta separadora (Foto 3). El agua del tanque de cultivo era continuamente bombeado hacia el compartimiento de entrada de la gaveta, a través de un AWL. Este sistema permitía la circulación del volumen total de agua de cultivo (300 l) a través de la gaveta de recirculación en 9 horas.

Tabla 4. Características del separador de placas usado para el tratamiento primario del agua del sistema de recirculación

Dimensiones	
Longitud	56.5 cm
Ancho	38 cm
Profundidad	24.5 cm
Número de placas	8
Inclinación de las placas	30°
Flujo de entrada	1 l/min
Tiempo de retención	52.6 min.

B. Flujo continuo

Se emplearon tanques rectangulares adaptados como raceways de 1000 L de capacidad, de fondo negro. Cada tanque contaba con un filtro similar a los empleados para los tanques de recirculación; estaban colocados verticalmente y opuestos a la entrada del alimento. Cada filtro contaba con un sifón de 0.5 cm de diámetro que permitía la salida constante del agua cargada de heces, materia orgánica acumulada y mudas.

2.3.2.2. Sistema de alimentación.

A. Recirculación

Igual que para la primera etapa (Concentración óptima) la alimentación automática se inició a partir del segundo día. El alimento era contenido en cono plásticos de 7 l de capacidad con fuerte aireación de fondo. El temporizador se dispuso de manera que la bomba peristáltica distribuyera el alimento cada 15 min. por 15 min. a su velocidad máxima (100 %) y el cono tuviera una duración de 24 horas. El alimento era dirigido de los conos a los tanques de cultivo por medio de mangueras de 0.5 cm de diámetro. (Foto 4.).

8. Flujo continuo

Los tanques de alimentación eran similares a los de cultivo, pero estaban colocados por encima de estos (Foto 5.) y necesitaban ser llenados manualmente cada 24 horas. Un tubo largo perforado y colocado en el centro del tanque inyectaba aire y mantenía el alimento en suspensión. Un sifón de 0.5 cm de diámetro dirigía la suspensión de afrechillo del tanque de alimentación al del cultivo gracias a la gravedad.

2.3.3. Condiciones de operación

2.3.3.1. Recirculación

En lo referente a selección, inoculación, corrección manual, determinación de concentración de alimento en el tanque de cultivo, preparación y colocación de alimento fue similar a lo descrito para la primera fase, pero esta vez se mantuvo la misma agua inicial durante todo el periodo de cultivo (15 días).

Los parámetros diariamente determinados fueron: salinidad (33 ups), oxígeno disuelto (4.22 ± 0.91), pH (7.35 ± 0.11), temperatura (23.32 ± 0.37), longitud de 10 animales por tanque y densidad (3 muestras por tanque).

2.3.3.2. Flujo continuo

La única diferencia con el sistema anterior fue la manera de determinar la concentración de alimento, lo cual se basó en la turbidez y se midió por medio de un Disco Secchi modificado. Las correcciones de la turbidez se realizaron dos veces al día (8:00 y 20:00) hasta que esta fuera de 15 - 20 cm durante la primera semana y 20 - 25 cm durante la segunda semana.

Diariamente se determinó: salinidad (33 ups), oxígeno disuelto (5.83 ± 0.23), pH (7.98 ± 0.05), temperatura (23.30 ± 0.34), longitud de 10 animales por tanque y densidad (3 muestras por tanque).

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. PRUEBAS PRELIMINARES

3.1.1. Porcentaje de humedad de la materia prima

Los resultados de la prueba permiten ver que a pesar de tomar las muestras de un mismo lote existe variación en el porcentaje de humedad. Esta variación es aún mayor cuando se comparan muestras de diferentes lotes a pesar de emplearse la misma metodología, así por ejemplo, los datos obtenidos por el CENAIM en el Proyecto *Artemia* (1993) indican valores de humedad de 12.14 %. A pesar de ello, ambos promedios caen dentro del rango deseable (20 %) para ser empleado como alimento para este tipo de organismo. Valores mayores de humedad provocaran serios problemas de infección de insectos y el crecimiento de hongos (New, 1987), lo que producirá un daño para el cultivo o su consecuente pérdida.

También es necesario tomar medidas adecuadas de almacenamiento del alimento para evitar contaminación bacteriana y fúngica, que se caracteriza por el olor a rancio y que afecta el valor nutricional del afrechillo de arroz. (Soregeloos, 1978).

Tabla 5. Porcentaje de humedad de tres muestras de afrechillo de arroz

Muestra #	Humedad (%)
1	15.90
2	14.25
3	13.76
Promedio	14.63 ± 1.12

3.1.2. Eficacia del disco Secchi para la determinación de la cantidad de alimento adicionada al medio de cultivo.

Los resultados (Tabla 6.) indican que a pesar de llegar a una misma turbidez, empleando la misma suspensión madre (suspensión original), los gramos de afrechillo adicionados al medio de cultivo varían. Esta variación no nos permitiría definir con exactitud los gramos de alimento requerido para conseguir la turbidez deseada, dato importante para nuestros fines, ya que una mayor o menor cantidad de alimento puede implicar un mejor o peor crecimiento ó sobrevivencia. La razón de esta diferencia puede ser debido al error humano al realizar la medición. Este error es mayor si las mediciones son realizadas por personas diferentes.

Tabla 6. Cantidad de afrechillo adicionada al medio de cultivo de tanques de 1 TM.

	P1	P2	P3
Concentración de la suspensión madre	29.3 g/l	29.3 g/l	22.1 g/l
Volumen agregado (ml)	1000	1300	1400
Gramos de afrechillo agregados	29.30	37.7	30.94
Turbidez final (cm)	15 - 17	15 - 17	15 - 17
Promedio general	32.65 $\pm$ 4.45		

* P1, P2, P3 significa prueba 1, 2 y 3

3.1.3. Método alternativo para la determinación de la turbidez

(Espectrofotómetro)

La forma mas común y fácil de determinar la concentración de alimento en el medio de cultivo es el disco Secchi (Bossuyt y Sorgeloos, 1980), pero arrastra un error, el cual puede ser de naturaleza humana, por luminosidad artificial o natural, forma y color del

tanque, etc., ya que es una apreciación personal.

Al emplear el espectrofotómetro como instrumento de medida de la cantidad de afrechillo agregado a cada tanque se puede observar (Tabla 7.) que al añadir una determinada cantidad de suspensión de alimento el espectrofotómetro nos indicará valores iguales o muy cercanos de la concentración existente en cada uno de los tanques, cada vez que se le muestre. Obteniéndose una variación mínima en los resultados y facilitando la determinación de la cantidad de alimento en cada tanque.

Tabla 7. Valores muestrados con el espectrofotómetro para la determinación de la concentración de alimento.

	P1	P2	P3
Concentración de la suspensión madre	15.64 g/l	15.64 g/l	15.64 g/l
Volumen agregado (ml)	73	73	73
Gramos de afrechillo agregados	1.14	1.14	1.14
Lectura Espectrofotómetro (g/l) ^{**}	1.17	1.18	1.17
Promedio general	1.17 ± 0.005		

* P1, P2, P3 significa prueba 1, 2 y 3.

** Promedio de tres lecturas

3.2. CONCENTRACION OPTIMO DE ALIMENTO

3.2.1. Longitud

Es imposible comparar las longitudes finales de los organismos que fueron cultivados en concentraciones de afrechillo mayores a 150 mg/l con las restante concentraciones, debido a la mortalidad producida tempranamente. Pero se pudo observar que durante el corto tiempo de vida, el crecimiento fue muy similar para todas las densidades de

alimento, aproximadamente 1,50 mm al tercer día. Es decir todos los tanques tuvieron un crecimiento análogo a pesar de las diferentes concentraciones de alimento empleado.

Este resultado puede deberse a la baja capacidad filtradora de los nauplios. Sólo después de la formación de los toracópodos (aproximadamente al cuarto día) la filtración es más eficiente (Dhert *et al.*, 1992; Tobias *et al.*, 1979) y los tanques alimentados con altas concentración de afrechillo, resultan en un mejor crecimiento para la *Artemia*, si logran sobrevivir.

Es así que en el presente set de experimentos la mayor longitud fue alcanzada por el único tanque sobreviviente alimentado con 100 mg/l de afrechillo de arroz, seguidos por los de 50 y finalmente por los de 25 mg/l. Al comparar la longitud final para cada una de las réplicas de éstas dos últimas concentraciones, se presentó una gran variabilidad en la longitud alcanzada para los tanques de 50 mg/l, en cambio para la otra concentración la longitud final es más constante, apenas existe una variación de 0,749 mm entre el mayor y el menor valor de longitud entre las réplicas de este tratamiento.

Lavens *et al.* (1992) sugiere que la tasa de alimentación es independiente de la densidad de animales, la cual puede ser seleccionada en función de la tasa de crecimiento deseado; así mismo Doillet (1987) no encontró relación entre la longitud final de los organismos y la concentración de alimento empleada.

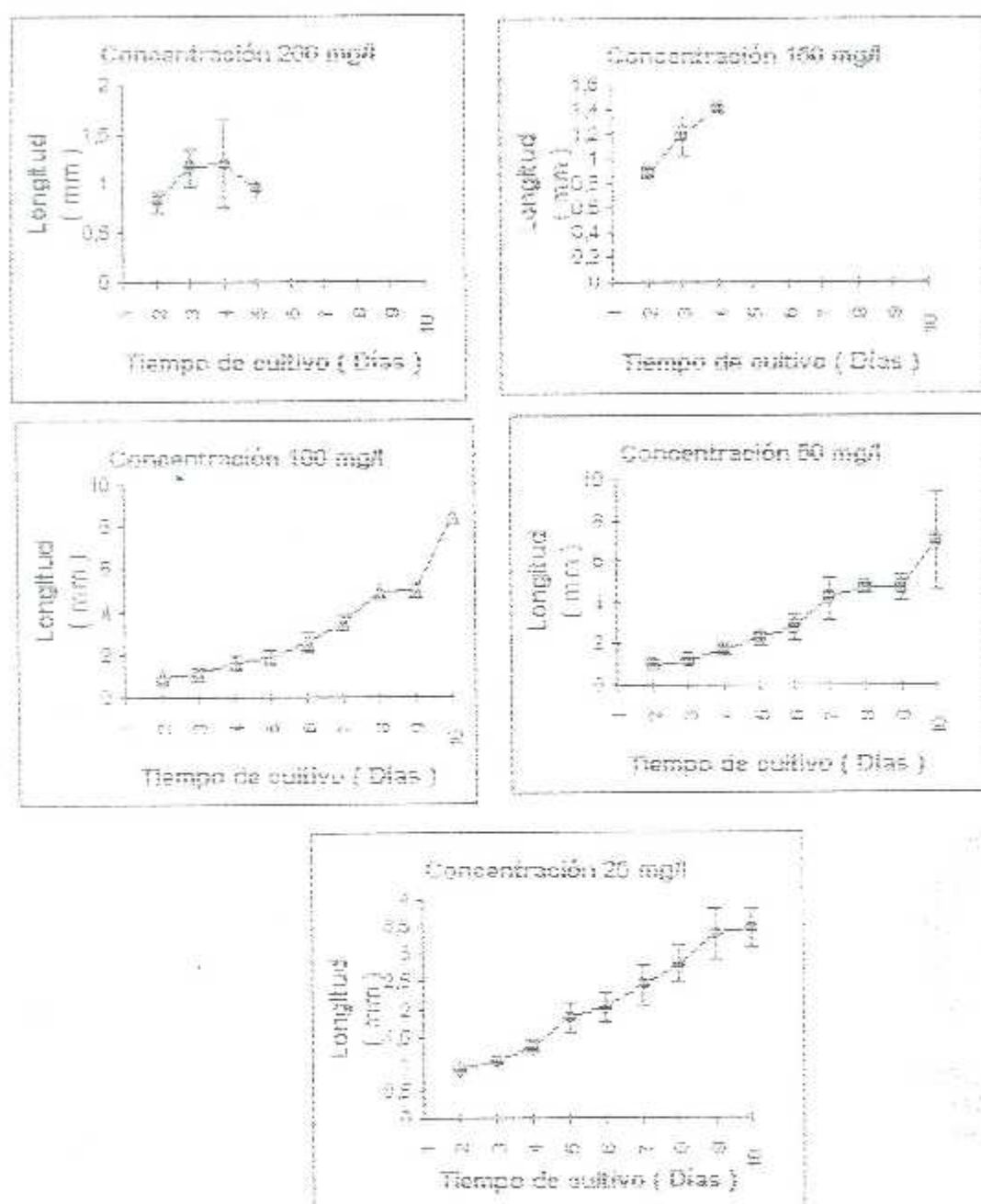


Fig. 5. Longitudes promedio diaria para poblaciones de *Artemia* cultivadas a diferente concentración de alimento (afrechillo de arroz)

3.2.2. Supervivencia

El fin de esta parte experimental es determinar una concentración de afrechillo de arroz, que pueda ser empleada durante todo el periodo de cultivo y permita obtener la mayor supervivencia, crecimiento y biomasa final. Dhert *et al.* (1992) sugieren la posibilidad de cultivar biomasa de *Artemia* de manera exitosa empleando una concentración constante de alimento, aconseja 140 mg/l de afrechillo para densidades

de 3000 art/l. Pero de acuerdo a D'Agostino (1980) el éxito de un cultivo es estrictamente dependiente del establecimiento instantáneo de la microflora forzada e inocua para la *Artemia*, la cual suplimenta la deficiencia de los productos naturales. Mientras que Bossuyt y Sergolova (1980) sugieren que la cantidad óptima de alimento está en función de muchas variables, como son: la densidad de los organismos, el estadio, la temperatura, etc. lo cual hace la dosificación una tarea muy complicada.

En estos experimentos las mayores sobrevivencias fueron obtenidas con concentraciones bajas de alimento ($\approx 50\text{mg/l}$). En concentraciones de 200 y 150 mg/l de afrechillo las artemias no sobrevivieron los 10 días de cultivo, produciéndose mortalidades diarias muy altas y generando la muerte total del cultivo entre el tercero y quinto día. En cambio concentraciones intermedias (100 mg /l) pudieron sobrevivir, pero existió un alto riesgo de colapso, y la sobrevivencia final fue muy baja (6.3 %). Empleando concentraciones menores a 50 mg/l se aseguró una sobrevivencia al final de los 10 días de cultivo, pero ésta no sobrepasó el 44 %.

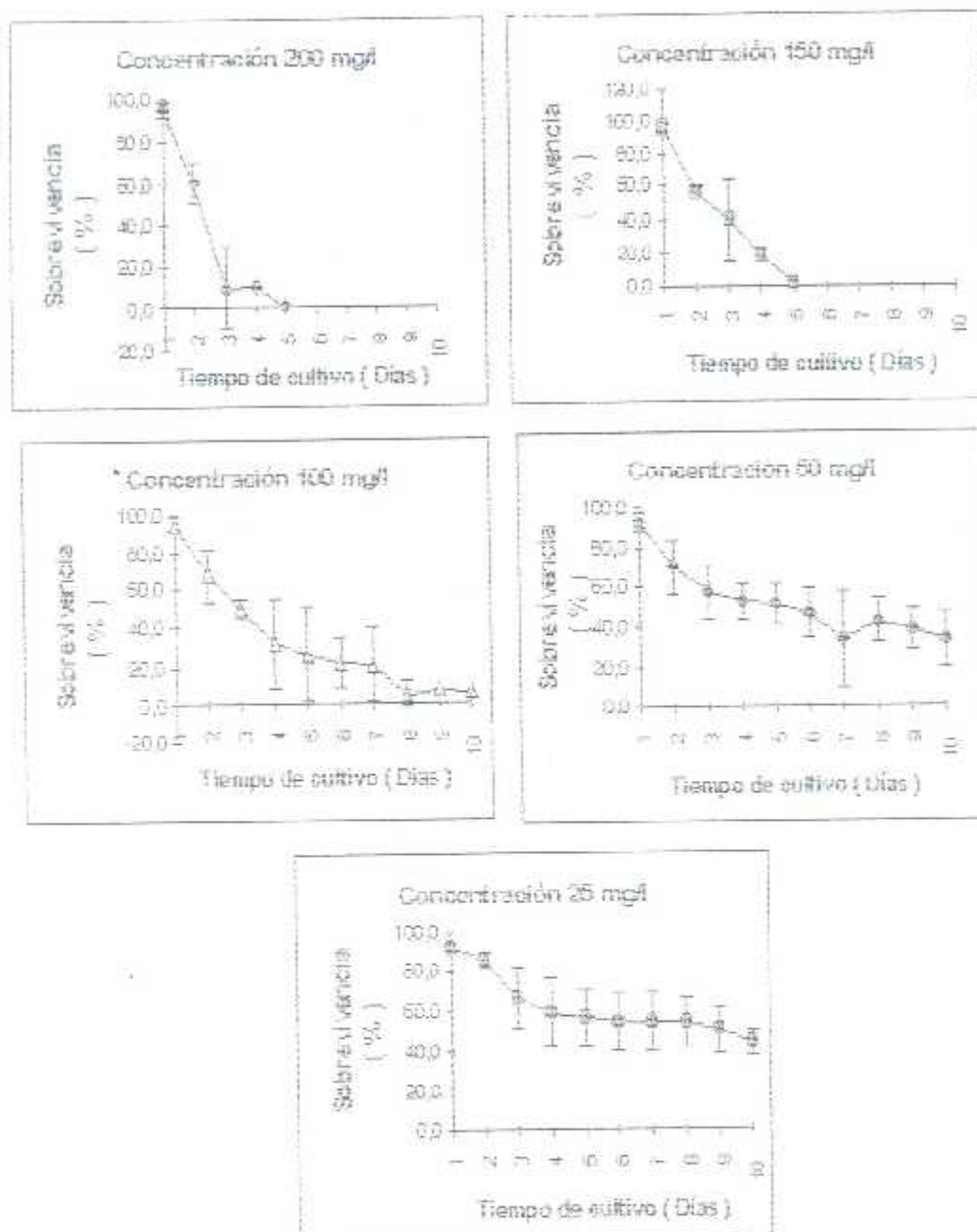


Fig. 6. Porcentaje diario de sobrevivencia para artemias alimentadas con diferentes concentraciones de afrechillo de arroz

Las altas mortalidades presentes en todos los tratamientos se pudo deber a sobrealimentación. Se observó que al producirse un pico en la turbidez promedio diaria, se daba una baja en la densidad, ya sea el mismo día o al día siguiente del aumento de turbidez. Esto puede explicarse al conocer que la *Artemia* no tiene una

plasticidad en su metabolismo para compensar variaciones en la concentración de partículas, es por ello que una densidad constante de alimento garantiza un mejor resultado de producción (D'Agostino, 1980 ; Sargales et al., 1986). Pero la excesiva dosis de alimento fue más perjudicial para cultivos recién establecidos (pocos días de cultivo), cuando un pico de turbidez se dio en un cultivo " viejo " la mortalidad no fue muy elevada (Fig. 5). Esto es explicado por Douillet (1987), quien indica que un cultivo " viejo " está mejor establecido en relación a uno joven en lo referente a la calidad y cantidad de microorganismos necesarios para una buena sobrevivencia de la *Artemia*.

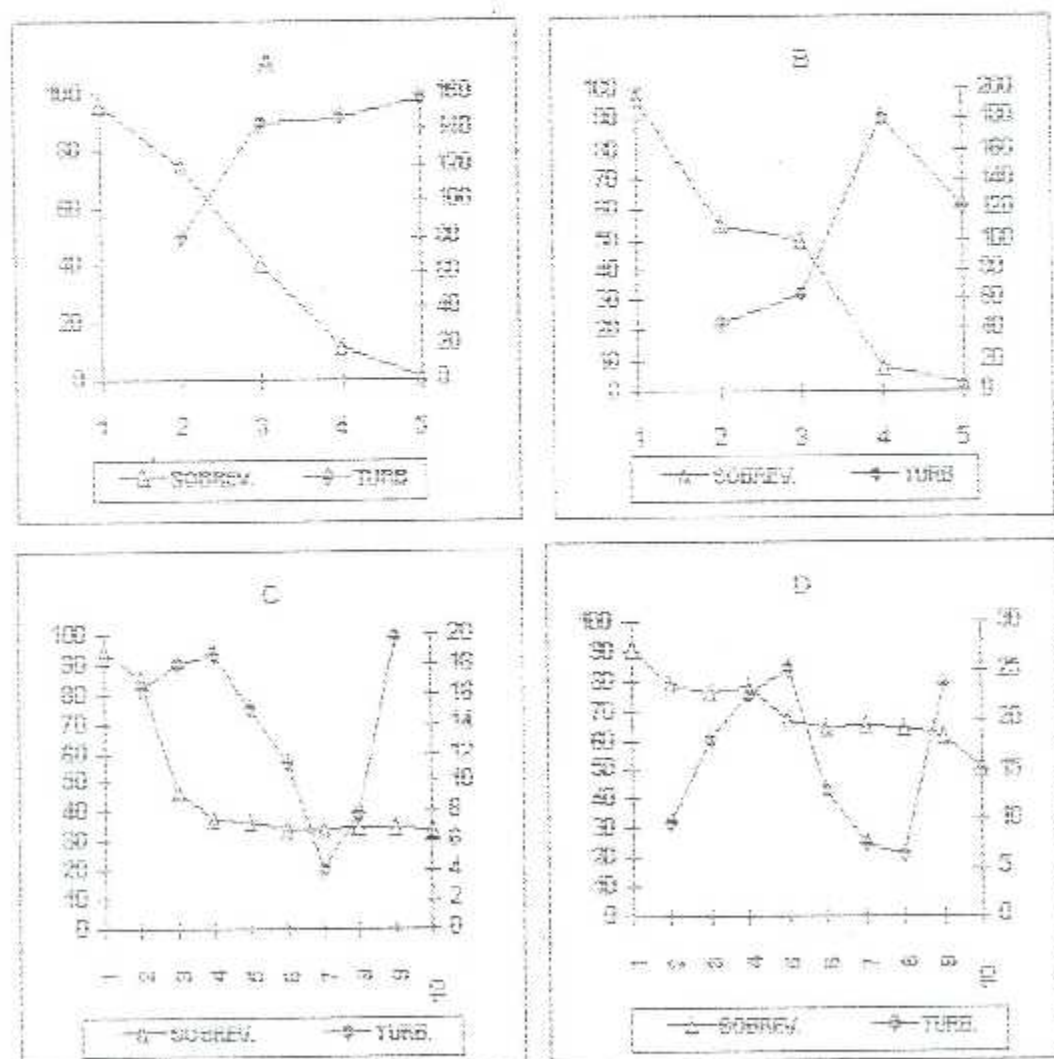


Fig. 7. Relación entre la turbidez media diaria y el porcentaje de sobrevivencia diaria para poblaciones de *Artemia* recién establecidas (A y B) y "viejas" (C y D).

Las mortalidades totales ocurridas en concentraciones altas y el elevado riesgo de muerte en concentraciones intermedias pudieron ser claramente observadas, en cambio Donillet (1987) al comparar tres concentraciones de alfechillo desgrasado no encontró ninguna diferencia en la supervivencia, ya que para romper la fracción rica en carbohidratos del alfechillo, formada por polisacáridos, se requieren enzimas específicas, reduciendo la posibilidad de una contaminación bacteriana desfavorable.

Al graficar los promedios diarios de turbideces versus los valores de supervivencia, para todos los tratamientos, observamos que existe un área de "seguridad" en la cual no existen mortalidades y más bien se pueda esperar una supervivencia mayor al 30%. Esta área corresponde a valores de turbidez menores a 30 mg/l. (Fig. 7.).

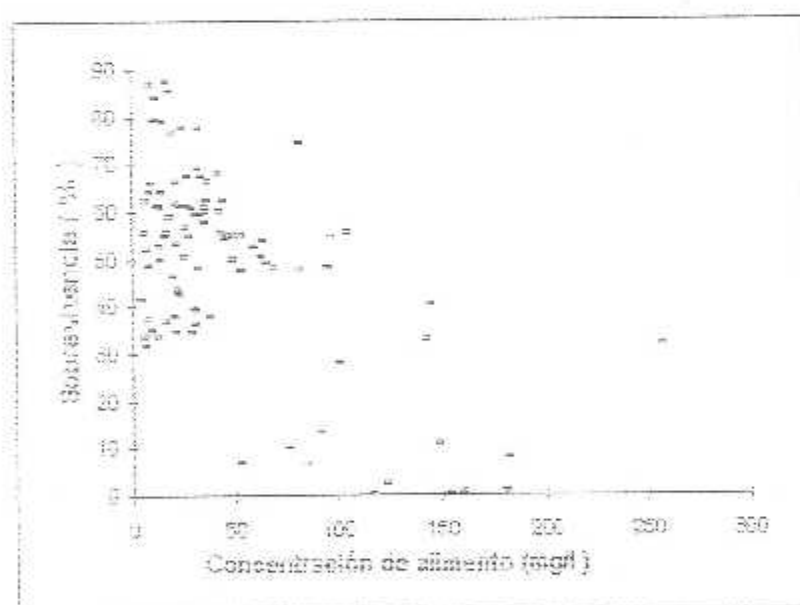


Fig. 6. Relación turbidez - supervivencia de todas las réplicas para cada tratamiento

3.2.3. Biomasa Final

La máxima biomasa fue obtenida con la menor transparencia, pero esta tiene un efecto negativo sobre la supervivencia, es así que Inuiago y Jones (1993) indican que la supervivencia no siempre está relacionada con la máxima biomasa final obtenida.

La mayor biomasa final fue producida en el tanque sobreviviente de 100 mg/l. En los cultivados con una concentración de 50 mg/l, los valores de biomasa fueron muy variables, pudiendo ir de 117,5 g/30 l a 34,4 g/30 l, inclusive este último valor es más bajo que algunos obtenidos en tanques donde se aplicó 25 mg/l, donde los valores de biomasa presentaron una mayor estabilidad, es decir valores muy próximos.

Transformando estos resultados en kg/m^3 son comparables con los obtenidos por otros autores en este tipo de sistema (Dobbelaire et al., 1980; Sorgeloos, 1978).

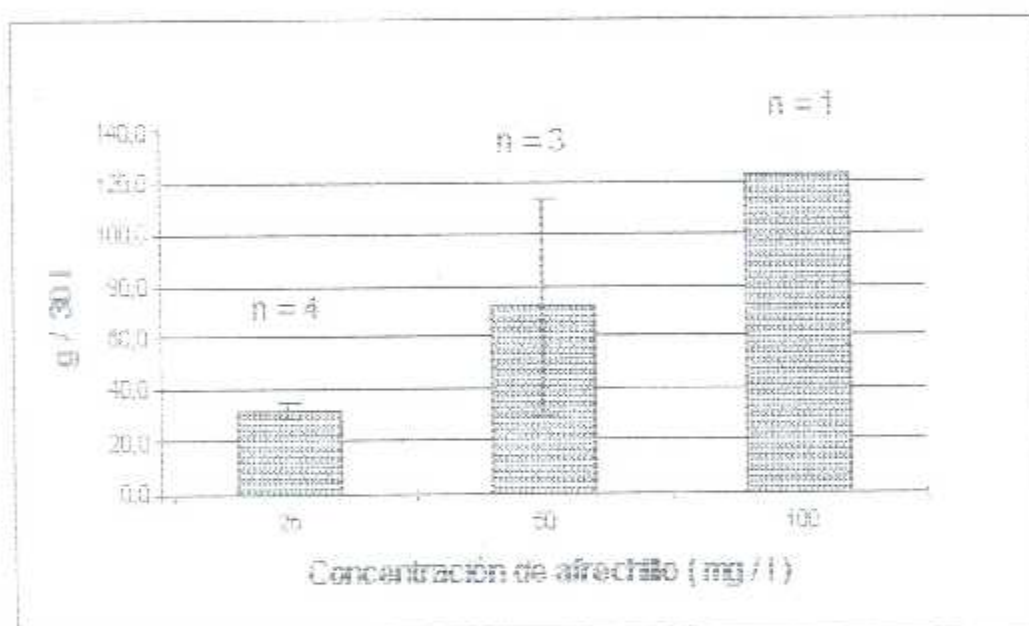


Fig. 9. Biomasa final al término de 10 días de cultivo, para tratamientos sobreviviente.

3.3.5. Parámetros físico químicos

Los niveles de temperatura, se mantuvieron estables a lo largo del bioensayo, para todos los tratamientos. Pero existió una diferencia en lo referente a oxígeno disuelto, el cual disminuyó a medida que aumentó la concentración de alimento empleada.

El oxígeno disuelto en la columna de agua es uno de los factores más importantes de la calidad de la misma. A medida que aumenta la cantidad de materia orgánica en el medio de cultivo también existe mayor acumulación de ésta en el fondo del tanque,

convirtiéndose en un sustrato adecuado para el crecimiento de bacterias, las cual necesitan de oxígeno para descomponer la materia orgánica, produciéndose una baja de oxígeno en el tanque y convirtiéndose en un factor limitante para la sobrevivencia. (Banos, 1994).

Tabla 3. Promedio y desviación estándar de parámetros físico-químicos registrados durante el desarrollo del bioensayo

TRATAMIENTO	PARAMETROS FISICO QUIMICOS DEL AGUA *	
	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)
20 mg/l	27.25 ± 0.03	5.14 ± 0.15
50 mg/l	27.28 ± 0.52	3.22 ± 0.54
100 mg/l	28.19 ± 0.14	1.83 ± 0.64
150 mg/l	28.16 ± 0.12	1.33 ± 0.50
200 mg/l	28.10 ± 0.12	1.18 ± 0.33

*Promedio de cuatro réplicas por tratamiento.

3.3 APLICACION DE LA CONCENTRACION ENCONTRADA EN CULTIVOS INTENSIVOS

Uno de los objetivos de la realización de estos experimentos fue determinar un sistema que pudiera ser acopiado a la actual producción de larvas y reproductores de camarón, de manera que la *Artemia* sirviera como parte de la dieta de estos organismos. El sistema de Dhaer et al. (1992) es considerado como un sistema efectivo, práctico y seguro para la producción de biomasa de *Artemia*, pero pruebas realizadas en el CENAIM mostraron que se podían producir mortalidades repentinas y muy baja producción (Peters, 1997; sin publicar), implicando un gasto alto de agua salada. En la búsqueda de simplificar costos y trabajo, se contrapuso con un sistema de recirculación, que ya había sido probado por el CENAIM (Proyecto *Artemia*, 1993). El sistema de recirculación aplicado se simplificó y se adicionó el uso de AWL que anteriormente no se había empleado.

3.3.1. Longitud

Al igual que en la primera parte, durante los tres primeros días de cultivo no se observó mayor diferencia entre las longitudes promedio diarias de los dos tratamientos. A partir del cuarto día hasta el día doce la diferencia en longitud se fue acrecentando (Fig. 10), pero al finalizar los 15 días de cultivo no hubo diferencia significativa entre las longitudes alcanzados por las orfotas de ambos tratamientos ($p > 0.05$).

A pesar que en el sistema de flujo continuo abierto se empleó mayor cantidad de alimento (ver conversión alimenticia), este no resultó en crecimiento significativamente mayor. Reeve (1963 en Inrtaige y Jones, 1993) ha mostrado que la velocidad de paso del alimento a través del intestino se incrementa progresivamente a medida que aumenta la disponibilidad de alimento y Nimura (1980) sugiere que el crecimiento de la *A. salina* puede ser retardado por la sobrealimentación, probablemente debido a la disminución de la eficacia de la asimilación.

Para el sistema de recirculación la longitud final de las orfotas fue uniforme (desviación estándar menor al 4% de la longitud promedio de los animales cultivados), mientras que para el sistema de flujo continuo presentó gran variabilidad.

Los longitudes finales obtenidos para el sistema de flujo continuo fue 5.43 mm, ligeramente mayor a la obtenida por Dheri et al. (1992), 5 mm. Pero 1.4 mm menos para la obtenida por Lobias et al. (1979), quienes emplearon menores densidades (4000 art./l), lo cual puede llevar a confirmar lo indicado anteriormente, que el crecimiento está relacionado directamente a la densidad.

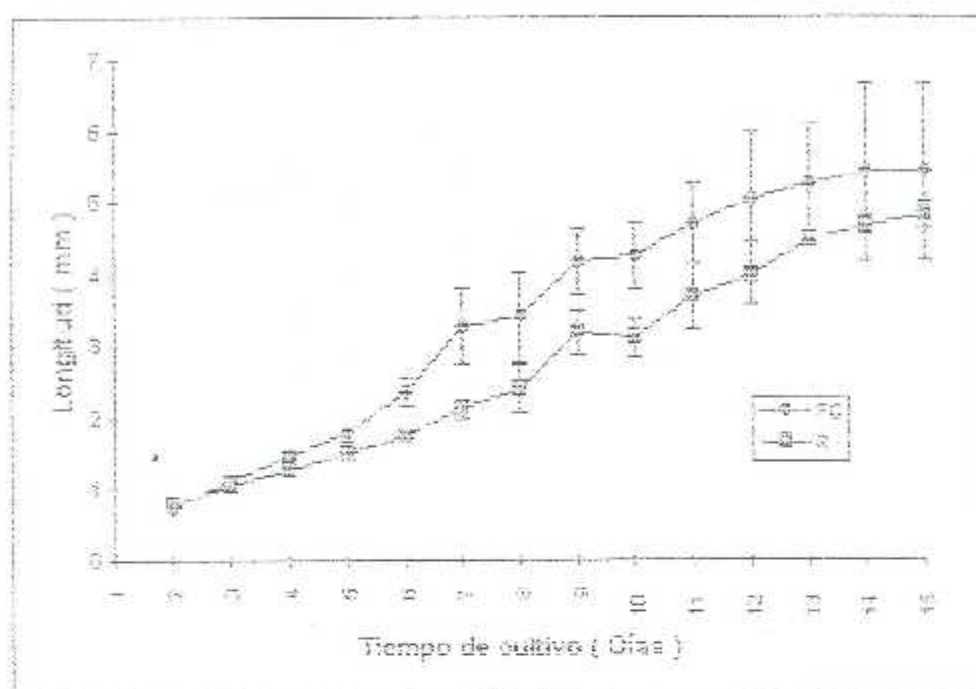


Fig. 10. Longitud diaria para poblaciones de *Artemia* cultivadas por 15 días en dos sistemas de cultivo diferentes. (Cada punto es promedio de 10 mediciones)

3.3.2. Supervivencia

Los más bajos porcentajes de supervivencia se dieron en el sistema de flujo continuo, que puede presentar un colapso repentino de la población o mortalidades diarias sostenidas. Mientras que para el sistema de recirculación se encontró sobre el 50 % de supervivencia (Fig. 11).

De acuerdo al análisis de varianza de una vía (ANOVA) de los datos de supervivencia final se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los sistemas. Realizándose la prueba de rangos múltiples de Scheffé con un nivel de confianza del 95%.

Los bajos porcentajes de supervivencia en los sistemas de flujo continuo, en los días iniciales se debió, en ciertos casos, a la pérdida de animales a través del filtro, a pesar de las precauciones tomadas. Durante el ensayo se produjo una alta mortalidad en una de

las réplicas de los tanques en que se empleó sistema de flujo continuo, la variabilidad en resultados obtenidos con este tipo de sistemas, puede ser debido al establecimiento de bacterias específicas en tanques individuales, las cuales suministran una alimentación complementaria a la *Artemia*. (Levens, et al. 1987)

Tomando en cuenta que las bacterias inocuas que crecen en el medio de cultivo, suplementan las deficiencias nutricionales de productos agrícolas que son empleados como alimento de las artemias, al aplicar un sistema de flujo continuo, existirá un efluente constante en el que además de eliminar materia orgánica y mudas también se eliminan estratos en los cuales se produce esta microflora favorable. Pudiendo ser una razón para la variabilidad en la sobrevivencia de los cultivos. En cambio en un sistema cerrado como el de recirculación se mantienen mínimas variaciones. (Goldizen, 1976), pero si no se dan los cuidados adecuados se puede producir un deterioro del agua que resulta en una limitada producción y la sobrevivencia puede ser menor al 35 % (Sergelcos et al., 1986)

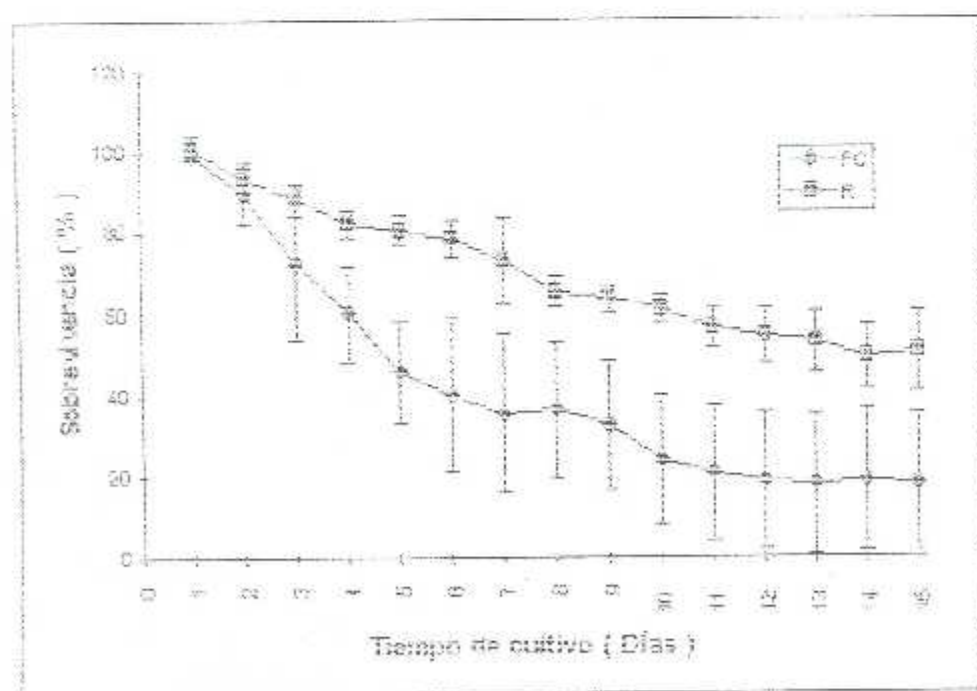


Fig. 11. Sobrevivencia diaria para poblaciones de *Artemia* cultivadas en dos sistemas diferentes (recirculación y flujo continuo).

3.3.3. Biomasa final

De acuerdo a la Fig. 12 se puede observar que se obtiene una mayor biomasa final en el sistema de recirculación luego de 15 días de cultivo. Pero el análisis estadístico nos indica que no hay diferencia significativa entre ambos tratamientos ($p \geq 0.05$).

En este caso la máxima sobrevivencia y la máxima biomasa si estuvieron relacionadas. Pero los valores obtenidos no superan anteriores producciones para ninguno de los dos tratamientos. Comparando con los ensayos realizados por el Proyecto *Artemia* (1993), la biomasa producida por estos experimentos es mayor (5.8 kg para recirculación y 6 kg para flujo continuo), pero es necesario tomar en cuenta que las densidades empleadas en estos fue cuatro veces mayor que la empleada en estos últimos ensayos.

Como indican Pascucci y Sorgeloos (1980) al analizar datos de biomasa, revelan que diferentes autores usan diferentes estándares para expresar sus resultados y las producciones aunque expresadas en idénticas unidades varían mucho de un sitio a otro.

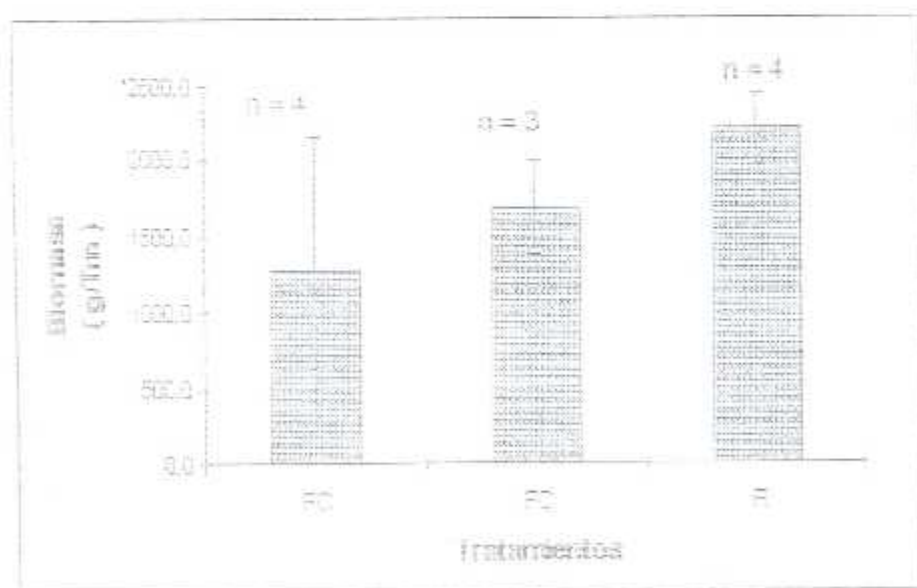


Fig. 12. Biomasa final de cada tratamiento, considerando 3 y 4 réplicas para sistema de flujo continuo (FC).

3.3.4. Conversión alimenticia y porcentaje útil de alimento

Considerando la cantidad total de afrechillo de arroz suministrado a los bancos de cultivo, tanto al sistema de recirculación como al de flujo continuo (18,68 kg), y relacionándolo con lo que se pasó antes del proceso de licuado y cernido (39,17 kg), se determinó que apenas un 47,77 es el porcentaje útil del alimento. Estos datos concuerdan con los indicados por Dobbela *et al.* (1980), quienes indican que menos del 50% del producto crudo inicial (producto pulverizado) puede ser suministrado luego del proceso de homogenización (licuado) y cernido. Esto es resultado de la estructura fibrosa del afrechillo de arroz, y puede mejorar de acuerdo a la eficacia del licuado y cernido. Mientras el tamaño de la partícula de afrechillo sea menor durante el pulverizado, la cantidad que se desperdicia será menor, ya que la planta sólo puede emplear partículas menores a 60 μ m. (Sargelovs, *et al.* 1986; D'Agostino, 1990).

Los valores de conversión alimenticia son muy variables, de acuerdo al tipo de alimento empleado, así Rogers y Johnston (1977) indican valores que pueden ir de 0.2 a 0.8, encayos desarrollados por Lavens *et al.* (1985) arrojaron valores dentro de este rango (0.75). Mientras que en el Proyecto *Adánia* se concentraron valores de 0.8 para recirculación y 1.2 para flujo continuo abierto.

Los valores alcanzados en estos experimentos superan lo anteriormente indicado. Pero coinciden en que siempre serán mayores para sistemas de flujo continuo abierto. Es así que en sistemas de flujo continuo se obtienen valores mayores al doble de los alcanzados en el sistema de recirculación. El análisis de varianza demostró diferencia significativa entre los dos sistemas ($p \leq 0.05$).

Tabla 9. Datos de conversión alimenticia, biomasa y consumo de afrechillo por tripulantes.

TRATAMIENTO	AFRECHILLO CONSUMIDO (g/d) ^a	BIOMASA FINAL (g/TM) ^a	CONVERSION ALIMENTICIA
Flujo continuo (n=4)	3.67	1360.58	2.91
Flujo continuo (n=3) ^{**}	3.72	1678.77	3.21
Recirculación	2.2	2218.6	1.06

^a Los valores de afrechillo consumido y biomasa final son promedios de 4 y/o 3 replicas por tratamiento, de acuerdo al caso. Los valores obtenidos de biomasa para recirculación se han multiplicado por dos para obtener por TM y facilitar la comparación.

^{**} (n=3) En este caso no se consideró una de las replicas debido a la alta mortalidad al final del ensayo.

3.3.3. Parámetros físico químicos

Los niveles de temperatura, pH y salinidad permanecieron estables a lo largo del bioensayo. Existió una leve diferencia en lo referente a oxígeno disuelto entre ambos tratamientos, siendo mayor para los sistemas de flujo continuo. Seguramente debido al continuo recambio de agua y el mayor número de AWL presentes en los tanques. Todos estos valores promedios se encuentran dentro del rango óptimo necesario para un buen crecimiento de la *L. tenebrosa*, excepto por la temperatura que son valores bajos debido a que el cultivo se desarrolló en tanques exteriores.

Tabla 10. Promedio y desviación estándar de parámetros físico químicos registrados durante el desarrollo del bioensayo para los sistemas de recirculación y flujo continuo.

TRATA- MIENTO	PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA ^a			
	O.D. (mg/l)	pH	Temperatura (°C)	Salinidad (UPS)
Flujo Continuo	5.83 ± 0.23	7.38 ± 0.05	23.36 ± 0.35	33
Recirculación	4.23 ± 0.92	7.35 ± 0.12	23.33 ± 0.38	33

^a Promedio de cuatro replicas por tratamiento

3.4. COMPARACION ECONOMICA

Al realizar la comparación económica entre los dos sistemas se puede observar una clara diferencia en costos, resultando más barato producir un kilo de biomasa de *Artemisa* por medio de un sistema de recirculación, mientras que la misma producción en un sistema de flujo continuo es aproximadamente cuatro veces más caro, debido al mayor gasto de agua y del sistema en sí.

Tabla 11. Costos de producir un kilo de biomasa de *Artemisa* en un sistema de flujo continuo y uno de recirculación.

ITEMS	COSTOS GENERALES	FLUJO CONTINUO	RECIRCULACION
Sueldo operario/mes	150	1.1	1.7
Sueldo técnico/mes	292	0.53	0.33
Lata de Quistes de <i>Artemisa</i>	18	0.67	0.33
Seco de alfechillo (45 kg)	15.38	0.74	0.34
Equipo para molar***	0.18	0.11	0.08
Sistema	4 (FC); 1.08 (R)	3.33	0.98
Agua (TAE)	1.15	9.58	0
Overhead **		1.493	0.443
Costo de producción/kg		16.423	4.895

* Todos los costos se muestran en dólares Dólar = 6500 pesos

** Overhead es el 10% de la suma de todos los ítems

*** Incluye el costo de electricidad. (tiempo necesario para pulverizar un kilo de alfechillo).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez más se ha comprobado lo indicado por muchos autores, en cuanto a que el cultivo de biomasa de *Artemia* es muy variable en lo referente a la producción final obtenida.

Concentraciones de alimento mayores a 100 mg/l producen altas mortalidades a lo largo del tiempo de cultivo, incluso llegando a la mortalidad total de los tanques de cultivo. Pero cuando logran sobrevivir se obtiene la mayor biomasa y el mayor crecimiento, pero baja sobrevivencia.

Empleando concentraciones de alimento menores de 50 mg/l se tienen sobrevivencias aseguradas, aunque no siempre la sobrevivencia está relacionada con la biomasa final obtenida. La longitud final alcanzada es menor que para las observadas en concentraciones altas de alimento.

Al aplicar una concentración constante de alimento menor a 50 mg/l en un sistema de recirculación utilizando placas como tratamiento de los efluentes, se obtuvo valores altos de biomasa y sobrevivencia, pero a pesar de que los valores de longitud son diferentes a los obtenidos en un sistema de flujo continuo abierto, no existe diferencia significativa entre ellos. En este tipo de sistema se consume menor cantidad de alimento obteniéndose valores razonables de conversión alimenticia, dentro de un rango que puede aun considerarse rentable.

El sistema de flujo continuo abierto, aunque tiene la ventaja de permitir un mayor crecimiento de los organismos, obtuvo valores de biomasa y de sobrevivencia muy bajos y un consumo muy alto de alimento que no se ve justificado por la baja producción. Además de que al emplear este tipo de sistema se corre el riesgo de perder animales por rebosa de los tanques, si no se limpia constantemente el filtro, elemento vital y uno de los más importantes del sistema de flujo continuo abierto.

A pesar de que no se logró mejorar la producción de biomasa en comparación con lo obtenido anteriormente por el CENAHID (aunque no es muy comparable por que emplearon 20000 art. l.) y otros autores, es preciso indicar que al utilizar un sistema de recirculación con una concentración de alimento menor a 30 mg/l se disminuyó los colapsos repentinos del cultivo, lo cual es un punto importante si se desea integrar esta actividad de producción de biomasa de *Artemia* a la de cultivo de larvas de camarón o maduración, ya que lo que principalmente se desea es asegurar una generación constante de alimento.

La producción de un kilo de *Artemia* en un sistema de recirculación implica menores gastos, especialmente por el menor consumo de agua y por que los elementos necesario para ermer este tipo de sistema son mas baratos. Mientras que producir la misma cantidad de *Artemia* en un sistema de flujo abierto es cuatro veces mas caro.

En ninguno de los dos tipos de sistemas se alcanzó la madurez de las hembras después de los 15 días de cultivo, principalmente por las bajas temperaturas reinantes en esa época ($33.3 \pm 0.5^\circ \text{C}$), cuando lo óptimo son 25°C . Aunque algunas personas prefieren el uso de hembras estadas, por tener hormonas que facilitan a la copulación, es necesario cosechar la biomasa antes de que se produzcan los nauplio para permitir que los adultos de *Artemia* tengan mayor cantidad de energía para ser aprovechada por los reproductores de camarón.

Tomando en cuenta que la biomasa obtenida sera empleada para la alimentación de otros organismos, seria conveniente determinar el valor nutricional de la *Artemia* cultivada con afrechillo de arroz, además se podría probar el cultivo intensivo alimentando con productos mas nutritivos.

BIBLIOGRAFIA

- ARNDT, P., TACKAERT, W., y SORGELOOS, P. 1991. Enriched *Artemia* biomass, a promising and practical feed for Penaeid shrimp postlarvae. En Larvi'91 Fish & Crustacean Larviculture Symposium, pp. 123 - 127, Lavens, P., Sorgeeloos, P., Jasper, E. and Ollevier, F. (Eds.), Gent, European Aquaculture Society, Special Publication, No 15.
- AAIAI, Z. 1996. Localización, caracterización y evaluación del potencial extractivo de la *Artemia* en Latinoamérica con destino a Acuicultura.
- BAERT, P., BOSTEELS, F. y SORGELOOS, P. 1996. Ponds Production. En Manual of production and use of live food for aquaculture. Edited by P. Lavens y P. Sorgeeloos. *Artemia* Reference Center, University of Ghent, Belgium.
- BARNIOL, R. 1995. Pasado, presente y futuro de los laboratorios de larvas de camarón en Ecuador. Revista de la Cámara Nacional de Acuicultura, Nº 7, Abril de 1995, p. 55.
- BENGTSON, D., LEGER, P. y SORGELOOS, P. 1991. Use of *Artemia* as a food source for aquaculture. En *Artemia* Biology. Browne, R., Sorgeeloos, P. y A. Trotman (Eds.), CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- BOMBEO, R. 1993. Growth and survival of *Penaeus monodon* and *Chanos chanos* fry fed with *Artemia* singly or in combination with artificial diet. En En The Brine Shrimp *Artemia*, Vol. 3. Persoone, G., Sorgeeloos, P., Roel, O., and Jasper, E. (Eds.), Universa Press, Wetteren, Belgium, 365.
- BOLASOYI, E. y SORGELOOS, P. 1990. Technological aspects of the batch rearing of *Artemia* in high densities. En The Brine Shrimp *Artemia*, Vol. 3. Persoone, G., Sorgeeloos, P., Roel, O., and Jasper, E. (Eds.), Universa Press, Wetteren, Belgium, 365.

BAÑOS, G. 1994. Constitución de estancias para el cultivo de Especies Acuáticas. Guayaquil, Ecuador.

CADENA ROA, M., HUEL VAN, C. L. E. BOROME, Y. METALLER, E., 1992. Use of Rehydratable Extruded pellets and attractive substance for the weaning of solea (*Solea vulgaris*). En *Proceeding word Mariculture Society* , p. 245.

CALBERG, J. Y VAN OLSI, J. 1976. Brine Shrimp (*Artemia salina*) Consumption by the larval stages of American lobster (*Homarus americanus*) in relation to food density and water temperature.

CLAUS, C., BENIGTE, E., VANDERPUTTE, G. y GARDNER, W. 1979. The Biochemical composition of the larvae of two strains of *Artemia salina* reared on two different algal food. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* , 38:141.

CHINAPI. Proyecto Artemia. Informe Final, 1993

D'AGOSTINO, A. 1988. The vital requirements of *Artemia*: physiological and nutrition. En *The Brine Shrimp Artemia* Vol. 3, Persoone, G., Sorgeloos, P., Roel, C., and Jasper, E. (Eds). Universa Press, Wetteren, Belgium. 355.

DE LOS SANTOS, C., SORGELOOS, P., LAVINA, E. y BERNARDINO, A. 1989. Successful acclimation of *Artemia* and production of cyst in man-made salterns in the Philippines. En *The Brine Shrimp Artemia*, Vol. 3, Persoone, G., Sorgeloos, P., Roel, C., and Jasper, E. (Eds). Universa Press, Wetteren, Belgium. 365.

DHERT, P., BOMBEO, R. F. y LAVENS, P. 1992. Optimization of a semi flow through system for the super-intensive culture of the brine shrimp *Artemia*. En *Aquaculture Engineering II* (1992) , 107 - 109.

DEONI, J. y LAVENS, P. 1995. Tank production and use of ongrow *Artemia* P. Manual of production and use of live food for aquaculture. Edited by P. Lavens y P. Sorgeloos. *Artemia Reference Center* University of Ghent, Belgium.

- DOBBELAIRE, J., ADAM, M., BOSSUYT, A., BRUGGEMAN, E. y SORGELDOOS, P. 1984. New aspects of the use of insect diets for high density culturing of brine shrimp. En *The Brine Shrimp Artemia*, Vol. 3, Persoone, G., Sorgeloo, P., Roel, O., and Jasper, E. (Eds.), Universa Press, Wetteren, Belgium.
- DOUILLET, Ph. 1987. Effect of bacteria on the nutrition of the brine shrimp *Artemia* fed on dried diets. En *The Brine Shrimp Artemia*, Vol. 3, Persoone, G., Sorgeloo, P., Roel, O., and Jasper, E. (Eds.), Universa Press, Wetteren, Belgium.
- EAGLES, M., AIKEN, D. y WADDY, S. 1994. Effect of food quality and feeding schedule on survival, Growth and Development of larval American lobster fed Frozen Adult Brine Shrimp. *J World Aquaculture Soc.* 15, Pp. 142 - 143.
- FLORES, A. 1985. Preliminary production results of *Artemia* to be used in local shrimp farming in La Paz (Mexico). En *The Brine Shrimp Artemia*, Vol. 3, Persoone, G., Sorgeloo, P., Roel, O., and Jasper, E. (Eds.), Universa Press, Wetteren, Belgium.
- GUIMARAES, J. y LIMA DO REGO, Z. 1985. The use of freeze - dried *Artemia* as food for penaeid shrimp larvae. En *The Brine Shrimp Artemia*, Vol. 3, Persoone, G., Sorgeloo, P., Roel, O., and Jasper, E. (Eds.), Universa Press, Wetteren, Belgium.
- GOLDIZEN, V. 1978. Management of closed system marine aquaria.
- GOMEZ, L., WOUTERS, E., LAVENS, P. y CALDERON, J. 1997. Evaluacion de la alimentación con *Artemia* adulta enriquecida y no enriquecida en la maduración de camarones *Penaeus vannamei*.
- INTRIAGO, P. y JONES, D. 1993. Bacteria as food for *Artemia*. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- JANATA, W. R., BELL, D.J. y KELLER, P. D. 1981. The USIR - *Artemia* harvesting programme. En *Artemia Research and its Applications*, Vol. 3, Sorgeloo,

P., Bengtson, D.A., Decler, W., and Jasper, E. (Eds): Universa Press, Weteren, Belgium.

KIM, J., MASSEN, K. C., HARDY, R. W. 1995. Adult *Artemia* as food for first feeding coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). En *J. Aquaculture* 144, 217 - 226.

KRAVETS, L. 1994. Perspectivas de utilización de biomasa de *Artemia* para mejorar la nutrición y supervivencia del camarón. En *Revista Cámara Nacional de Acuicultura*, #5, Nov - Dic, 1994.

LAI, L. 1991. Production methods and role of the Brine Shrimp *Artemia*. En *World animal Science. Production system approach*, C Nash, A. Neimbaum, Sorensen (Eds), pp.67 - 77.

LAI, L. y LAVENS, P. 1987. Workshop report: *Artemia* as a business perspective. En *Artemia Research and its Applications*, Vol. 3, Sorgeloos, P., Bengtson, D.A., Decler, W., and Jasper, E. (Eds): Universa Press, Weteren, Belgium, 517.

LAVENS, P., BAERT, DE MEULEMEESTER, HALLAER y SORGELOOS, P. 1985. New developments in the high density flow through culturing of Brine Shrimp *Artemia*. En *Journal of World Mariculture Society*, vol. 15, Orlando, Florida.

LAVENS, P., SORGELOOS, P., DHERT, P. y DEVRESSE, B. 1992. Latest development in larval food production, Belgium.

LAVENS, P., LÉGER, P. y SORGELOOS, P. 1985. Production, utilization and manipulation of *Artemia* as food source for shrimp and fish larvae, ARC, State University of Ghent, Belgium.

LAVENS, P., y SORGELOOS, P. 1991. Production of *Artemia* in culture tanks. En *Artemia Biology*, Browne, R. A., Stangelos, P. and Treiman, C. (Eds), CRC Press, Mc., Boca Raton, Florida, USA, 347 pp.

LÉGER, P., BINGTON, D. A., SORGELOOS, P., SIMPSON, K.L. y BECH, A.D. 1987. The nutritional value of *Artemia*: review. Sorgeeloos, P., Bington, D.A., Declair, W., and Jasper, E. (Eds.). Universa Press, Wetteren, Belgium, 357.

LÉGER, P., BINGTON, D. A., SIMPSON, K.L. y SORGELOOS, P., 1986. The nutritional value of *Artemia*: review. Sorgeeloos, P., Bington, D.A., Declair, W., and Jasper, E. (Eds.). Universa Press, Wetteren, Belgium, 357.

LÉGER, P. y SORGELOOS, P. 1985. Nutritional Engineering Improves Outputs of Brine Shrimp *Artemia*. Aquaculture magazine, Septiembre/Octubre, Vol 11, No 3

LÉGER, P., SORGELOOS, P. y CHAMORRO, R. 1987. Improved Hatchery production of postlarval *Penaeus vannamei* through application of innovative feeding strategies with an algal substitute and enriched *Artemia*.

NAESSENS, E., COBO, M. L. y COBO ME. 1994. Utilización de desechos Agrícolas en la alimentación de *Artemia*. CENALM, informe interno.

NAESSENS, E., LAVENS, P., GOMEZ, L., BROWDY, C.L., MCGOVERN-HOPKINS, K., SPENCER, A.W., KAWAHIGASHI, D., SORGELOOS, P. 1995. Maturation performance of *Penaeus vannamei* co-fed *Artemia* biomass preparations or a formulated pellet diet. En Larvi '95, pp. 75. Lavens, P., Gaspers, E., and Roelants, I. (Eds.). Gent, European Aquaculture Society, Special publication, No 24.

NEAL, R. Y MOCK, C. 1975. A model closed system for aquaculture incorporating the recycling of wastes. FAO technical conference on Aquaculture, Kyoto.

NIMURA, Y. 1986. Retarded growth of *Artemia salina* by overfeeding. Bull Jpn Soc. Sci. Fish. 45: 681 - 683.

PERSOONE, G. y SORGELOOS, P. 1975. Technical improvements for the cultivation of invertebrates as food for fish and crustaceans. State University of Ghent, Belgium.

- PERSOONE, G. y SORGELOOS, P. 1980. General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia*. In: The Brine Shrimp *Artemia*, Vol. 3, Persoone, G., Sorgeloos, P., Roel, O., and Jasper, E. (Eds.). Universa Press, Wetteren, Belgium, 365.
- PETERS, J. communication personal.
- PROVASOLI, L. 1975. Nutritional aspects of Crustacean Aquaculture. In: Proceedings of the First International Conference on Aquaculture Nutrition, October, 1975.
- ROGERS, L. Y JOHNSTON, R. 1977. The culture of Brine Shrimp (*Artemia salina*) under semi-controlled conditions.
- RONSVALLI, P.C. y SIMPSON, K.L. 1987. The Brine Shrimp *Artemia* as a protein for human. In: *Artemia Research and Its Applications*, Sorgeloos, P., Bengtson, D.A., Declerck, W., and Jasper, E. (Eds.). Universa Press, Wetteren, Belgium, 503.
- ROSEMARK, E. 1978. Growth of *Homarus americanus* on *Artemia salina* with and without supplementation. In: *Proceeding World Mariculture Society*, p. 251.
- SANDIFER, P., ZIELINSKI, P. Y MC CASTRO E. 1974. A simple airlift operated tank for closed system culture of decapod crustacean larvae and other small aquatic animals.
- SCHAUER, P.S., JOHNS, D. M., OLNEY, C.E. y SIMPSON, K. L. 1980. International study on *Artemia*. IX. Lipid level, energy content and fatty acid composition of the cysts and newly hatched nauplio from five geographical strains of *Artemia*. In: The Brine Shrimp *Artemia*, Vol. 3, Persoone, G., Sorgeloos, P., Roel, O., and Jasper, E. (Eds.). Universa Press, Wetteren, Belgium, 365.
- SORGELOOS, P. 1972. High density culturing of the Brine Shrimp *Artemia salina* L. In: *Aquaculture* 1, pp. 385 - 391.

SORGELOOS, P. 1973 . The influence of algal food preparation on its nutritional efficiency for *Artemia salina* L. larvae , State University of Ghent, Belgium.

SORGELOOS, P. 1977. Brine Shrimp production in artificial upwelling systems

SORGELOOS, P. 1979. The Brine Shrimp , *Artemia salina*: A bottleneck in Mariculture 3. En FAO Technical conference on Aquaculture, Kyoto, 1978. Edited by Pillay, Dill, Fishing News Books, Ltd. Farnham, England

SORGELOOS, P. 1980. The use of the brine shrimp *Artemia* in aquaculture. En The Brine Shrimp *Artemia*, Vol. 3, Peracouss, G. , Sorgeloos, P. , Roel, G. , and Jasper, E. (Eds). Universa Press, Weteren, Belgium, 365.

SORGELOOS, P., BAEZA MESA, B., BOSSUYT, E., BRUGGEMAN E., DOBBELEIR, J. , VERSICHELE, D. , LAVINA, E. y BERNARDINO, A. 1980. Culture of *Artemia* on Rice bran: the conversion of a waste product into highly nutritive animal protein.

SORGELOOS, P., BOSSUYT, E., LAVENS, P., LÉGER, P., VANHAECKE, P. y VERSICHELE, D. 1983. The use of Brine Shrimp *Artemia* in crustacean hatchery and nurseries . En handbook of Mariculture . Vol 1, edito by J. P. McVey, CRC Press, Boca Raton, Florida

SORGELOOS P. , BURGTSON, D. A. , DECLEIR, W. y JASPERS, E. (Eds) . 1987. *Artemia* Research and its Applications, Vol. 1 . Morphology, Genetic, Radiobiology, Strain characterization, Toxicology, Universa Press, Weteren, Belgium, 365.

SORGELOOS, P., LAVENS, P., LÉGER, P., TACHAERT, W. y VERSICHELE, D. 1986. Manual for the culture and use of Brine Shrimp *Artemia* in Aquaculture, State University of Ghent (Eds), Bélgica.

SORGELOOS, P., LAVENS, P., LÉGER, P. y TACKAERT, W. 1987. Increased yield of Marine fish and shrimp production through application of innovative techniques with *Artemia*. State University of Ghent, Belgium.

SORGELOOS, P. y PERSOONE, G. 1972. Three simple culture devices for aquatic invertebrates and fish larvae with continuous recirculation of the medium. En *Marine Biology* 15, 251 - 254.

TACKAERT, W. y SORGELOOS P. 1991. Semi-intensive culturing in fertilized pods. En *Artemia* Biology Browne, R.A. / Sorgeloos P. y CNA Trotman (Eds), CRC press, Boca Raton, Florida.

TARNCHALANUKIT, W. y WONGRAT, L. 1985. *Artemia* culturing in Thailand. En *The Brine Shrimp Artemia*, Vol. 3, Persoone, G., Sorgeloos, P., Roel, O., and Jasper, E. (Eds). Universa Press, Weteren, Belgium. 363.

TOBIAS, W., SORGELOOS, P., BOSSOUYT y ROELS, O. 1979. The Technical feasibility of mass culturing *Artemia salina* in the st. Croix " Artificial upwelling " mariculture system.

TROTTA, P., VILLANI, F. PALMAGIANO, J., FORNERIS, G. y SARRA, B. 1985. Laboratory grown *Artemia* as reference food for weaning fish fry and shrimp postlarvae. En *The Brine Shrimp Artemia*, Vol. 3, Persoone, G., Sorgeloos, P., Roel, O., and Jasper, E. (Eds). Universa Press, Weteren, Belgium.

VAN STAPPEN, G. y SORGELOOS, P. 1993. The cosmopolitan brine shrimp. En *Infish Internacional* 4/93.

VERSICHELE, D., SORGELOOS, P., BAERT, LAVENS, P., LÉGER, P. y TACKERT, W. 1985. Improved aquaculture production of marine fish and crustaceans through progress in *Artemia* research and application A.R.C. Ghent, Belgium.

YASHIRO, R. 1985. Effect of *Artemia* fed with different diets on the growth and survival of *Penaeus monodon* Fabricius postlarvae. In *The Brine Shrimp Artemia*, Vol. 3, Persoone, G., Sorgeloos, P., Roel, O., and Jasper, E. (Eds.). Universa Press, Wetteren, Belgium.

ANEXOS

Tabla 12. Análisis de varianza de una vía . Longitud

H₀: Existe diferencia en la longitud final entre tratamientos. (Rechazada)

Source	df	Sums of Squares	Mean Squares	F - ratio	Prob
Const	1	209.781	209.781	90.935	0.0668
Sistema	1	0.763848	0.763848	1.5863	0.2635
Exp	1	2.32999	2.32999	4.8387	0.0791
Error	5	2.40769	0.481537		
Total	7	5.50153			

Tabla 13. Análisis de varianza de una vía . Sobrevivencia

H₀: Existe diferencia en la sobrevivencia final entre tratamientos. (Aceptada)

Source	df	Sums of Squares	Mean Squares	F - ratio	Prob
Const	1	23049.9	23049.9	170.14	0.0487
Sistema	1	5778.13	5778.13	9.2306	0.0288
Exp	1	147.333	147.333	0.23521	0.6482
Error	5	3129.86	625.972		
Total	7	9055.22			

Tabla 14. Análisis de varianza de una vía . Biomasa final

H₀: Existe diferencia en la biomasa final entre tratamientos. (Rechazada)

Source	df	Sums of Squares	Mean Square	F - ratio	Prob
Const	1	11233800	11233800	246.34	0.0405
Exp	1	336200	336200	8.82841	0.4045
Sistema	1	45602	45602	0.11237	0.7311
Error	5	2029184	405837		
Total	7	2410986			

Tabla 15. Análisis de varianza de una vía . Conversión alimenticia

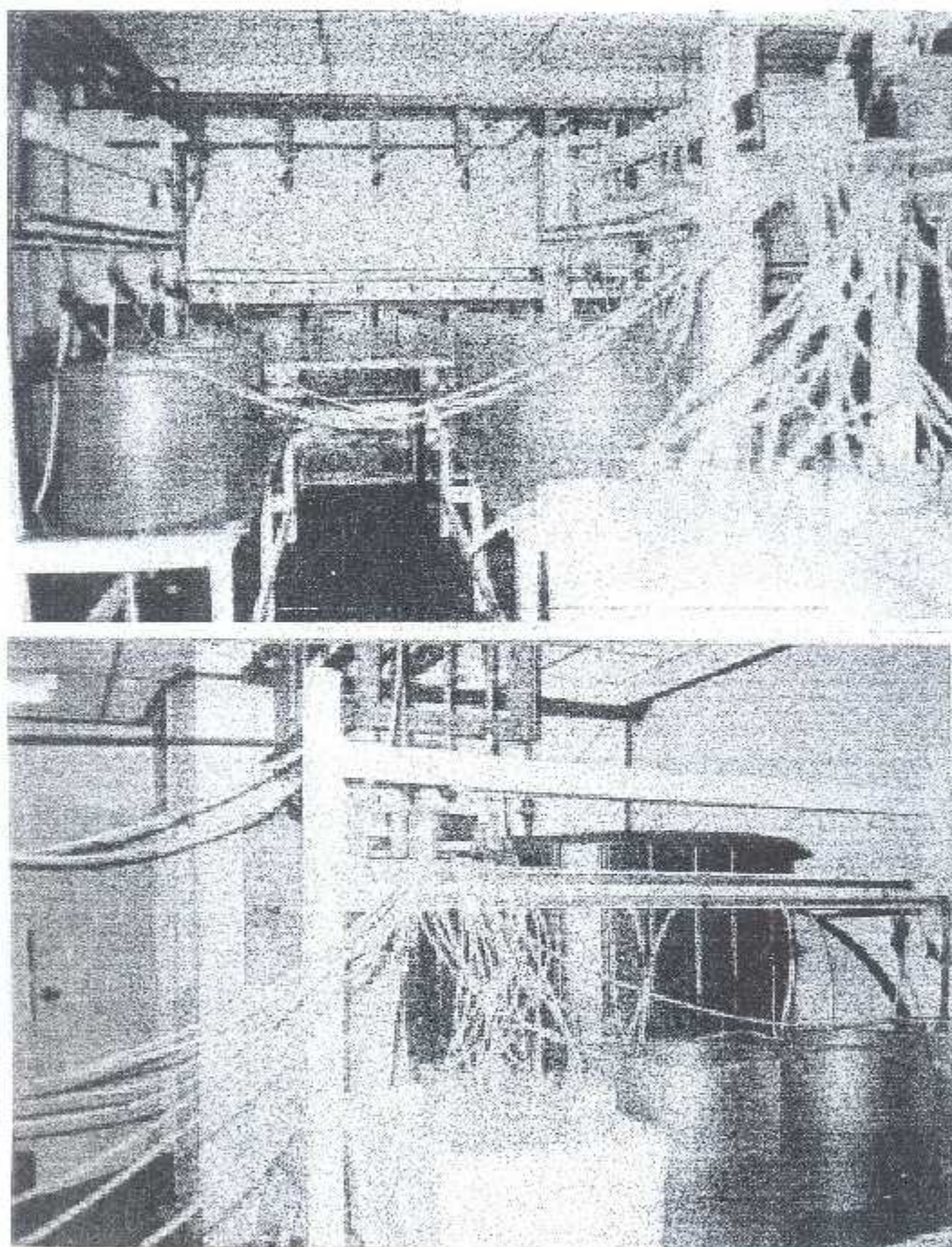
H₀: Existe diferencia en la cantidad de alimento consumido entre los tratamientos.

(Aceptada)

Source	df	Sums of Squares	Mean Square	F - ratio	Prob
Const	1	3.58986	3.58986	76.928	0.0723
Exp	1	0.878475	0.878475	36.945	0.0017
Sistema	1	0.046665	0.046665	1.9626	0.2201
Error	5	0.118889	0.023778		
Total	7	1.04403			

CONCENTRACION OPTIMA DE ALIMENTO

Foto 1. Vista del sistema empleado, incluido el sistema de alimentación provisto con hielera que contiene los conos de alimentación, mangueras de distribución a cada tanque de cultivo y bomba peristáltica.



APLICACION EN CULTIVOS INTENSIVOS DE LA CONCENTRACION OPTIMA ENCONTRADA

A. RECIRCULACION

Foto 2. Sistema de recirculación, consta el tanque de cultivo, como de alimentación, bomba peristáltica y la gajeta con las placas separadoras.

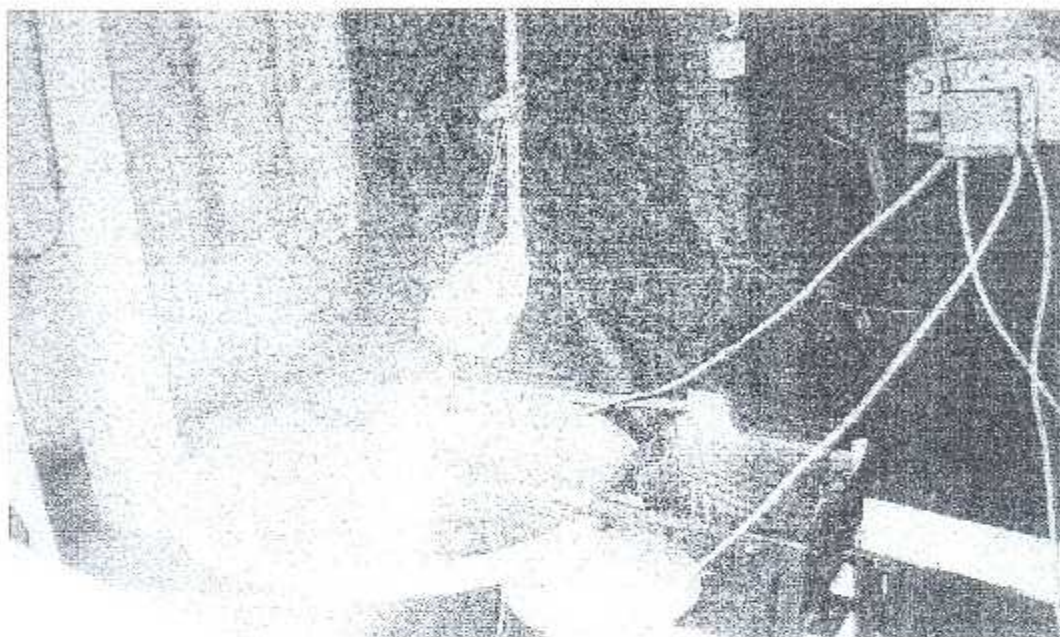
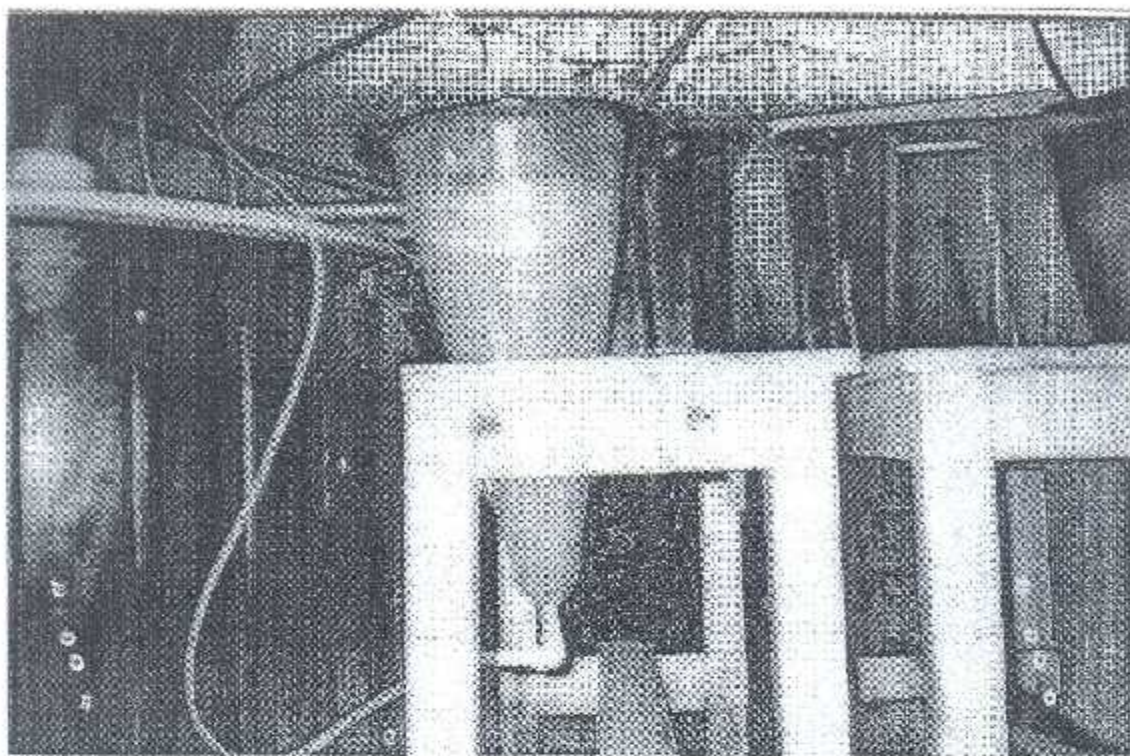


Foto 3. Vista del separador de placas.



Foto 4. Cono de alimentación con atracción de fondo



APLICACION EN CULTIVOS INTENSIVOS DE LA CONCENTRACION OPTIMA ENCONTRADA

3. FLUJO CONTINUO

Fotol. Vista del tanque de cultivo tipo raceway provisto con los AWL y en el fondo tanque de alimentación, de similares características al de cultivo.

