



**ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería Marítima y
Ciencias del Mar**

“Estudio preliminar comparativo de la eficiencia de la *Azolla sp.* en la alimentación del híbrido rojo de tilapia en la etapa de precría.”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO ACUICULTOR

Presentado por:

José Renato Recalde Ruiz

Guayaquil – Ecuador

2004

DECLARATORIA EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, me corresponden exclusivamente, y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



José Renato Recalde Ruiz

DEDICATORIA

A mi padre, Econ. José Manuel Recalde Triviño, a quien ya no tengo a mi lado, pero sus ejemplos y enseñanzas quedarán muy presentes en mi mente y corazón siempre.

A mi Madre, por siempre haberme apoyado y perdonar mis errores, que sin su presencia no hubiera podido seguir adelante, y avanzar en este largo camino de la vida.

A mis Hermanos Leo, Roberto y Rosemary de quienes guardo profunda admiración, respeto y cuyas personalidades, guías y dignos consejos, me han convertido en el ser humano que soy ahora, y que trataré de mejorar día a día.

A mis adorables sobrinos, Arhym, Andrea, Doménika y Julián Francisco, de quienes siento profundo cariño, orgullo y respeto, avisorándoles un futuro de muchos éxitos en sus vidas.

AGRADECIMIENTO

Al Todo Poderoso, por bendecirme cada día y brindarme la dicha de ver concluido uno de mis más grandes sueños, una carrera que me llenará de éxitos y satisfacciones a lo largo de mi vida.

A mi Madre, por su apoyo incondicional y su constante estímulo, ejemplo y orientación, enseñándome que hay que dar todo lo mejor para alcanzar las metas y objetivos trazados, además de entregarme una lección de vida que perdurará eternamente.

A mi Director de Tesis, Ing. Ecuador Marcillo G., por su guía constante y lecciones a lo largo de mi formación profesional, que llevaré y aplicaré con mucho orgullo en el desempeño de esta rama.

Al Ing. Eduardo Cervantes B., por prestarme las excelentes instalaciones de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, para el desarrollo de la presente tesis y por haberme impartido sus conocimientos de Ingeniería, con una alta mística y objetividad.

Al Blgo. Marco Álvarez Gálvez, por su oportuna intervención en el desarrollo de la experimentación, indicándome mis aciertos y errores, pudiendo rectificarlos a tiempo, sobre todo su amistad y consejos profesionales que los implementaré siempre.

Al MSc. Jerry Landívar Zambrano, por orientarme acertadamente en el desarrollo del análisis estadístico de la presente tesis, y correspondiente distribución de los módulos experimentales, brindándome su vasta experiencia y criterios en el área, permitiendo con ello un adecuado desarrollo del presente trabajo.

A Yadira Chaguay V. y Fernando Villamar, a quienes tuve el agrado de conocer y que me ofrecieron su ayuda incondicional a lo largo del desarrollo de la presente tesis, y cuyo contingente fue decisivo para el feliz término del experimento.

Al Programa de Tecnología en Alimentos, por ofrecer sus servicios en los análisis bromatológicos, del material fruto del presente trabajo.

Al Instituto de Ciencias Químicas, a través del Proyecto Azolla-Anabaena (PROMSA/ESPOL) y en su nombre al Ing. Mariano Montaña y a la Blga. Mariuxi Espinoza, por haber facilitado la materia prima para la elaboración de las distintas dietas, y el correspondiente asesoramiento en la producción de azolla.

A la Ing. Elisa Tejada Salvador, por su apoyo incondicional y guía constante en la adaptación y adecuación del azollario en la FIMCM, y sin quien no hubiera sido factible el avance de la presente investigación, y por haberme brindado su confianza y AMISTAD.

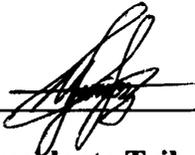
Al Blgo. Saúl Escobar Valdiviezo, por su aporte en la adecuación del área experimental, e importantes sugerencias que fueron un aporte constructivo en el desarrollo de la presente tesis.

A todo el personal Docente, de esta honorable Facultad que pertenezco, por haber ejercido su papel tan dignamente, convirtiendo el proceso de enseñanza y aprendizaje en una gran aventura del saber.

Al selecto grupo de estudiantes de las Cátedras de: Acuicultura de Agua Dulce y Producción Acuícola II del año 2002-2003, por su incalculable aporte en la elaboración de las jaulas, y generación de ideas y críticas constructivas, logrando un perfecto trabajo en equipo.

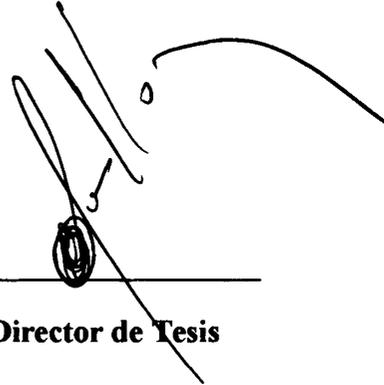
A Estefanía León, Yordan Vivanco, Danny Arcos, Paúl del Valle y David Ruales, quienes fueron una lumbrera en esta aventura universitaria, y que estuvieron presentes en momentos de triunfos, alegrías, tristezas y sobre todo en aquellas derrotas imaginarias, que ya parecían ejercer una fuerza negativa, pero no más que sus sabias sugerencias y estímulos, que me permitieron llegar a donde estoy.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL CALIFICADOR



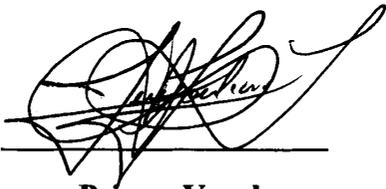
Presidente Tribunal

Marcelo Muñoz Ph. D.



Director de Tesis

MSc. Ecuador Marcillo



Primer Vocal

MSc. Jerry Landívar



Segundo Vocal

MSc. Enrique Blacio

ABREVIATURAS

%	Tanto por ciento
°C	Grados Celsius
C	Conversión alimenticia neta
C.E.	Crecimiento específico
cm	Centímetros lineales.
CO ₂	Dióxido de carbono.
CSA	Centro de Servicios para la Acuicultura
E.A.	Eficiencia alimenticia
EM	Microorganismos eficientes
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCM	Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar
g	Gramos
H	Altura
Ha	Hectárea
Hz	Hertz
HP	Caballos de fuerza
ICQ	Instituto de Ciencias Químicas.
INP	Instituto Nacional de Pesca
Kg	Kilogramos
Lts	Litros
m ³	Metros cúbicos
m	Metros lineales
mg/l	Miligramos por litro

ml	Mililitros
N ₂	Nitrógeno molecular
ng	Nanogramo (10 ⁻⁹)
PO ₄	Ión fosfato
ppt	Partes por mil
ppm	Partes por millón
PVC	Polivinil cloruro
pH	Potencial hidrógeno
r.p.m	Revoluciones por minuto
S	Conversión alimenticia bruta
TM	Toneladas métricas
V	Voltios

CONTENIDO

ABREVIATURAS	I
CONTENIDO	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS	X
RESUMEN	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA <i>Azolla sp.</i>	6
1.1. ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA <i>Azolla sp.</i>	6
1.2. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA	7
1.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	10
1.4. MORFOLOGÍA DE LA <i>Azolla sp.</i>	12
1.5. REPRODUCCIÓN	14
1.6. AZOLLA PARA PECES	18
2. CARACTERÍSTICAS DE LOS HÁBITOS ALIMENTICIOS DEL GÉNERO OREOCHROMIS	19
2.1. ASPECTOS BIOLÓGICOS DEL SISTEMA DIGESTIVO	21
2.2. DIGESTIÓN, ABSORCIÓN DE LOS ALIMENTOS	22
2.3. GLÁNDULAS Y ENZIMAS DIGESTIVAS	26
2.4. IMPORTANCIA DE LA TEMPERATURA EN LA ALIMENTACIÓN.....	28
3. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE CULTIVO EXPERIMENTAL	30
3.1.1. Forma y dimensión del tanque	31

3.1.2. Distribución de aire	32
3.1.3. Suministro de agua	34
3.1.4. Determinación del volumen útil	36
3.1.5. Desinfección del tanque	37
3.1.6. Formas y dimensiones de las jaulas	38
3.2. ÁREA DESTINADA A LA PROLIFERACIÓN DE LA AZOLLA	40
3.3. CONDICIONES AMBIENTALES EN LOS TANQUES	42
3.3.1. Temperatura	43
3.3.2. Oxígeno disuelto	45
3.3.3. pH	47
3.3.4. Nutrientes	48
3.4. PROTOCOLO DE PRECRÍA	50
3.4.1. Procedencia de los alevines	51
3.4.2. Densidad de siembra	51
3.4.3. Cronograma de alimentación	52
3.4.4. Medidas profilácticas	55
3.4.5. Muestreos	56
4. METODOLOGÍA Y PROTOCOLOS	58
4.1. CAPTURA Y TRANSPORTE DE ALEVINES	58
4.2. ACLIMATACIÓN Y TRANSFERENCIA DE LOS ALEVINES	60
4.3. EMBALAJE Y TRANSPORTE DE LA AZOLLA	61
4.4. ACLIMATACIÓN DE LA AZOLLA EN LOS TANQUES DE LA FIMCM	61

4.5. FERTILIZACIÓN	62
4.5.1. Biol	62
4.5.2. Microorganismos eficientes	65
4.6. RUTINA DIARIA	66
5. RESULTADOS	67
5.1. COMPORTAMIENTO DEL CRECIMIENTO EN PESO	67
5.2. COMPORTAMIENTO DEL CRECIMIENTO EN LONGITUD	69
5.3. EVALUACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA	71
5.4. EVALUACIÓN DE LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA	73
5.5. ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS DE LA <i>Azolla sp.</i>	75
5.6. AMINOÁCIDOS ESENCIALES DEL <i>Oreochromis niloticus</i>	75
5.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	77
5.8. ANÁLISIS ECONÓMICO	77
5.8.1. Insumos y materiales	78
5.8.2. Costos del balanceado experimental a base de azolla	78
5.8.3. Costos del balanceado comercial	79
5.8.4. Análisis económico en una granja de producción de tilapia	80
DISCUSIÓN TÉCNICA	82
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista frontal de la <i>Azolla filiculoides</i>	7
Figura 2. Diferentes tipos de azolla	8
Figura 3. Hojas de la azolla	12
Figura 4. Lóbulos: dorsal y ventral de la azolla	13
Figura 5. Esporocarpos	15
Figura 6. Ciclo de vida de la <i>Azolla pinnata</i>	18
Figura 7. Hueso faríngeo del <i>Oreochromis niloticus</i>	22
Figura 8. Hueso faríngeo del <i>Oreochromis aureus</i>	23
Figura 9. Hueso faríngeo del <i>Oreochromis urolepis hornorum</i>	24
Figura 10. Hueso faríngeo del <i>Oreochromis mossambicus</i>	25
Figura 11. Representación esquemática de un hueso faríngeo, en el que se muestran las principales estructuras.....	25
Figura 12. Vista aérea del tanque tipo A empleado en la experimentación	31
Figura 13. Tanque tipo A del laboratorio húmedo FIMCM	32
Figura 14. Caseta de seguridad en donde se encuentra ubicado el blower que suministra aire al área de estanquería	33
Figura 15. Distribución del aire a los módulos experimentales	34
Figura 16. Diagrama esquemático, de la distribución de agua a los tanques	35
Figura 17. Llaves de control para el suministro de agua a los tanques	35
Figura 18. Dimensiones de las mallas utilizadas en la confección de las jaulas experimentales	39
Figura 19. Vista del módulo experimental utilizado en la investigación	40
Figura 20. Esquema de distribución del azollario FIMCM	41

Figura 21. Tanques de aclimatación de la azolla (azollario)	42
Figura 22. Stock de azolla para la preparación de las dietas experimentales	42
Figura 23. Mezcla de ingredientes para la preparación del balanceado a base de azolla	53
Figura 24. Mezcla y peletización de ingredientes	54
Figura 25. Comederos para el suministro de las distintas dietas	54
Figura 26. Peces consumiendo el alimento artificial	54
Figura 27. Azolla húmeda ubicada en el comedero para el consumo de los peces	55
Figura 28. Captura de los alevines en la granja con ayuda del chinchorro	59
Figura 29. Pesaje y embalaje de los alevines	59
Figura 30. Pesos promedios (g).....	68
Figura 31. Longitud promedio (mm) en cada muestreo	71
Figura 32. Supervivencia en los tratamientos durante la experimentación	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción taxonómica de la azolla, en función de sus órganos reproductores	9
Tabla 2. Distribución de las especies de azolla	11
Tabla 3. Ubicación geográfica de la azolla dentro del Ecuador	12
Tabla 4. Especies utilizadas en Acuicultura	21
Tabla 5. Valores de temperatura promedio, registrados en los módulos experimentales, durante los tres meses de corrida	44
Tabla 6. Valores promedio de oxígeno disuelto y saturación, registrados en los tres meses de experimentación, en los módulos experimentales	46
Tabla 7. Rango máximo y mínimo promedio de pH, registrado en el tanque de cultivo	48
Tabla 8. Valores registrados por el Standart Method en la determinación de nutrientes en el agua del tanque experimental	49
Tabla 9. Distribución de las dietas experimentales con su correspondiente módulo o jaula	53
Tabla 10. Composición del biol proveniente de estiércol (BE) y de estiércol + alfalfa	64
Tabla 11. Valores de crecimiento en peso (g)	67
Tabla 12. Variaciones de longitud de los diferentes tratamientos	69
Tabla 13. Valores de supervivencia registrados en cada tratamiento	72
Tabla 14. Valores obtenidos de conversión y eficiencia alimenticia entre las dietas experimentales	74
Tabla 15. Análisis químico de la <i>Azolla sp.</i>	75

Tabla 16. Requerimiento de aminoácidos en el <i>Oreochromis niloticus</i>	76
Tabla 17. Costos de insumos y materiales para la experimentación	78
Tabla 18. Costos del balanceado experimental a base de azolla	79
Tabla 19. Cantidad y costos del balanceado comercial consumido	79
Tabla 20. Datos técnicos para los cálculos de alimentación y costos	80
Tabla 21. Costos en la granja de producción de tilapia, en base a los sacos de alimento artificial consumido	81
Tabla 22. Costos de alimentación a base de azolla en la granja de producción de tilapia	81
Tabla 23. Comparación de costos de alimentación en la granja de producción de tilapia	81

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I. Resultados del análisis Anova de una sola vía con el método Scheffe para los pesos promedio entre tratamientos	96
Anexo II. Resultados del análisis Anova de una sola vía con el método Scheffe para las longitudes promedio entre tratamientos	98
Anexo III. Análisis bromatológico de algunos productos agropecuarios que se pueden usar en alimentación de peces.....	100
Anexo IV. Análisis bromatológico de dos tipos diferentes de máchica (cebada)	103
Anexo V. Referencia financiera para la producción de azolla.....	104
Anexo VI. Referencia financiera para la producción de tilapia.....	108

RESUMEN

Tres dietas experimentales a base de *Azolla sp.* fueron elaboradas, para ser sometidas a comparación con una dieta comercial de 32% de proteína sin aditivos. La alimentación con azolla incluía: suministro directo de la planta sin tratamiento previo, azolla sometida a secado por medio de exposición directa a la luz solar y azolla procesada con dos ingredientes de bajo costo, entre los ingredientes utilizados: afrechillo de arroz y machica.

El peso promedio final de los peces, obtenido en el módulo #8 con balanceado comercial fue de 47.08 g, que se contrapuso al del módulo #7 que fue de 20.74 g con balanceado de azolla.

Se mantuvieron bajos los costos con la dieta experimental, que era la principal consigna en el presente trabajo de investigación, reducir costos de alimentación que representa el rubro más significativo dentro de la producción comercial de tilapia.

Se obtuvieron resultados positivos con la dieta procesada de azolla, sin embargo el alimento artificial se impuso ante las demás, justamente por ser un alimento procesado (extrusado) a nivel industrial.

INTRODUCCIÓN

La Acuicultura ecuatoriana se ha basado principalmente en el monocultivo del camarón, el boom camaronero tuvo sus inicios en el año de 1968 en la provincia de El Oro, que proyectó a esta actividad como una con mayores perspectivas dentro de la economía del país (Marcillo, 1998).

Sin embargo, la explotación indiscriminada del recurso seguido al uso exagerado de antibióticos, se ha traducido en la degeneración paulatina del medio natural en donde se desarrolla la producción, convirtiéndose aquello en un foco de infección para la aparición de un sin número de enfermedades, ocasionando mermas significativas en la producción del crustáceo.

Es muy claro citar los embates ocasionados por la presencia del virus de la “Mancha blanca” a la actividad de exportación en camaronicultura del país, cuyas estadísticas muestran pérdidas directas a la industria en el orden de 600 millones de dólares, y a la exportación en el orden de 900 millones de dólares (CNA, 2002).

Aún cuando la actividad camaronera reportó una cifra de 103'033,746 libras de camarón exportados en el 2002, en comparación con 99'801,296 libras registradas en el 2001 que en dólares representaron cifras de 263'859,174.42 y 280'694,073.08 USD respectivamente, se ha despertado en los productores la necesidad de diversificar la producción acuícola actual. Con la explotación de otras potenciales especies, que contribuyan a que la Acuicultura de nuestro país, retorne a niveles más competitivos

como lo era antes del año 1999, en donde se registraron valores altos de TM de camarón exportados (252'985,907 libras, que representaban 875'050,894.01 USD hasta finales del año 1998).

Una de esas alternativas lo constituye el cultivo de tilapia, que representa una de las especies de mayor importancia como fuente de obtención de proteína de origen animal. El nombre de tilapia lo empleó por primera vez Smith en 1840, que se deriva de las raíces "thlapi" o "ngege" en el idioma "swahili", originario de comunidades que se asientan en la costa del Lago Ngami-Africa y que quiere decir "pez" (FAO, 1966).

Las tilapias son peces originarios de Africa y el cercano Oriente, y sus características se consideraron idóneas para la actividad piscícola rural (Trewavas, 1983).

Su producción se inicia en el Congo Belga (en la actualidad Zaire). A partir del año 1924, se intensificó su cultivo en Kenia, sin embargo es en el extremo Oriente, concretamente en Malasia, donde se obtuvieron los mejores resultados y se iniciara su cultivo progresivo a nivel mundial, y que definitivamente han contribuido en brindar a la humanidad, un alimento de alto valor nutritivo (Castillo, 2001).

La principal característica que hace llamativa su producción, radica en su rápido crecimiento, su elevada resistencia a patologías diversas, una alta rentabilidad en productividad, tolerancia a altas densidades de siembra, su capacidad para soportar bajas concentraciones de oxígeno disuelto y su habilidad para adaptarse a medios con variadas salinidades (Bardach, 1986).

Así también, se puede mencionar que la tilapia cuenta con un amplio espectro de alimentación, justamente por su característica biológica de omnívoro, aprovecha de manera efectiva la productividad natural del estanque, de igual manera hace un buen uso de los subproductos agrícolas y de las dietas balanceadas suministradas (Marcillo y Landívar, 2000).

En el aspecto organoléptico, se puede citar que su carne es excelente, siendo de textura firme, color blanco y carece de huesos intermusculares, haciendo que sea un pescado altamente apetecible para el consumidor tanto a nivel nacional e internacional (Morales *et al.*, 1988).

En la actualidad, los productores ecuatorianos han tenido una inclinación hacia el cultivo de tilapia roja, que según datos provistos por la Cámara Nacional de Acuicultura, las libras de tilapia exportadas a Estados Unidos de América, en el 2002 fueron de 15'219,326.03 libras que constituyen 41'525,578 USD, siendo en el 2001 11'373,890.75 libras (32'719,948 USD) y 12'671,972.46 libras, que en dólares representa el rubro de 33'171,070 USD hasta julio del 2003, lo que permite avisorar que la actividad va en claro ascenso.

La intensificación en la producción de tilapia en nuestro país, ha originado también que los precios de insumos principalmente del alimento, tengan un costo elevado, haciendo que pequeños productores no puedan incursionar en la producción de este pez.

Por ello, el presente trabajo pretende dejar la interrogante en la factibilidad de emplear un alimento natural, que puede tener bajos costos en la alimentación y ser una

alternativa para incentivar el desarrollo de pequeños y medianos productores. Con ello se estaría volviendo a la Acuicultura a sus objetivos iniciales, los cuales eran el generar una fuente alternativa “proteica” a bajo costo, y poder formar de esta manera microempresas acuícolas que puedan crear fuentes de empleo y masificar la producción en Acuicultura.

Se delinió en el sistema tres dietas alternativas a base de *Azolla sp.* En la primera, se suministraba la planta directamente sin ningún tratamiento previo, la segunda dieta se basó en el secado, mediante la exposición directa de la planta a la radiación solar y la última, azolla procesada con ingredientes de bajo costo los cuales eran: afrechillo de arroz y máchica, siendo cada una comparadas con un balanceado comercial extrusado de 32% de proteína, sin aditivos.

Para el presente trabajo se concibió el siguiente objetivo general:

- Determinar el potencial de la *Azolla sp.* como alternativa alimenticia natural en la producción del híbrido rojo de tilapia en su etapa de precría.

Objetivos específicos:

- Establecer los incrementos en longitud y peso del híbrido rojo de tilapia, alimentados con la *Azolla sp.*
- Evaluar las bondades nutricionales de la *Azolla sp.* y su efecto en el crecimiento del híbrido rojo de tilapia en la etapa de precría.

Para los estudios, se contó con el respaldo de una réplica para cada tratamiento. Las dietas fueron respectivamente codificadas y distribuidas aleatoriamente, para evitar errores de apreciación estadística.

Fueron empleadas ocho jaulas de 1 m² cada una, y la densidad de transferencia establecida fue de 100 animales en cada módulo.

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA *Azolla sp.*

1.1. ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA *Azolla sp.*

La palabra azolla, proviene de la unificación de dos vocablos griegos: azo (secar) y olla (matar), lo que nos sugiere que la planta muere cuando se seca (Mahapatra y Singh, 1991).

En síntesis, la azolla constituye un pequeño helecho acuático que presenta una relación simbiótica hereditaria con la *Anabaena azollae*, que representa una cianobacteria fijadora de nitrógeno o también denominada diasotrófica, y es la única especie que se conoce que tiene una relación simbiótica, y se la encuentra en todas las fases del ciclo de vida del helecho (Van Hove, 1989).

La asociación entre la *A. azollae* y la azolla está caracterizada principalmente por una alta productividad y un alto contenido proteico, con ello el helecho puede crecer sin componentes nitrogenados, el N₂ es suministrado por la simbiosis (Peters y Meeks, 1989).

La presencia de componentes nitrogenados, le otorgan a la azolla cualidades fertilizantes y nutritivas, que ha sido bien conocido y utilizado por muchos siglos por varias comunidades en China y en Vietnam. Sin embargo, no es hasta fines de 1950, que la azollicultura tomó mayor auge y fue puesta en práctica en áreas muy remotas de estos países, principalmente a lo largo de la costa entre 18° y 30° latitud norte, tales

áreas presentaban un clima húmedo subtropical con amplias variaciones temporales de temperatura (Watanabe *et al.*, 1989).



Fig. 1. Vista frontal de la *Azolla filiculoides* “(tomado de Carrapico *et al.*, 2001)”.

1.2. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA

El género azolla se encuentra dentro de la clasificación de las Salvináceas, cuya característica principal es la de ser una familia de helechos criptógamos flotantes (Calvert y Peters, 1981). El Caballero de Lamarck determinó el género en el año de 1783 al haber examinado especímenes originarios de Chile. Algunos taxonomistas han ubicado a la azolla dentro de la familia monotípica, Azollaceae, que se encuentra aparte del género *Salvinia*, pero constituye una clasificación poco común (Konar y Kapoor, 1972).

El género se divide en seis secciones, y seis especies vivientes en función de sus órganos reproductores, i.e. sacos flotantes de megasporas y gloquidios de las másulas. Su identificación se hace complicada debido a la usual ausencia de los esporocarpos (Lumpkin, 1989).

Las seis especies identificadas se las encuentra dentro de las dos secciones siguientes: Euazolla con tres sacos flotantes, y Rhizosperma nueve sacos flotantes (Peters *et al.*, 1975).

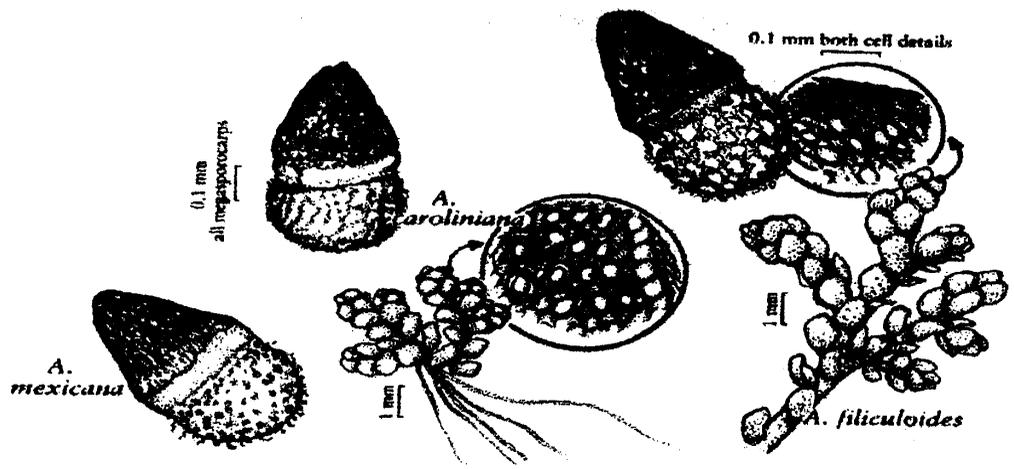


Fig. 2. Diferentes tipos de azolla “(tomado de Carrapico *et al.*, 2001)”.

Tabla 1. Descripción taxonómica de la azolla, en función de sus órganos reproductores

División	Secciones (Subgéneros)	Especie	Característica del gloquidio (1)	Posición en la másula (2)
Pterófito				
Orden	Euazolla			
Salvinales	(3 sacos Flotantes)	<i>A. filiculoides</i> (Lamb.)	Septado	Sup. total
		<i>A. caroliniana</i> (Wild.)	Septado	Sup. total
Familia				
Salvináceas (Azollaceae)		<i>A. mexicana</i> (Presl.)	Septado	Sup. total
		<i>A. microphylla</i> (Kaufuss)	Septado	Sup. total
Género				
Azolla	Rhizosperma (9 sacos flotantes)	<i>A. pinnata</i> (R. Brown)	Simple no septado	Sup. interior
		<i>A. nilotica</i> (DeCainse)	Ausente (3)	Ausente

(1) Hills y Gopal (1976) (2) Konar y Kappor (1974)

(3) Demaisy (1953)

“(tomado de Lumpkin, 1991)”.

El estudio a nivel celular, también puede ayudar a resolver la clasificación taxonómica de la azolla. Nayak y Singh (1989) reportaron un número cromosómico somático ($2n$), como por ejemplo 48, 40, 44 y 66 respectivamente en la *Azolla mexicana*, *Azolla filiculoides*, *Azolla pinnata* (África), *Azolla pinnata* (Cuttack, India) y *Azolla pinnata* (Vietnam).

A través del cariotipo, se pudo revelar que los cromosomas son pequeños y asimétricos.

1.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La azolla es muy común encontrarla en estanques, canales y en los arrozales que se encuentran dentro de las regiones cálidas templadas y tropicales (Becking, 1978).

A priori que los seres humanos hayan ejercido algún tipo de acción en la dispersión de la azolla, su correspondiente distribución endémica se presentó en las siguientes áreas:

Tabla 2. Distribución de las especies de azolla

Especie	Distribución geográfica
<i>Azolla caroliniana</i>	En el oriente de Norte América y también en el Caribe.
<i>Azolla filiculoides</i>	Sur de América del Sur y en el Occidente de Norte América incluyéndose Alaska.
<i>Azolla microphylla</i>	América tropical y subtropical.
<i>Azolla mexicana</i>	En el norte de Sudamérica hasta el occidente de Norte América.
<i>Azolla nilotica</i>	En las regiones altas del Nilo a Sudán.
<i>Azolla pinnata</i>	En la mayor parte de Asia y en la costa de África tropical.

“(tomado de Lumpkin, 1991)”.

En los comienzos del siglo XIX, la *Azolla filiculoides* fue introducida en el occidente de Europa, conjuntamente con la *Azolla caroliniana* y la *Azolla pinnata*, tomándola en cuenta como una planta ornamental que se reprodujo sin control alguno hasta convertirse en un problema. Lo mismo ocurrió en Sudáfrica, Nueva Zelandia y en otros lugares (Ashton *et al.*, 1974).

En lo que respecta a nuestro país podemos citar los siguientes lugares como eventuales sitios en donde se ha presentado bloom de azolla:

Tabla 3. Ubicación geográfica de la azolla dentro del Ecuador

Especie	Ubicación geográfica
<i>Azolla caroliniana</i>	En la provincia del Guayas.
<i>Azolla filiculoides</i>	En las provincias del Cotopaxi, Imbabura y en el Napo.
<i>Azolla mexicana</i>	También se la encuentra en la provincia del Cotopaxi.
<i>Azolla microphylla</i>	Tanto en Galápagos como en la provincia del Guayas.

“(tomado de Jorgensen y León, 1999)”.

1.4. MORFOLOGÍA DE LA *Azolla sp.*

Las hojas de azolla presentan una forma triangular o poligonal, que flotan en un sentido horizontal en la superficie del agua, dando la apariencia de alfombra con un color verde oscuro a rojizo. El diámetro de las hojas varía entre 1 a 2.5 cm en especies pequeñas, entre las cuales podemos mencionar la *Azolla pinnata* y hasta 15 cm en el caso de la *Azolla nilotica* (Van Hove, 1989). La posición de las hojas cuticulares es alternada, contando cada una de ellas con un lóbulo grueso dorsal aéreo y además un lóbulo delgado ventral flotante, cuyo tamaño es similar a los anteriores (Peters y Mayne, 1974).



Fig. 3. Hojas de la azolla “(tomado de Carrapico *et al.*, 2001)”.

Los lóbulos dorsales presentan el simbiote, cuya característica principal es la de ser clorofílica con excepción de los bordes del lóbulo que no tienen coloración. Los lóbulos ventrales son translúcidos, se ubican en la superficie del agua y sostienen a las hojas y son de característica casi aclorofilada (Li y Chang, 1984).

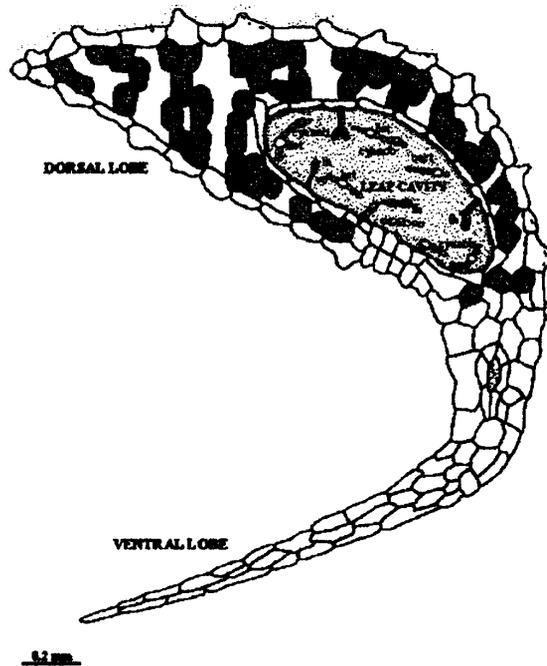


Fig. 4. Lóbulos: dorsal y ventral de la azolla “(tomado de Sevillano *et al.*, 1984)”.

Otra estructura, los estomas, se encuentran dispuestos en hileras verticales sobre ambas superficies del lóbulo dorsal y la parte superior del lóbulo ventral, respectivamente. Al inicio, los estomas están formados por dos células separadas, que más adelante se unirán para dar origen a una sola célula anular provista de un poro central (Becking, 1978).

El rizoma principal es la estructura que sostiene varias ramas alternas. Existe además, una zona denominada de abscisión que se ubica justamente en el punto de unión de cada

rama y tiene un papel importante en lo que corresponde a la reproducción vegetativa (Duckett *et al.*, 1975).

En el interior del agua, colgando, se encuentran ubicadas las raíces adventicias o en otras ocasiones se puede dar el caso de que, se introduzcan en el lodo. Su longitud varía en virtud de la especie que se trate, entre 1.5 cm en el caso de la *A. pinnata* y hasta 11 cm en el caso de la *A. nilotica* (Hall, 1988^a).

El desarrollo de las raíces de azolla es acropétalo, partiendo de las ramas por encima de la superficie inferior del tallo, presentando una zona de abscisión en su punto de unión. Las raíces jóvenes cuentan con una envoltura, la que se desprende durante el crecimiento de los pelos basales de la raíz. Justamente las células cloroplásticas, se ubican en los pelos unicelulares y además en las capas corticales de la raíz, también existe la presencia de células de tipo transferibles en las raíces (Watanabe *et al.*, 1989).

1.5. REPRODUCCIÓN

Muchos expertos han escrito acerca del ciclo esporofítico de la azolla, pero no se han citado experimentos en los cuales se pueda inducir dicho ciclo.

En el caso muy particular de la *A. filiculoides*, el esporocarpo y su desarrollo se lo compara muy a menudo con la densa asociación de capas, específicamente en los meses de verano en las regiones templadas (Lumpkin y Plucknett, 1982). La *A. pinnata*, en cambio, el desarrollo del esporocarpo se da en los meses de invierno, concretamente en las zonas de India y Taiwan (Tung y Shen, 1985).

Los esporocarpos se caracterizan por una formación de tallos cortos sobre el lóbulo ventral de una rama lateral, y se produce en pares con excepción de la *A. nilotica*, que da origen a tetradas (Yu, 1979).



Fig. 5. Esporocarpos “(tomado de Carrapico *et al.*, 2001)”.

En lo que respecta a los esporangios, un par puede tener un sexo igual o diferente. Los microsporangios (machos) son grandes y globulares, comparados con megasporangios (hembras) que son de tamaño pequeño y ovoides (Subramanian y Malliga, 1988).

Los primordios del microsporangio y del megasporangio, se forman a partir de un megasporocarpo. El microsporangio se origina de células apicales y el megasporangio de los brotes externos basales (Mort y Bauer, 1980).

La formación del esporangio parte como una forma leptosporangial, hasta que el lóbulo ventral inicial se divide, dando origen al final a 32 núcleos de megasporas. Al desarrollarse una megaspora, se perderían todos los núcleos con excepción de uno solo. En el caso de la pérdida de los núcleos de la megaspora, los brotes microsporangiales se formarían a partir del tallo del microsporangio (Watanabe, 1982).

El tiempo que le tomaría a un megasporocarpo en madurar sería aproximadamente de una semana, y dará origen a tan solo a una megaspora. Dicha megaspora inicial ingresará en el periplasmodio nutritivo y es cubierta por una perispora gruesa. Dentro del periplasmodio se estarán formando las vacuolas, y constituirán los corpúsculos flotantes (Toia *et al.*, 1985).

Los tres sacos flotantes en *Euazolla*, o los nueve sacos (una hilera de tres sobre una hilera de seis sacos) en la etapa de *Rhizobium*, nacen en una columnilla de filamentos. Tanto los sacos como la columnilla, representan el “aparato flotante” que fue nombrado de esta manera y descrito así por Strasburger (1873).

Tanto los megasporocarpos como los microsporocarpos al madurar, se ubicarán en el fondo. Una vez que ocurre la etapa de dormancia, una megaspora germinará dando origen al protalo femenino (denominado también como gametofito), que generará a la vez, uno o más arquegonios (Tel-Or *et al.*, 1983).

En lo que respecta a los brotes microsporangiales, estos empezarán a desarrollarse y se formarán brotes adicionales. Al llegar a la madurez, en un número de 8 a un máximo de 130 microsporangios podrían ocupar un microsporocarpo. En el interior del periplasmodio de un microsporangio, se encontrarán alrededor de 32 ó 64 microsporas y se dividen en 3 ó 4 e inclusive 10 másulas alveolares, que serán similares a los corpúsculos flotantes en la megaspora (Singh, 1977^a).

En el caso de las másulas, éstas se originarán de las vacuolas que se encuentran revestidas por una red endurecida, debido a la presencia de membranas citoplasmáticas. Al llegar al análisis de las másulas se pueden diferenciar las distintas especies de azollas existentes en la naturaleza (Newton y Nyman, 1976).

Es así, que si las másulas se encuentran descubiertas, nos encontramos ante la *A. nilotica*, si en cambio son parcialmente cubiertas se tratará de la *A. pinnata* o en el caso de la Euazolla son totalmente cubiertas con la presencia de pelos, que podrían dar la idea de púas sobresalientes denominados gloquidios. En el instante en que el microsporangio se desintegra y se liberan las másulas, el gloquidio sujetará a las másulas en los filamentos intrincados de la megaspora (Lumpkin y Plucknett, 1980).

Después, las microsporas germinarán y liberarán los llamados anterozoides, que saldrán a través de la másula gelatinizada, para fertilizar el huevo denominado oosfera (Tyagi *et al.*, 1981).

En lo que se refiere al embrión, este dará origen tanto a la raíz como a un pie de las células hipobasales, al igual que a un brote y a un cotiledón de las células epibasales. Toda vez que el cotiledón al igual que la primera o la segunda hoja, emergen del cuello del arquegonio, la plántula se elevará hacia la superficie (Satpathy *et al.*, 1982).

Como característica principal del cotiledón, carece de la cavidad para el simbionte, pero en lo que se refiere tanto a los lóbulos dorsales subsiguientes como al brote apical, serán los encargados de sujetar a los hormogonios de anabaena, que subsisten bajo la capa del

indusio. Los pequeños filamentos algáceos se los puede diferenciar, porque comienzan a desarrollarse en armonía con el helecho (Mayne *et al.*, 1979).

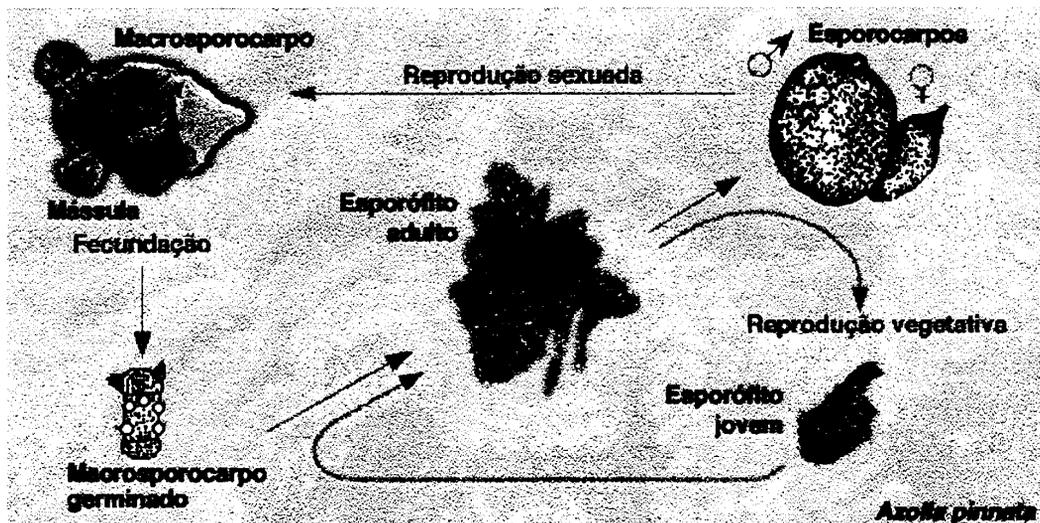


Fig. 6. Ciclo de vida de la *Azolla pinnata* “(tomado de Carrapico *et al.*, 2001)”.

1.6. AZOLLA PARA PECES

Se puede citar que la azolla puede servir como alimento para varias especies de peces, consumiéndola activamente. A menudo la prefieren en lugar de otras plantas acuáticas (Liu, 1984).

Tal es el caso de las especies típicamente macrofitofagólicas, en donde encajan especies como el caso de la *Tilapia rendalli* y *Ctenopharyngodon idellus*, pero de igual forma es consumido por ciertos peces omnívoros o planctófagos, entre los que se pueden citar: *Oreochromis niloticus* y *Cyprinus carpio* (Peters *et al.*, 1986).

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS HÁBITOS ALIMENTICIOS DEL GÉNERO OREOCHROMIS

Los hábitos alimenticios de este género permitirá tener una mejor apreciación de la gran variedad de dietas que se podrían utilizar en Acuicultura, y que repercutiría en un adecuado manejo de esta variable, que constituye un valor importante en los costos de producción.

Por lo general, el género tilapio se caracterizan por ser principalmente herbívoros, como por ejemplo la *Tilapia zilli* que poseen la capacidad de formar proteína de alta calidad a partir de fuentes proteicas vegetales, en comparación con otras especies cuyo espectro de alimentación es más específico, alimentándose de pequeños invertebrados o son piscívoros (Arredondo, 1975).

Otra referencia cita a las tilapias del género *Oreochromis*, como consumidores activos de fitoplancton, detritos, y de desechos orgánicos (Morales, 1974).

Las adaptaciones a nivel estructural para estas dietas radica principalmente, por la presencia de un largo intestino muy plegado, dientes bicúspides o tricúspides sobre las mandíbulas y la presencia de dientes faríngeos (Alamilla, 2001).

En función a la diversidad de alimentos que varían desde vegetación macroscópica (pastos, hojas, plantas sumergidas) hasta algas unicelulares y bacterias, los dientes

presentan también variaciones desde el punto de vista de dureza y movilidad (Bardach, 1986).

Debido a la heterogeneidad tanto en los hábitos alimenticios como en los alimentos que consumen, las tilapias se pueden clasificar en tres grupos principales:

- Omnívoras.
- Fitoplanctófagas.
- Herbívoras.

Las especies omnívoras son aquellas que, presentan una gran diversidad en los alimentos que ingieren; por ejemplo: *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis spilurus* y *Oreochromis aureus*, tienen la tendencia de consumir el zooplancton.

Las especies fitoplanctófagas como: *Sarotheron galilaeus* y *Oreochromis macrochir* son especies que se alimentan de fitoplancton, caracterizado principalmente por algas microscópicas. El *Sarotheron melanotheron* consume células muertas de fitoplancton, *Oreochromis alcalicus* consume algas que se desarrollan en la superficie de las piedras y rocas.

Las especies herbívoras como la *Tilapia rendalli*, *Tilapia sparamanni* y *Tilapia zilli* consumen vegetación macroscópica. Para poder cortar y rasgar plantas y hojas fibrosas poseen dientes faríngeos especializados, así como también un estómago que secreta ácidos fuertes.

Tanto los requerimientos nutricionales al igual que los hábitos alimenticios de los juveniles, difieren considerablemente de los adultos. En los juveniles, por lo general, su hábito es de ser zooplanctófagos (mayor requerimiento de proteína) y posteriormente su alimentación cambia a fitoplanctófaga o detritívora (Trewavas, 1983).

Tabla 4. Especies utilizadas en Acuicultura

Nombre científico	Hábito alimenticio
<i>Oreochromis mossambicus</i>	Especie omnívora
<i>Oreochromis niloticus</i>	Especie omnívora
<i>Oreochromis aureus</i>	Especie omnívora
<i>Sarotheron galilaeus</i>	Especie fitoplanctófaga
<i>Sarotheron melanotheron</i>	Especie fitoplanctófaga
<i>Oreochromis macrochir</i>	Especie fitoplanctófaga
<i>Oreochromis alcalicus</i>	Especie fitoplanctófaga
<i>Tilapia rendalli</i>	Especie herbívora

2.1. ASPECTOS BIOLÓGICOS DEL SISTEMA DIGESTIVO

La estructura del sistema digestivo de las tilapias, influye en su tipo de alimentación (Trewavas, 1983), cuyas características más significativas son las siguientes:

Se puede citar que el tracto digestivo, en función de sus hábitos alimenticios, lo conforman un largo intestino muy plegado, dientes bicúspides o tricúspides sobre sus mandíbulas y además se puede mencionar la presencia de dientes faríngeos (Thys, 1968).

2.2. DIGESTIÓN, ABSORCIÓN DE LOS ALIMENTOS

En función de la clase de dentición que presente el pez, pueden ser: dientes mandibulares y faríngeos respectivamente, que son muy especializados para realizar la masticación de diferentes tipos de alimentos. La dentición de igual manera va a repercutir en el tipo de alimento que la tilapia pueda ingerir, en función obviamente de las características de dicho alimento, en lo que respecta a su dureza y textura (Balarin, 1979).

En el caso muy particular del *Oreochromis niloticus*, la parte frontal del hueso faríngeo dispone de un área dentada, pero con un número reducido de dientes (Basurto, 1984).



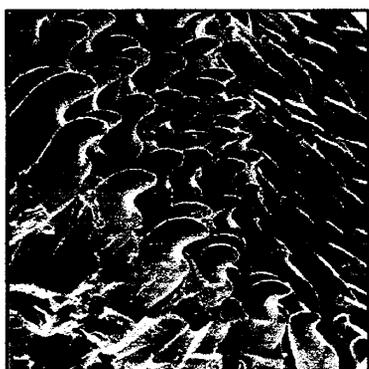
(a)



(b)

Fig 7. Hueso faríngeo del *Oreochromis niloticus*: a) Dientes de la parte inferior curvados hacia atrás (54X). b) Transición entre la parte superior e inferior (24X) “(tomado de Arredondo y Tejeda, 1988)”.

El *O. aureus* presenta en la parte central del hueso faríngeo, un área dentada más densa, debido a la existencia de dientes finos y delgados. La pigmentación que se observa sobre las coronas es café, haciéndose más pronunciada en la parte superior. La microestructura en si, es muy parecida a la especie anterior, con una clara distinción entre los dientes de la parte superior e inferior, pero los primeros son fuertes, engrosados y bicúspides y los segundos monocúspides, delgados y curvados hacia atrás (Liem, 1974) (ver fig. 8).



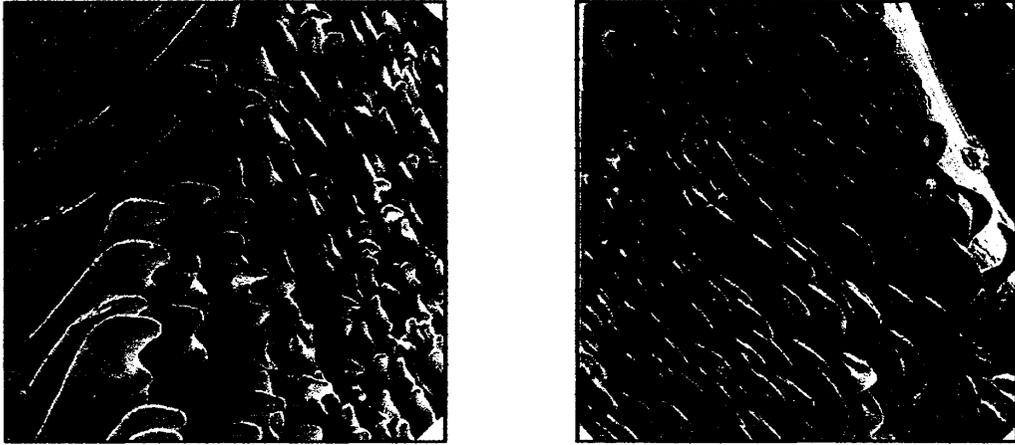
a)



(b)

Fig. 8. Hueso faríngeo del *Oreochromis aureus*: a) Vista lateral de los dientes bicúspides (24X). b) Apreciación de los dientes más finos y delgados (20X) “(tomado de Arredondo y Tejeda, 1988)”.

Analizando el caso del *Oreochromis urolepis hornorum* (Trewavas, 1966), el hueso faríngeo de esta especie cuenta con un área dentada, cubierto en su totalidad densamente y con una forma triangular. En cuanto a los dientes superiores son fuertes, salientes y bicúspides y los inferiores finos y delgados, muy semejantes a las especies *O. aureus* y *O. niloticus*. Los monocúspides tienen una forma curva, puntiaguda y aplanada a la misma vez (ver fig. 9).

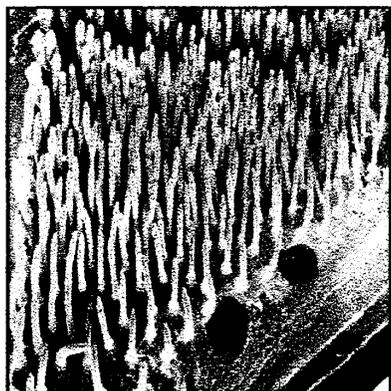


(a)

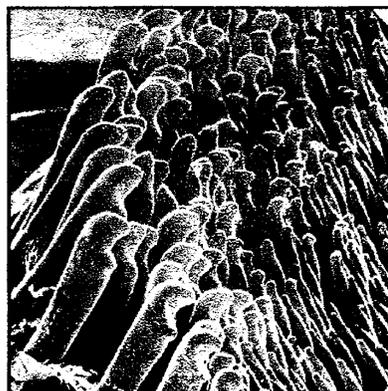
(b)

Fig. 9. Hueso faríngeo del *Oreochromis urolepis hornorum*: a) Dientes de la parte superior mostrando la parte bicúspide (43X). b) Dientes de la parte inferior que muestran la forma de boomerang (27X) “(tomado de Arredondo y Tejeda, 1988)”.

El *Oreochromis mossambicus* según Peters (1852) citó en cambio, que el área dentada de esta especie mantiene una microestructura muy similar a las antes mencionadas; los dientes de la parte superior son bicúspides, más gruesos y alargados, los de la parte inferior por otro lado, presentan una forma de gancho bien definida, además se caracterizan porque la pigmentación de la parte superior es más pronunciada (ver fig. 10).



(a)



(b)

Fig. 10. Hueso faríngeo del *Oreochromis mossambicus*: a) Apreciación general del área; la que presenta mayor densidad de dientes (15X). b) Transición entre el área superior e inferior, el diente superior es bicúspide (24X) “(tomado de Arredondo y Tejeda, 1988)”.

La observación del hueso faríngeo a través del microscopio estereoscópico, revela una información valiosa, para la identificación entre especies de tilapia (Regan, 1920).

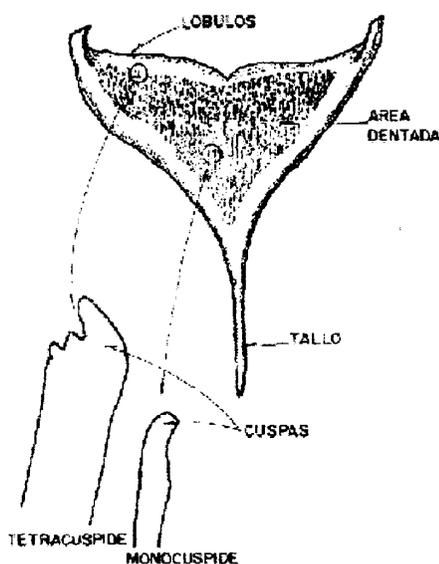


Fig. 11. Representación esquemática de un hueso faríngeo, en el que se muestran las principales estructuras “(tomado de Arredondo y Tejeda, 1988)”.

Revisando las estructuras denominadas branquiespinas, se puede destacar que se encuentran unidas a las márgenas internas de los arcos branquiales del pez, y actúan como filtros reteniendo los microorganismos, canalizándolos hacia el esófago (Arredondo y Guzmán, 1986).

El estómago, por otro lado, representa un ensanchamiento de la primera porción del intestino, no muy bien definido en los peces carnívoros, en los omnívoros como el caso particular del *O. niloticus*, se encuentra bien definido una bolsa gástrica, permitiendo que el pez se alimente permanentemente (Linnaeus, 1757).

En el caso de los peces carnívoros existe la presencia de una válvula pilórica, que se presenta bien desarrollada, y que se cierra en el caso de que el animal trague otro pez, y se abrirá cuando la digestión se encuentre en una fase avanzada, respectivamente (Morales, 1991).

Existen algunos peces que han desarrollado un estómago muscular no glandular, para triturar organismos duros en el fondo del agua, como ejemplo de este caso se encuentra el bocachico (Holden, 1975).

2.3. GLÁNDULAS Y ENZIMAS DIGESTIVAS

En este punto es muy importante el análisis del pH existente en el tracto digestivo del animal, así en el caso de las especies carnívoras se encuentra entre 2 a 3 para el caso de digestión de proteína, principio inmediato indispensable en la fase de precría. En las

tilapias el pH del estómago puede descender a 1.1. Al llegar a este valor, se produce una mejor lisis o rompimiento de la capa externa de las algas verdes azules, consiguiendo con esto que se produzca una digestión más eficiente de dichas algas, de igual forma un mejor desdoblamiento de las partículas alimenticias (Huet, 1978).

Otra característica de la tilapia muy importante de citar sería, la propiedad de secretar mucus para lograr que las algas se adhieran y formen el sistema algas-mucus y posteriormente ingerirlas (Trewavas, 1982).

En general tenemos que el estómago, se encarga de la producción de ácido clorhídrico y de pepsinógeno.

El tracto gastrointestinal de las tilapias, presenta un número considerable de bacterias de índole aeróbicas y facultativas, con una predominancia de aquellas del género aeromonas y vibrios, respectivamente, que permiten que exista una mejor digestión de la celulosa y otros procesos, siempre y cuando existen las condiciones favorables para ello (Hepner, 1988).

Sin lugar a dudas uno de los aspectos más significativos que se debe tomar en cuenta a la hora de alimentar a las tilapias lo constituye su comportamiento fisiológico, la tendencia es de alimentar en horarios diurnos, la actividad del tracto digestivo del animal es mucho más intenso durante la mañana, llegando a su pico máximo en las primeras horas de la tarde y declina por las noches (Hepher, 1981). Justamente los valores bajos que se presenten en el pH, serán provocados directamente por la acción de la temperatura (Bardach *et al.*, 1986).

De esta manera, un programa de alimentación que se establezca antes de las 08:00 AM no se recomienda, los valores de acidez del tracto digestivo se encontrarían por los niveles más bajos y por lo tanto, el alimento suministrado no será asimilado (desdoblado) totalmente, acarreado a un pobre aprovechamiento de las partículas alimenticias en el pez. Si se ubicaría el horario de alimentación entre las 08:00 AM a 14H00, los valores de pH oscilarían de 1.1 a 1.2, logrando así una mejor asimilación alimenticia (Bardach, 1986).

2.4. IMPORTANCIA DE LA TEMPERATURA EN LA ALIMENTACIÓN

Los peces constituyen organismos biológicos cuya característica principal es la de presentar temperatura compensada, es decir son animales poiquiloterms, por lo tanto el uso de la energía que los alimentos suministren, será controlado por la temperatura (Morales, 1974).

Los cambios que ocurran en la temperatura afectarán directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, la tasa metabólica será mayor, y en consecuencia, existirá un mayor consumo de oxígeno por parte de la especie en cultivo (Hasting y Dickie, 1972; Brett, 1979; Sánchez Rosas, Latourneire y Espinal, 1984).

En el caso de que la temperatura se reduzca de por ejemplo 24.3 a 20.9 °C, el aprovechamiento que haga el híbrido rojo de tilapia a las dietas que presenten un alto contenido proteico, reduciría su energía metabolizante de 45% al 27%, pero aumentaría la asimilación de los carbohidratos en un porcentaje del 12% hacia el 25% (Hepher *et*

al., 1983), gracias al aprovechamiento eficiente a este nivel de las grasas, que emplearía el pez cuando se presente una disminución en la temperatura (Castillo, 1994).

Se puede citar que el porcentaje de digestibilidad en una dieta, tomando en cuenta la energía/proteína asimilada en un crecimiento óptimo de tilapia nilótica, se presenta con valores que oscilan entre 8 a 9 Kcal/g de proteína respectivamente (Lovel, 1991).

En un estanque con altos índices de productividad primaria estos valores se ubicarían entre 5 a 6 Kcal/g de proteína (Castillo, 1994).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación fue desarrollada en el Campus Prosperina “Gustavo Galindo Velasco” de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Para la consecución de los objetivos, se utilizaron las instalaciones del laboratorio húmedo de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (FIMCM), durante el periodo comprendido entre los meses de mayo a agosto del 2003, tiempo de experimentación para la fase de precría del híbrido rojo de tilapia. Previo a ello, se realizaron los ensayos de adaptación de la *Azolla sp.*, en un área adyacente al sector de los tanques experimentales, en donde se procedió a cultivar la azolla, con la finalidad de contar con la suficiente materia prima, para la preparación de las distintas dietas para el proceso de la investigación.

Se confeccionó ocho jaulas en donde se transfirieron los animales. En cada una de ellas, se compararon tres dietas distintas a base de azolla; con un control, que correspondió un balanceado comercial extrusado del 32% de proteína, existiendo una réplica por cada tratamiento.

Cada módulo experimental presentó las mismas condiciones ambientales, lo que ayudó a la evaluación final del experimento.

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE CULTIVO EXPERIMENTAL

El laboratorio húmedo de la FIMCM está constituido por:

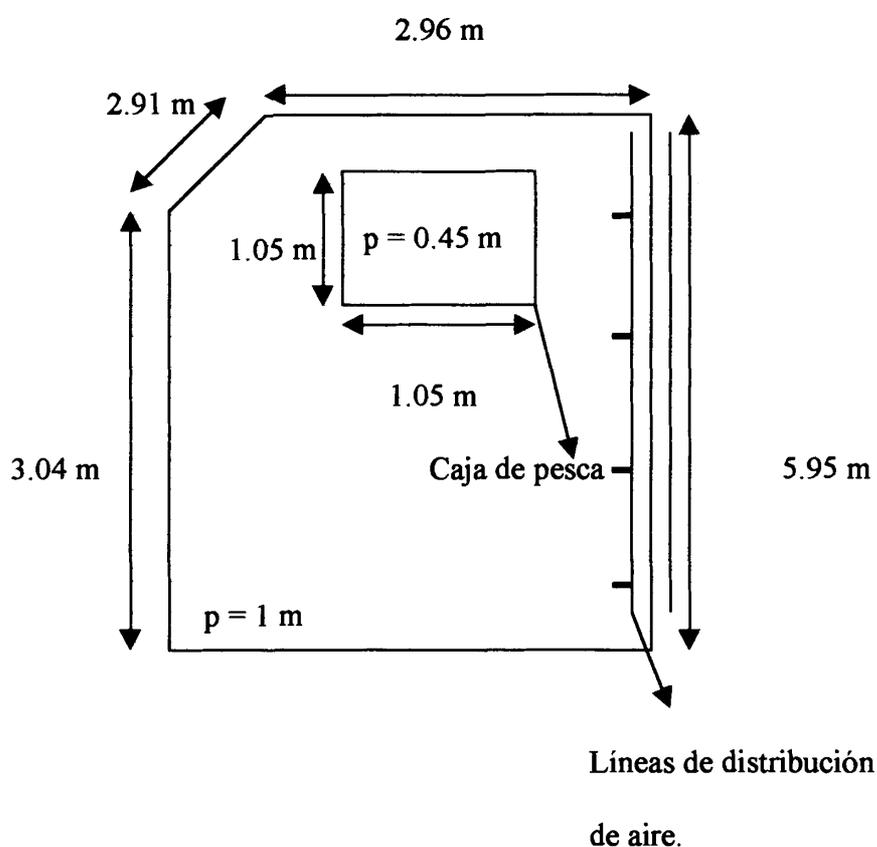
- Dos tanques tipo A (cemento).

- Dos tanques tipo B (fondo arenoso).

El ensayo se llevó a efecto en el primer tanque tipo A. En la parte posterior del área de estanquería, se encontraba un espacio físico que fue adecuado para el cultivo de azolla.

3.1.1. Forma y dimensión del tanque

El tanque de cemento es de forma rectangular con bordes irregulares.



* p : profundidad

Fig. 12. Vista aérea del tanque tipo A empleado en la experimentación “(tomado de investigación realizada, 2003)”.

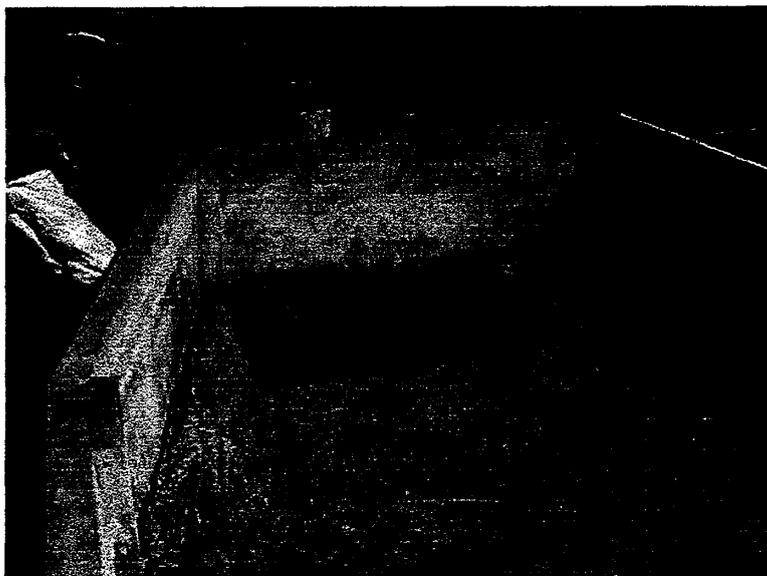


Fig. 13. Tanque tipo A del laboratorio húmedo FIMCM “(tomado de Landívar, 2002)”.

3.1.2. Distribución de aire

El tanque cuenta con un sistema de aireación suministrado por un soplador (blower) de las siguientes especificaciones:

- Caballaje : 3.5 HP.
- Voltaje : 230 watts.
- Amperaje : 19 Amperios.
- RPM : 3450 RPM.
- Frecuencia : 60 HZ.
- Clase : F, determinado por catálogo para la correspondiente identificación de partes en el reemplazo de dispositivos.

El aire es distribuido por un sistema de tuberías hacia los tanques de producción. El diámetro de la tubería de PVC que sale del soplador, tiene una dimensión de 3 pulgadas, empalmado luego hacia un reductor de 3 a 2 pulgadas, y este último suministra el aire a los tanques.

El tanque destinado para la experimentación presentaba cuatro llaves de paso, para ajustar la intensidad de aire que expulsa cada línea individualmente. Siendo posteriormente colocadas T plásticas para garantizar que cada uno de los módulos, contara con aireación independiente.



Fig. 14. Caseta de seguridad en donde se encuentra ubicado el blower que suministra aire al área de estanquería “(tomado de Landívar, 2002)”.

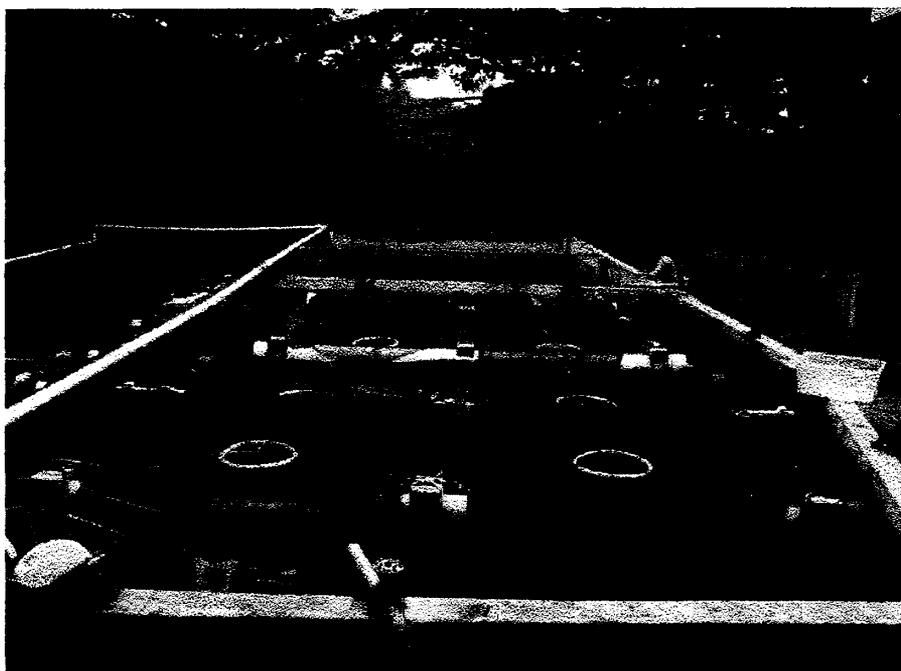


Fig. 15. Distribución del aire a los módulos experimentales “(tomado de investigación realizada, 2003)”.

3.1.3. Suministro de agua

Las especificaciones de la bomba que suministra agua a los tanques son las siguientes:

- Caballaje : 1 HP.
- Voltaje : 115 – 230 watts.
- Amperaje : 18/9.
- Marca : F&W.

La conducción del agua es a través de una tubería de PVC de 1/4 pulgadas de diámetro.

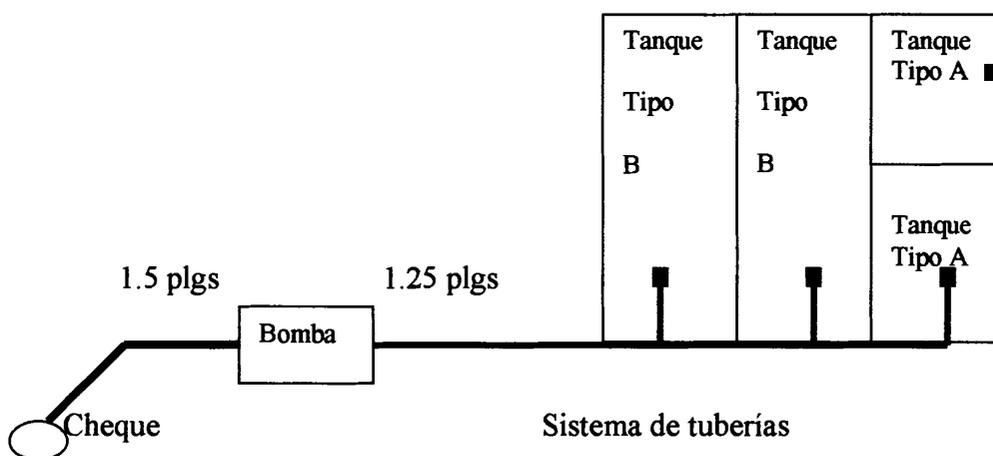


Fig. 16. Diagrama esquemático, de la distribución de agua a los tanques “(tomado de investigación realizada, 2003)”.

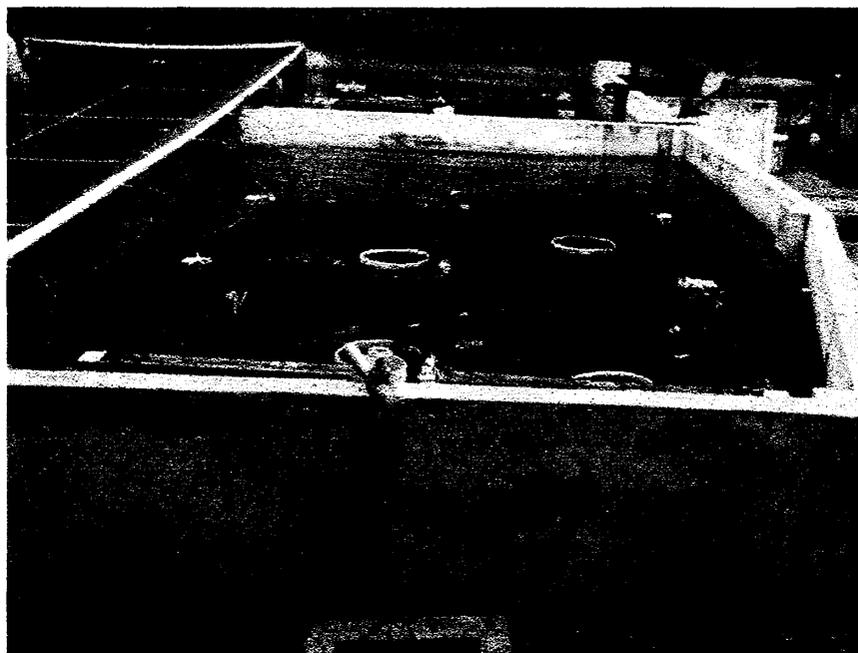


Fig. 17. Llaves de control para el suministro de agua a los tanques “(tomado de investigación realizada, 2003)”.

3.1.4. Determinación del volumen útil

La profundidad del tanque es de 1 metro lineal. Para fines técnicos y de eficiencia del sistema, la altura de la columna de agua estaba en función, de las alturas individuales de las jaulas (0.80 m), determinándose por lo tanto, el volumen útil o volumen real, que unido a la disposición de plomos en las esquinas y centro de las mallas, contribuyó a la formación del bolso en cada una de las jaulas, lo que no impidió que la circulación de agua en el fondo del tanque sea eficiente.

Para fines de cálculo, se toma en cuenta los valores de área y altura del tanque.

Tenemos por lo tanto:

$$VT = L \times A \times H \quad (\text{ó } VT = \text{Área del tanque} \times \text{altura del tanque})$$

Donde: VT = Volumen total (m³)

L = Largo del tanque (m)

A = Ancho del tanque (m)

H = Altura del tanque (m)

Así al desarrollar la fórmula se obtiene:

$$\begin{aligned} VT &= L \times A \times H \\ &= (5.95 \text{ m}) (3.55 \text{ m}) (1.00 \text{ m}) \end{aligned}$$

$$VT = 21 \text{ m}^3.$$

Área del tanque: 21 m²

El valor calculado, corresponde al volumen máximo del receptáculo. Para determinar el volumen útil o real, se empleó como referencia la altura de las jaulas (0.80 m),

adicionando la altura de seguridad de 0.10 m, para permitir circulación de fondo, coadyuvó además a la descarga de materia orgánica (excretas de los peces, detrito y alimento no consumido) en los recambios diarios de agua.

Tenemos , por la tanto que:

$$VU = LxAxHc$$

Donde: VU = Volumen útil (m³)

 L = Largo del tanque (m)

 A = Ancho del tanque (m)

 Hc = Altura de la columna de agua (m)

Desarrollando la fórmula obtendríamos los siguientes valores:

$$VU = LxAxHc$$

$$= (5.95 \text{ m}) (3.55 \text{ m}) (0.90 \text{ m})$$

$$VT = 19 \text{ m}^3.$$

3.1.5. Desinfección del tanque

Según el método propuesto por New M. (1992), Singholke S. (1992), se procedió en primera instancia a realizar un raspado del tanque, para retirar el exceso de algas en las paredes del mismo; debido a que son organismos que ocasionan pérdidas de la calidad del agua y disminución del oxígeno disuelto en el medio circundante. Por ello con la ayuda de una espátula se realizó esta operación, cerciorándose de que se descarte el mayor porcentaje de incrustaciones.

Como siguiente paso, se elevó la columna de agua en un 50% de la capacidad total, y se adicionó cloro en una concentración de 60 ppm, durante un día con aireación. Al siguiente día se descartó el agua contenida en el tanque y se lo dejó secar al sol durante un día. A la mañana siguiente se elevó la columna de agua en un 80% de su volumen total con aireación, dejándolo reposar por un día. En el siguiente día, se bajó nivel y como último paso, se elevó la columna de agua, para concluir con la desinfección del tanque. El sol ayuda a la neutralización de metabolitos nocivos, y sirve como método alternativo de control de parásitos y bacterias que pudieran existir en el medio, a través de la radiación solar que fue intenso en los días que se realizó este tratamiento, garantizando de esta manera resultados óptimos en los trabajos de investigación.

3.1.6. Formas y dimensiones de las jaulas

Para la confección de las jaulas se utilizó un total de 51 libras de malla negra (tratada con alquitrán, que retarda la descomposición natural del hilo en el agua). El ojo de malla era de $\frac{1}{2}$ pulgada.

El hilo que se utilizó para la elaboración fue el #36, empleándose en total, dos rollos del hilo antes mencionado, en total para las ocho jaulas.

Se cortaron cinco caras de la malla, siendo las laterales de menor altura. Las dimensiones son como se detallan a continuación:

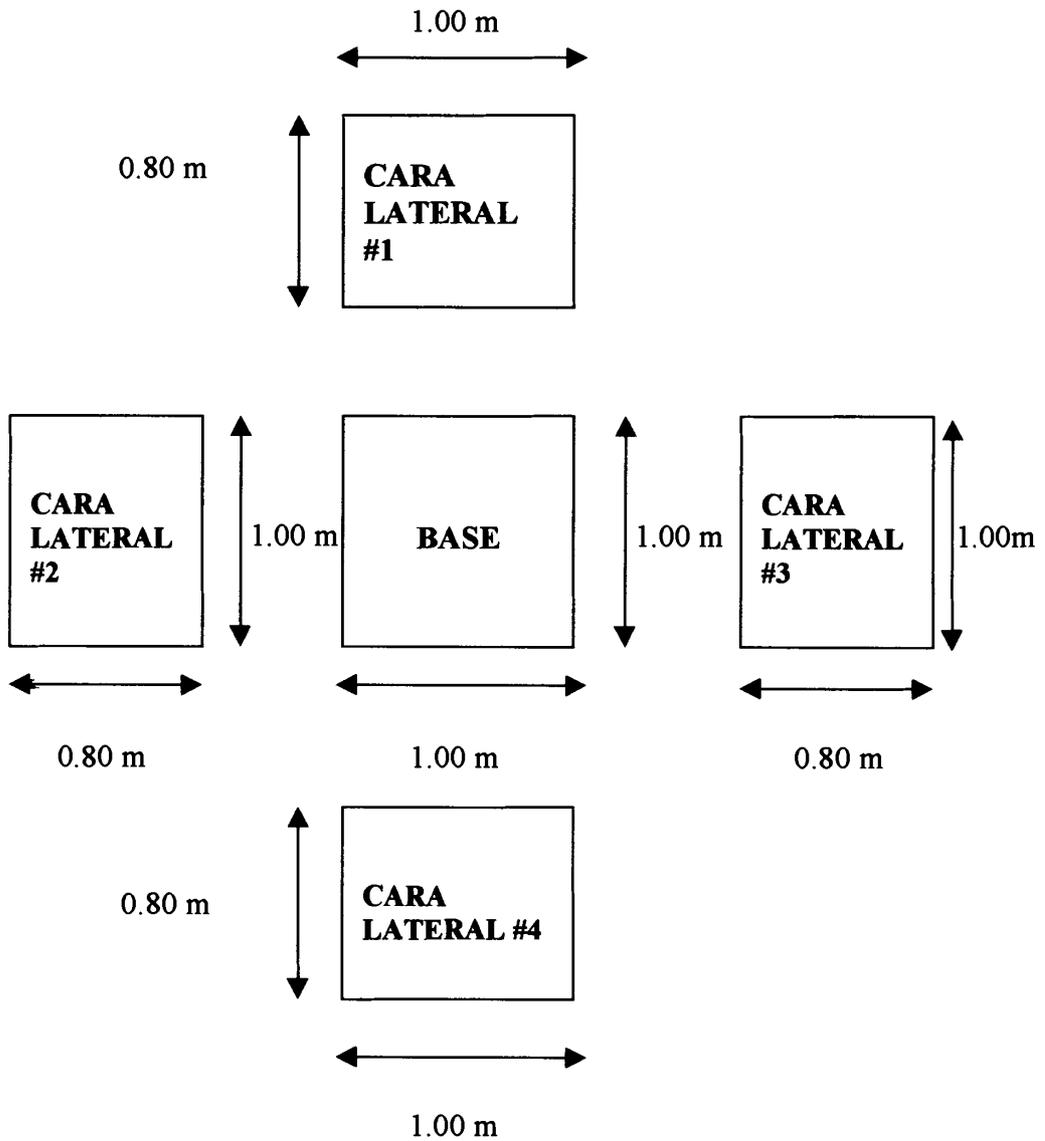


Fig. 18. Dimensiones de las mallas utilizadas en la confección de las jaulas experimentales “(tomado de investigación realizada, 2003)”.

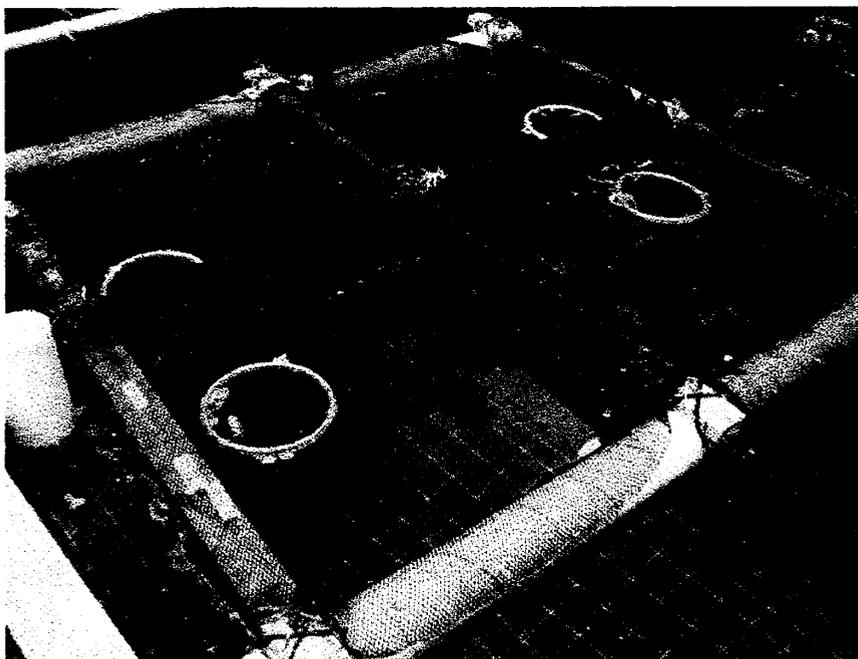


Fig. 19. Vista del módulo experimental utilizado en la investigación “(tomado de investigación realizada, 2003)”.

3.2. ÁREA DESTINADA A LA PROLIFERACIÓN DE LA AZOLLA

Adyacente al área de estanquería, se adecuó un espacio físico para la colocación de los tanques con azolla. La extensión de este espacio físico es de 7.30 metros de largo por 4.50 metros de ancho. Se hicieron uso de los siguientes equipos (ver fig. 20):

- Dos tanques cónicos de fibra de vidrio con una capacidad de 250 lts cada uno (a).
- Ocho baldes plásticos de 20 lts cada uno (b).
- Un tanque rectangular de fibra de vidrio de 5.00 m de largo, 0.85 m de ancho y 1.20 m de altura (c).
- Un tanque circular de fibra de vidrio de 50 lts (d).

El agua potable que se utilizó para los receptáculos, era depositada con ayuda de una manguera plástica a presión. Los árboles circundantes contribuían a generar sombra para el cultivo, según Van Hove *et al.* (1989), la azolla puede soportar una intensidad lumínica del 50%, aunque se comprobó después que las variedades con que se contaba provenientes de la zona de Daule, eran resistentes a la exposición directa al sol.

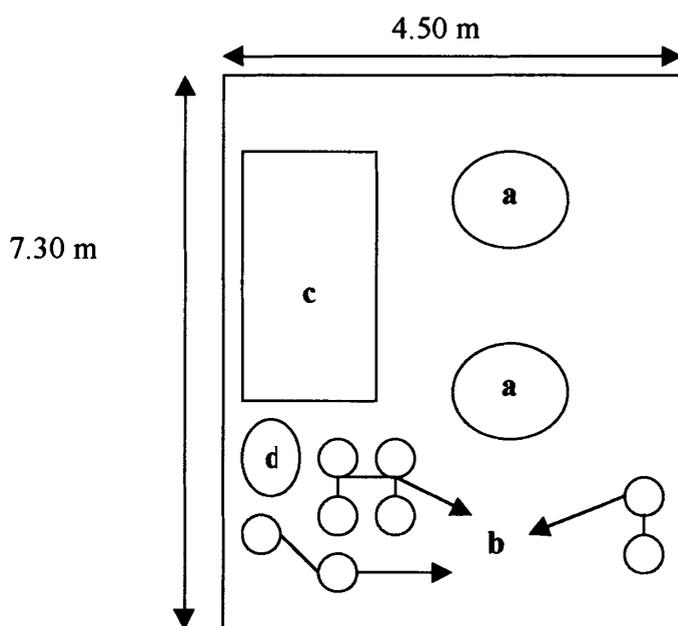


Fig. 20. Esquema de distribución del azollario FIMCM “(tomado de investigación realizada, 2003)”.

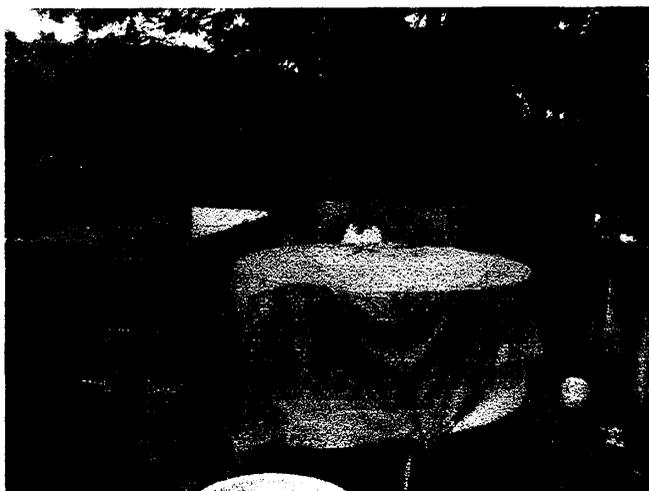


Fig. 21. Tanques de aclimatación de la azolla (azollario) “(tomado de investigación realizada, 2003)”.



Fig. 22. Stock de azolla para la preparación de las dietas experimentales “(tomado de investigación realizada, 2003)”.

3.3. CONDICIONES AMBIENTALES EN LOS TANQUES

Las características que presente el medio en que se desarrolla el cultivo, constituye un factor elemental para el éxito o fracaso de la corrida, y en base a estas condiciones, el

manejo que el técnico responsable realiza. El medio acuático se distingue por poseer una serie de características que permiten sostener la vida celular (Vaquero *et al.*, 2002).

La temperatura va a incidir directamente en la velocidad de crecimiento de los alevines, al igual que el fotoperiodo. Por esto, es importante la toma de parámetros ambientales como: temperatura, oxígeno disuelto, pH y de igual forma determinar la calidad de agua del sistema, que representan factores de estrés directos para el animal.

3.3.1. Temperatura

La característica principal de los peces, es la de ser poiquiloterms; es decir que su temperatura corporal dependerá básicamente de la temperatura en que se encuentre el medio en que se desarrollen. Además presentan la propiedad de ser altamente termófilos, es decir, que dependen y son sensibles a los cambios de temperatura (Bardach, 1986).

El rango óptimo de temperatura para el cultivo de tilapia oscila entre 28°C y 32°C, tolerando una variación de hasta 5°C por debajo del rango óptimo (Morales, 1974).

Se puede citar también que dichas variaciones en la temperatura, va a incidir directamente en la tasa metabólica del animal. Es así, que si en el medio existe una alta temperatura, aquello ocasionará que la tasa metabólica se eleve, aportando a que exista un mayor consumo de oxígeno por parte del animal (Hepher *et al.*, 1983).

Las variaciones grandes de temperatura que pudieran ocurrir tanto en el día como por la noche, se pueden compensar con un suministro en la alimentación, de altos porcentajes de proteína entre el 30 al 32% aproximadamente (Morales, 1991).

A continuación se citarán los valores promedio de temperatura registrados, durante los tres meses que duró la experimentación, en cada uno de los módulos. El equipo empleado para esta finalidad fue un oxímetro sensible marca YSI.

Tabla 5. Valores de temperatura promedio, registrados en los módulos experimentales, durante los tres meses de corrida

Hora	Temperatura (°C)							
	MOD 1	MOD 2	MOD 3	MOD 4	MOD 5	MOD 6	MOD 7	MOD 8
08:00	23	23.2	23.1	23.2	23.2	23.1	23	23
09:00	24	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23	23
10:00	24	24.2	23.2	23.2	23.5	23.2	23.2	23.2
11:00	24.2	24.2	24	24	24	23.2	23.2	23.2
12:00	25	25	24.2	24.2	24.2	24.2	23.2	23.2
13:00	25.4	25.2	25	25	25	25	24.2	24.2
14:00	26	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2
15:00	26	25.6	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2
16:00	26.2	26	25	25	25	25	25	25
17:00	25.6	25.2	25.2	25	25	25	25	25

3.3.2. Oxígeno disuelto

Constituye el parámetro físico-químico más importante, en el cultivo de especies acuáticas. Además, el grado de saturación de oxígeno disuelto en el agua va a ser inversamente proporcional a la altura en que se encuentren las instalaciones y directamente proporcional a la temperatura y pH (Boyd, 1979).

En este punto, se procedió a registrar los valores de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación en el sistema, valores proporcionados por el equipo de YSI, a través de un electrodo que se introduce en el agua y proporciona dichos valores.

Los valores ideales de oxígeno disuelto, para el cultivo de tilapia según Marcillo y Landívar (2000) son los siguientes:

- 0 – 0.3 ppm Los peces pequeños sobreviven pero en periodos cortos de tiempo.
- 0.3 – 2.0 ppm Tiene un efecto letal para los peces con exposiciones prolongadas.
- 3.0 – 4.0 ppm Los peces subsisten pero su crecimiento es lento.
- > 4.5 ppm Rango óptimo para el normal desarrollo del pez.

Tabla 6. Valores promedio de oxígeno disuelto y saturación, registrados en los tres meses de experimentación, en los módulos experimentales

Hora	Oxígeno disuelto ^a (ppm)				Saturación ^b (%)			
	MOD 1	MOD 2	MOD 3	MOD 4	MOD 5	MOD 6	MOD 7	MOD 8
08:00	3.46 ^a 39 ^b	2.84 ^a 30.4 ^b	3.72 ^a 39 ^b	3.19 ^a 37.6 ^b	2.7 ^a 32.1 ^b	2.73 ^a 31.3 ^b	3.96 ^a 46.2 ^b	3.4 ^a 39.7 ^b
09:00	4.62 ^a 46.6 ^b	2.92 ^a 30.52 ^b	3.75 ^a 40.2 ^b	3.75 ^a 38 ^b	3.75 ^a 39.7 ^b	2.75 ^a 33.2 ^b	3.96 ^a 46.2 ^b	3.4 ^a 39.7 ^b
10:00	5.84 ^a 54.2 ^b	4.02 ^a 45.7 ^b	4.02 ^a 47.8 ^b	4.15 ^a 46.2 ^b	4.2 ^a 47.3 ^b	3.73 ^a 40.8 ^b	3.98 ^a 47.2 ^b	3.98 ^a 47.2 ^b
11:00	6.32 ^a 62 ^b	4.2 ^a 47.2 ^b	4.2 ^a 52.3 ^b	4.2 ^a 46.8 ^b	4.2 ^a 47.3 ^b	3.8 ^a 42 ^b	4.02 ^a 48.3 ^b	4.02 ^a 48.3 ^b
12:00	7.02 ^a 70 ^b	5.32 ^a 54.8 ^b	5.32 ^a 59.9 ^b	5.38 ^a 54.8 ^b	5.4 ^a 54.9 ^b	4.5 ^a 49.6 ^b	4.5 ^a 50.2 ^b	4.52 ^a 50.2 ^b
13:00	8.02 ^a 78 ^b	6.32 ^a 62.4 ^b	6.35 ^a 67.5 ^b	6.4 ^a 62 ^b	6.42 ^a 62.5 ^b	5.42 ^a 57.2 ^b	5 ^a 57.8 ^b	5.2 ^a 58.2 ^b
14:00	8.1 ^a 80 ^b	6.38 ^a 64.2 ^b	6.45 ^a 70 ^b	6.5 ^a 63.2 ^b	6.55 ^a 64 ^b	5.42 ^a 57.2 ^b	6.5 ^a 67.2 ^b	6.52 ^a 65.8 ^b
15:00	8.1 ^a 88.2 ^b	7.0 ^a 71.8 ^b	7.0 ^a 77.6 ^b	6.8 ^a 65.3 ^b	6.8 ^a 67.2 ^b	5.5 ^a 58.2 ^b	5.5 ^a 58.6 ^b	5.52 ^a 57.8 ^b
16:00	8.18 ^a 88.5 ^b	7.1 ^a 79.4 ^b	7.1 ^a 78.2 ^b	7.1 ^a 72.9 ^b	6.8 ^a 67.2 ^b	5.7 ^a 59.8 ^b	5.7 ^a 59.8 ^b	5.4 ^a 56.8 ^b
17:00	6.35 ^a 98 ^b	6.35 ^a 63 ^b	6.3 ^a 62.8 ^b	6.5 ^a 63.2 ^b	6.5 ^a 64.5 ^b	5.8 ^a 60.2 ^b	5.85 ^a 60.2 ^b	5 ^a 52.2 ^b

3.3.3. pH

Definiendo esta variable, es la concentración de iones de hidrógeno en el agua. El rango óptimo para el cultivo de tilapia, oscila entre los valores de 6.5 a 9.0.

Valores que se encuentran tanto por debajo o encima del valor de tolerancia, ocasionarían en los peces cambios en su comportamiento como por ejemplo: letargia, inapetencia, además que su crecimiento y reproducción se retrasan (Bardach *et al.*, 1986).

Valores de pH cercanos a 5, pueden ocasionar mortalidades dentro de un período de tres a cinco horas, por efectos de fallas en la respiración. De igual forma, se puede observar una pérdida en la pigmentación del pez y finalmente una intensa producción de mucus, a nivel de la piel (Morales, 1991).

En el caso de que se presenten valores de pH ácidos, ocasiona que el ión Fe^{++} se transforme en soluble, produciendo una afectación directa en las células que se encuentran en los arcos branquiales del pez, y con ello una disminución en los procesos de respiración, ocasionando mortalidades por causa de anoxia (asfixia por falta de oxígeno) (Swingle, 1969).

Esta variable dentro del agua, fluctuará dentro del día, especialmente por la concentración que exista en el medio de CO_2 , densidad del fitoplancton, alcalinidad total, además de la dureza del agua (Boyd *et al.*, 1979).

Sin embargo, el pH dentro de un medio con tilapias debería ser neutro o muy próximo a él, con dureza normalmente alta, proporcionando una producción adecuada del mucus en la piel (Bardach *et al.*, 1986).

Para medir el pH del sistema, se recurrió al uso de papeles indicadores. Se tomaron varios puntos dentro del tanque, específicamente las esquinas (zonas muertas, por la acumulación excesiva de materia orgánica y la deficiente aireación), y al final se determinó una media en cada caso y al final un promedio máximo y mínimo, durante los tres meses de ensayo. Los valores se citarán a continuación:

Tabla 7. Rango máximo y mínimo promedio de pH, registrado en el tanque de cultivo

MAX.	9
MIN	6.5

3.3.4. Nutrientes

Los parámetros medidos fueron: nitrito, nitrato, amonio y fosfato. Fue necesario llevar 2 botellas plásticas de 1 litro cada una (entrada y descarga del tanque). Las muestras debían estar congeladas y fueron analizadas en el Departamento de Contaminación del INP, el método utilizado fue el denominado Standart Method.

Tabla 8. Valores registrados por el Standart Method en la determinación de nutrientes en el agua del tanque experimental

PARÁMETROS	ENTRADA DE AGUA		DESCARGA	
Nitrito	0.65	micromoles	0.94	micromoles
Nitrato	5.62	micromoles	4.98	micromoles
Amonio	12.98	micromoles	13.5	micromoles
Fosfato	0.02	micromoles	0.03	micromoles

Describiendo cada una de estas variables, se puede destacar que en el caso del amonio, representa el producto de la excreta de los animales, orina y además, la descomposición de la materia orgánica, como por ejemplo: la degradación tanto del material vegetal (algas) como de las proteínas contenidas en el alimento suministrado, y que no fue consumido por el pez. Además se puede ilustrar que el amonio no ionizado, que es la forma gaseosa de este compuesto y primer producto de la excreción de los peces, es de carácter tóxico para el sistema. Los niveles de tolerancia de esta variable para la tilapia oscila entre 0.6 a 2.0 ppm (Marcillo y Landívar, 2000).

En el caso de los nitritos, constituye un parámetro muy importante de tomar en consideración, debido a su elevada toxicidad, adicionalmente también por ser un agente contaminante. Se produce como un efecto del proceso de transformación del amoníaco a nitratos. El grado de toxicidad de los nitritos en cambio, se dará en función de la cantidad de cloruros, temperatura y también por la concentración del oxígeno disuelto en el cuerpo de agua.

Será muy importante mantener el sistema en valores por debajo de 0.1 ppm, a través de recambios fuertes, reduciendo la alimentación y disminuyendo las altas concentraciones de amonio en el agua (Bardach *et al.*, 1986).

Los fosfatos son los productos que resultan de la actividad biológica de los peces, y también por una sobrealimentación con dietas artificiales. Su alta concentración trae como consecuencia un bloom de algas en el medio, ocasionando una crítica inflexión del oxígeno disuelto durante la noche.

Los valores óptimos fluctúan entre 0.6 a 1.5 ppm bajo la forma de PO_4 . La toxicidad de este compuesto estará en función también del pH en el agua, cuando éste se encuentre en niveles ácidos (Boyd *et al.*, 1979).

3.4. PROTOCOLO DE PRECRÍA

La precría fue programada para un período de tres meses. El objetivo principal fue llevar animales a un peso promedio >30 g, analizando la biometría del pez. Con los datos se procedía a efectuar los cálculos de alimentación en cada dieta experimental, en base a la densidad de transferencia y biomasa. Determinando al final la tasa de conversión alimenticia, supervivencia, crecimiento específico, siendo estos últimos los indicadores universales en la producción, que dan una idea de cómo va evolucionando el cultivo, sea positiva como negativamente y realizar ajustes en los protocolos de manejo.

3.4.1. Procedencia de los alevines

El número de alevines solicitados fue de 1000 alevines, que se obtuvieron del cruce de la especie *O. niloticus* con *O. mossambicus*, procedentes de la red Florida (fuente: MODERCORP).

El número de animales que se emplearon en la experiencia, fue de 800 peces, lo adicional quedó como reserva para la sustitución de los ejemplares que perecieran durante el viaje y en el proceso de aclimatación respectivo. Los alevines fueron trasladados desde la granja hacia el laboratorio húmedo de la FIMCM, a través de una camioneta propiedad de la Facultad.

3.4.2. Densidad de siembra

Para determinar el número de animales a sembrarse se empleó la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{\text{BF}}{\frac{\text{Peso deseado}}{\text{Supervivencia}}}$$

Donde: BF = Biomasa final esperada (g)

Peso deseado = Al final de la corrida (g)

Supervivencia = Biológicamente deberá ser $\geq 70\%$ (%)

Desarrollando la fórmula obtendríamos lo siguiente:

$$\rho = \frac{\frac{3500 \text{ g}}{50 \text{ g}}}{0.70}$$

El número determinado como densidad de siembra fue de 100 animales por jaula, los cuales fueron colocados en cada módulo respectivo, posteriormente fueron aclimatados, pesados y medidos. El método empleado para la venta de alevines en la granja, es por peso, lo cual sumado al estrés del viaje, acarrió la pérdida de un número considerable de animales, por lo cual fue necesario depositar en la jaula #8 un total de 90 animales, se optó por esta decisión, debido a que el número ocho correspondía al módulo de control, blanco o tésigo, es decir aquel alimentado con dieta artificial.

3.4.3. Cronograma de alimentación

Se probaron cuatro dietas: tres a base de azolla y el control que correspondía al balanceado comercial extrusado, y su porcentaje de proteína fue de 32%.

Tabla 9. Distribución de las dietas experimentales con su correspondiente módulo o jaula

Módulo	Tipo de dieta
Módulo 1	(A – A2)
Módulo 2	(C2)
Módulo 3	(AH2)
Módulo 4	(AS2)
Módulo 5	(AS1)
Módulo 6	(AH1)
Módulo 7	(A – A1)
Módulo 8	(C1)

Descripción

AS1	Azolla seca 1	A-A1	Afrechillo-azolla 1
AS2	Azolla seca réplica2	A-A2	Afrechillo-azolla réplica2
AH1	Azolla húmeda 1	C1	Control 1 (Balanceado comercial)
AH2	Azolla húmeda réplica2	C2	Control 2 (Balanceado comercial)

Se determinaron dos horarios para dosificar las dietas: la primera ración se suministró a las 12H00 y la segunda a las 17H00. La tasa de alimentación determinada para el cultivo en jaulas fue del 10% de la biomasa.



Fig. 23. Mezcla de ingredientes para la preparación del balanceado a base de azolla “(tomado de investigación realizada, 2003)”.



Fig. 24. Mezcla y peletización de ingredientes “(tomado de investigación realizada, 2003)”.

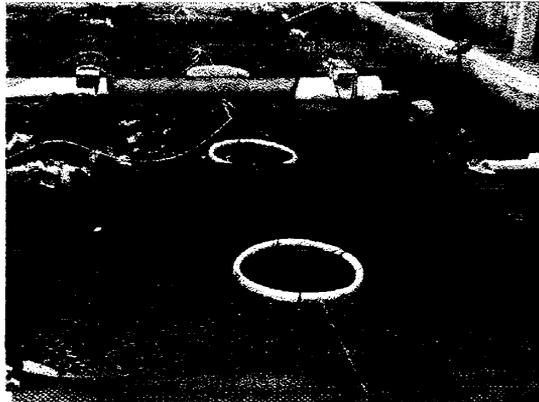


Fig. 25. Comederos para el suministro de las distintas dietas “(tomado de investigación realizada, 2003)”.



Fig. 26. Peces consumiendo el alimento artificial “(tomado de investigación realizada, 2003)”.

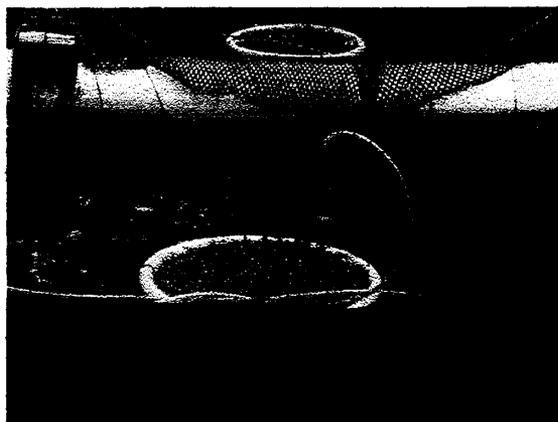


Fig. 27. Azolla húmeda ubicada en el comedero para el consumo de los peces “(tomado de investigación realizada, 2003)”.

3.4.4. Medidas profilácticas

Dentro del cultivo comercial de especies acuáticas, se tiene como premisa principal, el producir animales de buena calidad, sanos y con una excelente apariencia para el cliente. Es por esto que se hace indispensable el poder controlar y prevenir los riesgos o causas que puedan ser el foco de infección, y que en su defecto puedan propagar las enfermedades (Salazar *et al.*, 1987). Por lo tanto se debe procurar brindar a la especie de cultivo, el ambiente favorable para su desarrollo, control de los diferentes agentes patógenos o sus vectores, siendo un complemento importante el brindar los requerimientos nutricionales necesarios y lograr obtener peces de buena calidad genética.

Bajo esta referencia, se pudo registrar, que durante la segunda semana, después de iniciado el cultivo, la población comenzó a descender. Al examinar los animales muertos se podía observar en la boca, una especie de incrustación de hifas, que se

ubicaron a lo largo de la boca, llegando a la conclusión que se trataba de un ataque de saprolegnia. Se colocó en el tanque 25 ppm de formol, durante una semana, cada vez que se dosificaba se lo realizaba con dos horas de anticipación de la alimentación de los animales, para que no ocasione ningún trastorno en la palatabilidad. A la mañana siguiente se procedía a hacer un 80% de recambio y seguidamente se aplicaba una nueva dosis.

La saprolegniosis constituye una enfermedad provocada por hongos de los géneros *Saprolegnia* y *Achlya*. Se desarrollan en animales muertos o que se encuentran débiles como producto de alguna enfermedad o por laceraciones en la piel, de igual forma se la puede encontrar en huevos muertos, en el caso de aparecer en los huevos, ocasionaría una contaminación masiva a los sanos tan solo por contacto. Existe en todo tipo de aguas dulces, especialmente aquellas ricas en materia orgánica (Vaquero *et al.*, 2002).

En si la saprolegniosis, se lo puede catalogar como un parásito que produce debilidad en el animal, y resulta inofensivo para los peces sanos. Su característica principal, es la aparición de manchas algodonosas, en color gris claro sobre la piel, ojos, boca, branquias y aletas. A nivel de huevos, aparecen totalmente envueltos con estas manchas.

3.4.5. Muestreos

Los muestreos se realizaron quincenalmente. En el día cero se inició el análisis, se muestreó un total de 36 animales y corresponde al día de la transferencia, con ello se calculó el peso y longitud promedio de la población muestreada y posteriormente se

determinó la biomasa existente y se calculó la ración alimenticia durante ese período, tomando como base una tasa de alimentación del 10%, en relación a la biomasa. Se realizaron un total de cinco muestreos posteriores. Sin embargo, cabe mencionar el hecho de que por problemas como el hurto nocturno de ejemplares y efecto de depredación ocasionado por las aves, a partir del muestreo #4 fue necesario ajustar la densidad, y por ende la biomasa, por los factores citados anteriormente. En este muestreo se realizó un análisis total de la población existente.

4. METODOLOGÍA Y PROTOCOLOS

4.1. CAPTURA Y TRANSPORTE DE ALEVINES

La captura de los ejemplares se inicia con el arrinconamiento de los animales con ayuda de la arte de pesca conocida como “chinchorro”, previo a esto se bajó nivel en la piscina en un porcentaje del 20%, para permitir el ingreso de los operarios y efectuar la operación de captura; luego con ayuda de un chayo, se procede a recolectar a los animales que han quedado atrapados dentro del chinchorro. Una vez que se han seleccionados los animales, corresponde la determinación del peso de los ejemplares.

La granja de Modercorp cuenta con sistemas de tablas referenciales, donde se tiene determinado el número de animales que representa un peso en particular, y con ello se ayudan a hacer los despachos diarios de alevines, optimizando el proceso.

Una vez pesados, son colocados dentro de fundas de polietileno en pequeñas cantidades, para evitar el estrés. Una vez que son llenadas las fundas en una cuarta parte de su capacidad, con el agua de la piscina, se procederá a colocar los peces. Como último paso tenemos, la colocación de oxígeno. El sellado de la funda, se realiza con ligas plásticas, efectuando previamente un nudo en la parte superior de la funda. Como último paso, se encuentra la ubicación de la funda dentro de la caja, para su transportación.



Fig. 28. Captura de los alevines en la granja con ayuda del chinchorro “(tomado de Landívar, 2002)”.

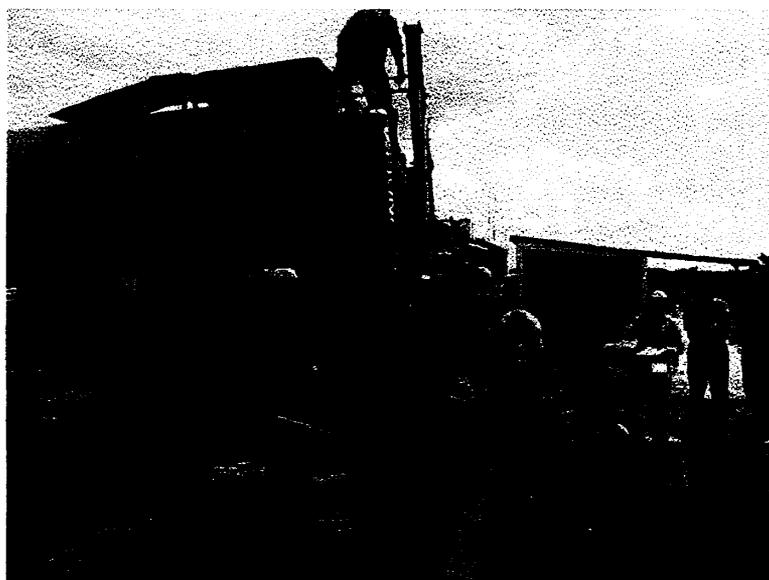


Fig. 29. Pesaje y embalaje de los alevines “(tomado de Landívar, 2002)”.

4.2. ACLIMATACIÓN Y TRANSFERENCIA DE LOS ALEVINES

La aclimatación de los peces se realizó, tomando en cuenta el antecedente que siempre se deberá llevar animales que presenten, un valor de temperatura de transporte mayor, hacia el menor valor o a la equivalencia del lugar donde se efectúe el cultivo (Morales *et al.*, 1991).

Al recibir los cartones en el laboratorio húmedo, se procedió a tomar la temperatura del agua de la funda, con ayuda del YSI, se registró previamente los valores respectivos de temperatura en el tanque de aclimatación. El valor en el tanque, fue menor (23°C), los valores en la funda de transportación de los peces fue 25°C. La temperatura ambiental al momento de la recepción de los peces, fue de 25°C.

Como primer paso en la aclimatación, se retiraron 500 ml del agua contenida en la funda, sustituyéndola en un volumen igual, con agua del tanque experimental. Después de quince minutos se procedió nuevamente, a registrar la temperatura, estimándose que la temperatura descendió en la funda, a razón de 1°C cada 15 minutos. El rango de tolerancia de temperatura en la tilapia es de $\pm 3^\circ\text{C}$ (Bardach *et al.*, 1986).

Una vez que los animales fueron aclimatados se procedió a colocarlos dentro del tanque de recepción, ubicado en la parte trasera del área de estanquería, donde permanecieron por 24 horas, con la finalidad de evaluar su comportamiento en el nuevo medio.

Al día siguiente, con ayuda de una balanza electrónica se procedió a sondear el peso de los animales (36 animales) y de igual manera se los midió con ayuda del ictiómetro. Luego, con baldes plásticos de 20 lts se procedió a hacer la transferencia de los animales hacia las jaulas, contando en cada caso 100 animales, sin embargo por efectos del estrés del viaje se perdieron varios ejemplares y se decidió dejar el módulo #8 con un número de 90 animales.

4.3. EMBALAJE Y TRANSPORTE DE LA AZOLLA

La azolla era transportada en sacos, de cuatro kilos. El Instituto de Ciencias Químicas (ICQ) de la ESPOL, a través de su azollario, facilitaron el producto para la elaboración de las distintas dietas a valorar. La recolección de las azollas se lo efectuaba con ayuda de un cedazo, y eran colocados paulatinamente dentro del saco. La recolección se la realizaba de tal forma que, no se estropee la parte de la raíz de la azolla, cuyo elemento es vital para la supervivencia de la planta acuática. De igual manera se recolectaba azolla en la zona de Daule, cuyos ejemplares eran las mismas especies existentes en el azollario ICQ. Algunos sacos eran destinados para ser secados al sol, y otro porcentaje tanto para la fabricación del alimento con afrechillo y máchica; así como también para mantener el cultivo de la azolla en los tanques de FIMCM.

4.4. ACLIMATACIÓN DE LA AZOLLA EN LOS TANQUES DE LA FIMCM

Los tanques, donde fueron depositadas las muestras de azolla, se llenaron con agua potable y desclorinada.

Luego se procedió a transferir a los tanques, la azolla con la ayuda de un cedazo, procurando siempre que no se aglutinaran las plantas en un solo sitio, y cerciorándose de que la parte de la raíz continuara en contacto directo con el cuerpo de agua. El hacinamiento de la planta, no permitiría la visualización del desarrollo, en la reproducción de los especímenes, es decir, no se pudiera apreciar un aumento en el número original de azollas. Como último paso se procedía a la correspondiente fertilización del medio.

4.5. FERTILIZACIÓN

El tipo de fertilización empleado, era orgánico: bioles y microorganismos eficientes; el uso de fertilizantes inorgánicos contribuyen a dejar residuos en el medio y, pudiera ser perjudicial al final del ciclo de producción, en virtud de que puede afectar las condiciones organolépticas del filete.

4.5.1. Biol

Es una fuente de fitorreguladores, que se obtienen como producto del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos (Suquilanda, 1996).

Al ser el biol una fuente de fitorreguladores, de igual manera contribuye a promover actividades fisiológicas dentro de la planta, y su correspondiente desarrollo en los procesos de enraizamiento (aumenta y fortalece la denominada base radicular), tiene un efecto directo sobre el follaje (ampliando la base foliar), contribuye al mejoramiento de la floración y además activa el vigor y poder germinativo de las semillas, convirtiéndose

de esta manera en un factor que aumente significativamente las cosechas (Medina, 1992).

De la composición bioquímica del biol, obtenido a partir del estiércol de ganado lechero estabulado, que es alimentado en promedio con un 60% de alfalfa, 30% de maíz ensilado y un 10% de alimentos concentrados (BE), se describirá un cuadro esquemático.

Tabla 10. Composición del biol proveniente de estiércol (BE) y de estiércol + alfalfa (BEA./Medina, V.A. y Solari, E.G. 1990).

Componente	Unidades	BE	BEA*
Sólidos totales	%	5.6	9.9
Materia orgánica	%	38.0	41.1
Fibra	%	20.0	26.2
Nitrógeno	%	1.6	2.7
Fósforo	%	0.2	0.3
Potasio	%	1.5	2.1
Calcio	%	0.2	0.4
Azufre	%	0.2	0.2
Ácido Indol acético	ng/g	12.0	67.1
Giberelinas	ng/g	9.7	20.5
Purinas	ng/g	9.3	24.4
Tiamina (B1)	ng/g	187.5	302.6
Riboflavina (B2)	ng/g	83.3	210.1
Piridoxina (B6)	ng/g	33.1	110.7
Ácido nicotínico	ng/g	10.8	35.8
Ácido fólico	ng/g	14.2	45.6
Cisteina	ng/g	9.2	27.4
Triptófano	ng/g	56.6	127.1

*Corresponde a la composición de biol, a partir de una mezcla del mismo estiércol de ganado lechero estabulado, sometido a la misma dieta con la única diferencia de la adición de alfalfa picada.

El fertilizante como tal, era proporcionado por el mismo ICQ, la dosificación era: en 20 litros de H₂O se añadía un litro de biol.

4.5.2. Microorganismos eficientes

Está constituido por microorganismos activos, por ello, difieren totalmente de los agroquímicos comunes y además no actúa de manera similar. Su principal característica, es que activa las poblaciones de microorganismos benéficos, que se encuentran en el suelo, obteniéndose con ello un ambiente favorable para los cultivos (Kyusei y Okada, 1989).

El proceso de preparación del EM es como se cita a continuación:

Se mezcla melaza y EM en agua. Se vierte la mezcla en un contenedor o barril plástico limpio, de tal forma que quede lleno. Se debe procurar cerrar el contenedor adecuadamente, y se lo almacena a temperatura ambiente, no se debería emplear un contenedor de material de vidrio.

Esta solución estará lista para ser empleada, cuando el pH desciende a menos de 4.0, que tomaría aproximadamente un período de 5 a 10 días.

De igual manera que el biol, las muestras de microorganismos eficientes fueron adquiridas a través del ICQ, y su dosificación es similar que la del biol, es decir, que en 20 litros de agua, se colocó 1 litro de microorganismos eficientes.

La fertilización se efectuaba a las 07H30, a las 08H00 o bien a las 17H00, en virtud de que los estomas de la azolla se encuentran abiertos y existe una mejor captación de nutrientes y la correspondiente eficiente asimilación del fertilizante por parte de la planta.

4.6. RUTINA DIARIA

Hora	Actividad
08H00	Fertilización y toma de parámetros
09H30	Recambio de agua y limpieza de residuos de alimento.
10H30	Llenado del tanque y pesaje de alimento
12H00	Alimentación
12H45	Almuerzo
13H30	Preparación del balanceado a base de azolla y secada al sol.
14H30	Preparación de la nueva dosis de fertilizante para la mañana siguiente.
15H30	Desconexión de la bomba de agua.
17H00	Alimentación

5. RESULTADOS

5.1. COMPORTAMIENTO DEL CRECIMIENTO EN PESO

Se realizaron en total seis muestreos: uno inicial, correspondiente al día de transferencia de los peces a las jaulas experimentales, los siguientes controles fueron efectuados con un intervalo de quince días. Los resultados de crecimiento en peso, se detallan en la tabla #11.

Para fines de análisis estadístico, se procedió a obtener la media y la desviación estándar en cada caso.

Tabla 11. Valores de crecimiento en peso (g)

Tratamientos	Muestreos					
	0	1	2	3	4	5
a-a	6.75±0	10.32±0.4	11.23±1.3	16.25±0.6	18.42±0.4	20.59±0.2
a-h	6.75±0	10.06±0.3	10.24±0.4	11.26±1.4	13.09±0.7	14.92±0.03
a-s	6.75±0	8.77±0.6	9.28±0.3	10.23±0.4	12.15±0.1	14.08±0.3
c	6.75±0	13.29±0.1	19.07±1.4	33.58±1.3	39.68±1.4	46.38±0.8

a-a Dieta procesada con azolla y afrechillo de arroz.

a-h Alimentación con azolla directa (húmeda), sin tratamiento previo.

a-s Azolla secada al sol.

c Balanceado comercial extrusado con 32% de proteína.

Los resultados obtenidos a través del método Scheffe en el análisis Anova de una sola vía, reveló que a partir del día 22, aparecen diferencias significativas ($p < 0.05$), en el análisis comparativo de la dieta control con la alimentación a base de azolla, diferencias que se hicieron más evidentes a partir del día 56 hasta el día 94.

Sin embargo, es a partir del día 56 que se observan diferencias significativas, entre la dieta procesada de azolla y la alimentación seca y húmeda de la misma planta, manteniendo esa tendencia hasta el día 94. Estos resultados se evidencian con la respectiva curva de crecimiento (Fig. 30), en donde se puede observar claramente como la curva de balanceado comercial extrusado, se desplaza de las dietas experimentales. Consecuentemente el alimento procesado de azolla a partir del día 56, se separa de la azolla seca y húmeda.

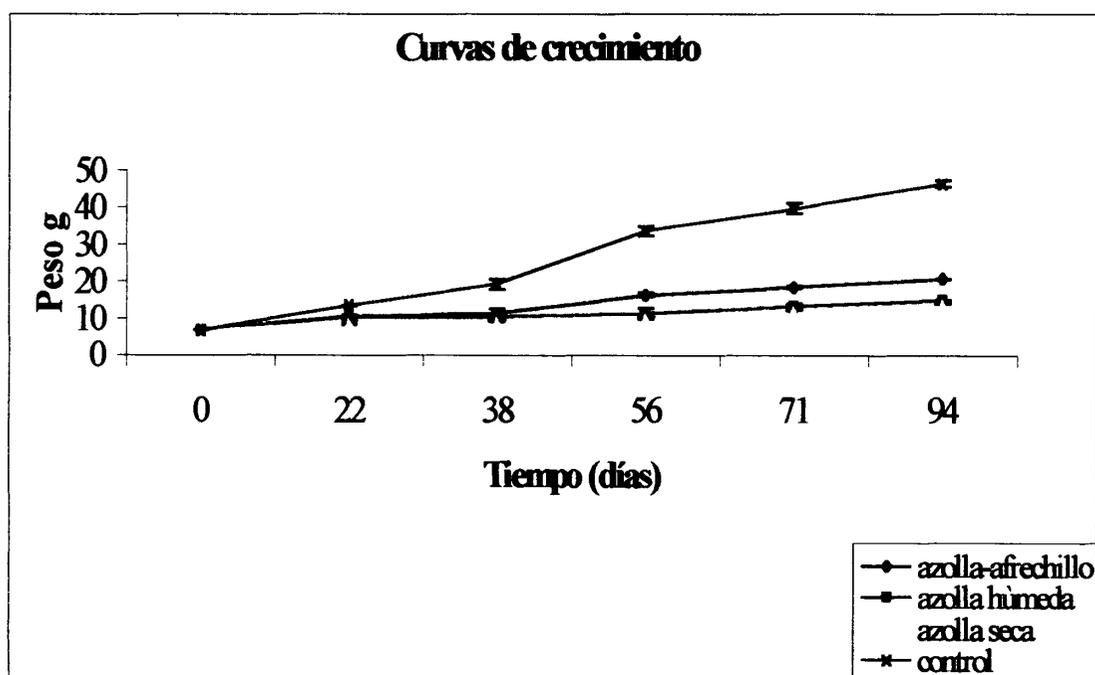


Fig. 30. Pesos promedios (g) “(tomado de investigación realizada, 2003)”.

5.2. COMPORTAMIENTO DEL CRECIMIENTO EN LONGITUD

Como análisis complementario, se cita las diferencias promedio de longitud en los peces, entre tratamientos.

De la misma manera que en el caso anterior, el análisis estadístico fue realizado a través de Anova de una sola vía, utilizando el método Scheffe.

Tabla 12. Variaciones de longitud de los diferentes tratamientos

Tratamientos	Muestras					
	0	1	2	3	4	5
a-a	72.50±0	80.59±0.3	84.38±2.3	95.38±1.8	96.59±1.3	97.81±0.8
a-h	72.50±0	81.79±1.1	81.97±1.3	85.69±4.4	86.96±2.3	88.23±0.2
a-s	72.50±0	78.12±2.0	78.84±1.5	81.96±1.4	84.28±1.0	86.59±0.6
c	72.50±0	87.89±0.7	93.21±0.6	118.37±1.3	120.80±1.7	126.30±1.5

a-a Dieta procesada con azolla y afrechillo de arroz.

a-h Alimentación con azolla directa (húmeda), sin tratamiento previo.

a-s Azolla secada al sol.

c Balanceado comercial extrusado con 32% de proteína.

El análisis Anova con el método de Scheffe mostró que a partir del día 22, los peces con alimento comercial extrusado, presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) con la azolla procesada con afrechillo y la azolla seca, respectivamente.

Se mantuvo esta tendencia en el segundo muestreo, incluyéndose la azolla húmeda, que mostró de igual forma, diferencias significativas con respecto al control.

En el día 56, existen diferencias significativas entre los tratamientos a base de azolla seca y la azolla procesada con afrechillo. Las diferencias de los controles con las dietas experimentales a base de azolla se mantuvieron, siendo mayor en la prueba con azolla seca.

En el día 71, se presentan diferencias entre la alimentación procesada de azolla, confrontada con la azolla húmeda y la seca, siendo mayor en esta última. Los resultados comparativos entre los controles se mantuvieron igual, pero en el caso de la azolla seca la diferencia significativa era mayor.

En el día 94, la propensión de la azolla procesada con las otras dietas a base del helechito, se sostuvo a este nivel. Los controles y las dietas experimentales presentaron de igual forma que en los casos anteriores diferencias significativas, siendo pronunciada en el caso de la azolla seca.

No existieron diferencias significativas entre la azolla húmeda y la seca en cada muestreo.

Lo anteriormente expuesto, se verifica en la gráfica de longitud promedio (Fig. 31), en donde a partir del día 22, el balanceado comercial se imponía a los demás tratamientos, manteniéndose de esa manera hasta el muestreo final. Las diferencias en la gráfica son

notorias en el día 71, entre el alimento procesado experimental y las dietas seca y húmeda.

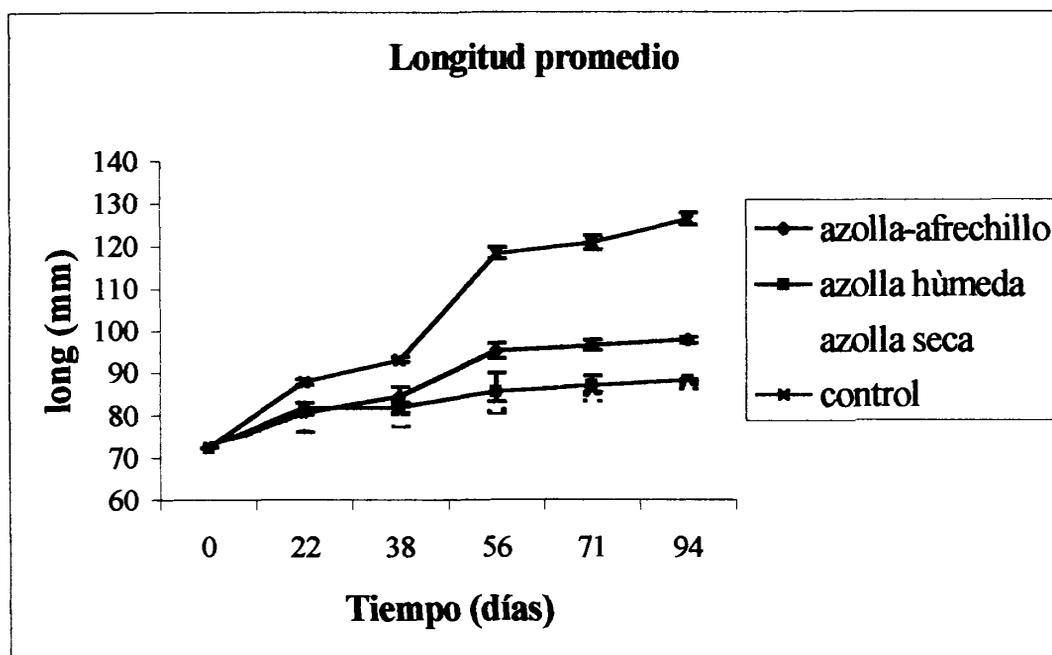


Fig. 31. Longitud promedio (mm) en cada muestreo “(tomado de investigación realizada, 2003)”.

5.3. EVALUACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA

La supervivencia representa un indicador universal y es además una herramienta que ayuda al técnico en Acuicultura, evidenciar el comportamiento de los peces en cautiverio y de esta manera poder suministrar el alimento justo, según sea el caso.

En la tabla #13, se citarán los valores correspondientes de supervivencia, durante el proceso de experimentación y al final de la misma.

Tabla 13. Valores de supervivencia registrados en cada tratamiento

Tratamientos	Muestras					
	0	1	2	3	4	5
a-a	100%	94%	92%	92%	92%	56%
a-h	100%	89%	89%	89%	89%	58%
a-s	100%	97%	96%	94%	93%	66%
c	100%	95%	94%	93%	93%	66%

a-a Dieta procesada con azolla y afrechillo de arroz.

a-h Alimentación con azolla directa (húmeda), sin tratamiento previo.

a-s Azolla secada al sol.

c Balanceado comercial extrusado con 32% de proteína.

En la gráfica (Fig. 32) se puede observar el comportamiento de la supervivencia promedio entre tratamientos, durante la fase experimental, resultando mayor en los módulos alimentados con azolla seca y en el control.

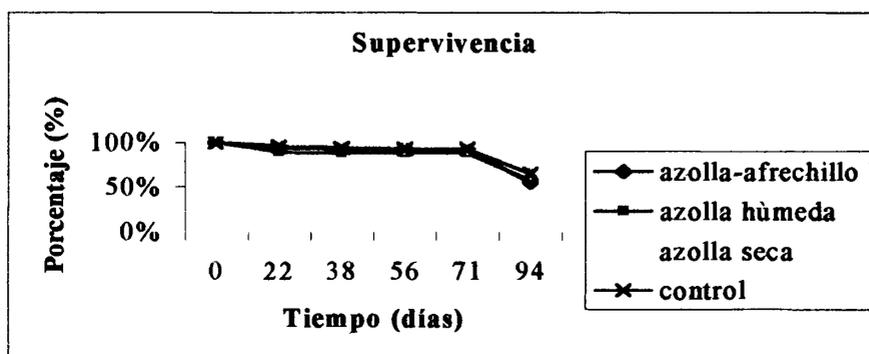


Fig. 32. Supervivencia en los tratamientos durante la experimentación “(tomado de investigación realizada, 2003)”.

5.4. EVALUACIÓN DE LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA

La conversión alimenticia es el peso del alimento que contribuye al aumento en una unidad de peso del pez (López, 1997), pudiendo ser en: gramos, libras o kilogramos.

Los valores de la conversión alimenticia, varían en función al tipo de dieta que se esté suministrando, la especie que se esté cultivando, el tamaño, la temperatura, etc.

La conversión alimenticia es mayor en el medio natural, que aquellos valores registrados en cautiverio (Bardach, 1986).

Las fórmulas empleadas en cada cálculo son las que se indican a continuación:

$$E.A. = U_{pp}/U_{as}$$

Donde: E.A. = Eficiencia alimenticia (%)
 U_{pp} = Unidades de peso producido (g)
 U_{as} = Unidades de alimento suministrado

$$S = P_{ta}/P_{tp}$$

Donde: S = Conversión alimenticia bruta
 P_{ta} = Peso total del alimento (g)
 P_{tp} = Peso total de los peces (g)

$$C = Pta/(ptf-pti)$$

Donde:

C	=	Conversión alimenticia neta
Pta	=	Peso total del alimento (g)
ptf	=	Peso total final de los peces (g)
pti	=	Peso total inicial (g)

En la tabla #14 se citan los dos tipos de conversión alimenticia (neta y bruta) y los valores de eficiencia alimenticia, obtenidos en cada caso.

Tabla 14. Valores obtenidos de conversión y eficiencia alimenticia entre las dietas experimentales

Tratamientos	Conversión alimenticia		Eficiencia
	S	C	E.A.
A-A	0.160	0.065	15.85%
AH	0.150	0.0315	14.69%
AS	0.155	0.042	15.74%
Control	0.230	0.170	22.78%

En términos de eficiencia los resultados demuestran que, el alimento artificial tiene un mayor porcentaje, seguido por el alimento experimental a base de azolla con afrechillo de arroz.

En lo que respecta a la conversión alimenticia neta, tanto la dieta húmeda como seca de azolla, obtuvieron valores menores de conversión alimenticia neta, siendo el mayor valor el del control.

5.5. ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS DE LA *Azolla sp.*

Los análisis fueron realizados en los laboratorios del Programa de Tecnología en Alimentos (ESPOL); el peso requerido de muestra para el análisis fue de 800 g, los valores se citarán a continuación:

Tabla 15. Análisis químico de la *Azolla sp.*

Parámetro determinado	Unidad	Resultados
Cenizas	%	2.095
Fibras	%	4.54
Nitrógeno	%	1.51
Proteínas	%	9.44
Humedad	%	81.61

5.6. AMINOÁCIDOS ESENCIALES DEL *Oreochromis niloticus*

Según Harris (1980), las dietas que se suministren a los peces, sean de tipo artificial o natural, deben presentar un alto porcentaje de proteína. Los peces al igual que otros animales, no presentan necesidades absolutas de proteína, pero requieren de una mezcla balanceada de aminoácidos esenciales, como de aminoácidos no esenciales; el nivel óptimo de proteína difiere en función de: la especie íctica, el efecto de las diferentes condiciones ambientales y las distintas prácticas de manejo.

La existencia de aminoácidos no esenciales, cumplen la función de ahorro en la dieta: reduciendo la necesidad metabólica del pez de sintetizarlos. Como ejemplo se puede citar la conversión de metionina a cistina y de fenilalanina a tirosina, al estar ausentes estos dos aminoácidos no esenciales en la dieta, podrán ser sintetizados a partir de los aminoácidos esenciales (metionina y fenilalanina), disminuyendo la posibilidad de que los aminoácidos indicados, sean empleados en otras funciones productivas importantes (Lovell, 1988).

Tabla 16. Requerimiento de aminoácidos en el *Oreochromis niloticus*

Aminoácido	Requerido por la especie ^a (% de alimento)
	<i>Oreochromis niloticus</i>
Arginina	1.34
Histidina	0.54
Isoleucina	0.99
Leucina	1.09
Lisina	1.63
Cistina	1.02
Tirosina	1.82
Treonina	1.15
Triptófano	0.32
Valina	0.90

^a National Research Council 1992.

5.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La distribución de las dietas para cada una de las jaulas, se lo efectuó en forma aleatoria, para reducir el % de error estadístico al final del ensayo.

Fueron tres dietas a base de azolla: azolla húmeda, azolla seca y azolla procesada con afrechillo y máchica, que fueron confrontadas con la dieta artificial (control), cada una de ellas con su respectiva réplica.

Las variables analizadas en cada uno de los tratamientos fueron: peso promedio final, longitud final promedio, % de supervivencia, crecimiento específico y la conversión alimenticia en cada una de las dietas a base de azolla, comparándolos con los resultados alcanzados en el balanceado comercial extrusado.

El software de estadística utilizado para realizar las evaluaciones de los datos obtenidos, fue Data Desk 6.1, efectuándose en cada caso, análisis Anova de una sola vía a través del método Scheffe.

5.8. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se analizarán los costos en que se incurrieron para la conclusión de la tesis; se hace una breve comparación de costos de alimentación en una granja de producción de tilapia, que emplea como dieta: azolla, contrapuesta a los gastos de sacos de balanceado comercial extrusado en el ciclo de producción.

5.8.1. Insumos y materiales

En la tabla #17 se indican cada uno de los valores, que fueron invertidos para el desarrollo del trabajo de investigación:

Tabla 17. Costos de insumos y materiales para la experimentación

Descripción	Costo
Materiales	\$ 223.00
Reactivos	\$ 12.48
Análisis de laboratorio	\$ 28
Balanceado comercial	\$ 15
Alevines	\$ 40
Transporte	\$ 5
Total	\$ 323.48

5.8.2. Costos del balanceado experimental a base de azolla

Los costos que se detallan, corresponden al consumo durante los tres meses de experimentación:

Tabla 18. Costos del balanceado experimental a base de azolla

Ingredientes	Costos		
	Módulo 1	Módulo 7	Total
Afrechillo de arroz (45%)	\$0.70	\$0.73	\$1.43
Máchica (9%)	\$0.42	\$0.44	\$0.86
Levadura (1%)	\$0.60	\$0.60	\$1.20
Total			\$3.49

5.8.3. Costos del balanceado comercial

El cálculo de los costos del balanceado comercial extrusado con 32% de proteína, se basó en la cantidad total de alimento artificial consumido, teniendo como referencia el precio del saco de 25 kilos, que es de \$15:

Tabla 19. Cantidad y costos del balanceado comercial consumido

Módulos experimentales				
Módulo 2 (Kg)	Módulo 8 (Kg)	Total Alimento (Kg)	Valor (1 Kg)	Valor Total
11.27	10.80	22.07	\$0.60	\$13.24

5.8.4. Análisis económico en una granja de producción de tilapia

Con el objeto de estudiar la reducción de costos, que ofrece la producción de alimento utilizando como base la azolla, se ha realizado el análisis comparativo de sus diferencias con balanceado comercial extrusado.

Los datos empleados, fueron tomados de una consideración general de datos técnicos; teniendo como base una extensión promedio en una granja dedicada a la producción de tilapia.

Tabla 20. Datos técnicos para los cálculos de alimentación y costos

Descripción	Valores
Extensión de cada precriadero	0.22 ha
Número de precriaderos	67
Tasa de alimentación	7%
Densidad de siembra	32 alevines/m ²
Peso inicial	6 g
Peso final proyectado	50 g
C.E. (balanceado comercial extrusado 32% de proteína)	1.80 g/día
C.E.#2 (balanceado a base de azolla)	0.97 g/día

Tabla 21. Costos en la granja de producción de tilapia, en base a los sacos de alimento artificial consumido

Inicio (Kg)	1er corte (Kg)	2do corte (Kg)	Total Alimento (Kg)	Valor (1 Kg)	Valor total
29,725	163,600	252,875	446,200	\$0.60	\$267,720

Tabla 22. Costos de alimentación a base de azolla en la granja de producción de tilapia

Insumos	Inicio (Kg)	1er corte (Kg)	2do corte (Kg)	3er corte (Kg)	Total Alimento (Kg)	Valor (1 Kg)	Total
Afrechillo							
de arroz	8,350	28,650	48,950	69,250	155,200	\$0.36	\$55,872
Máchica	1,675	5,725	9,800	13,850	31,050	\$1.20	\$37,260
Levadura	297	1,019	1,740	2,462	5,518	\$1.20	\$6,621.60
Total							\$99,753.60

Tabla 23. Comparación de costos de alimentación en la granja de producción de tilapia

Costo total de la corrida con balanceado comercial	\$267,720
Costo total de la corrida con balanceado de azolla	\$ 99,753.60
Diferencia	\$167,966.40
Porcentaje	63%

DISCUSIÓN TÉCNICA

Haciendo un recuento de la historia y el desarrollo de la azolla en el Asia, es precisamente en los años 50, cuando se llevaron a efecto las primeras pruebas para desarrollar un cultivo “in vitro”, con la hibridación a través de esporas, sin éxito alguno, lo que no impidió continuar a la vanguardia en este tema, por parte de la República Popular China, continuando sus pruebas hasta la actualidad.

La bibliografía, confirma el uso de azolla en regiones de Vietnam y China. Datos revelan que a partir del año de 1973, se inició su producción en una granja dentro de Vietnam con una extensión aproximada de 400.000 hectáreas.

Las variedad de azolla empleada, fue la *Azolla pinnata* por: presentar adaptabilidad a las condiciones climáticas de la región y mejor desarrollo.

La azolla puede fijar nitrógeno atmosférico hasta 800 Kg/ha por año. Una hectárea puede tener un rendimiento aproximado de una tonelada de azolla fresca por día. El tratamiento con azolla ha sido implementado exitosamente, en ciclos de producción de arroz, para el control de malezas y algas. Se ha llegado a determinar que a través de una alta densidad de siembra de azolla, aproximadamente 0.7 – 0.8 Kg/m², con una eficiente fertilización, reduce el uso de herbicidas y trabajos de eliminación de malezas, optimizando de este manera, la mano de obra en la producción.

La azolla tiene como principal limitante, la concentración de fósforo en el medio. Se ha calculado que con la adición de un kilogramo de fósforo (2.2 Kg P_2O_5), se conseguiría fijar 5 Kg de nitrógeno.

En el verano, la presencia de insectos, principalmente Lepidópteros y Dípteros, se intensifica durante estos meses, ocasionando considerables pérdidas en los cultivos, siendo controlados tan solo con la aplicación de pesticidas.

Reportes sugieren que los insectos que atacan a la azolla no son nocivos para la producción de arroz. La aplicación de bioles demostró ser una herramienta muy útil en el control de plagas, su olor característico es una arma muy eficiente al repeler estos insectos perjudiciales para la azolla.

CONCLUSIONES

- La azolla contribuye directamente a la ganancia de peso, aún cuando el incremento de peso que se podría dar no sea significativo a través de la ingesta de azolla.
- La jaula experimental #8, con balanceado comercial extrusado de 32% de proteína, tuvo un peso final promedio de 47.08 g, superando a los otros tratamientos, por las características físicas y químicas que brindaba.
- En la jaula experimental #7, con la dieta procesada de azolla, se obtuvo un peso final promedio de 20.74 g, siendo mayor que la dieta a base de azolla seca y húmeda, por el suplemento alimenticio tanto del afrechillo como la máchica, incrementando el nivel proteico de la dieta.
- Se registró una diferencia aproximada de 26.34 g entre el control y el balanceado a base de azolla.
- En función del crecimiento específico de los peces alimentados con azolla procesada (0.22 g/día), se concluye que realizando un mes adicional de corrida se obtendrían los resultados del control, manteniéndose bajos los costos de alimentación con dicho tratamiento.
- Los pesos finales promedio de las dietas: húmeda y seca de azolla, registraron valores de 14.95 g en el módulo #6 y 14.34 g en el módulo #4, respectivamente,

concluyendo que no existen diferencias significativas en los resultados, siendo ésta de apenas 0.61 g.

- La diferencia en peso es de 6.09 g, entre la dieta procesada de azolla y las dietas seca y húmeda, siendo la primera la más eficiente en resultados que los demás tratamientos en base a la planta.
- La longitud final promedio en las jaulas experimentales #2 y #8 con balanceado comercial extrusado de 32% de proteína, fueron: 127.58 mm y 125.02 mm, respectivamente, existiendo una diferencia de 2.56 mm entre ellas.
- La longitud final promedio registrada con el alimento procesado de azolla, fue de 98.53 mm en la jaula experimental #7 y 97.10 mm en la jaula experimental #1.
- Las mayores longitudes finales promedio, entre los tratamientos de azolla húmeda y seca fueron de: 88.39 mm, en la jaula experimental #6, y 87.10 mm, de la jaula experimental #5, respectivamente.
- Los análisis de % de proteína en la azolla (sin tratar) fue de 9.44, siendo necesario enriquecer la dieta con insumos, que mejoren los valores proteicos.
- La flotabilidad del pellet experimental de azolla era ineficiente, ocasionando que el pez no aproveche el alimento suministrado, observándose residuos de alimento en el fondo del tanque.

- La máchica contribuyó en la compactación y atractibilidad del balanceado de azolla.
- Los residuos de azolla enriquecen el medio y aquello permitiría el crecimiento de otros organismos que pueden servir de alimento para los peces (*Van Hove et al., 1989*).
- La asociación azolla-anabaena demuestra la eficiente integración de dos procesos metabólicos vitales fotosintéticos y la correspondiente fijación del nitrógeno atmosférico, constituyendo un modelo único en el campo de la biotecnología.
- Los fertilizantes orgánicos tuvieron un efecto positivo en el desarrollo de la azolla, específicamente los microorganismos eficientes administrados.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda investigar sobre nuevas alternativas de ingredientes a bajo costo, que suplementen la dieta procesada a base de azolla, incrementando el porcentaje de proteína.
- Determinar el porcentaje de proteína que aporten futuras dietas experimentales, garantizando el conocimiento de la calidad del alimento que se está suministrando.
- Se recomienda estudiar nuevos métodos alternativos en la nutrición de esta especie, que sean tanto: óptimos y de bajo costo, que permitan intensificar la producción en Acuicultura, permitiendo que pequeños y medianos productores participen en las actividades comerciales y generen divisas y puestos de trabajo en el país.
- Determinar la cantidad de energía digestible por parte del pez, logrando tener un mejor criterio de cuán eficiente resulta la dieta en términos de aprovechamiento por parte de la especie.

- De preferencia, se recomienda el uso de sistemas de corrales para la implementación del programa de alimentación a base de azolla, garantizando un consumo adecuado del balanceado de azolla en periodos de hambruna del pez.
- Se recomienda efectuar nuevos experimentos de producción “in vitro” de azolla, para que se convierta en una actividad sustentable a largo plazo.
- Mantener a los animales en caarentena, durante un periodo de 48 horas, previo la transferencia al tanque de cultivo, como un control de calidad de los alevines y una mejor observación de posibles patologías que pueda desarrollar el pez posteriormente.
- Identificar nuevas fuentes de azolla en el país y realizar la correspondiente identificación de especies, con lo cual se pueda ahondar sobre las variedades en nuestro país y su porcentaje de proteína, comparándola con registros de especímenes en otras regiones.

BIBLIOGRAFÍA

AGRICULTURA NATURAL KYUSEI Y LA TECNOLOGÍA DE MICROORGANISMOS EFECTIVOS: guía para su uso práctico. 1989. Tailandia, 42 p.

ALAMILLA, H.A. 2001. Cultivo de tilapia. México D.F., Zoe tecno-campo, 15 p.

ARREDONDO, J.L. & TEJEDA, M. 1988. El hueso faríngeo, una estructura útil para la identificación de especies de la tribu tilapiini (Pisces; Cichlidae), introducida en México. México D.F., Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, 16 p.

BARDACH, J.E. RYTHER, J.H. y MCLARNEY, W.O. 1986. Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. México D.F., AGT Editor S.A., 741 p.

BASURTO, M. 1993. Algunos aspectos reproductivos de la tilapia *Oreochromis niloticus* (Linneo) en la laguna de Chila, Veracruz. Veracruz, México, 3 p.

CARRAPICO, F. ANTUNES, T. SEVINATE, I. TEIXEIRA, G. SERRANO, R. BAIOA, V. PEREIRA, A. L. ELIAS, F. BASTOS, M. 2001. Azolla en Portugal. Lisboa, Portugal, 15 p.

CASTILLO, L.F. 2001. Tilapia roja 2001: una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito doce años después. Cali, Valle, 89 p.

COMISIÓN DE PESCA CONTINENTAL PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (COPESCAL). 1998. La Acuicultura en pequeños embalses en América Latina: una propuesta metodológica para la discusión. Primer taller regional sobre Acuicultura en pequeños embalses. Iztapalapa, México, Universidad Autónoma Metropolitana.

CONROY, G. & CONROY, D. 2001. Importantes enfermedades en tilapias bajo cultivo. Tumbes, Perú, 17 p.

GARDUÑO, M. & MUÑOZ, G. 1998. Comparación de parámetros reproductivos, de crecimiento, fenotípicos y económicos de tilapia roja. Tlapacoyan, Veracruz, Sistema de investigación del Golfo de México, 4 p.

JARAMILLO, D. 1988. Alimentación de peces: requerimientos, cálculo de raciones, materias primas y dietas. Centro de investigación piscícola. Manizales, Colombia, Universidad de Caldas, 35 p.

LAGLER, K. BARDACH, J.E. MILLER, R. PASSINO, D. 1984. Ictiología. Primera edición en español. México D.F., AGT editor S.A., 489 p.

LÓPEZ, J.N. 1997. Nutrición acuícola. San Juan de Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, 211 p.

LUMPKIN, T.K. 1991. Azolla: morfología de la simbiosis. Departamento de microbiología, IRRI, 17 p.

MARCILLO, E. & LANDÍVAR, J. 2000. Tecnología de producción de alevines monosexo de tilapia. Guayaquil, Ecuador, ESPOL, 61 p.

MILLER, A.H. Some ecological and morphological considerations in the evolution of higher taxonomic categories Ed. Myer E. And Schuz E. Carl Winter Heidelberg. 1949. pp. 84 – 88.

MORALES, A. Datos biológicos. El cultivo de la tilapia en México. Instituto Nacional de la Pesca. INP/si: 1974. 24-25.

MORALES, A. 1991. La tilapia en México, biología cultivo y pesquería. AGT. Edit. S.A. México.

NICOVITA. 2001. Manual crianza de tilapia. Perú, 46 p.

PETERS, G.A., KAPLAN, D., MEEKS, J.C., BUZBY, K.M., MARSH, B.H. & CORBIN, J.L. 1985. Aspects of nitrogen and carbon interchange in the azolla-anabaena symbiosis. En: Nitrogen fixation and CO₂ metabolism. Elsevier science publishing Co., California, USA, 213-222.

PETERS, G.A. & MEEKS, J.C. 1989. The azolla-anabaena symbiosis: basic biology. En: Annu. Rev. Plant physiology. Plant Mol. Biol. Annual reviews Inc. Richmond, USA, 40:193-210.

SINGH, P.K. 1977. Multiplication and utilization of fern azolla containing nitrogen-fixing algal symbiont as green manure in rice cultivation. *Il Riso* 26:125—37.

SINGH, P.K. & MAHAPATRA, J.K. 1991. Azolla-anabaena symbiotic association. En: *Recent advances in plant biology*. Narendra publishing house. Dehli, India, 199-212.

SOLLA S.A. 2000. *Peces de aguas cálidas*. Colombia, 11 p.

STRASBURGER, E. 1873. *Über azolla*. Jena: Hermann Dabis Verlag. 86 p.

SUQUILANDA, M.B. 1996. *Agricultura orgánica: alternativa tecnológica del futuro*. Cayambe, Ecuador, Ediciones UPS, 510 p.

TEL-OR, E. SANDOVSKY, T. KOBILER, D. ARAD, C. WEINBERG, R. 1983. The unique symbiotic properties of anabaena in the water fern azolla. In *photosynthetic prokaryotes: cell differentiation and function*, ed. G. C. Papageorgiou, L. P. Packer, pp. 303-14. New York: Elsevier Science.

TOIA, R.E. Jr. MARSH, B.H. PERKINS, S.K. MCDONALD, J.W. PETERS, G.A. 1985. Sporopollenin content of the spore apparatus of azolla. *Am. Fern J.* 75:38-43.

TUNG, H.F. & SHEN, T.C. 1985. Studies of *Azolla pinnata* – *Anabaena azollae* symbiosis: concurrent growth of azolla with rice. *Aquat Bot* 22 145 – 152.

VAN HOVE, C. 1989. Azolla and its multiple uses with emphasis on África. FAO, Louvain-la Neuve, Belgium, 53 p.

VAQUERO, A. GARCÍA, E. DÍAZ, A. MÉNDEZ, M.L. LÓPEZ, J.C. CAAMAÑO, M.A. MENDOZA, E. ALONSO, L. LOZANO, R. PÉREZ, A. 2002. Técnico en Piscifactorías. Tomo I. Madrid, Cultural S.A., 246 p.

WATANABE, I. 1982. Azolla-anabaena symbiosis – its physiology and use in tropical agriculture. In: microbiology of tropical soils and plant productivity (eds.) Y.R. Dommergues and H.G. Dlem, Dr. W. Junk publishers, London, 169-185.

WATANABE, C.L., RAMIREZ, C., LAPIS, M.T., SANTIAGO-VENTURA, T., LIU, C.C. 1989. Physiology and agronomy of azolla-anabaena symbiosis. En: Nitrogen fixation with non-legumes. Kluwer academic publishers. Manila, Philippines, 57-6.

WATANABE, I. 2000. Biological nitrogen fixation and its use in agriculture (outline). Based from lecture in Cantho University, 1-19.

WAYNE'S WORD NOTEWORTHY PLANT. 1998. A marriage between a fern and a cyanobacterium, 1-11.

YU, J.H. 1979. Preliminary observations on sexual reproduction of azolla. Zhejiang Norgye Kaxue. 19 – 22.

Direcciones de internet:

<http://biblioweb.dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1989-1/articulo326.html>

<http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/ztzoo/zt1601/texto/isla.htm>

<http://www.condesan.org/publicaciones/bgris/colombia/colombia2.html>

http://www.ecologia.edu.mx/sigolfo/pagina_n3.htm

<http://ganagricola.hypermart.net/aguascalidas.htm>

<http://www.geocities.com/senacds/piscicultura.html>

<http://www.grupoese.com.ni/1999/bn/03/ssanta/ss2299.htm>

<http://www.isch.edu.cu/biblioteca/Anuari02/MORFOFISIOLOGIA%20DE%20LOS%20PECES%20TELEOSTEOS%20DE%20AGUA%20DULCE.htm>

ANEXOS

Anexo I. Resultados del análisis Anova de una sola vía con el método Scheffé para los pesos promedios entre tratamientos.

Día 0			
	Difference	std. err.	Prob
a-h - a-a	0	0	.
a-s - a-a	0	0	.
a-s - a-h	0	0	.
c - a-a	0	0	.
c - a-h	0	0	.
c - a-s	0	0	.

Día 22			
	Difference	std. err.	Prob
a-h - a-a	-0.2675	0.4454	0.943477
a-s - a-a	-1.5575	0.4454	0.104074
a-s - a-h	-1.29	0.4454	0.172961
c - a-a	2.962	0.4454	0.0125368
c - a-h	3.2295	0.4454	0.0091491
c - a-s	4.5195	0.4454	0.0025892

Día 38			
	Difference	std. err.	Prob
a-h - a-a	-0.99	1.203	0.87424
a-s - a-a	-1.9555	1.203	0.522499
a-s - a-h	-0.9655	1.203	0.881626
c - a-a	7.8395	1.203	0.0134916
c - a-h	8.8295	1.203	0.0087507
c - a-s	9.795	1.203	0.0059559

Día 56			
	Difference	std. err.	Prob
a-h - a-a	-4.9865	1.267	0.0733163
a-s - a-a	-6.0225	1.267	0.0402067
a-s - a-h	-1.036	1.267	0.876107
c - a-a	17.3255	1.267	816.189e-6
c - a-h	22.312	1.267	302.575e-5
c - a-s	23.348	1.267	252.993e-6

Anexo I. Resultados del análisis Anova de una sola vía con el método Scheffe para los pesos promedios entre tratamientos.

Día 71			
	Difference	std. err.	Prob
a-h - a-a	-5.32675	1	0.0274279
a-s - a-a	-6.2675	1	0.0155195
a-s - a-h	-0.94075	1	0.828224
c - a-a	21.2555	1	144.055e-6
c - a-h	26.5823	1	59.3276e-6
c - a-s	27.523	1	51.6683e-6

Día 94			
	Difference	std. err.	Prob
a-h - a-a	-5.667	0.542	0.0023092
a-s - a-a	-6.5125	0.542	0.0013508
a-s - a-h	-0.8455	0.542	0.550462
c - a-a	25.7855	0.542	5.83406e-6
c - a-h	31.4525	0.542	2.639e-6
c - a-s	32.298	0.542	2.37366e-6

Anexo II. Resultados del análisis Anova de una sola vía con el método Scheffe para las longitudes promedios entre tratamientos

Día 0			
	Difference	std. err.	Prob
a-h - a-a	0	0	.
a-s - a-a	0	0	.
a-s - a-h	0	0	.
c - a-a	0	0	.
c - a-h	0	0	.
c - a-s	0	0	.

Día 22			
	Difference	std. err.	Prob
a-h - a-a	1.204	1.502	0.882048
a-s - a-a	-2.4695	1.502	0.51489
a-s - a-h	-3.6735	1.502	0.257411
c - a-a	7.303	1.502	0.037355
c - a-h	6.099	1.502	0.0666935
c - a-s	9.7725	1.502	0.0135809

Día 38			
	Difference	std. err.	Prob
a-h - a-a	-2.406	1.905	0.684599
a-s - a-a	-5.5385	1.905	0.171353
a-s - a-h	-3.1325	1.905	0.514667
c - a-a	8.83	1.905	0.0437139
c - a-h	11.236	1.905	0.0192478
c - a-s	14.3685	1.905	0.0079153

Día 56			
	Difference	std. err.	Prob
a-h - a-a	-9.688	3.144	0.14744
a-s - a-a	-13.415	3.144	0.0570617
a-s - a-h	-3.727	3.144	0.720326
b - a-a	22.9895	3.144	0.008872
b - a-h	32.6775	3.144	0.0023623
b - a-s	36.4045	3.144	0.0015586

Anexo II. Resultados del análisis Anova de una sola vía con el método Scheffe para las longitudes promedios entre tratamientos

Día 71			
	Difference	std. err.	Prob
a-h - a-a	-9.634	2.015	0.0394882
a-s - a-a	-12.317	2.015	0.0169711
a-s - a-h	-2.683	2.015	0.653057
c - a-a	24.206	2.015	0.0013528
c - a-h	33.84	2.015	365.274e-6
c - a-s	36.523	2.015	270.446e-6

Día 94			
	Difference	std. err.	Prob
a-h - a-a	-9.58	1.103	0.0046671
a-s - a-a	-11.219	1.103	0.002562
a-s - a-h	-1.639	1.103	0.582623
b - a-a	28.4865	1.103	66.3988e-6
b - a-h	38.0665	1.103	20.951e-6
b - a-s	39.7055	1.103	17.7112e-6

Anexo III. Análisis bromatológico de algunos productos agropecuarios que se pueden usar en alimentación de peces

Ingrediente	Humedad %	Proteínas %	Grasa %	Fibra %	Ceniza %	Energía Global Mcal/Kg
Ajonjolí, torta						
extraída presión	6.42	41.36	11.06	5.82	11.06	4.28
Ajonjolí, torta						
extraída solventes	9.57	46.33	1.52	6.61	12.74	3.63
Alfalfa harina,						
hojas	8.00	23.19	.77	12.76	11.10	3.35
Alfalfa, harina,						
mata	8.89	18.86	2.68	24.72	9.87	2.73
Alfalfa verde	9.57	20.09	2.32	26.32	8.37	3.14
Algodón, cascarilla	11.73	4.9	11.26	45.05	2.66	2.30
Algodón, torta						
extraída	6.99	42.88	7.17	8.19	7.71	4.02
Algodón, torta						
extraída, solventes	8.62	49.04	1.46	8.85	7.69	3.88
Arveja, cáscara,						
ensilaje	7.54	14.38	2.68	24.56	3.62	2.96
Arracacha	6.97	10.68	1.19	3.34	4.01	3.09
Arroz afrecho	13.18	12.94	16.27	7.13	10.55	1.77
Arroz, cascarilla						
molida	8.39	2.65	0.65	37.49	23.89	1.25
Arroz, harina	10.70	15.00	15.87	7.60	9.26	3.22
Arroz, pica	9.84	7.59	3.19	2.32	14.96	4.69
Arroz residuo						
Pulidoras	11.45	24.10	2.19	11.09	5.52	3.39
Arroz, salvado	9.1	14.9	13.1	10.0	9.8	2.70
Avena, ensilaje	7.26	9.70	4.26	32.75	9.05	2.45

Anexo III. Análisis bromatológico de algunos productos agropecuarios que se pueden usar en alimentación de peces

Ingrediente	Humedad %	Proteínas %	Grasa %	Fibra %	Ceniza %	Energía Global Mcal/Kg
Avena forrajera, fibra baja 60 días	10.80	15.78	3.79	32.09	9.16	2.74
Avena forrajera, fibra alta, 100 días	9.34	11.43	11.43	2.63	31.17	2.05
Avena grano	11.16	12.73	5.36	3.07	2.01	3.87
Avena grano cascarilla	7.94	12.01	2.80	17.16	15.11	1.69
Avena hojas	4.96	18.35	4.79	20.86	24.67	2.55
Avena tallos	6.60	7.31	1.49	26.84	28.23	1.74
Azúcar crudo	16.41	0.35	0.20	0.00	0.31	3.59
Azúcar moreno	1.50	0.00	0.00	0.00	0.59	4.01
Bore	8.87	6.00	0.80	5.01	8.05	3.53
Cacao, cáscara	9.97	7.93	0.95	31.68	11.14	2.09
Papa cocida (fresca)	77.66	1.97	0.40	0.82	1.55	0.74
Palma africana, torta	6.92	19.64	16.10	20.96	4.41	2.54
Pastas alimenticias, resid.	11.52	14.63	0.55	0.28	1.20	4.00
Pescado, harina sin clasificar	8.50	63.76	5.30	0.57	15.43	4.25
Pescado peruano, harina	8.6	63.4	10.7	0.8	15.7	4.49
Plátano vástago	7.31	2.44	1.48	22.17	10.80	2.65
Plátano cáscara	4.76	8.06	4.42	7.44	9.47	3.54
Plátano con cáscara	9.45	4.18	1.38	2.19	3.96	3.58
Plátano sin cáscara	6.32	3.77	0.77	0.87	2.51	3.79
Plátano, hoja	11.03	8.71	1.58	25.65	13.39	2.36

Tablas I.C.A (1979), adaptadas para la alimentación de peces por Jaramillo D. (1985)

Anexo III. Análisis bromatológico de algunos productos agropecuarios que se pueden usar en alimentación de peces

Ingrediente	Humedad %	Proteínas %	Grasa %	Fibra %	Ceniza %	Energía Global Mcal/Kg
Quinoa	6.69	22.83	2.61	12.51	18.66	2.99
Ramio, harina de fibra baja 156 dlas	9.43	19.54	2.21	11.79	24.34	2.61
Sangre, harina	14.57	80.85	0.40	1.74	4.06	4.50
Sorgo forrajero	9.66	8.88	2.47	30.51	6.73	2.42
Sorgo molido	13.79	13.00	2.25	3.26	2.81	3.58
Soya, cascara	11.71	10.92	2.70	39.61	6.16	3.73
Soya, semilla grano	7.79	39.31	18.86	6.75	5.84	4.76
Soya, torta extraída pres.	8.76	47.45	6.11	4.17	8.71	4.18
Soya, torta extraída solv.	10.43	48.76	1.57	4.32	7.84	3.94
Trigo, harina	11.13	11.60	1.60	5.07	2.30	3.47
Trigo, mogolla	11.29	15.62	3.84	9.30	5.17	3.45
Trigo, polvillo	10.25	10.25	2.35	21.36	5.35	2.83
Trigo, salvado	11.02	15.07	3.60	11.83	5.71	3.35
Yuca con cáscara	10.62	2.26	8.08	3.27	3.46	3.37
Yuca. Ripio	12.06	4.97	0.76	7.64	3.05	3.27
Yuca sin cáscara	8.09	1.98	0.58	1.45	1.87	3.68

Para carpa, la harina de soya contiene 10-15% menos de energía metabolizable que los valores generalmente aceptados. (Viola et al. 1981).

Anexo IV. Análisis bromatológico de dos tipos diferentes de máchica (cebada).

	Cebada costa oeste	Cebada en grano
Materia seca %	88	89
Proteína %	9.70	11.60
Grasa %	2	1.80
Fibra %	6.50	6.50
Energía		
Metabolizable		
Cal/lb/aves	1,190	1,200
Calcio %	0.05	0.07
Fósforo %	0.33	0.36
Potasio %	0.44	0.49
Magnesio %	0.12	0.13
Sodio %	0.02	0.15

Anexo V. Referencia financiera para la producción de azolla.

“(Tomado de Proyecto Azolla-Anabaena, PROMSA/ESPOL, 2003)”.

Costos de Producción dólares

Concepto	año1	año 2	año3
Materiales Directos	1,330.26	1,330.26	1,330.26
Mano de Obra Directa	750	750	750
Mano de Obra Indirecta	16,800	16,800	16,800
Materiales Indirectos	880	880	880
Mantenimiento y repuestos	21.74	21.74	6,244.54
Depreciaciones y amortizaciones	4,542.57	4,542.57	4,542.57
Total	24,324.57	24,324.57	30,547.37

Costo de materiales Directos

				Costo mensual	Costo anual
	Unidad	Valor unitario	Unidades por Ha	Costo por Ha	Costo por Ha
Siembra					
Materia prima	Kg	US\$ 0.60	50	30	360
Abono orgánico	sacos	US\$ 0.60	50	30	360
Subtotal siembra				60	720
Fertilización					
Superfosfato triple	sacos	US\$ 13.11	2	26.22	314.64
Muriato de potasio	sacos	US\$ 9.58	2	19.16	229.92
Subtotal fertilización				45.38	544.56
Control de insectos					
Actelit	litro	US\$ 21.90	0.25	5.47	65.70
Subtotal				5.47	65.70
Costo Total				110.85	1,330.26

Anexo V. Referencia financiera para la producción de azolla.

“(Tomado de Proyecto Azolla-Anabaena, PROMSA/ESPOL, 2003)”.

Mano de Obra Directa:

Actividad	Costo Jornal	Cantidad por Hectárea	Costo por Hectárea	Veces en el año	Costo Anual
	\$	jornal	\$	Cantidad	\$
Siembra	5.00	1	5.00	2	10.00
Aplicación de abono	5.00	2	10.00	4	40.00
Deshierba manual	5.00	2	10.00	12	120.00
Aplicación de insecticidas	5.00	1	5.00	12	60.00
Labores de riego	5.00	2	10.00	12	120.00
Labores de cosecha	5.00	20	100.00	2	200.00
Labores de enfundado	5.00	20	100.00	2	200.00
TOTAL					750.00

Mano de Obra Indirecta:**Costo de la Mano De Obra Indirecta**

Actividad	Sueldo mensual	cantidad técnicos	Costo Mensual	Costo Anual
	US\$		US\$	US\$
Técnicos	350	4	1,400	16,800
TOTAL			1,400	16,800

Materiales Indirectos:**Costo de Materiales Indirectos**

	Anual
Ventas en Kg	220,000
Fundas necesarias 25 Kg	8,800
Valor fundas \$0.10	880
Total Dólares	880.00

Anexo V. Referencia financiera para la producción de azolla.

“(Tomado de Proyecto Azolla-Anabaena, PROMSA/ESPOL, 2003)”.

Mantenimiento y Reparaciones:

	Costo \$	%	Año 1	Año 2	Año 3
Equipos y herramientas					
Fumigación	73.00	0.03	US\$ 2.19	US\$ 2.19	US\$ 2.19
Riego	100.00	0.03	US\$ 3.00	US\$ 3.00	US\$ 3.00
Total Equipos			US\$ 5.19	US\$ 5.19	US\$ 5.19
Construcción					
Azollario	15,557.00	0.4			6,222.80
Total					6,222.80
Otros activos Fijos					
Equipos de Computación	627.00	0.015	9.41	9.41	9.41
Equipos de Oficina	162.00	0.015	2.43	2.43	2.43
Muebles y Enseres	314.00	0.015	4.71	4.71	4.71
Total otros activos			16.55	16.55	16.55
TOTAL			US\$ 21.74	US\$ 21.74	US\$ 6,244.54

Anexo V. Referencia financiera para la producción de azolla.

“(Tomado de Proyecto Azolla-Anabaena, PROMSA/ESPOL, 2003)”.

Depreciación y Amortización:

	Costo del Activo	Depreciación %	Costo Anual
Activos Fijos			
Obras civiles			
Casa de campo/oficina	4,500.00	5	900.00
Construcción de azollario	15,557.00	5	3,111.40
Total obras civiles			4,011.40
Equipos y herramientas			
Balanza de plataforma	115.00	5	23.00
Bomba eléctrica	340.00	15	22.67
Tanque industrial	35.00	1	35.00
Bomba CP3	73.00	1	73.00
Carretillas	140.00	1	140.00
Palas anchas	16.00	1	16.00
Machetes	11.20	1	11.20
Implementos para riego	100.00	1	100.00
Total equipos y herramientas			420.87
Otros activos Fijos			
Equipo de computo	627.00	10	62.70
Equipos de oficina	162.00	10	16.20
Muebles y enseres	314.00	10	31.40
Total otros activos			110.30
Total			US\$ 4,542.57

Anexo VI. Referencia financiera para la producción de tilapia.
 “(Tomado de Baquero, 2003)”.

CONCEPTOS

INVERSIÓN:

1) PISCÍCOLA	unidades	medida	unitario US\$	US\$
Terreno	2	Ha	2,000	4,000
Excavación y Conformación De taludes	40,000	m ³	5	200,000
Compuertas H.A. + tubería cemento	12	U	205	2,460
Canal de Evacuación tierra	1,350	m ³	1.25	1,688
TOTAL PISCÍCOLA				208,148
2) VIAL				
Camino de acceso	400	m	3.75	1,500
TOTAL VIAL				1,500
3) CONSTRUCCIONES				
Bodega	50	m ²	150	7,500
Guardiana	30	m ²	150	4,500
Laboratorio	15	m ²	150	2,250
Oficina	30	m ²	150	4,500
TOTAL CONSTRUCCIONES				18,750

Anexo VI. Referencia financiera para la producción de tilapia.
 “(Tomado de Baquero, 2003)”.

CONCEPTOS

INVERSIÓN:

4) ELÉCTRICO	unidades	medida	unitario US\$	US\$
Postes	6	U	93.8	563
Transformador (15 kva)	1	U	905	905
Reguladores de Corriente	6	U	3.3	20
Cableado	1,000	m	2	2,000
TOTAL ELÉCTRICO				3,488

5) HIDRAÚLICA

Limpieza de terreno (tractor)	2	Ha	50	100
Bocatoma	6	u	67.5	405
Disipador de energía	1	u	640.8	641
Compuerta de entrada	2	u	70	140
Compuerta de salida	2	u	331.8	664
Excavación tendida	300	m ³	1.2	360
Relleno/apisonamiento	660	m ³	1.3	858
Canal principal	2,600	m ³	1.3	3,380
Compuerta de control H.A.	1.6	m ³	150	240
Excavación tendida Compactado	2,540	m ³	1.3	3,302
TOTAL HIDRAÚLICA				10,089

Anexo VI. Referencia financiera para la producción de tilapia.
 “(Tomado de Baquero, 2003)”.

CONCEPTOS

INVERSIÓN:

6) MAQUINARIA Y EQUIPOS	unidades	medida	unitario US\$	US\$
Cuarto frío	1	pieza	8,750	8,750
EQUIPO DE LABORATORIO				
Balanza de platillos (0.1 g)	1	u	250	250
Balanza tipo reloj (3.0 Kg)	1	u	50	50
Oxímetro electrónico	1	u	1,000	1,000
Disco Secchi	1	u	7.5	8
Herramientas de trabajo	1	varias	405	405
Generador de emergencia	1	grupo	1,050	1,050
Motores eléctricos (oxigenación) 2.5 HP	2	u	2,500	5,000
Vehículo 4x4	1	u	24,000	24,000
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO				40,558
7) EQUIPOS DE OFICINA				
Muebles y encerados	1	varios	1,800	1,800
TOTAL EQUIPO DE OFICINA				1,800
8) COMPRA DE ALEVINES	120,000	U	0.15	18,000

TOTAL INVERSIONES

302,332

Anexo VI. Referencia financiera para la producción de tilapia.
 “(Tomado de Baquero, 2003)”.

CONCEPTOS/MES	TOTAL
BALANCEADO	
Alevines	1
Crecimiento	7
Crecimiento	48
Engorde	44
Engorde	178
Engorde	407
Engorde	700
Engorde	1,003
Engorde	1,328
Engorde	1,166
Engorde	929
Engorde	664
Engorde	239
TOTAL ALIMENTACIÓN	6,714
JORNALES	
Salario	1,793
Beneficios sociales	531
# de jornaleros	3
TOTAL JORNALES	3,432

Anexo VI. Referencia financiera para la producción de tilapia.
 “(Tomado de Baquero, 2003)”.

CONCEPTOS/MES	TOTAL
GASTOS GENERALES	
Combustibles	1,976
Lubricantes	390
Energía eléctrica	358
Mantenimiento del vehículo	260
Mantenimiento general	260
Otros	487
TOTAL GASTOS GENERALES	3,730
GASTOS ADMINISTRATIVOS	
Sueldo del propietario	13,000
Otros gastos (seguros etc)	1,377
TOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS	14,377
GASTOS FINANCIEROS	
Intereses	34,731
TOTAL GASTOS FINANCIEROS	34,731
TOTAL COSTOS	62,984