



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

**"COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONOMICA DEL CULTIVO DE TILAPIA
ROJA (*Oreochomis sp.*) EN JAULAS FLOTANTES EN EL LAGO DE LA
ESPOL, USANDO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA"**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

ACUICULTORA

Presentada por:

Rebeca Correa Velasco

GUAYAQUIL – ECUADOR

2003

DEDICATORIA

A mi madre la Sra. Carmen Velasco Muñoz, por su apoyo incondicional en todo momento de mi vida.

A mi esposo, Enrique por estar siempre a mi lado, por su paciencia y su comprensión hacia mí.

A mis hijas Valeria y Verónica, que son e tesoro más grande que tengo

AGRADECIMIENTO

De manera especial al Msc. Jerry Landivar por su apoyo y acertada dirección para la realización de la tesis.

Al Ing. Ecuador Marcillo, por su valiosas sugerencias que ayudaron para el desarrollo del proyecto.

Al Ing. Luis Viejo, por su gran colaboración prestada a lo largo del presente trabajo.

DECLARACIÓN EXPRESA

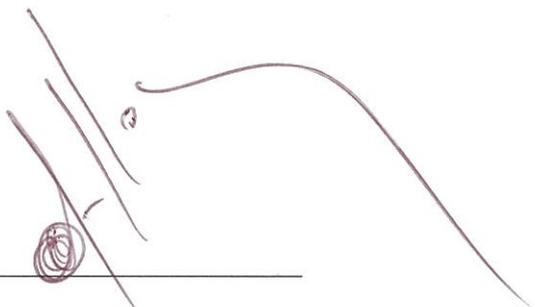
" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, nos corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

Rebeca Correa Velasco

Rebeca Correa Velasco.

TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Ecuador Marcillo
Presidente del Tribunal



M.Sc. Jerry Landívar
Director de Tesis



Biólogo Marcos Alvarez
Miembro del Tribunal

RESUMEN

En la presente tesis se realiza un cultivo de tilapias (*Oreochromys niloticus*) en jaulas a tres diferentes densidades para evaluar tanto económicamente como técnicamente la mejor opción para aprovechar su cultivo en jaulas, que podría permitir hacer uso de cuerpos de agua no utilizados actualmente. Esto supondría también una mejora para los productores de tilapia y para los pequeños productores, que podrían hacer variantes de los modelos aquí presentados para adaptarlos a su medio.

En este trabajo se describen los diferentes tipos de cultivo de la tilapia que se manejan actualmente los cuales varían también dependiendo de las densidades, y en particular se trata sobre los cultivos que se hacen en jaulas. Para compararlos con el tipo de cultivo manejado en esta tesis, se hacen comparaciones económicas con cultivos de tilapia realizados con otras metodologías, y adicionalmente se comparan los parámetros de calidad de agua a la que están sometidas las tilapias antes, durante, y al final el ciclo de cultivo. Así también, se analizó la rentabilidad del proyecto.

Las tilapias se sembraron desde un gramaje de 10 g y fueron confinadas en jaulas hexagonales para su engorde en el lago de la ESPOL. Las densidades responden al alimento administrado de una buena forma.

De los datos obtenidos se desprende que la mejor densidad de siembra es técnica y económica la de 200 peces/m³. Esto se deduce de los datos de sobrevivencia y de tamaño final obtenido en cada jaula de cultivo.

De las tres densidades analizadas, se encontró que con la segunda, se obtuvieron los mejores resultados, lo que sería lo mas aceptable para un futuro cultivo general. Para la segunda densidad, el peso promedio final fue de 174 g , 73 % de sobrevivencia, 24.75 Kg/m³ de producción, lo que en el mercado generó un valor de \$ 181. Se observó que para el caso de la tercera densidad de siembra de 300 peces/m³, aunque su manejo fue similar a las otras densidades, tuvo la menor sobrevivencia, de 45.5 %, debido al ataque de los depredadores. La capacidad de producción en el ensayo utilizando las tres densidades refleja lo que el lago puede generar dadas sus características limnológicas.

El impacto ambiental que se observó ha sido mínimo, y esto se deduce de los datos obtenidos desde el inicio del cultivo haciendo una proyección en el futuro, proyectos relativamente pequeños como el del presente estudio, no incidirán mucho en la contaminación del cuerpo de agua.

INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN	I
INDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VI
INDICE DE TABLAS	IX
INDICE DE FOTOS	X
INDICE DE FIGURAS.	XI

INTRODUCCIÓN

CAPITULO 1: GENERALIDADES DEL CULTIVO DE TILAPIA

1.1 Descripción de la especie

1.1.1 Aspectos Ecológicos en la Reproducción de las Tilapias

1.2 Los sistemas más utilizados (ventajas y desventajas)

1.2.1 Cultivo de tilapia en estanques de tierra.

1.2.2 Cultivo intensivo de tilapia en pilas circulares de concreto

1.2.3 Cultivo en jaulas

1.2.3.1 Construcción de las jaulas

1.2.3.2 Selección del sitio de cultivo.

1.3 La importancia del uso de las jaulas a nivel mundial

CAPITULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

2.1 Ubicación del proyecto

2.2 Materiales de las jaulas flotantes

2.3 Modelos de producción (densidades de manejo)

2.3.1 Cultivo en estanques rústicos

2.3.2 Cultivo en corrales y jaulas flotantes.

2.3.3 Cultivo de alta densidad en tanques.

2.3.4 Cultivo en canales de flujo rápido.

CAPITULO 3: INVERSIONES Y LEGISLACIÓN

3.1 Estudios preliminares y gastos de instalación

3.2 Inversión en infraestructura

3.3 Marco legal

CAPITULO 4: EVALUACIÓN TÉCNICA

4.1 Densidades sembradas

4.2 Evaluación de crecimientos

4.3 Evaluación de supervivencia

4.4 Evolución de los parámetros ambientales (agua y suelo)

4.4.1 Evaluación actual

4.4.2 Evolución durante el cultivo

4.4.3 Proyección en el tiempo

CAPITULO 5: EVALUACION ECONOMICA.

5.1 Resultados de otros estudios

5.2 Costos de inversión

5.3 Costos de venta

5.4 Mercadeo

5.5 Rentabilidad

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

alevines / m ³	: Alevines por metro cúbico
°C	: grados centígrados
#	: Número
%	: Porcentaje
CaCo ₃ /lt	: Carbonato de calcio por litro
m	: metros
cm	: centímetros
DBO	: Demanda Bioquímica de Oxígeno
g	: gramos
h	: Hora
Ha	: hectárea
Ha/ciclo	: Hectárea por ciclo
ind/m ²	: Individuos por metro cuadrado
Kg.	: Kilogramo
Kg	: Kilogramos
Kg/Ha	: Kilogramos por hectárea

Kg/Ha/ciclo	: Kilogramos por hectárea por ciclo
Kg/m ³	: kilogramos por metro cúbico
Kg/m ³ /mes	: Kilogramos por metro cúbico por mes
lbs	: libras
lt	: litro
lts/s	: Litros por segundo
m	: metros
m ³	: metros cúbicos
m ²	: metros cuadrados
m ³ /m ² *d	: metros cúbicos por metros cuadrados por día
m ³ /seg	: metros cúbicos por segundo
m/d	: Metros por día
mg/l	: miligramos por litro
mm	: milímetros
N	: Nitrógeno.
No.	: número
OD	: oxígeno disuelto
Org/Ha	: Organismos por hectárea
ppm	: partes por millón

Ps.	: Piscina
peces/Ha	: Peces por hectárea
peces / m ²	: peces por metro cuadrado
peces / m ³	: Peces por metro cúbico
Q	: Caudal
S%	: Supervivencia
S/.	: Suces
Til.	: Tilapia
T°	: Temperatura
Ton	: tonelada.
ups	: unidades practicas de salinidad
US\$: Dólares americanos
US\$/Kg	:Dólares por kilogramo

INDICE DE TABLAS

Pag.

Tabla # 1	Rangos de calidad de agua óptimos para tilapia
Tabla # 2	Ración de alimento sobre el % de la biomasa del pez
Tabla # 3	Comparaciones de la eficiencia potencial de intercambio de agua en jaulas de diferente tamaño
Tabla # 4	Valores de distintos diseños de jaulas elaborados
Tabla # 5	Cronograma de producción por ciclo de cultivo
Tabla # 6	Principales empresas productoras de tilapia
Tabla # 7	Presupuesto establecido con anterioridad a la elaboración de la tesis
Tabla # 8	Cronograma de actividades efectuado
Tabla # 9	Gastos efectuados el primer mes de cultivo
Tabla # 10	Datos de siembra
Tabla # 11	Datos promedios por densidad y por fechas
Tabla # 12	Datos de producción de todas las densidades
Tabla # 13	Datos finales individuales por jaulas
Tabla # 14	Total de dólares obtenidos por la cosecha final
Tabla # 15	Datos y valor en dólares esperado en la segunda corrida
Tabla # 16	Datos iniciales de Parámetros químicos
Tabla # 17	Rangos aceptables para aguas de cultivo de especies acuáticas
Tabla # 18	Evolución de los parámetros con respecto al

	tiempo
Tabla # 19	Valores promedios de los parámetros medidos en el lago de ESPOL
.Tabla # 20	Scorvo et al (1997) establece los costos de producción de la tilapia en Brasil
Tabla #21	Valores obtenidos por la CNA en 1999
Tabla #22	Costos de inversión en el experimento
Tabla #23	Punto de equilibrio
Tabla # 24	Flujo de caja del proyecto para el experimento
Tabla #25	Flujo de caja del proyecto comercial
Tabla #26	Métodos de evaluación

INDICE DE FOTOS

Pag.

Foto # 1	Tilapia roja para cosecha de 650 g.
Foto # 2	Estanque con cultivo intensivo y aireación suplementaria
Foto # 3	Estanque con cultivo extensivo
Foto # 4	Estanques con cultivo intensivo de tilapia en Costa Rica
Foto # 5	Estanques de tierra para cultivo intensivos de tilapia con aireación suplementaria
Foto # 6	Tanques de concreto circular con cultivo intensivo de tilapia en California
Foto # 7	Tanque de cultivo de tilapia con intercambio parcial de agua en Taiwán
Foto # 8	Jaulas poligonales y cuadradas para cultivo de peces en un embalse en Taiwan
Foto # 9	Cultivo en mar abierto en jaulas circulares en una bahía de Taiwán
Foto # 10	Vista panorámica del lago antes de la puesta de las jaulas
Foto # 11	Colocación de las jaulas en el lago
Foto # 12	Vista de la disposición final de las jaulas
Foto # 13	Estructura conformada de carillas de hierro de 4 pulgadas
Foto # 14	Cosida de la malla a la estructura
Foto # 15	Prueba de flotadores junto con la jaula
Foto # 16	Construcción de estanques de tierra para cultivo de tilapia
Foto # 17	Estanque en el cual se aprecia el sistema de aireación para altas densidades

- Foto # 18 Cultivo en jaulas de alta densidad
- Foto # 19 Tanques de concreto para alta densidad en cultivo de tilapia
- Foto # 20 Tanques con aireación suplementaria
- Foto # 21 Cultivo intensivo en Raceways o flujo rápido
- Foto # 22 Modelo de flujo rápido o "Raceways" para cultivo de tilapia
- Foto # 23 Cultivo de tilapia en Raceways en Arizona
- Foto # 24 Colocación de alimento en comederos
- Foto # 25 Tilapias comiendo
- Foto # 26 Revisión de las tilapias previo a su pesado y separación por tallas.
- Foto # 27 Muestreos quincenales de las jaulas
- Foto # 28 Muestreo por tallas en cada jaula
- Foto # 29 Revisión de las tilapias en cada muestreo

INDICE DE FIGURAS

		Pag.
Fig # 1	Forma de construcción de una jaula circular	
Fig # 2	Tipos de jaulas cuadradas o rectangulares	
Fig # 3	Representación de los países exportadores y productores de tilapia en América	
Fig # 4	Diseño de las jaulas para el cultivo de tilapia	
Fig. # 5	Resumen de Principales perdidas de Nutrientes (P) al Medio Ambiente asociado a cultivos intensivos en jaulas (Tomado de: Cage Aquaculture, Beveridge M., 1987).	

INDICE DE GRAFICOS

Grafico # 1	Crecimiento promedio de las tres densidades en las jaulas
Grafico # 2	Crecimiento promedio a una densidad de 100 peces/m ³ en las jaulas
Grafico # 3	Crecimiento promedio a una densidad de 2100 peces/m ³ en las jaulas.
Grafico # 4	Crecimiento promedio a una densidad de 300 peces/m ³ en las jaulas
Grafico # 5	Kilogramos /m ³ por densidad
Grafico # 6	Porcentaje de tallas en cada densidad
Grafico # 7	Tallas según densidades
Grafico # 8	Incrementos de peso quincenales para todas las densidades
Grafico # 9	Porcentaje de sobrevivencia
Grafico # 10	Mortalidad total (incluyendo depredación)
Grafico # 11	Mortalidad por fechas según densidades
Grafico # 12	Evolución de parámetros (Nitritos, amonio, Nitratos y Fósforo total)
Grafico # 13	Evolución de parámetros (Dureza, alcalinidad y sulfuros)
Grafico # 14	Valores promedios de Nitritos, Nitratos y Fósforo Total
Grafico # 15	Valores promedios de Dureza, alcalinidad y sulfuros

INTRODUCCION

El cultivo a escala comercial de tilapia nilotica y del híbrido rojo de tilapia en el Ecuador, ha tomado gran importancia dentro de la producción de organismos bioacuáticos (Marcillo, 2000).

Las tilapias tienen una serie de atributos favorables en los cultivos comerciales como: resistencia de soportar bajas concentraciones de oxígeno, rangos variados de salinidad, resistencia física, acelerado crecimiento, es fuerte a la acción de los agentes patógenos, aprovecha bien la productividad natural del estanque, hace buen uso de los subproductos agrícolas y de las dietas balanceadas suministradas. La excelente calidad de la carne (textura firme y coloración blanca) hace que sea un pescado muy apreciado por los consumidores nacionales y extranjeros (ESPOL, 1989)

El cultivo en jaulas flotantes ha sido desarrollado como alternativa para la producción de organismos acuáticos. Principalmente se han cultivado peces en cuerpos de aguas continentales (lagos, reservorios y grandes embalses naturales o artificiales), zonas costeras marinas y aguas salobres (esteros), donde las técnicas de explotación acuícola practicadas en estanques y demás sitios de confinamiento tradicional de peces no son aplicables.

El uso de jaulas tiene su origen probablemente en la necesidad de los pescadores de mantener y trasladar frescos los peces capturados a los sitios de mercadeo. Los primeros tipos de jaulas aparecieron como modificaciones

de las trampas de pesca usadas por los pescadores y han sido usadas tradicionalmente en muchas partes del mundo (Beveridge, 1987).

El verdadero cultivo en jaulas donde los peces u otros organismos acuáticos son confinados por largos periodos de tiempo mientras incrementan su peso, es de origen relativamente reciente, se desarrolló independientemente en varios países del sudeste asiático (Beveridge, 1987).

En la actualidad existe una gran variedad en el tamaño y diseño de las jaulas usadas para el cultivo de peces, así como en los materiales usados para su confección.

En Ecuador el cultivo comercial de peces en jaulas dio sus primeros pasos con el cultivo de trucha en el sector de El Cajas. Sin embargo no existen referencias en el país del cultivo de tilapia en estos sistemas productivos, esta alternativa de ser factible técnica y económicamente podría ser una esperanza para su aplicación directa a comunidades de la costa ecuatoriana

Uno de los peces más apropiados para el cultivo intensivo en jaulas es la tilapia, tanto la plateada como la roja; esta última es muy apetecida por los consumidores debido a su coloración rojiza que la asemeja al pargo. Esta especie filtradora y omnívora, acepta fácilmente alimentos complementarios y concentrados, es fácil de reproducir artificialmente, dócil y gregaria. Además, existe amplia experiencia a nivel mundial en su cultivo y está considerada como un pez de gran importancia para la piscicultura en jaulas

de climas cálidos, por su rápido crecimiento en confinamiento y la excelente calidad de su carne provenientes de cultivos de aguas salobres.

Por este motivo, y por su interesante potencial económico, se desarrolló el presente estudio, para tener un mejor conocimiento sobre el cultivo de tilapias en jaulas, en el Ecuador.

CAPITULO I

GENERALIDADES DEL CULTIVO DE LA TILAPIA

1.1 Descripción de la especie

La historia de la acuicultura se inició en la edad media, cuando se introdujo el cultivo de la Carpa Común en los estanques de los monasterios. por lo que se debe considerar que criar peces de ornato la iniciaron los chinos con la carpa dorada. Posteriormente el hombre fue cultivando otras especies acuáticas para su sustento y beneficio.

La tilapia es una especie oriunda de África y distribuida a varios países del mundo, y se constituye en un hecho notable, ya que a pesar de existir resistencia respecto a su introducción, pues incluso se la llegó a considerar a la tilapia como una plaga, su cultivo se dispersó ampliamente. De forma especial en países en vías de desarrollo se reconoció al cultivo de tilapia como una forma fácil de producir proteínas a precio bajo para las clases populares.

Con el desarrollo de la experimentación e investigación se encontraron soluciones a algunos problemas del cultivo de la tilapia, y es en este punto que el cultivo de esta especie se desarrolló a niveles comerciales.

En el mundo entero se conocen alrededor de 65 a 70 especies de tilapia y muchas se aprovechan en la piscicultura, principalmente las del género *oreochromis*. Se cree que la tilapia es originaria de Africa en donde fue reportada por primera vez en el año de 1968. También se conoce bastante acerca de esta especie en Filipinas, donde se atribuye el cruzamiento de una hembra híbrido de *oreochromis mossambicus-hornorum*, con *oreochromis niloticus*, dando como resultado la progenie de coloración rojiza hasta naranja.

Paralelamente en Israel, Estados Unidos, y Taiwan se obtienen colores rojos y anaranjados partiendo de cruces de hembras *oreochromis mossambicus* de color anaranjado, y un macho de la misma especie coloración normal de *oreochromis niloticus*.

Posteriormente fue introducida en el Valle del Cauca en Colombia desde Estados Unidos, como un híbrido de hábitos omnívoros, con grandes crecimientos en cultivos superintensivos, en el año de 1982.

En lo que respecta a la parte taxonómica, proviene de la familia Cichilidae, su nombre científico es *Oreochromis spp.*, y su nombre común o vulgar es tilapia roja o tilapia híbrida roja. Es un tetrahíbrido porque proviene del cruce de cuatro especies importantes del género *Oreochromis*, lo que determina su polimorfismo. En la foto # 1 se aprecia una tilapia roja para cosecha de 650 g., esta especie tiene gran facilidad para adaptarse a condiciones adversas, es resistente a las enfermedades, posee altos índices de supervivencia, y

una ventaja adicional es el rápido incremento de peso y talla de esta especie.

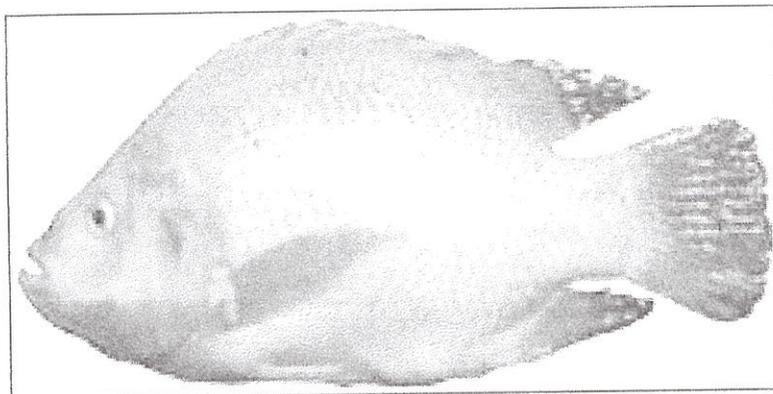


foto # 1 tilapia roja para cosecha de 650 g.

1.1.1 Aspectos Ecológicos en la reproducción de las tilapias

Oreochromis niloticus, así como el híbrido rojo de tilapia, gustan de cuerpos de agua lénticos, generalmente permanecen en zonas no muy profundas cerca de la orilla donde construyen sus nidos, que es una excavación en forma de un cráter que varía dependiendo de la longitud del pez.

Los requerimientos ecológicos más importantes que se toman a consideración en los procesos de la reproducción de estos peces son los siguientes:

Temperatura- Los cíclidos son peces que requieren de temperaturas elevadas para su desarrollo. La reproducción de las tilapias se da entre 22° C y 32 °C (Popma, 1990), el rango óptimo es de 26-29 °C, y su rango de temperatura para el engorde de estos peces es de 24-32 °C. En nuestro país,

las temperaturas enunciadas son permisibles en todo el litoral, y en la región oriental.

Oxígeno- Es uno de los parámetros más importante dentro de los procesos de la reproducción, el nivel deseado es de 7 ppm, y las tilapias se desarrollan normalmente en presencia de concentraciones de 5 mg/lit (AquaFarm, 1993). Cuando el oxígeno disuelto baja a valores menores que 3 mg/lit, el pez disminuye su metabolismo (Coche, 1980).

pH- Los niveles óptimo de pH están entre 6.6 y 7.5. Cuando el pH está por debajo de 4 y por encima de 11 impiden la supervivencia de los peces, y entre 4.5 - 5.5 no permite la reproducción (Piña, 1993). La estabilidad del pH mejora las condiciones de los cultivos, la productividad natural se incrementa, constituyendo fuente de alimento para los peces que se cultivan

Salinidad- La mayoría de las tilapias son eurialinas y pueden vivir en aguas salobres, y algunas en agua de mar (Kirk, 1972). Los niveles de 10 ppt son aceptables para la reproducción de *O. niloticus* (Popma, 1990)

Alcalinidad y dureza- Afectan directamente al metabolismo de los organismos reduciendo la producción total de tilapia. Una alcalinidad de aproximadamente de 75mg de CaCO_3 /lit se considera adecuada y propicia para enriquecer la productividad de los estanques (Estévez, 1990)

Turbidez- Para los procesos de reproducción, la lectura del disco Secchi entre 25- 30 cm es lo recomendable.

Amoniac - Se establece que los niveles de amoniac en los cultivos deben ser menores a 2 ppm (Piña, 1993)

Las tilapias son peces muy resistentes a toda variación de los parámetros físicos - químicos del agua, y esto ofrece ventajas en la producción. El mantenimiento de la buena calidad de agua del cultivo es una garantía para obtener éxitos en la producción de los alevines reversados.

En la tabla 1 se presentan los rangos aceptables para la tilapia.

VARIABLE	RANGO RECOMENDADO
Temperatura	24 - 32°C
Oxígeno Disuelto	Mayor a 5 mg/lit
Amonio total	Menor a 1.0 mg/lit
Nitrito	Menor a 0.3 mg/lit
PH	De 6.5 a 4.5
Alcalinidad total	Mayor de 75 mg/lit
Dureza total	Mayor de 50 mg/lit
Cloro	Mayor de 50 mg/lit
Plancton	40-60 cm por disco secchi
Turbidez	25 - 30 cm por disco secchi

Tabla # 1 Rangos de calidad de agua óptimos para tilapia

1.2 Los sistemas más utilizados (ventajas y desventajas)

Los esquemas tecnológicos que fueron introducidos inicialmente en el país han ido cambiando, desde los sistemas extensivos hasta los superintensivos. En los sistemas extensivos, se utilizaba una densidad de siembra muy baja, sin aporte de alimento externo, utilizando el concepto de producción a bajo costo, para abastecer de alimento rico en proteínas a las poblaciones rurales del país, que generalmente tenían muy poco acceso a la carne, por su alto costo.

Posteriormente se utilizaron sistemas de cultivo con mayores densidades de siembra y por tanto mayores rendimientos de cosecha por hectárea. De esta forma se tienen los sistemas semi-intensivos, intensivos y los superintensivos, cuyos propósitos es aumentar la rentabilidad económica.

En los primeros esfuerzos de la acuicultura extensiva se pretendió utilizar los recursos que cada campesino tuviera en su parcela, aprovechando en primer lugar, las excelentes condiciones hídricas que presenta el país, y en segundo lugar los hábitos alimenticios omnívoros de la tilapia, lo cual la convierte en un pez poco selectivo en cuanto a los alimentos que ingiere.

Con el tiempo se ha logrado superar una serie de prejuicios que se fueron creando alrededor de la calidad de la carne de tilapia, que en algunos casos estuvieron relacionados con los esquemas tecnológicos introducidos de países culturalmente muy diferentes al nuestro. Han existido una serie de factores favorables, como la apertura de un mercado internacional muy importante y el crecimiento de la demanda interna del producto que determinaron que el interés de cultivar la tilapia como una alternativa más de diversificar la producción agrícola fuera creciendo. También ha ayudado la preocupación de las autoridades gubernamentales por mejorar los paquetes tecnológicos existentes, lo cual ha generado un cierto grado de incentivo a la investigación de sistemas de producción que generen mayor rentabilidad económica.

En las fotos # 2 a # 5 se muestran estanques con los sistemas de cultivo mencionados.



Foto # 2 Estanque con cultivo intensivo y aireación suplementaria



Foto # 3 Estanque con cultivo extensivo

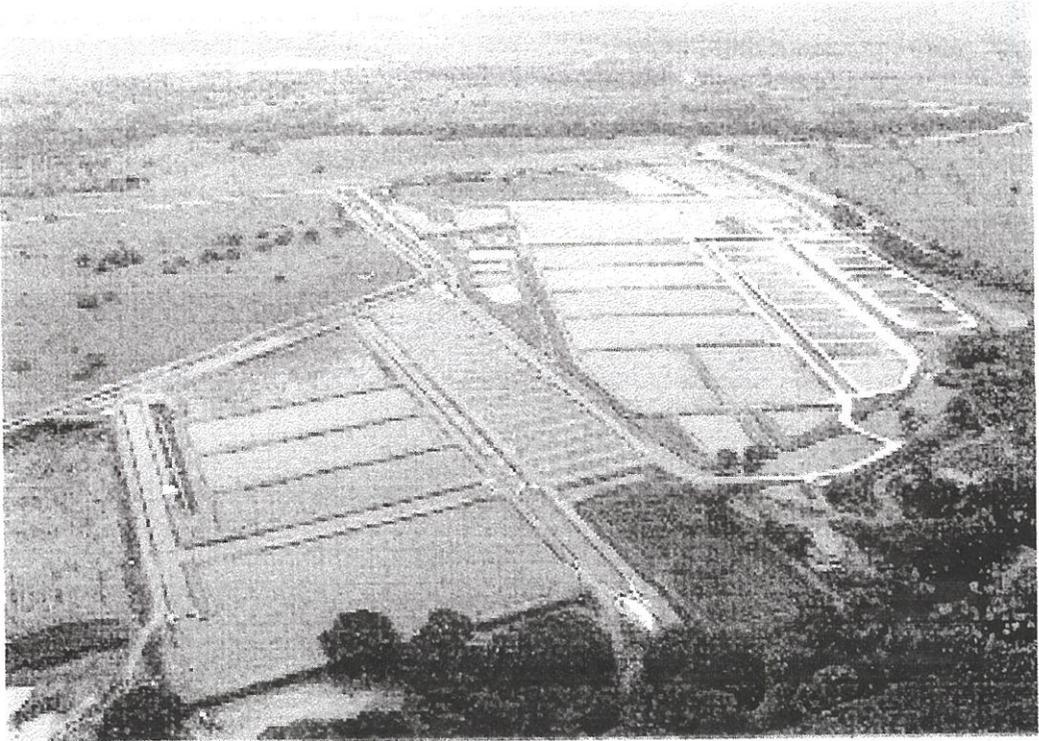


Foto # 4 Estanques con cultivo intensivo de tilapia en Costa Rica



Foto # 5 Estanques de tierra para cultivo intensivos de tilapia con aireación suplementaria.

1.2.1 Cultivo de tilapia en estanques de tierra.

Los estanques de tierra son recintos de agua poco profundo, utilizados para el cultivo de peces de tal forma que se pueda tener un fácil manejo de vaciado y llenado rápido. El tamaño del estanque puede variar entre 100 y 1000 metros cuadrados o más, de acuerdo a las condiciones específicas del terreno y la capacidad económica del piscicultor. La profundidad no debe ser mayor de 1.4 ni menos de 0.70 m, el fondo debe poseer una inclinación del 1%, y las paredes una pendiente de 2:1 para evitar erosión. El talud externo debe ser más inclinado que el interno, y se debe reforzar la corona del dique; el talud interno del estanque debe estar hasta 50 cm de profundidad.

El desagüe del estanque debe ser sencillo y rápido, se recomienda el uso de un tubo de P.V.C con diámetro de 4 pulgadas colocado en posición vertical con un codo de 90° conectado a otro tubo del mismo diámetro el cual atraviesa el dique en el fondo del estanque. Es indispensable colocar mallas, tanto en la entrada como en la salida del agua, para evitar que penetren organismos extraños, como también la fuga de los peces, los cuales estas pueden ser metálicas o plásticas. (tomado de <http://docentes.usaca.edu.co/jescobar/l-tilapia.htm>)

El módulo de cultivo de tilapia en estanques de tierra consiste en un sistema con tres fases de producción, precría, engorde 1 y engorde 2. A

continuación se detallan cada una de estas fases basadas en el contenido de la siguiente página Web de la internet http://www.mag.go.cr/incopesca/acuicul_2.htm.

Precria.- En esta fase se sembrará una densidad de 15 alevines / m³, el peso promedio a la siembra de los alevines machos reversados es de 1 g, el porcentaje de recambio diario de agua es de 20% por día. La alimentación de esta fase y las siguientes se la realiza de acuerdo a una tabla de alimentación a base del porcentaje de la biomasa de los peces.

Engorde I.- Los peces con un promedio de 80 a 100 g, son seleccionados y colocados en grupos de tamaño uniformes, son sembrados a una densidad de 8 peces / m³. El porcentaje de recambio en el estanque es de un 30% por día y son alimentados de acuerdo a la tabla de alimentación.

Engorde II.- La densidad de siembra para esta fase es de 5 peces / m³, con un promedio de 225 a 250 g. Al igual que en la fase anterior los peces se deben sembrar en grupos de tamaños uniformes, con su correspondiente tabla de alimentación. El porcentaje de recambio de agua en esta fase no debe ser menor al 50% diario.

1.2.2 Cultivo intensivo de tilapia en estanques circulares de concreto

Para realizar un cultivo de tilapia más intensivo el factor principal lo constituye el agua disponible para el proyecto, tomando en cuenta su

agua sea lo más pura posible libre de contaminantes, sobre todo de contaminantes químicos. En cuanto a la cantidad necesaria, la densidad de siembra es directamente proporcional a los recambios de agua diarios que se pueden realizar en el estanque, por ejemplo para mantener una densidad de siembra de 100 peces por metro cúbico se necesitan 10 recambios diarios de agua, lo que significa cambiar el agua completamente al estanque 10 veces por día, lo cual va a permitir que aunque los peces van a estar muy aglomerados van a tener suficiente oxígeno para sus procesos metabólicos.

Precisamente debido a las densidades tan grandes que se manejan, es muy importante en este tipo de cultivos el cuidado y manejo técnico que se le da a los estanques, donde debe haber un monitoreo de la cantidad de agua que entra y sale. Si se corta el agua, aunque sea por un lapso corto de tiempo, puede colapsar toda la población, y si se obstruye la salida el estanque se rebosa en poco tiempo. De igual manera la aglomeración de peces hace que estos sean más susceptibles a enfermedades por lo que hay que estar inspeccionando constantemente el estado sanitario del pez.

Otro factor importante en este tipo de cultivo es la alimentación, la cual debe ser bien dosificada y que contenga los elementos nutritivos que necesita el pez para su desarrollo. Periódicamente se deben realizar muestreos de control, donde se va a evaluar el estado sanitario del organismo y de acuerdo a su crecimiento se debe adecuar la dosis de alimentación.

En este sistema, se trabaja con una serie de tanques circulares de concreto, cuyo aporte novedoso lo constituye la forma de estas pilas, las cuales son circulares y construidos exclusivamente en concreto (Ver foto #6). La forma circular de la pila permite la circulación uniforme y constante del agua, evitando lo que sucede en estanques con formas más poligonales que se quedan esquinas donde la oxigenación es menor.

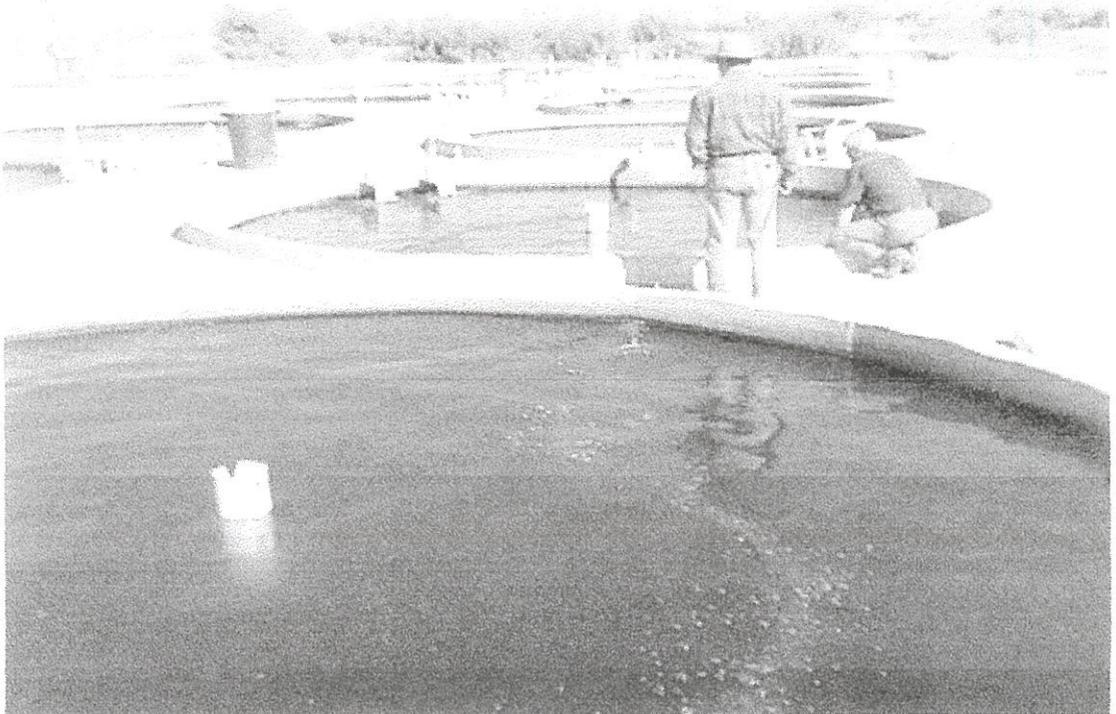


Foto # 6 Tanque de concreto circular con cultivo intensivo de tilapia en California

Entre las ventajas comparativas de este sistema de cultivo de peces encontramos:

- Por el tamaño y el diseño constructivo de los estanques requiere muy poca mano de obra, ya que una sola persona estaría en capacidad de mantener una cantidad de estos.

- En un área muy reducida se pueden producir grandes cantidades de pescado
- El proceso garantiza un producto de primera calidad
- Las características de construcción garantizan que la vida útil de los estanques va a ser bastante prolongada.

Los requerimientos para este tipo de sistemas son:

- Agua con las características de calidad y cantidad recomendadas.
- Capital para inversión y operación
- Manejo técnico

1.2.3 Cultivo en jaulas

Este sistema de cultivo en jaulas se ha difundido ampliamente en las últimas décadas y es empleado con mucha frecuencia en otros países, donde se cuenta con numerosos cuerpos de agua como lagos, embalses y represas, que tienen buenas condiciones para el cultivo de la tilapia, pudiéndose cultivar esta especie bajo esta modalidad. Así en Costa Rica existen dos proyectos de este tipo, y en el sudeste asiático se la cultiva también en corrales cerrados dentro de espejos de agua. (Ver foto # 7).

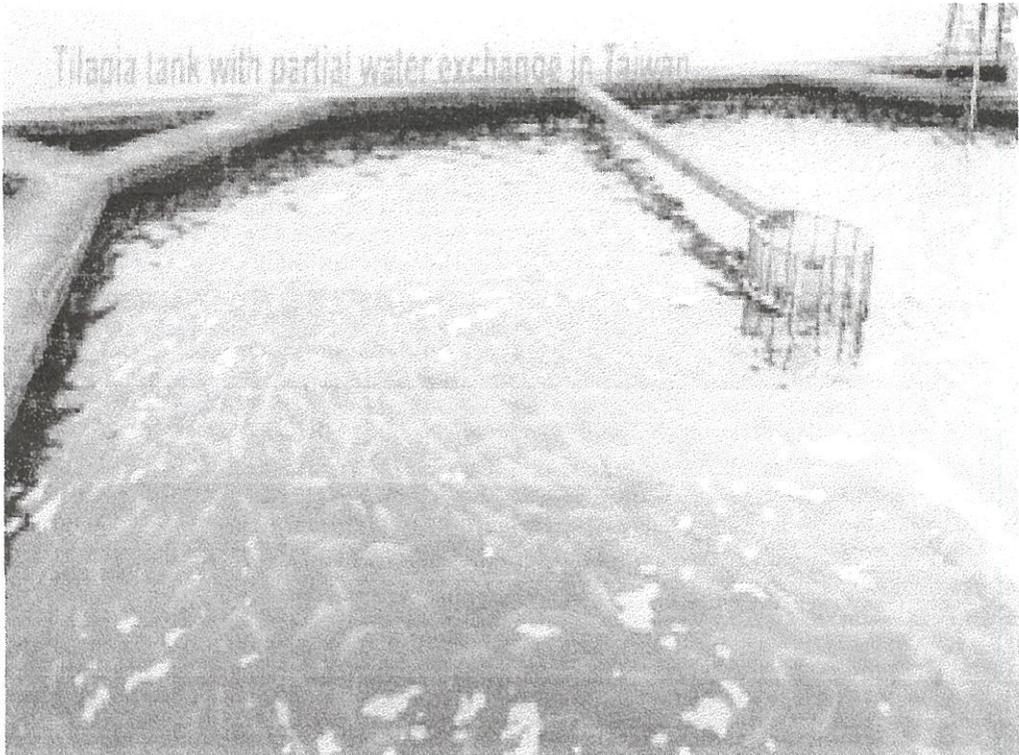


Foto # 7 Tanque de cultivo de tilapia con intercambio parcial agua en Taiwan

Sus principales ventajas son:

- Producción de alta densidad.
- Falta de utilización de terrenos dedicados a la agricultura.
- Menor inversión y menores costos operativos en comparación con los módulos desarrollados en tierra.
- Sistema que permite desarrollar cultivos intensivos (100 a 200 peces por metro cúbico).
- Facilidad de manejo (Alimentación, limpieza, selección)
- Rápido crecimiento de los peces.

Para el caso de Costa Rica las más utilizadas son las jaulas de forma cuadrada, en estructuras que pueden estar flotando o ancladas al suelo, aunque generalmente las jaulas no se encuentran fijas, sino suspendidas por medio de flotadores. Las jaulas apoyadas sobre el fondo deben tener una estructura de soporte que las separe de este cuando menos 20 a 30 cm. Las paredes de malla se sostendrán desde la parte superior de dicha estructura. Los sistemas de jaulas constan de cuatro componentes importantes que son:

- a) Marco estructura de sostén de jaula.
- b) Sistemas de redes o bolsa de jaula, (que permitan delimitar su máximo volumen).
- c) Sistema de flotación.
- d) Sistema de anclaje de la jaula.

1.2.3.1 Construcción de las jaulas

Tanto el material de la malla como la abertura son elementos importantes a considerar en el diseño de una jaula. La abertura de malla debe ser lo más grande posible para mantener el mayor flujo de agua, pero a la vez mantener a los organismos más pequeños.

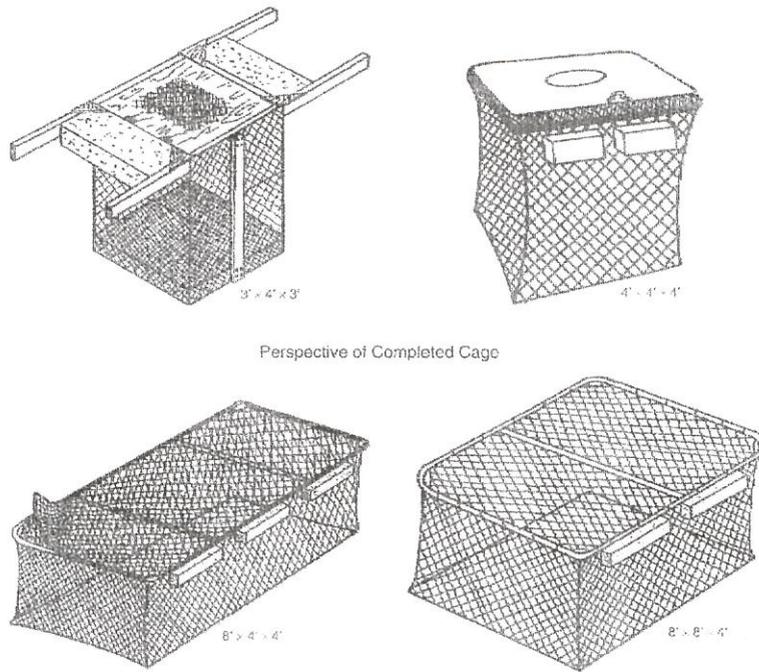


Fig # 2 Tipos de jaulas cuadradas o rectangulares

La estructura superficial puede estar construida de madera, metal o plástico, dependiendo de la disponibilidad local de materiales, costos, duración y resistencia deseada. La estructura subsuperficial suele ser una bolsa de red o bien de fibras naturales o sintéticas (nylon, polietileno), de metal o plástico. Estas últimas son ligeras y duraderas, relativamente rígidas y conviene que estén protegidas contra los rayos ultravioletas. Sin embargo tienen el inconveniente de ser relativamente caras.

Para un fácil manejo se recomienda jaulas de forma cuadrada con un tamaño de 4m x 4 m x 3 m. Estas jaulas constan de un armazón cúbico de madera sobre el cual se coloca la red de malla "tipo anchovetera", con una

distancia entre nudos de 2 cm para el engorde y menor al centímetro para el preengorde.

En la foto # 8 se muestra el uso de jaulas cuadradas y poligonales para cultivo de peces en embalses en Taiwán.



Foto # 8 Jaulas poligonales y cuadradas para cultivo de peces en un embalse en Taiwan

1.2.3.2 Selección del sitio de cultivo.

Para la instalación de las jaulas se debe escoger un lugar adecuado con características como las que se apuntan a continuación.

- Presencia de corrientes de baja magnitud.
- Presencia de olas débiles que favorezcan la oxigenación del agua.
- Profundidad del agua de 10 a 15 m. (mínima 5 m)
- Ausencia de plantas acuáticas y algas en el sitio a instalar las jaulas.

- Protección contra objetos flotantes.
- Adecuada calidad de agua.
- Accesibilidad.

1.3 La importancia del uso de las jaulas a nivel mundial

Al igual que la mayoría de los demás tipos de acuicultura, el cultivo en jaulas procede del Sudeste de Asia, aunque se cree que su origen es relativamente reciente (Ling, 1997). Al parecer, este método de cultivo se ha desarrollado independientemente en al menos dos países, Según Pantalu (1979), las primeras noticias del cultivo en jaulas proceden de Kampuchea, donde los pescadores de la región del Gran Lago criaban bagres del género *Clarias*, y otros peces comerciales en jaulas y cestas de bambú o junco, hasta que estaban listos para transportarlos al mercado. (Beveridge, 1986)

En los últimos 20 años, aproximadamente, el cultivo en jaulas en aguas continentales se ha extendido a más de 35 países de Europa, Asia, Africa y América, y en 1978 se criaban experimentalmente en jaulas más de 70 especies de peces de agua dulce (Coche, 1978^a). Con excepción de pocas zonas, la madera y el bambú han sido substituidos por materiales nuevos, como mallas de nylon, plásticos, polietileno y acero, que aunue resulten mucho más costosos, tienen mayor duración, y permiten un mejor flujo de agua. La mayor parte de los modelos hoy utilizados son de tipo flotante, y consisten en su mayoría en una estructura circular construida con

materiales locales, por ejemplo, madera , bambú o con tubos de acero o de plástico, del que está suspendida una red de fibra sintética. Con frecuencia, para mejorar la flotación se utiliza espuma de estierno, barriles de acero, o plásticos sellados. (Beverigde, 1986)

La razón principal por la cual las tilapias han contribuido muy poco a la producción pesquera en la mayoría de los países, es que a pesar de sus rasgos deseables, ellas maduran sexualmente a una edad temprana, se reproducen a los pocos meses de edad, a menudo por debajo del peso mercadeable.

Según las estadísticas de la FAO (1984-88) se reportan cultivos de tilapia en 65 países: En Africa 29 (solamente 7 producen más de 100 toneladas al año); en Asia 15 (8 de los cuales producen miles o cientos de miles de toneladas al año); en el Caribe 6; en Europa 1; en Latinoamérica 10; en el Mediterráneo y Oriente Medio 5; en el Pacífico 5 y en Norte América con excepciones de cientos de toneladas al año. (Tomado de <http://docentes.usaca.edu.co/jescobar/l-tilapia.htm>)

El cultivo de jaulas también se ha extendido al campo de la acuicultura en cuerpos de agua abiertos. Las condiciones hidrográficas y climáticas son las principales consideraciones de elección de lugares para el establecimiento de estos sistemas de cultivo, donde las zonas más adecuadas y preferidas

son las bahías protegidas, estuarios, lagunas costeras, lagos y embalses que estén protegidos contra el viento y el oleaje intenso.(foto # 9).



Foto # 9 Cultivo en mar abierto en jaulas circulares en una bahía de Taiwan
El cultivo de peces en jaulas de bajo volumen (1 – 4 m³) a altas densidades (200-500 org/m³), (Schmittou, 1994), constituye una vía de extensión de las producciones acuícolas en la mayor parte del mundo. Hay un creciente reconocimiento del valor de las granjas de jaulas para la acuicultura y de las oportunidades que ofrece para el uso productivo de agua abiertas e interiores, donde éste sistema de cultivo ha atraído interés de investigación y esfuerzos de aplicación, generando varios tipos y diseños de jaulas (Pillay, 1997).

El propósito de las jaulas de bajo volumen para peces es permitir levantar cosechas con un alto rendimiento por unidad de área, lo cual está

influenciado significativamente, por la construcción y el diseño de las jaulas que deben regirse por los siguientes principios básicos: 1) Se fabriquen de un material lo suficientemente fuerte y duradero y que permita, sin ningún tipo de restricciones, el intercambio de agua con el ambiente externo; 2) Permitan la salida de desechos de los peces sin que haya acumulación; 3) Mantengan el alimento en la jaula hasta que sea consumido; y 4) No lastimen ni estresen a los peces. Estos requerimientos se pueden alcanzar mediante especificaciones de componentes fundamentales de diseño y construcción de jaulas de bajo volumen (Schmittou, 1994).



Fig # 3 Representación de los países exportadores y productores de tilapia en América

En la fig 3 se presenta un plano esquemático del cultivo de tilapia en toda América en sus diferentes formas de cultivo. Además, el cultivo en jaulas se está extendiendo en todo el mundo. Así, existen informes de que se cultiva tilapia en jaulas en los siguientes sitios: Estados Unidos (California, Arizona), México (Municipios de Santa María Hualteco, Putla de Guerrero y San Pedro Hualemula), Nicaragua (Lagos Xolotlán y Cocibolca, Departamento de Chinandega, costa pacífica de Nicaragua), Honduras (San Pedro Sula, Lago Yojoa), Costa Rica (Guaples, Limón, embalse Arenal Huanacaste), Colombia, Cuba, Venezuela, Perú, Argentina (Provincia de Corrientes), Malasia, Filipinas, Taiwán, China, Egipto (Alejandría).

Como se ha indicado, el cultivo en jaulas es de mucha importancia en la mayoría de los países productores de tilapia, ya que se le brinda la oportunidad de manejar mayores densidades y utilizar poco espacio en lugares que antes no se destinaban a la acuicultura, como son los embalses y represas que ayudan al área de producción de la tilapia.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

El cultivo tradicional de peces en jaulas, por lo general, alcanza un volumen de 100 m³ y algunos son mayores a 1000 m³. No obstante, el resultado por volumen de la producción de peces en jaulas, es mucho mejor y económicamente más eficiente en las jaulas de 1 a 4 m³. Esto se debe simplemente a que las jaulas en iguales condiciones, los intercambios totales de agua son más frecuentes en las jaulas de menor tamaño.

Mientras más pequeña sea la jaula, mayor será la proporción entre el área de superficie (el lado total de la jaula) lateral (m²) y el volumen (m³). El incremento del ASL:V, aumentará el potencial del intercambio de agua, proveniente de las corrientes naturales del agua, de las inducidas por los peces. Si el rendimiento óptimo de una jaula de 1 m³ es 250 Kg de peces, entonces, el rendimiento óptimo de las jaulas de 32 m³ y de 8 m³, hipotéticamente sería como de 50 y 24 Kg, respectivamente (Schmittou, 1994)

La forma de la jaula no es un factor importante en el potencial de intercambio de agua, sino que la relación es dirigida por un grupo básico de principios que deben ser entendidos. La mayoría de las jaulas son rectangulares, cuadradas, poligonales, circulares, a veces se utilizan jaulas

cilíndricas, por lo que al escoger la forma de la jaulas, hay que pensar en el intercambio de agua que puede tener dicha forma. Todas las jaulas deberían tener de 1 a 2 m de profundidad y pueden ser de cualquier forma: cuadradas, rectangulares, cilíndricas o hexagonales. Sin embargo, el intercambio de agua será mayor en jaulas con lados más amplios y planos, que estén expuestos a las corrientes de agua ambiental. Por lo tanto, un mayor intercambio de agua en proporción al volumen, es efectuado en las jaulas rectangulares, que tiene un lado más ancho expuesto a la corriente. (Schmittou, 1994)

2.1 Ubicación del proyecto

El proyecto del cultivo de tilapia en jaulas, se desarrolló en el lago de la ESPOL, ubicado junto a la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, que se localiza en el Campus Prosperina de la ESPOL, en el Km30.5 via Perimetral (foto # 10).



Foto # 10 Vista panorámica del lago antes de la puesta de las jaulas

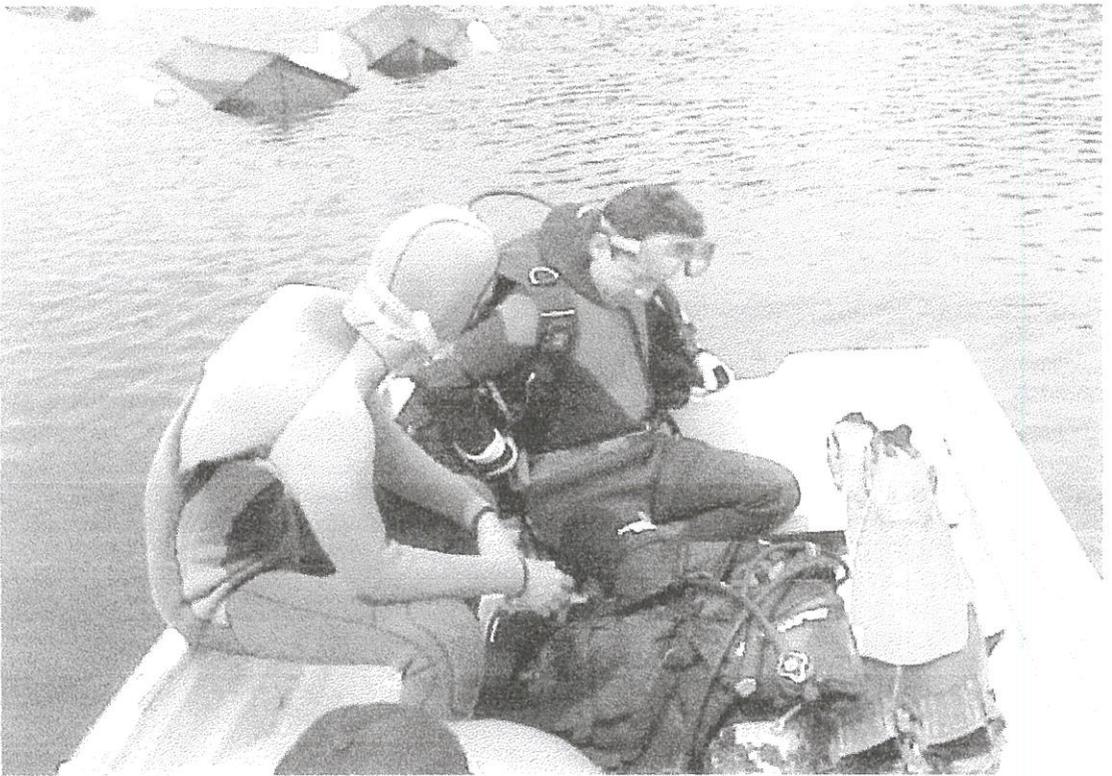


Foto # 11 Colocación de las jaulas en el lago

La ubicación de las jaulas en relación a las otras, es importante para la calidad del agua en ellas, debido a que al aumentar la densidad en las mismas, aumenta la biomasa de peces, resultando una disminución en la calidad del agua, dentro y alrededor de las jaulas. (Schmittou, 1994), Tomando en consideración esto, se dispuso la ubicación de las jaulas en bloques de tres en mitad del lago de la ESPOL (Foto # 11), para facilitar el intercambio de agua en todas ellas. En la foto # 12 se muestra la disposición final en la que quedaron las jaulas.



Foto # 12 Vista de la disposición final de las jaulas

2.2 Materiales de las jaulas flotantes

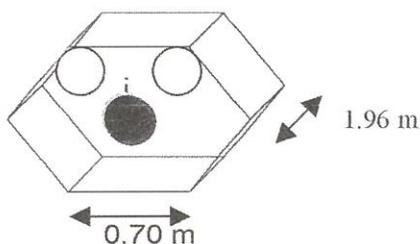
Existen muchos diseños de jaula o cajas para el cultivo de tilapia. La escogencia del tipo, tamaño y forma deberá ajustarse a las necesidades y requerimientos específicos de los lugares en donde se debe llevar a cabo el cultivo. Dos factores tienen importancia al escoger el tipo de jaula; la disponibilidad local de los materiales y el precio.

El diseño de jaula hexagonal fue elegido por que sus características disminuyan el estrés de los peces de cautivo y por ende la disminución de incidencias de enfermedades. El diseño hexagonal (fig # 4) permite la rotación de sus caras por pares y la exposición de las mismas a la desinfección por contacto al sol.

El material de las jaulas son: La estructura de metal y la malla que lo recubre es malla pesquera de 15 mm de ojo de malla, la jaula es hexagonal y tiene las siguientes medidas:

Largo : 1.96 m

Lado hexagonal : 0.70 m y su forma se aprecia en la Foto # 13



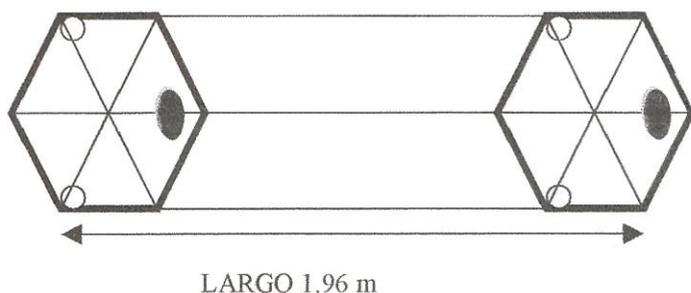


Fig # 4 Diseño de las jaulas para el cultivo de tilapia

Especificaciones técnicas

Para la elaboración y el diseño de las jaulas se calculó cuales deberían ser las medidas tales como lado, área, y largo, además de la profundidad que debían tener las jaulas. Es así que se analizaron varios diseños, y al final se escogió el tercer diseño, como el ideal para el cultivo. En la tabla # 4 se observan el detalle de los cálculos realizados, y el escogido como ideal para realizar el cultivo.

	Lado	Area	Largo	Profundidad	Volumen	
	m	m²	m	aprox	m³	
1	0.5	0.64952	3.85	1.00	2.5	
2	0.6	0.93531	2.67	1.20	2.5	
3	0.7	1.27306	1.96	1.40	2.5	IDEAL
4	0.8	1.66277	1.50	1.60	2.5	
5	0.9	2.10444	1.19	1.80	2.5	
6	1	2.59808	0.96	2.00	2.5	

Tabla # 4 Valores de distintos diseños de jaulas elaborados

- Luz de malla de 5 , 12 ó 24 mm
- Tamaño de la jaula, medido como volumen neto de 2.1 m³ (teniendo sumergido la mayor parte del volumen de la jaula)
- Forma de la jaula, hexagonal

Con relación a la ubicación de las jaulas con relación al entorno, se estableció que se colocarían en dirección del flujo de agua del reservorio(y del viento), en series de 3 jaulas que cubran la porción central del lago de la ESPOL .

Las fotos 13, 14 y 15 muestran el proceso de armado de las jaulas.

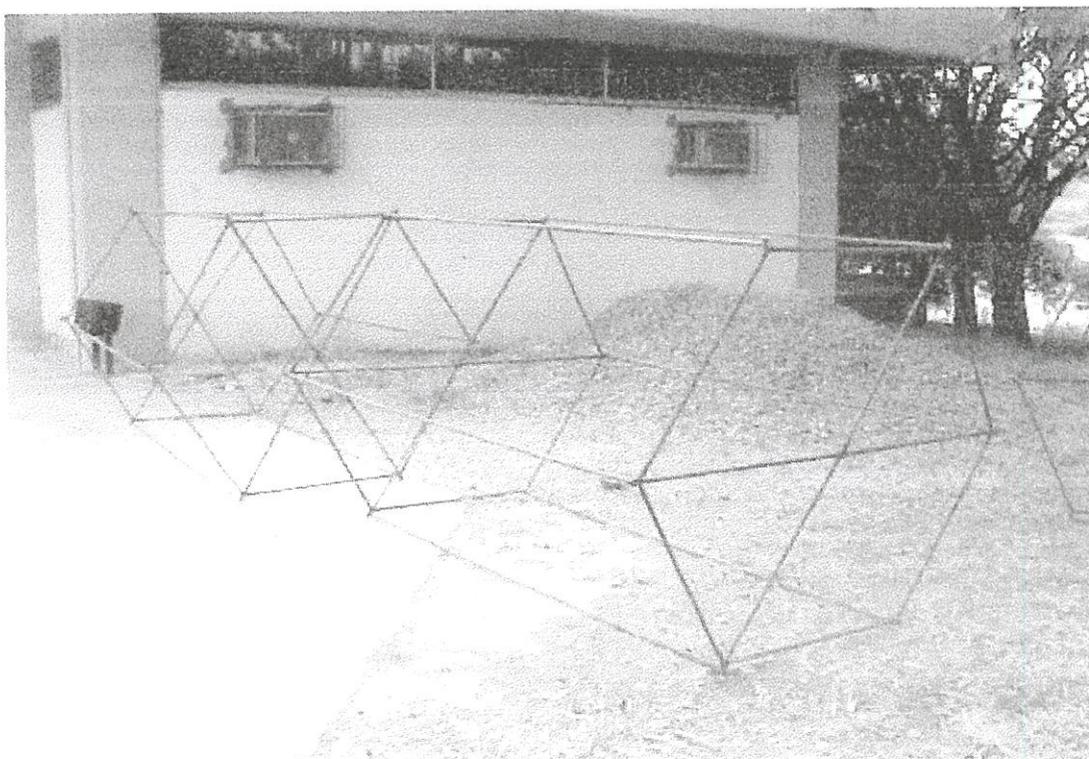


Foto # 13 Estructura conformada de carillas de hierro de 4 pulgadas

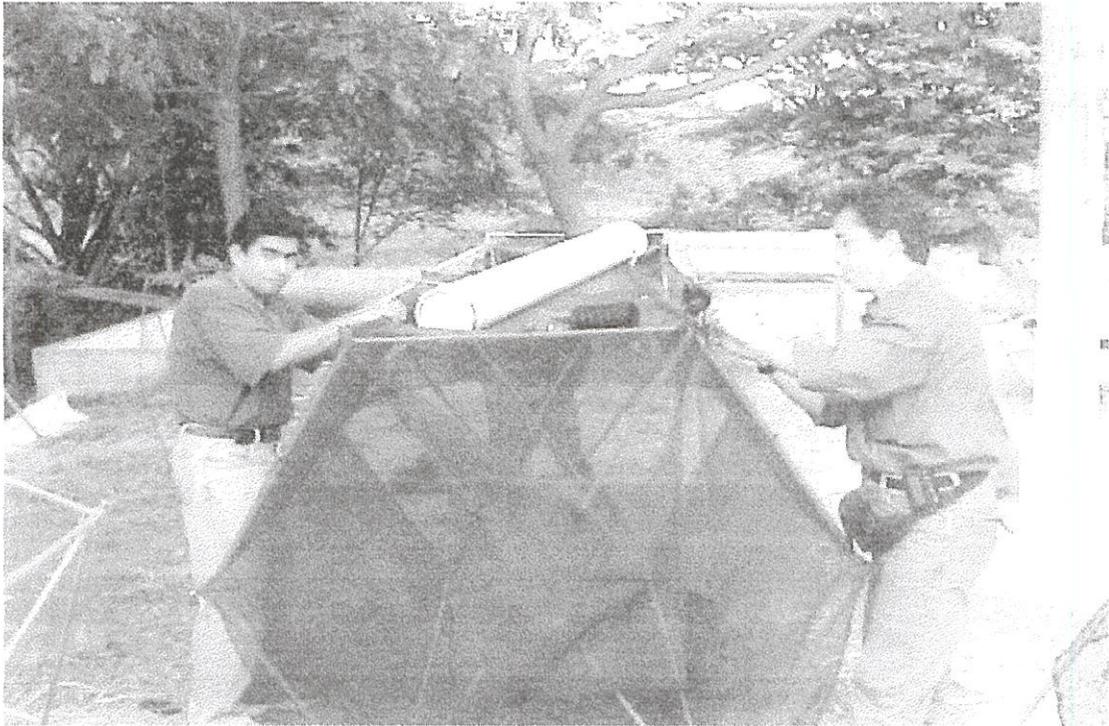


Foto # 14 Cosida de la malla a la estructura

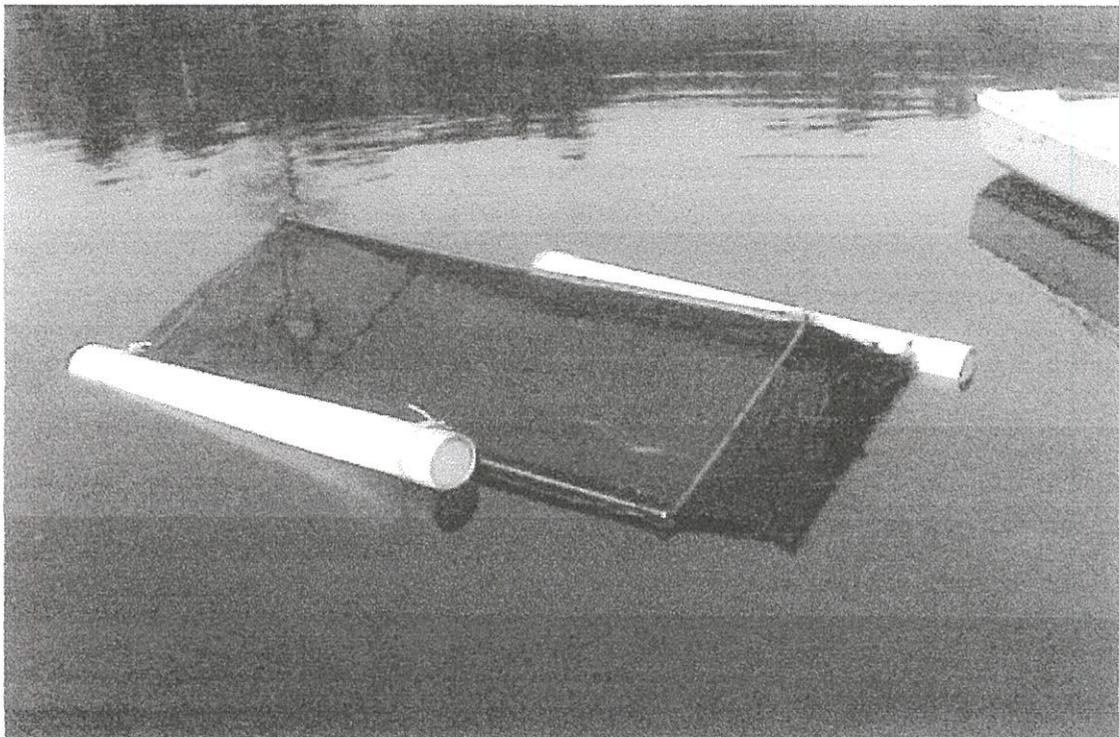


Foto # 15 Prueba de flotadores junto con la jaula

2.3 Modelos de producción (densidades de manejo)

Es necesario también discutir con mayor detalle en este capítulo, los modelos de producción. De esta forma se puede cultivar estos peces en distintos medios acuáticos utilizando varias tecnologías diferentes. Actualmente, los cultivos comerciales son realizados en sistemas que abarcan la modalidad extensiva, la semintensiva y la intensiva en cerramientos tipo estanques excavados en tierra para cualquiera de ellas o de otro tipo según las densidades de manejo y el capital de operación para cada una. En todos estos casos, se trabaja con poblaciones monosexo macho, revertidas por hormona durante los primeros 30 días de alimentación en cultivo, hasta alcanzar una longitud total de 14 a 20 mm.

En los sistemas extensivos se obtienen cosechas de 200 a 500 Kg/Ha/ciclo, sin aporte de alimento externo; mientras que en sistemas semiintensivos se cosechan entre 4.000 a 10.000 Kg/Ha/ciclo dependiendo de la calidad del alimento utilizado y de la temperatura del agua (Popma y Lovshin, 1994).

En sistemas intensivos en estanques, con aireación suplementaria y recambio parcial de agua (2 o más veces al día según lo requiera el cultivo), se obtienen cosechas de más de 20.000 Kg/Ha. En esta misma modalidad, y utilizando jaulas suspendidas de bajo volumen (en cuerpos de agua apropiados) los rendimientos están comprendidos entre 50 y 300 Kg/m³. (Popma y Lovshin, 1994).

2.3 Modelos de producción (densidades de manejo)

Es necesario también discutir con mayor detalle en este capítulo, los modelos de producción. De esta forma se puede cultivar estos peces en distintos medios acuáticos utilizando varias tecnologías diferentes. Actualmente, los cultivos comerciales son realizados en sistemas que abarcan la modalidad extensiva, la semintensiva y la intensiva en cerramientos tipo estanques excavados en tierra para cualquiera de ellas o de otro tipo según las densidades de manejo y el capital de operación para cada una. En todos estos casos, se trabaja con poblaciones monosexo macho, revertidas por hormona durante los primeros 30 días de alimentación en cultivo, hasta alcanzar una longitud total de 14 a 20 mm.

En los sistemas extensivos se obtienen cosechas de 200 a 500 Kg/Ha/ciclo, sin aporte de alimento externo; mientras que en sistemas semiintensivos se cosechan entre 4.000 a 10.000 Kg/Ha/ciclo dependiendo de la calidad del alimento utilizado y de la temperatura del agua (Popma y Lovshin, 1994).

En sistemas intensivos en estanques, con aireación suplementaria y recambio parcial de agua (2 o más veces al día según lo requiera el cultivo), se obtienen cosechas de más de 20.000 Kg/Ha. En esta misma modalidad, y utilizando jaulas suspendidas de bajo volumen (en cuerpos de agua apropiados) los rendimientos están comprendidos entre 50 y 300 Kg/m³. (Popma y Lovshin, 1994).

En los modelos intensivos se pueden considerar cuatro sistemas para el cultivo de la tilapia.

- 1) Cultivo en estanques rústicos
- 2) Cultivo en corrales y jaulas flotantes.
- 3) Cultivo de alta densidad en tanques.
- 4) Cultivo en canales de flujo rápido.

Adicionalmente, la tilapia suele cultivarse de manera más o menos intensiva asociándola al cultivo de otras especies de peces o camarones, (policultivo), así como al de otras prácticas agropecuarias, (agropiscicultura)

2.3.1 Cultivo en estanques rústicos

Los estanques rústicos son excavados en tierra y poseen estructuras especiales para el llenado y el vaciado de agua en forma individual (Ver foto #15). Tanto la alimentación de agua como el drenaje deberán efectuarse preferentemente por gravedad para minimizar los costos por concepto de energía y simplificar en lo posible la operación del sistema.

El engorde en estanques se efectúa en áreas mayores a 1 Ha, aunque se puede empezar con mínimo 0.5 Ha, tener cuidado con las densidades manejadas, y estar pendientes de los parámetros para tener un mayor control y una buena cosecha.

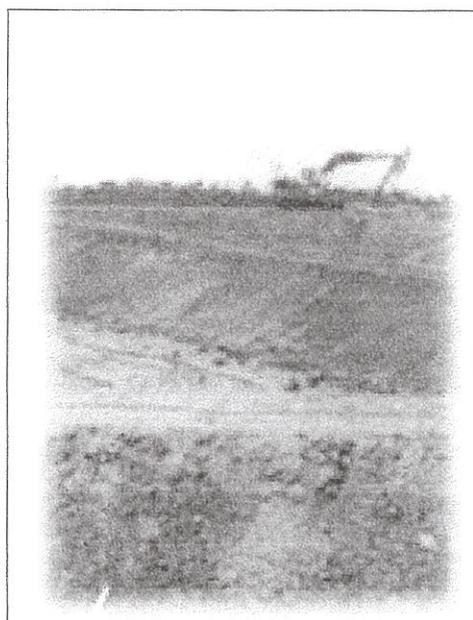


Foto # 15 construcción de estanques de tierra para cultivo de tilapia

El cultivo de poblaciones monosexadas de machos elimina las restricciones sobre la duración del período de engorde, y por lo tanto de edad y peso de los peces que se desee cosechar, pudiéndose alcanzar pesos promedios entre 300 y 800 g, según las especificaciones del mercado.

La densidad de la población dependerá de la cantidad y calidad de los fertilizantes y alimentos que se suministren. La tasa de crecimiento del pez es independiente de la densidad, mientras ésta sea menor que 5000 peces/Ha. Sin embargo, puesto que la densidad más productiva no es la que produce la mayor tasa de crecimiento individual, sino la que resulta en una mayor producción por unidad de superficie, conviene incrementar la densidad hasta 1 o 1.5 peces / m² para obtener producciones de 3 a 5 Ton/Ha por ciclo de cultivo.

En estanques con densidades de población sumamente elevadas (superiores a 1.5 a 2 org/Ha), el oxígeno disuelto se convierte en el principal factor limitante de la producción, por lo cual resulta indispensable la aireación artificial, especialmente durante la noche (Ver foto # 16). Otras dificultades que se presentan son la acumulación de sustancias de excreción de los peces en forma disuelta y sobre el fondo del estanque, lo que propicia la formación de sustancias tóxicas. Para evitar estos problemas se recomienda utilizar un buen flujo de agua a través del estanque para mejorar la oxigenación y la eliminación de las sustancias tóxicas.



Foto # 16 Estanque en el cual se aprecia el sistema de aireación para altas densidades.

2.3.2 Cultivo en corrales y jaulas flotantes.

El cultivo en jaulas podría definirse como el engorde de peces desde estadios juveniles hasta tallas comerciales en un área restringida y delimitada por mallas que permiten el libre flujo de agua. En el caso de la tilapia, las primeras experiencias de su cultivo en jaulas se realizaron hace apenas unos 20 años, habiéndose generalizado su uso en forma gradual en diferentes países de África, Asia y América.

La principal ventaja del cultivo de la tilapia en jaulas consiste en poder aprovechar diversos ríos y embalses de agua calientes que por su naturaleza y dimensiones o características no podrían ser utilizados sin modificar su cauce, forma o construcción.

Las especies de tilapia que se han cultivado en jaulas son las siguientes: *Oreochromis Mossambicus*, *Oreochromis Niloticus*, *Oreochromis Aureus* y *Oreochromis Hornorum*, así como sus híbridos, y *Tilapia Rendalli* en aguas dulces; y *Sarptherodon Melanotheron* en aguas salobres.

El cultivo en jaulas se puede efectuar tanto a escala comercial como al nivel de subsistencia familiar, principalmente en zonas tropicales y subtropicales donde la temperatura del agua sea superior a 20°C.

2.3.2.1 Tipo y tamaño de jaulas

Cuando los embalses son poco profundos (estanques o arroyos), las jaulas se fijan sobre el fondo, pudiendo quedar el piso de la jaula en contacto con el fondo (corrales) o separado. Cuando los embalses lo permiten y/o cuando son más profundos, resulta preferible el diseño de jaulas flotantes, dejando una separación mínima entre el fondo y el piso de la jaula de 1 m, para evitar que los peces tengan acceso al fondo donde se acumulan los excrementos y desechos, que es una zona normalmente pobre en oxígeno disuelto. En general se recomienda la instalación de jaulas en áreas donde la profundidad sea superior a los 5 m para reducir el riesgo de brotes de enfermedades y/o parasitismo. (foto # 17).

El tamaño de las jaulas depende de la naturaleza del cultivo. Para el engorde, el volumen de las jaulas puede variar entre 6 y 20 m³, cuando la explotación se efectúa con tecnología relativamente sencilla; mientras que para explotaciones industriales tecnificadas los volúmenes de las jaulas fluctúan entre 50 y 100 m³.

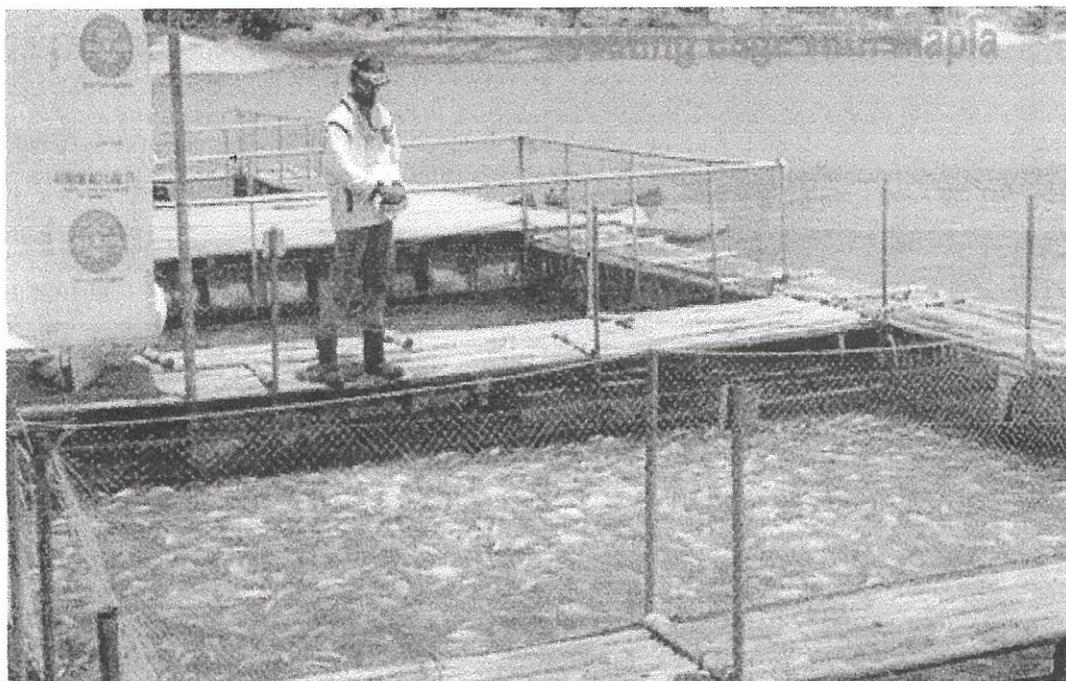


Foto # 17 Cultivo en jaulas de alta densidad.

En principio, con el uso de jaulas muy grandes se pierden ciertas ventajas inherentes al cultivo en jaulas, como serían la versatilidad y maniobrabilidad. Sin embargo, en el caso de la tilapia, un espacio grande se traduce en mejores tasas de crecimiento, en menores pérdidas de alimento y en mayor sobrevivencia en condiciones de baja concentración de oxígeno en el medio. Además es conveniente ir aumentando el volumen de las jaulas conforme al crecimiento de los peces. Las jaulas con tamaños superiores a los 25 o 30 m³ requieren instalaciones especiales que permitan su manejo.

2.3.3 Cultivo de alta densidad en tanques.

Aunque esta modalidad del cultivo de la tilapia no se ha difundido ampliamente, representa un potencial productivo comparable o quizás superior al de la trucha o del bagre, y solo inferior al de la carpa.

Lo anterior se atribuye a la gran resistencia física de la tilapia, así como al alto índice de crecimiento que presenta cuando recibe una alimentación balanceada rica en proteína.

La operación de sistemas de tanques para el cultivo intensivo, normalmente implica costos elevados, y por lo tanto solo es redituable cuando el precio de venta del producto es comparativamente alto. Es por esto, que sólo el cultivo del híbrido rojo de tilapia justifica su cultivo en tanques de alta densidad, debido a sus buenos precios en el mercado internacional.

Además de los altos costos de inversión inicial requerida para el cultivo intensivo en tanques, se necesita gran capital de operación para: alimentación, energía y equipos, recurso de agua, tierra de excelente calidad; mano de obra altamente calificada; alevines genéticamente puros; instalaciones y tecnología especializada, etc. La productividad de estos sistemas puede alcanzar hasta 25 Kg/m³/mes.

Cuando los juveniles alcanzan 30 a 50 g de peso, son transferidos a los tanques de engorde. La superficie de los tanques varía entre 10 y 300 m², y

la profundidad entre 0.5 y 2 m. La forma y estructura de los tanques también son muy variables. Los materiales más comúnmente empleados para su construcción son: fibra de vidrio, láminas metálicas recubiertas con sustancias epóxicas y concreto. En la foto # 18 se muestran tanques de concreto para alta densidad en cultivo de tilapia.

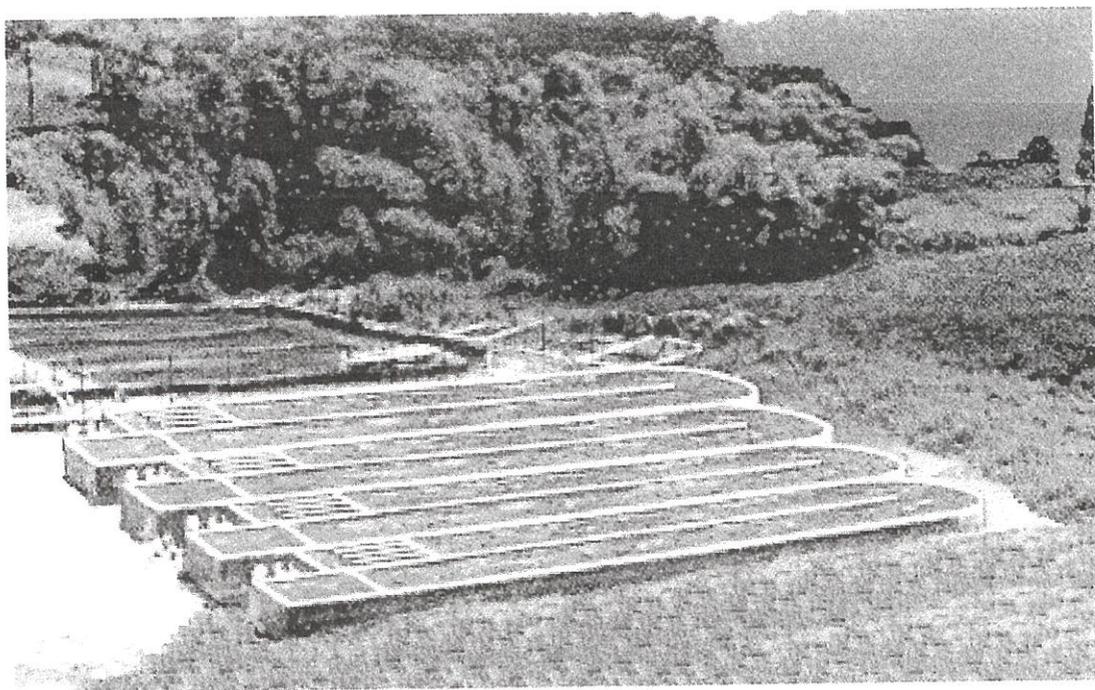


Foto # 18 Tanques de concreto para alta densidad en cultivo de tilapia

Los tanques cuentan con dispositivos para permitir la circulación continua de agua (varios recambios completos de agua por hora), aireación continua (aireadores mecánicos, difusores de aire o inyección de oxígeno líquido), regulación de temperatura, filtración de agua, alimentadores automáticos o de demanda, etc. (Ver foto # 19)

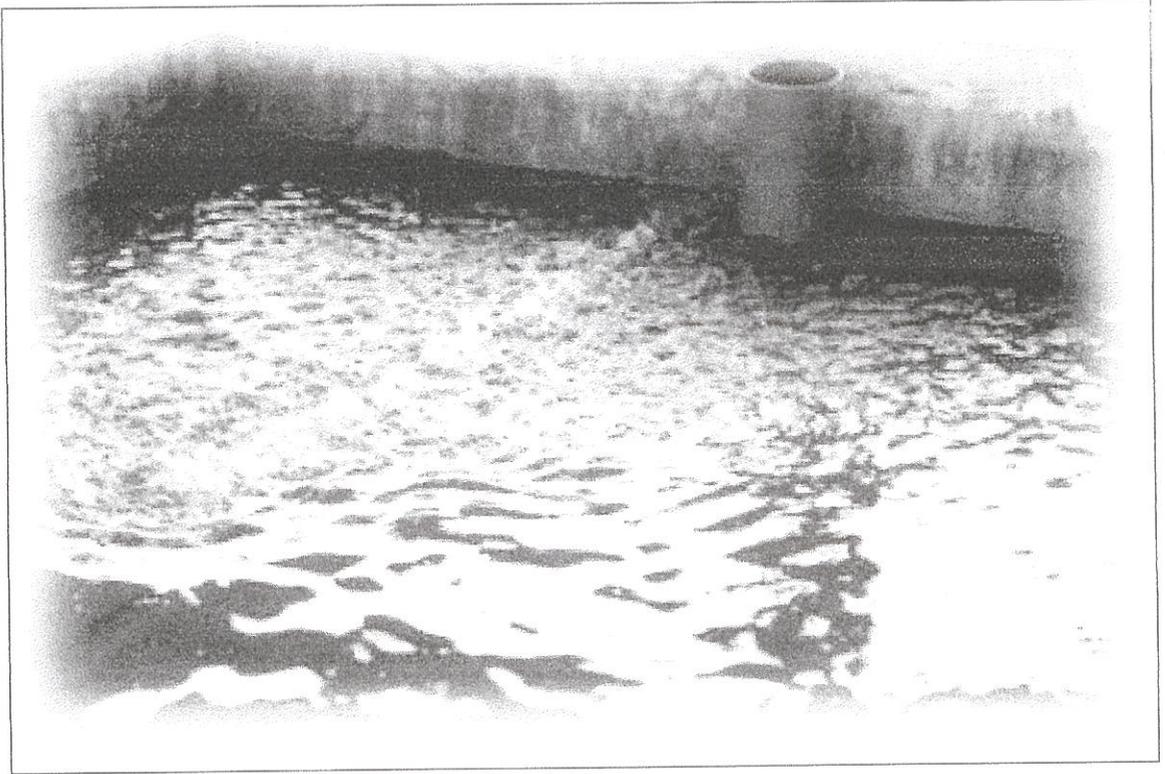


Foto # 19 Tanques con aireación suplementaria

A lo largo del período de engorde, se monitorean continuamente diversos parámetros físico químicos, especialmente el oxígeno disuelto y los residuos de excreción, sustancias tóxicas, presencia de parásitos, etc., bien sea manualmente o por sensores y detectores electrónicos.

La adecuada cantidad, calidad, frecuencia, distribución y presentación de los alimentos son factores esenciales que afectan directamente la rentabilidad dado que su costo corresponde a un 50% de los costos de producción.

2.3.4 Cultivo en canales de flujo rápido.

En el caso particular de la tilapia, los sistemas desarrollados para el cultivo en canales de flujo rápido (denominados en inglés "raceways") presentan características, problemas, ventajas y desventajas muy similares a las de cultivo en tanques. De hecho, la forma lineal de los canales, el mayor flujo, y consumo de agua y los sistemas de aireación y circulación que hay en los canales se realiza aprovechando la caída de agua por gravedad.

Sin embargo, tanto las necesidades de crías en grandes cantidades y tallas homogéneas, para el cultivo en altas densidades, son comparables a los sistemas intensivos en tanques, por lo que hay que vigilar constantemente el flujo de agua que ingresa al sistema, al igual que los demás factores que determinan la productividad del mismo, como la aireación y la alimentación.

Las fotos # 20, 21 y 22 muestran varios tipos de raceways usados en acuicultura

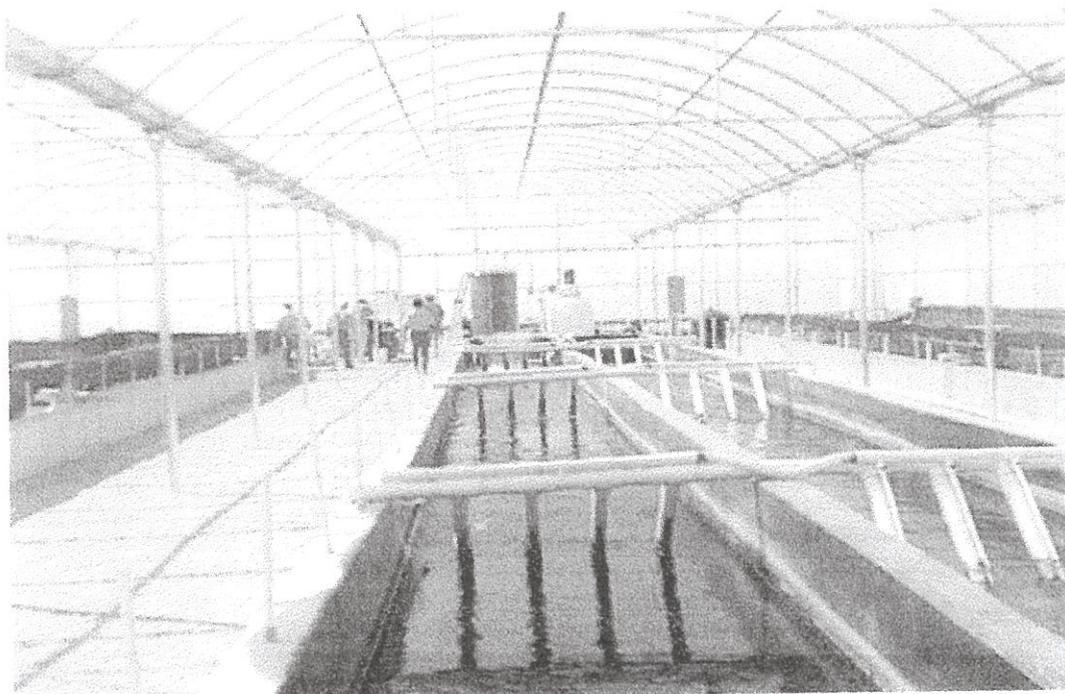


Foto # 20 Cultivo intensivo en raceways o flujo rápido

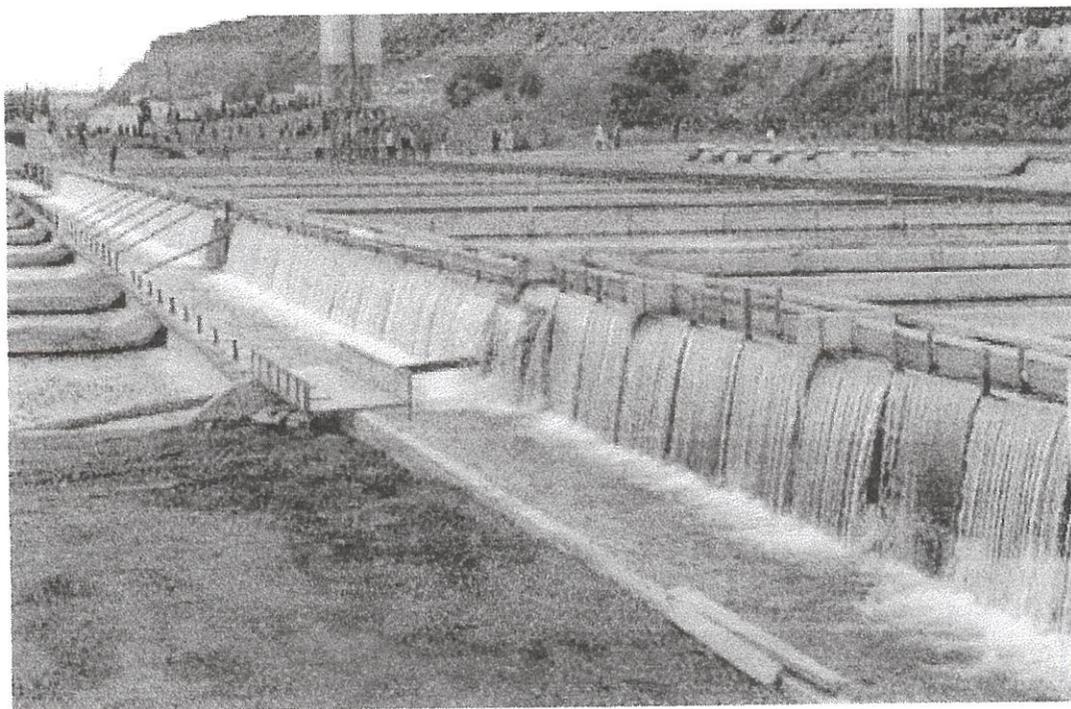


Foto # 21 Modelo de flujo rápido o "Raceways" para cultivo de la tilapia



Foto # 22 Cultivo de tilapia en raceways en Arizona

El cultivo en canales de flujo rápido no se ha generalizado debido principalmente a los altos costos de operación que implica, los mismos que no siempre pueden ser compensados por el relativo bajo precio de venta de la tilapia en la mayoría de los mercados.

En función del costo y de las densidades permisibles, de acuerdo al volumen de las jaulas, se recomiendan las siguientes dimensiones:

- Para juveniles de 15 a 30 g: jaulas cilíndricas o rectangulares de 0.5 m^3 hechas de malla de plástico de 4 mm, sostenidas por una estructura flotante rígida.

- Para juveniles de 30 a 100 g: jaulas cúbicas de 1 m³ iguales a las anteriores, pero con malla de 8 mm.
- Para engorde de peces de 100 a 300 g: jaulas cúbicas de 20 m³ con malla de nylon (20 mm, hilo R470) o de plástico (malla 18-25 mm).

3.1 Estudios preliminares y gastos de instalación

La infraestructura que se requiere para iniciar el cultivo en jaulas, es más simple, económica y requiere de menos tiempo para su implementación que en los cultivos tradicionales de estanques de tierra. Según las características del cuerpo de agua, se pueden construir jaulas flotantes y fijas, de superficie o sumergidas, individuales o modulares.

Para la elaboración de esta tesis se hicieron estudios preliminares de si existían cultivos de tilapia en jaula, y si habían empresas que lo estuvieran realizando, encontrándose que la mayoría de las empresas están cultivando tilapia en estanques de tierra en semiintensivos, y en policultivo con camarón.

Adicionalmente, sólo algunas empresas tienen el cultivo de tilapia en tanques, siendo en ciertos casos solo experimentales, pero no como un fin para el engorde de tilapia. Las principales empresas que están en el cultivo de tilapia en la actualidad se detallan en la Tabla # 6:

Empresa	Estado	Ha
Empagran	Integrado	1400
El Rosario	Integrado	400
Modercorp	Independiente	30
Seafresh	Independiente	70
El Garzal	Semi-integrado	600
Aquamar	Independiente	700
Sta. Priscila	Integrado	1000
Lanec	Integrado	50
Enaca	Integrado	600
Marines	Independiente	600
Etax	Integrado	200
Anisaleo	Independiente	70
Grupo Romero	Independiente	350
Expalsa	Integrado	100
Sector oriental	Independientes	100
Sector Manabí	Independientes	50
Grupo Quirola	Independientes	50
Otros	Independientes	150
Total		6250
Integrados		3750 (57.51%)
Independientes		2770 (42.49%)

TABLA # 6 Principales empresas productoras de tilapia

De los datos recolectados por el grupo de investigadores de la ESPOL, mediante visitas a granjas de cultivo, productoras de alevines, empresas de alimento balanceado y revistas del medio, se estima que el cultivo de tilapia en el Ecuador está ganado terreno, por lo que la tendencia del sector es de seguir creciendo, debido a que los grandes grupos dedicados al cultivo del camarón están viendo en la tilapia la tabla de salvación a su débil economía (Suárez, 2000). La mayoría de los cultivos son en estanques con sus variedades de monocultivo y policultivo con camarón, y no hay los que empleen jaulas para las fases de cultivo de la tilapia.

Para la instalación de un proyecto de acuicultura en Ecuador se deben hacer gestiones ante distintos entes reguladores de este tipo de negocio con el fin de obtener permisos y licencias, necesarias para la operación legal de la actividad productiva.

En primera instancia una vez se tiene ubicado el sitio donde se va a adelantar o implementar el proyecto de acuicultura, se debe obtener un certificado de viabilidad de ocupación y uso del recurso agua.

Una vez se tiene la viabilidad de establecimiento y uso del agua, se debe tramitar la licencia ambiental ante la autoridad ambiental, representada en el ámbito nacional por el Ministerio del Medio Ambiente y por el Consejo Nacional de Desarrollo Pesquero. Para tal fin se debe presentar el proyecto a desarrollar, en donde se describan: Tamaño y localización; Requerimientos en Infraestructura operativa y de apoyo; y procedimientos y actividades de los distintos pasos y etapas de la actividad productiva. Estas directrices se encuentran en detalle en las Normas para la regularización Ambiental expedidas por la Subsecretaría de Recursos Pesqueros.

Después de haber obtenido la licencia ambiental, se debe legalizar el uso del agua mediante una adjudicación de un permiso mediante un contrato de ocupación de área para los proyectos en jaulas.

El siguiente paso es el permiso de operación, el cual es otorgado por el Instituto Nacional de Pesca (INP). Para esto se debe elaborar un Plan de Actividades donde se describa las características biológicas de la especie a cultivar y cada etapa de la cadena productiva; el origen de la población Parental o los proveedores de semilla, y el destino de la producción.

Para los proyectos de cultivo en jaulas se debe cumplir con los requerimientos de la Armada Nacional, la cual debe certificar el cumplimiento de las normas de señalización y seguridad en la operación en cuerpos de agua, así como la reglamentación vigente respecto al libre acceso y tránsito por las orillales y la no obstrucción de los canales de navegación.

Para la planificación de los trabajos para esta Tesis, se hizo un estudio económico preliminar de cuanto costaría el cultivo en jaulas, estimándose inicialmente que este tendría un costo aproximado de 7968 US\$, con una duración de 6 meses incluyendo desde la precría. Este valor incluiría la inversión en la adquisición de equipamiento, pero dada las limitaciones económicas, se desistió de estas compras, con lo cual el presupuesto se redujo alrededor de tres mil dólares

Este presupuesto preliminar nos ayudó a estimar los gastos de este proyecto, y con el tiempo se fueron solucionando inconvenientes que no estaban incluidos en el presupuesto.

3.1.1 Presupuesto

En la tabla # 7 se presenta el presupuesto usado en la planificación para la elaboración del cultivo en las jaulas, cuyo monto ascendió a \$ 2978 dólares. El mayor rubro lo representan los suministros y materiales, con \$ 2236.50 que son el 75% del total; y los servicios y remuneraciones con alrededor de 10%.

11. PRESUPUESTO

NOMBRE DEL PROYECTO: Comparacion de la eficiencia en el crecimiento de Tilapia Nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>) utilizando alimento				
REMUNERACIONES Y BONIFICACIONES				Costo
Ayudante: Estudiante	Número	\$ mensual	meses	Totales
		50	6	300.00
Subtotal \$				300.00
SERVICIOS				
Pasajes, Viáticos	(Global)			50.00
Mantenimiento y repación	(Global)			50.00
Fotos, filmaciones	(Global)			50.00
Análisis de laboratorio	(Global)			150.00
Subtotal				300.00
SUMINISTROS Y MATERIALES				
Jaulas	(Global)			546.84
Armazon de jaulas	(Global)			540.00
Desinfectante	(Global)			50.00
Alimento	(Global)			850.00
Semilla	(Global)	4800		250.00
Subtotal \$				2,236.84
OTROS GASTOS				
Imprevistos	(Global)			141.84
Subtotal \$				141.84
TOTAL \$				2,978.68

Tabla # 7 Presupuesto utilizado para la elaboración de la tesis.

3.1.2 CRONOGRAMA

En la Tabla # 8 se presenta el cronograma de actividades elaborado para la planificación del cultivo en Jualas, para una duración de 6 meses del proyecto. Cada ítem se lo realizó según lo planificado durante la época seca, salvo algún inconveniente menor se trató de seguir el cronograma expuesto a lo largo del periodo de cultivo.

Actividad	MESES											
	1		2		3		4		5		6	
Compra de materiales	X	X	X						X			
Construcción de jaulas	X	X										
Compra de alimento			X		X		X		X		X	
Siembra de semilla			X									
Seguimiento ambiental			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Muestreo sanitario y rotación de jaulas			X		X		X		X		X	
Seguimiento de crecimiento			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cosecha												X
Análisis de resultados												X

Tabla # 8 Cronograma de actividades efectuado

3.2 Inversión en infraestructura

El costo inicial de las jaulas en ningún caso es despreciable, por lo cual resulta importante evaluar los costos de todos y cada uno de los materiales. La durabilidad de las jaulas y su depreciación varía mucho según los materiales que se empleen en su construcción, y de las condiciones a las cuales está expuesta, tales como: clima, limnología, oleaje, salinidad, manejo, depredadores, mantenimiento, etc.

Durante el primer mes del proyecto se planificó utilizar cerca del 50 % del presupuesto, particularmente en los gastos para la construcción de jaulas y compra de semillas.

En la Tabla # 9 se muestran los gastos para el primer mes del cultivo, que corresponden a \$1420.14 dólares, que representa el 47.67 % del total presupuestado para todo el cultivo, que es un porcentaje significativo respecto al total del proyecto.

El mayor gasto para son la construcción de la jaula y la compra de la semilla, es lo que debemos tomar en cuenta a la hora de la elaboración de este tipo de proyecto acuícola.

Selección de Compras

Item	Marca	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Valor (\$)	Lugar
Malla	NN (nylon)	2	134.75	301.84	Mundo Marino
Estructura Jaulas	NN (hierro)	12	45	540.00	Mecánica Industrial
Tubería 6 pulg.	Ecuatoriano	18	12	216.00	Construcciones y Comercio
Plastipega		2	9.5	19.00	Construcciones y Comercio
Alimento	Promarisco	5	10.66	53.30	Promarisco
Desinfectante	Cloro HTH		50	50.00	NN
Semilla	Reversada	4800	0.05	240.00	Modercorp
Total				1,420.14	

Tabla # 9 Gastos efectuados el primer mes del cultivo.

3.3 Marco legal

Para el desarrollo de cualquier empresa acuícola se debe definir el marco jurídico con el cual debe desarrollarse, y para ello las leyes de Ecuador establecen un entorno para el cual desenvolverse y actuar apegado a la ley. Es por esto que se deben conocer las leyes que controlan la productividad acuícola. Además, el artículo 86 de la Constitución Política del Ecuador, declara de interés público, entre otros aspectos importantes, el manejo sustentable de los recursos naturales y los requisitos que para dicho fin deben cumplir las actividades públicas y privadas, conforme a las regulaciones que establezca la Ley. En este caso, un proyecto como el aprovechamiento de aguas para el desarrollo acuícola, está regida por las siguientes leyes: LEY DE PESCA Y DESARROLLO PESQUERO Y LA LEY

DE AGUAS Y SU REGLAMENTO. En la Ley de Aguas nos dice que para el desarrollo de uso de corrientes o cualquier tipo de embalses los rigen el Consejo Consultivo de Aguas, y conjuntamente con el Consejo Directivo del Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos, y según el lugar en el cual se desee explotar o aprovechar los recursos de agua, se debe dirigir a las agencias o distritos jurisdiccionales del Instituto, para sacar los permisos correspondientes, y adicionalmente a la Armada del Ecuador.

Antiguamente el capítulo I de las Normas básicas de la Ley de Desarrollo Pesquero, en los artículos 3 y 4 se puede leer textualmente, en el Art. 3.- Se considera empresa pesquera a toda persona natural o jurídica que constituya por si misma una unidad económica de producción y tenga por finalidad el aprovechamiento de los recursos bioacuáticos. En el Art. 4.- La fase extractiva de la actividad pesquera comprende las faenas que tienen por fin capturar las especies bioacuáticas en su medio natural o cosecharlas en sus lugares de cultivo.

Actualmente está vigente el Acuerdo Ministerial 104 de las Normas básicas de la Ley de desarrollo Pesquero del 21 de Enero del 2000, y en los siguientes artículos dice textualmente:

Art. 1.- El presente Acuerdo Ministerial establece las condiciones que deben cumplir las persona naturales o jurídicas interesadas en explotar especies bioacuáticas en laboratorios legalmente establecidos.

Art. 2.- Solamente las personas naturales o jurídicas que cuenten con la autorización expedida por la Subsecretaría de Recursos Pesqueros, conforme a las normas contenidas en el presente Acuerdo Ministerial, podrán establecer y operar laboratorios para la producción de especies bioacuáticas.

Art. 3. Las especies bioacuáticas producidas en laboratorios o extraídas del mar, aguas marinas interiores, ríos, lagos o canales naturales y artificiales, podrán ser utilizadas como materia prima en granjas de cultivo, viveros y criaderos debidamente autorizados.

Art. 4.- El establecimiento así como el funcionamiento de los laboratorios de producción de especies bioacuáticas será autorizado mediante Acuerdo Ministerial, expedido por el Subsecretario de Recursos Pesqueros, para lo cual el interesado deberá presentar la documentación y cumplir con los requisitos señalados en el presente Acuerdo Ministerial y a Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero.

Art. 5.- La Subsecretaría de Recursos Pesqueros expedirá las normas especiales que regulen la exportación, importación y tránsito de las especies bioacuáticas utilizadas en laboratorios.

Así mismo, el Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Competitividad, por medio de la Subsecretaría de Recursos Pesqueros, en el Acuerdo Ministerial No. 104 expide las normas para el Establecimiento y Operación de Laboratorios de Producción de especies Bioacuáticas. Adicional a esto, también se tienen que pedir los permisos respectivos tanto a la Armada Nacional, como a los administradores de los recursos ícticos como son el INERHI y el Consejo Consultivo de Aguas para desarrollar una empresa acuícola en cualquier embalse o represa para el cultivo de peces en jaulas.

Además, en el Decreto Presidencial 1062 del 2 de Septiembre de 1985, se reglamentó el cultivo para cría y cultivo de especies bioacuáticas. También todo proyecto de cultivo debe contar y presentar un estudio ambiental denominado Estudio de Impacto Ambiental, para conocer las implicaciones que pueda tener cualquier tipo de cultivo en el que se utilicen especies exóticas y su influencia en el medio en el cual están siendo cultivadas. Adicionalmente, hay que registrarse en la Cámara Nacional de Acuicultura como una empresa dedicada a la explotación acuícola, para formar parte del gremio de la producción.

Dado que el presente es un proyecto de investigación, que fue efectuado dentro de los predios de la ESPOL, no se requirió realizar ninguno de los trámites legales.

CAPITULO IV

EVALUACIÓN TÉCNICA

Se cultivaron tilapias en etapa de engorde (9.5g), las mismas que se sembraron en 3 densidades de 100, 200 y 300 alevines por m³, los que fueron alimentados en réplicas de 3 con alimento estrusado. El alimento suministrado fue complementario de 32% de proteína. La duración neta del cultivo fué de 4 meses para lo cual se usaron juveniles reversados químicamente.

Las jaulas utilizadas tuvieron una capacidad útil de de 2 m³, y las diferentes densidades fueron dispuestas en bloque aleatorio. Semanalmente se realizó la limpieza de las mallas, y durante todo el periodo de cultivo se realizaron análisis de las variables ambientales. Las variables ambientales a analizar fueron: temperatura, oxígeno, pH, turbidez, conductividad, nitritos, nitratos y fosfatos

El control diario de las jaulas fue realizado para determinar posibles problemas de enfermedades. Se efectuaron muestreos semanales, para determinar el crecimiento de los organismos, para lo cual se tomó una muestra representativa.

La alimentación se la realizó en función del 3% promedio de la biomasa, la frecuencia de alimentación fue dada en tres dosis al día.

Rutina de trabajo

Medición de la concentración de oxígeno disuelto: Se realizó a primera hora de la mañana.

Alimentación: La cantidad de alimento a ofrecer en cada una de las jaulas estuvo de acuerdo a la biomasa bajo cultivo. La ración se ofreció en tres raciones diarias a partir de las 9 de la mañana, a la 1 de la tarde, y la última a las 4 de la tarde, respetando el mismo horario cada día y distribuyéndola en los comederos. (Ver foto # 23 y 24)

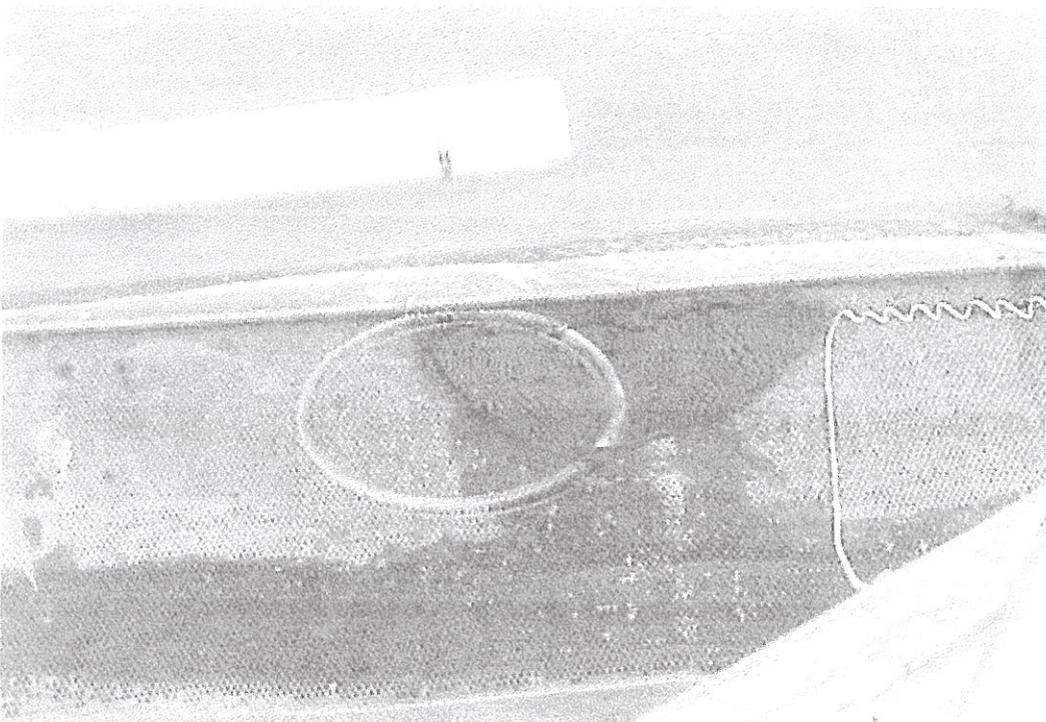


Foto # 23 Colocación de alimento en comederos

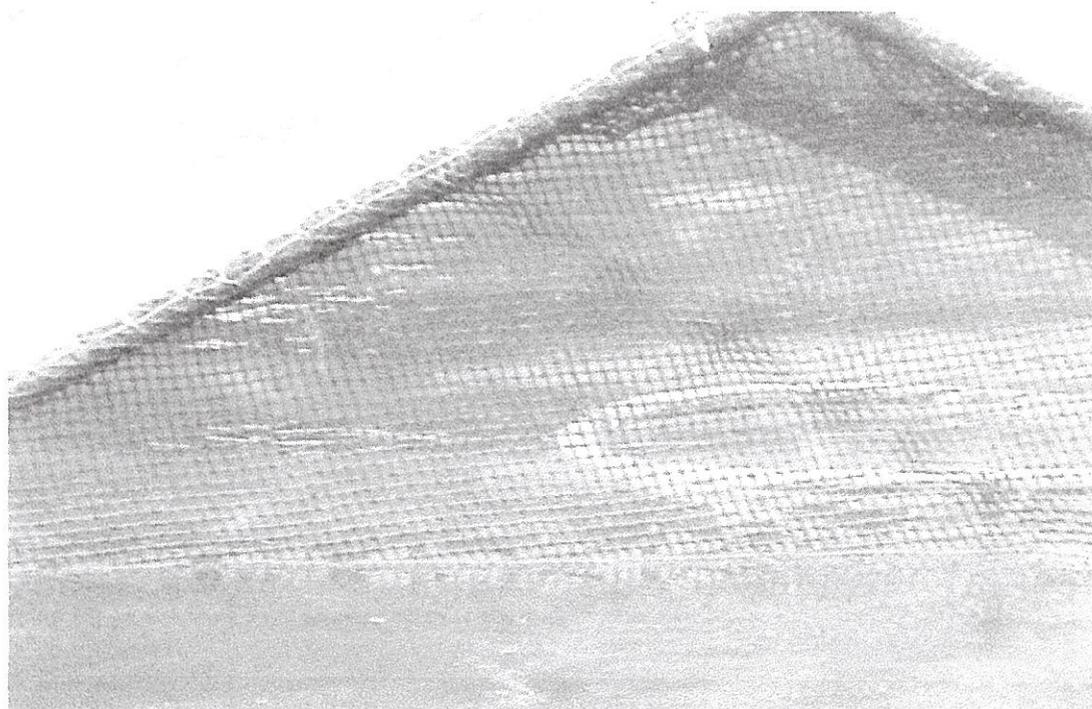


Foto # 24 Tilapias comiendo

Características del concentrado: Se utilizó un concentrado de manufactura comercial producido localmente por Molinos Champion, con las siguientes características: Tamaño de 2.5 mm y 4.7 mm de diámetro, de 35% de proteína. Se utilizó un análisis proximal como se indica en la Tabla 10.

Formulación	Porcentaje	Análisis proximal	Porcentaje
Harina de trigo	50	Proteína cruda	35
Pastel de soya	24	Grasa	5.7
Harina de pescado	24	Celulosa	4.3
Aceite de pescado	2	Calcio	1.1
		Fósforo total	1.2
		En cruda metabolizable	4060 Kcal/Kg

Tabla # 10 Formulación del alimento estrusado

Submuestreos: La toma de submuestras del total de la población existente en cada jaula se realizó periódicamente con el objeto de determinar el crecimiento de los animales, y ajustar la ración alimenticia. (Ver foto 25 a 28)



Foto # 25 Revisión de las tilapias previo a su pesado y separación por tallas



Foto # 26 Muestreos quincenales de las jaulas en balanza analítica por tallas



Foto # 27 Revisión de las tilapias en cada muestreo

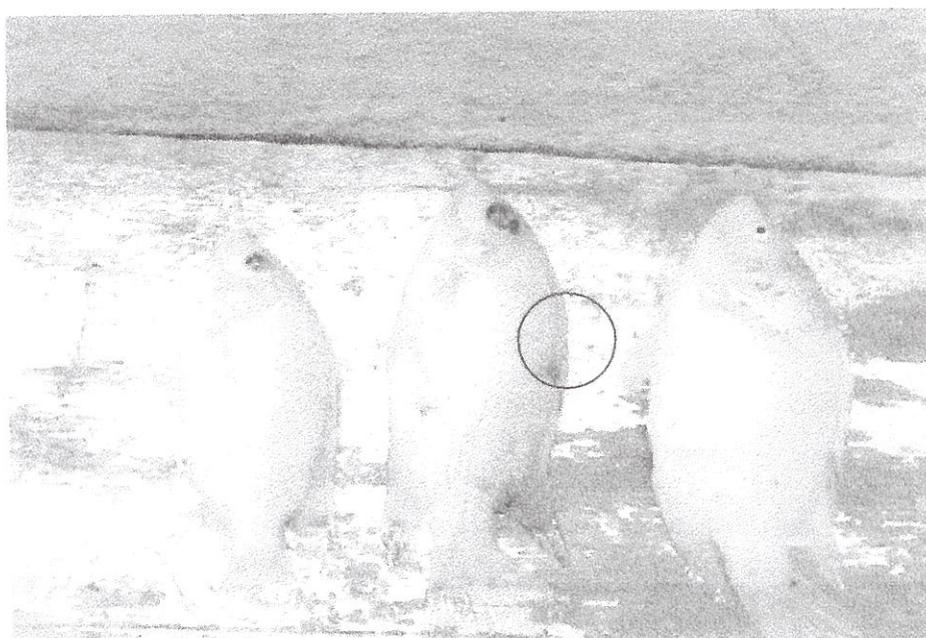


Foto # 28 Muestreo por tallas en cada jaula

4.1 Densidades sembradas

Las densidades sembradas fueron 100, 200 y 300 alevines/m³, las que se colocaron en réplicas de 3, distribuidas de la siguiente manera: En las jaulas 1, 2, y 3 se sembraron 100 alevines/m³; en las jaulas 4, 5 y 6 se sembraron con 200 alevines/m³; y en las tres últimas jaulas que son 7, 8 y 9 se sembraron 300 alevines/m³. Esquemmatizando lo anterior tenemos que:

J1, J2, y J3: 100 alevines/m³

J4, J5, y J6: 200 alevines/m³

J7, J8, y J9: 300 alevines/m³.

Los alevines procedían de MODERCORP, los cuales fueron mantenidos 1 día aclimatándolos al agua del lago, en tanques, antes de colocarlos en las jaulas para su engorde final. Se compraron 38,038 Kg, los que significaron aproximadamente 4180 animales.

4.2 Evaluación de crecimientos

Un pez cultivado debe crecer hasta un tamaño mínimo comercialmente aceptable, en un periodo o una temporada de crecimiento razonables, pueden crecer a tasas diferentes, que pueden variar mucho de uno a otro muestreo.

Esto ayuda al control de los muestreos, que es particularmente importante para establecer el grado de crecimiento que tienen los peces en el tiempo, y si no están creciendo, revisar todos los procedimientos del cultivo, para averiguar la causa o causas que estén afectando el crecimiento mencionado.

El comienzo del experimento fue el 10 de Julio del 2002, y durante el periodo Julio del 2002 - Noviembre del 2002, las jaulas sembradas fueron mantenidas en la mitad del lago con distintas poblaciones iniciales de juveniles de Tilapia Roja. Al inicio de la siembra se anotaron los siguientes datos generales de la población:

	Peso (g)	Longitud(cm)
Promedio	9,5	7,8
Max	19	10,5
Min	3,0	5,8

Tabla # 11 Datos de siembra

La distribución de las tilapias en cada jaula para cada densidad fue totalmente aleatorio, Se procedió a realizar los muestreos de peso en las jaulas quincenalmente, para determinar el peso promedio y crecimiento; para evaluar su crecimiento y para efectos de corrección de la tabla de alimentación, los muestreos se hicieron de acuerdo a un calendario previamente establecido para el efecto. El muestreo de preferencia se realizaba en las mañanas, los días Viernes.

Cada una de las jaulas se muestreaba individualmente, y los resultados fueron anotados en una tabla previamente diseñada, para luego ordenarlos y corregir la tabla de alimentación. Para producir las tablas de evaluación de crecimiento se tomaron en cuenta los muestreos, con el peso promedio y el número de animales muestreados; cantidad de alimento suministrado diariamente en cada una de las jaulas, alimento total suministrado al final de la cosecha, factor de conversión alimenticia y curvas de crecimiento.

Los resultados de la producción de Tilapia en Jaulas a diferentes densidades, en el lago de ESPOL, pueden verse en los Gráficos 1, 2, 3 y 4. En la Tabla # 12 se presenta el detalle de los pesos, por fechas y densidades. Las Tallas Promedio final, en gramos, para Tilapia sembrada a diferentes densidades, se muestra en el Gráfico # 1.

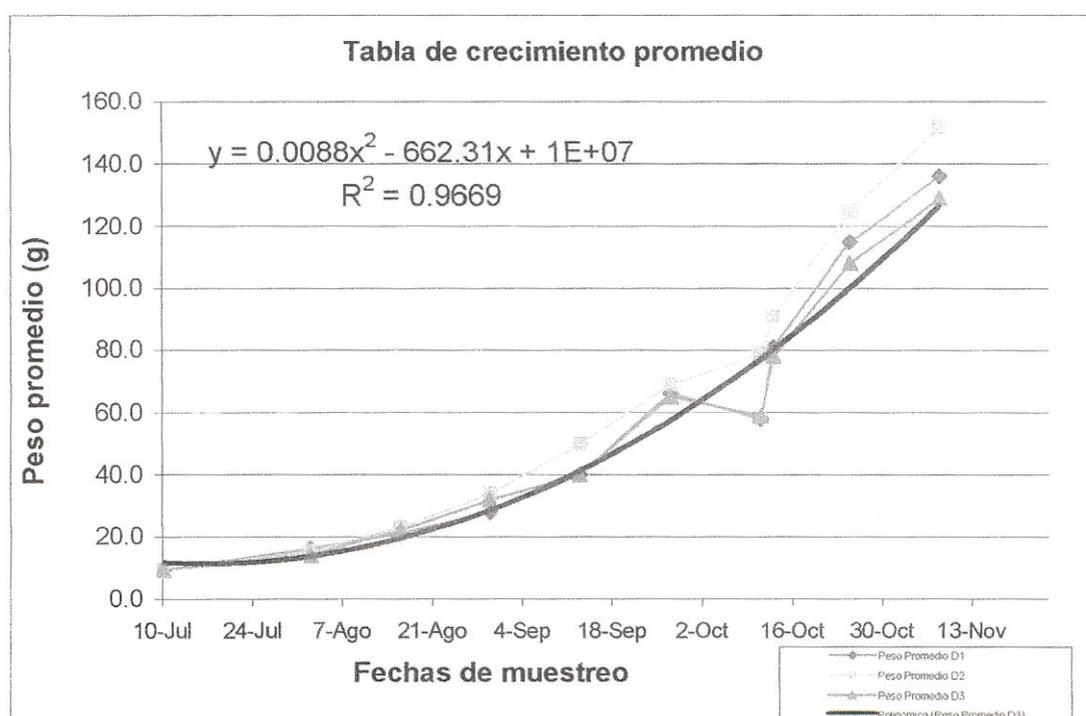


Gráfico # 4. Crecimiento promedio de las tres densidades en las jaulas

FECHA MUESTREO	POB. INICIAL	TIEMPO DIAS	Peso Promedio D1	Peso Promedio D2	Peso Promedio D3
10/07/02	200	0	9.5	9.5	9.5
02/08/02	200	23	16.0	15.0	14.0
16/08/02	200	37	21.0	23.0	22.0
30/08/02	200	51	28.0	34.0	32.0
13/09/02	200	65	39.6	50.4	40.2
27/09/02	200	79	65.8	72.2	69.0
11/10/02	200	93	73.7	91.9	85.0
13/10/02	200	95	94.3	113.9	102.0
25/10/02	200	107	117.0	141.2	125.0
08/11/02	200	121	151.3	174.0	167.0

Tabla # 12 Datos promedio por densidad y por fechas

Los pesos finales para las tilapias fueron proporcionales en función del tiempo para todas las densidades de siembra (Solamente en 1 semana se detuvo el crecimiento para la segunda de las densidades trabajadas). Sin embargo, la función de la tendencia no fue lineal, lo cual muestra que la ganancia media para el peso, en gramos por semana, fue aumentando en función del tiempo.

De igual manera, la talla final no se comportó de manera inversa a la densidad de siembra como se esperaba, aunque hay que tomar en cuenta las dificultades por las que atravesó la tercera densidad, ya que fue la que menor peso promedio tuvo, en comparación con las otras dos. Es posible que estas dificultades se hayan debido a que fue mayormente atacada por depredadores, ya que así mismo tuvo la menor sobrevivencia final. Pero a juzgar por los primeros datos de las primeras semanas, se encontraban que a mayor densidad, menor talla final en el mismo tiempo de cultivo. Esto

corresponde a una menor velocidad de crecimiento, en la medida que se incrementó la densidad de siembra y el tiempo de cultivo.

El crecimiento de los peces fue monitoreado a lo largo del tiempo de cultivo. Así quincenalmente cada una de las jaulas fue monitoreada tomando una muestra de los peces, pesándolos y contándolos para calcular su peso promedio. Los datos colectados para las distintas densidades de siembra permitieron estimar el comportamiento del crecimiento en función del tiempo, y trazar curvas de tendencia para cada una de ellas.

En los Gráficos siguientes pueden observarse las curvas de tendencia de crecimiento de tilapia sembrada con 100 ejemplares/m³ (Gráfico # 2). De igual manera el seguimiento del crecimiento, ha permitido construir gráficos similares para las densidades de 200 ejemplares/m³ (Gráfico # 3), y 300 ejemplares/m³ (Gráfico # 4).

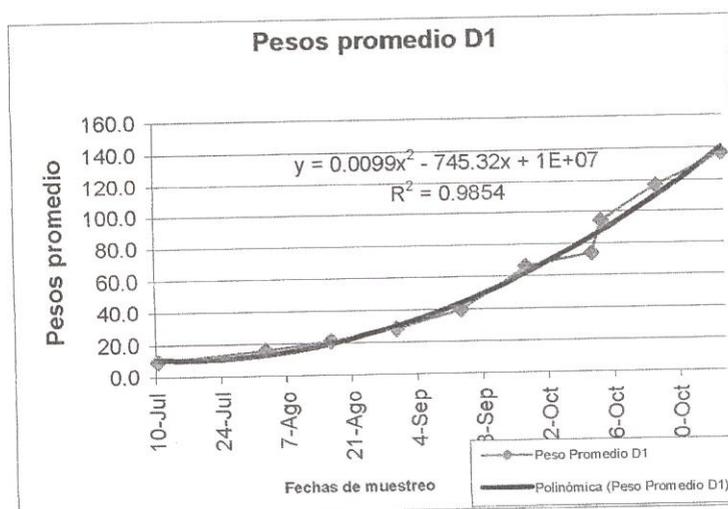


Gráfico # 2 Crecimiento promedio a una densidad de 100 peces/m³ en las jaulas

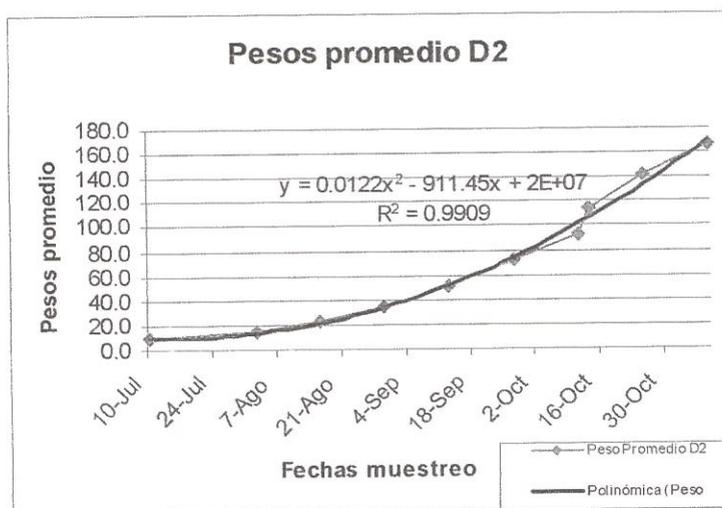


Grafico # 3 Crecimiento promedio a una densidad de 200 peces/m³ en las jaulas

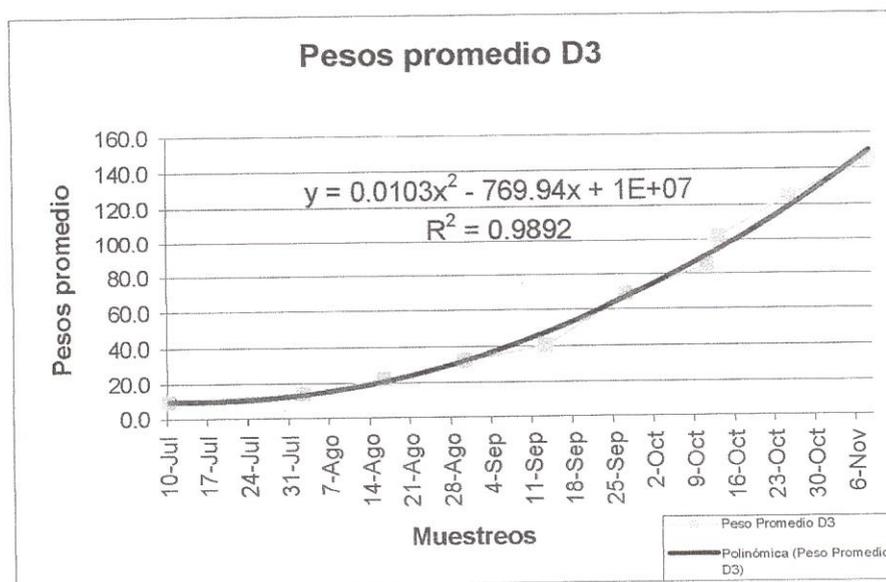


Grafico # 4 Crecimiento promedio a una densidad de 300 peces/m³ en las jaulas.

Así también, la producción por unidad de volumen no fue proporcional a la densidad de siembra, para tiempos similares de engorde. La tabla 13 y el gráfico # 5 presentan resultados promedio de cosecha de las jaulas a tres

diferentes densidades, donde la carga final promedio, a 40 semanas de engorde, está alrededor de 20.34 Kg/m^3 . Las mayores cargas por unidad de volumen se obtuvieron para la segunda densidad de siembra ($200 \text{ juveniles/m}^3$), con 27.45 Kg/m^3 a las 22 semanas de engorde.

Tamaño de la jaula (m^3)	Densidad Inicial ($\#/\text{m}^3$)	Producción Kg/m^3 .	Indice de Conversión	Velocidad de Crecimiento (g/día)	Sobrevivencia (%)
1ra Densidad	100	9.33	1.96	1.17	57.2
2 da Densidad	200	27.45	1.64	1.36	77.98
3ra Densidad	300	24.24	0.97	1.30	49.58

Tabla # 13 Datos de producción de todas las densidades

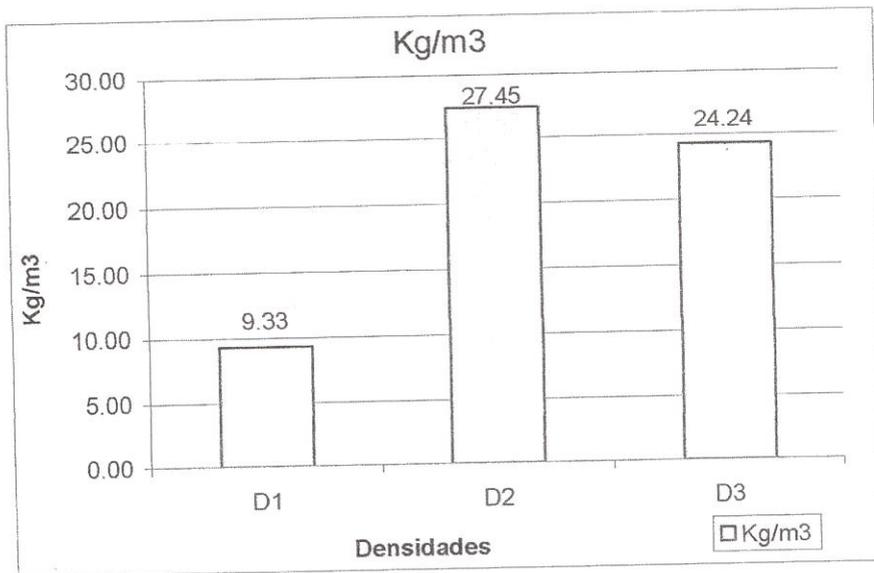


Grafico # 5 Kilogramos /m3 por densidad

En la tabla # 14 se muestran los datos individuales por jaulas y el total de Kg por densidad de cada una de ellas, viéndose que la tercera densidad

a pesar de tener una baja sobrevivencia tiene datos mas altos m/de kg de peces totales, pero la segunda densidad es la que tiene la mayor ventaja al obtener un mejor promedio de kg/m^3 que cualquiera de las otras densidades.

Jaulas	Densidad	Sobrev.	Num/total	Peso prom	Kg Total	Kg/m ³	Prom.gen Kg/m ³ por densidad
J1	200	0.66	131	159.0	20.83	10.41	9.33(D1)
J2	200	0.61	122	151.0	18.42	9.21	27.45(D2)
J3	200	0.58	116	144.0	16.70	8.35	24.24(D3)
J4	400	0.81	322	165.0	53.13	26.57	
J5	400	0.84	335	171.0	57.29	28.64	
J6	400	0.73	292	186.0	54.31	27.16	
J7	600	0.51	306	159.0	48.65	24.33	
J8	600	0.46	276	175.0	48.30	24.15	
J9	600	*	*	*	*	*	

Tabla # 14 Datos finales individuales por jaulas.

* Esta jaula se eliminó por la acción de los depredadores a la segunda semana de cultivo

De igual manera, al analizar los gráficos # 6 y 7 se ve que los porcentajes de peces grandes y medianos son mayores en la densidad de 200 peces/m³, y así mismo los pesos son mayores, obteniéndose un peso de 227g para los peces mas grandes. Se obtuvieron pesos parecidos con la densidad de 300 peces/m³, pero en menor porcentaje. Esto nos revela que la mejor densidad de los datos obtenidos en la densidad de 200 peces/m³, aunque hay que tomar en cuenta la depredación que tuvo la tercera densidad que fue muy significativa.

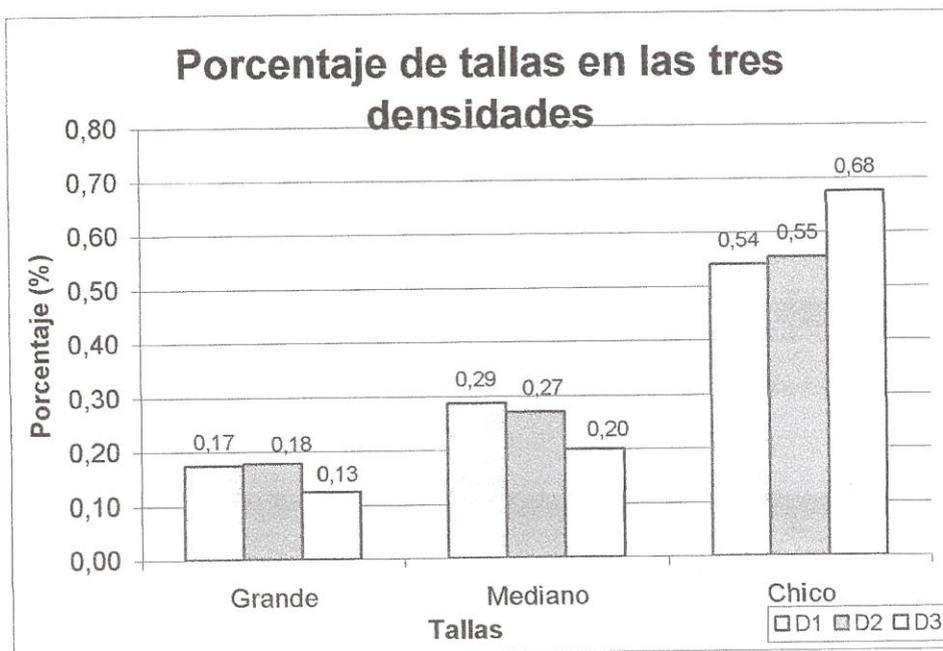


Grafico # 6 Porcentaje de tallas en cada densidad

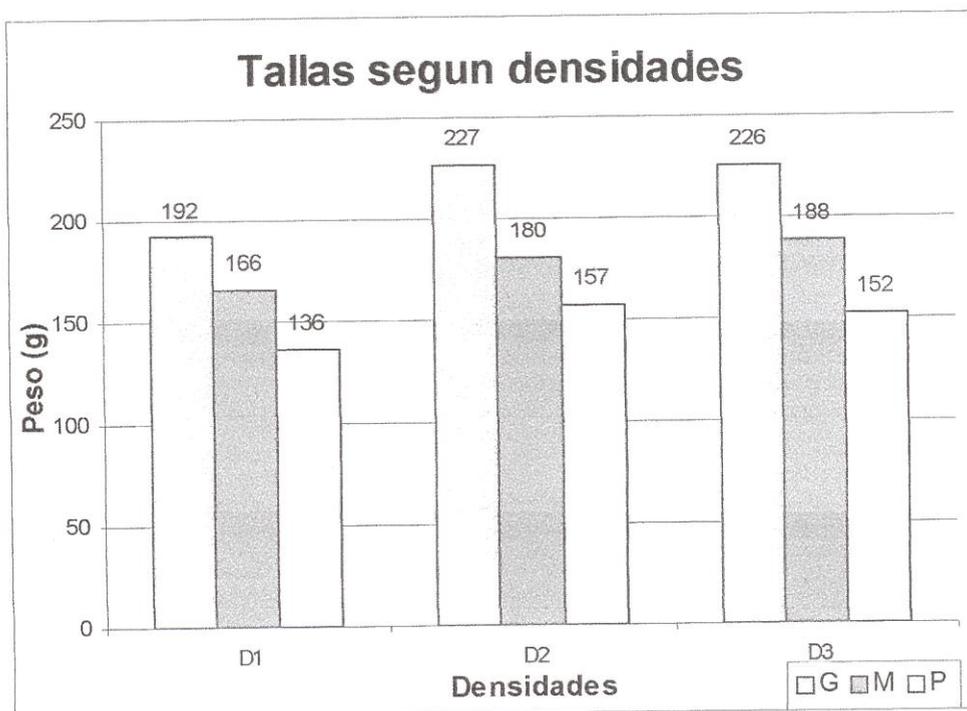


Grafico # 7 Tallas según densidades.

Las producciones en jaulas de la segunda densidad ($200/m^3$) muestran diferencias en la producción por unidad de volumen, así como en las tallas

finales obtenidas. Las tallas obtenidas en la primera densidad ($100/m^3$) fueron menores que las de $200/m^3$ para tiempos de engorde similares. La razón fundamental para este menor crecimiento estaría en que la densidad de $200/m^3$ tiene mejores ventajas frente a las otras densidades, ya que la tercera densidad si bien tuvo buenos crecimientos no tuvo una buena sobrevivencia, debido a que fue atacada mayormente por los depredadores que existían en el lago, lo que provocó que tuviera tallas altas en comparación con la primera densidad. En el gráfico # 8 se observa el incremento de peso que tuvieron las diferentes densidades a lo largo del cultivo, y en la cual se aprecia que durante las primeras 4 quincenas no había una tendencia marcada, pero a partir de la quinta quincena y hasta al final del cultivo, la segunda densidad es la que tiene los mayores incrementos de peso.



Grafico # 8 Incrementos de peso quincenales para todas las densidades.

De los datos obtenidos anteriormente en la tabla # 14, se sacó la venta total de la cosecha que fue inferior a lo que se esperaba, y fue de \$ 410.95 dólares, como se muestran en la tabla # 15. En forma seguida se muestra la tabla # 16 en la cual se muestran los resultados esperados en la segunda cosecha, y en la cual ya se toman los correctivos necesarios y en la cual el costo de las jaulas ya no es un rubro importante si no que ahora hay que depreciar su valor, por lo que los costos son menores, y las ganancias son mayores.

Kg Total	PVP \$/Kg	\$ Tot
55.96	2.2	123.10
82.36	2.2	182.00
48.48	2.2	106.65
		411.75

Tabla # 15 Total de Dólares obtenidos por la cosecha final

Datos esperados de segunda corrida

Jaulas	Densidad	Sobrev.	Num/total	Peso prom	Kg Total	Kg/m3	Prom gen
J1	200	0,85	170	195,0	33,15	16,58	16,63
J2	200	0,85	170	194,0	32,98	16,49	33,44
J3	200	0,85	170	198,0	33,66	16,83	41,03
J4	400	0,80	320	202,0	64,64	32,32	
J5	400	0,80	320	215,0	68,80	34,40	
J6	400	0,80	320	210,0	67,20	33,60	
J7	600	0,75	450	182,0	81,90	40,95	
J8	600	0,75	450	185,0	83,25	41,63	
J9	600	0,75	450	180,0	81,00	40,50	

546,58 273,29

Valor neto esperado

Kg	PVP	\$ Total
99,79	2,2	219,54
200,64	2,2	441,40
246,15	2,2	541,53
		1202,48 dólares

Tabla # 16 Valor en dólares esperado en la segunda corrida

4.3 Evaluación de supervivencia

En el experimento se revisaba diariamente en busca de organismos enfermos o muertos, y estos eran anotados para una vez concluido el experimento sacar la información de la supervivencia total en cada jaula, y de cada densidad en promedio.

El seguimiento de la mortalidad a lo largo del tiempo de engorde (Gráfico #9) observado en las jaulas muestra como la mortalidad es mayor en las primeras 4 semanas de cultivo. Esto es atribuible al estrés al que son sometidos los animales por las labores de siembra por manipuleo, transporte, y el cambio de las condiciones generales de cultivo.

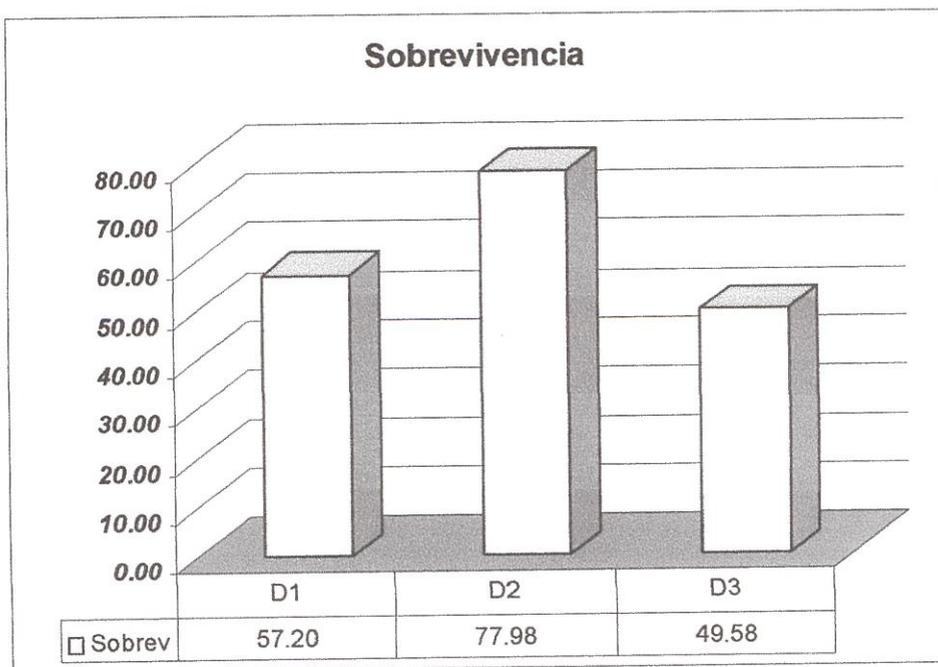


Grafico # 9 Porcentaje de sobrevivencia

Para calcular la mortalidad total obtenida en cada una de las densidades, se restó la sobrevivencia final obtenida de las jaulas y se restó de la mortalidad diaria obtenida, lo que nos daba un porcentaje que era atribuido a la depredación que se soportó a lo largo del ciclo. Esto es debido a que parte de esta depredación era observada, cuando se atraparon algunos guanchiches en las jaulas las primeras semanas de engorde, y estos era diseccionados para establecer si estaban depredando los animales de las jaulas, encontrándose en algunos casos tilapias de 40 g, lo que incidió mayormente en la sobrevivencia total final obtenida.

En los grafico # 10 se observa la mortalidad obtenida final, contando todos los peces muertos recolectados a lo largo del cultivo, y el porcentaje de

depredación calculado restando de la sobrevivencia final obtenida. El gráfico # 11 presenta la mortalidad a lo largo del cultivo, en el cual se observa como en las primeras semanas de este, la mortalidad es mayor y va disminuyendo con el tiempo.

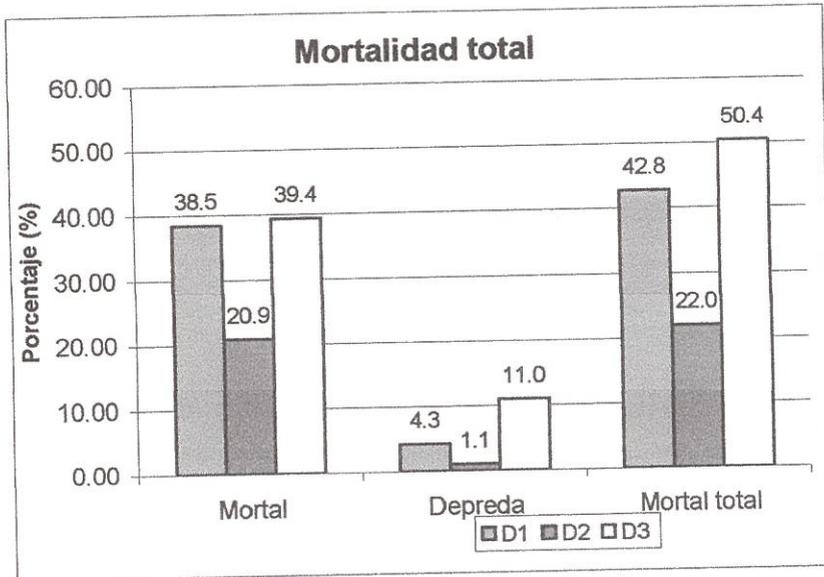


Grafico # 10 Mortalidad total (incluyendo depredación)

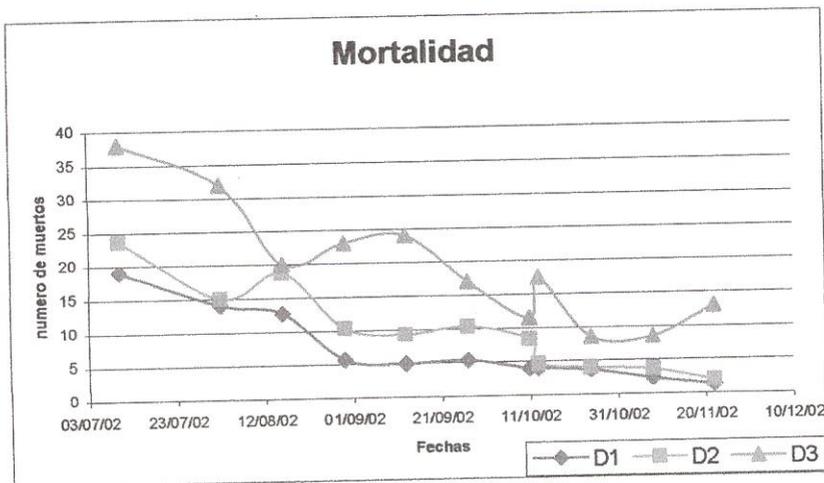


Grafico # 11 Mortalidad por fechas según densidades

El comportamiento de la sobrevivencia a cosecha ha mostrado una gran variabilidad a lo largo del tiempo (Gráfico # 11). Con una ligera tendencia al incremento en la mortalidad en la densidad de 300 peces/m³, los promedio de sobrevivencia a cosecha muestran un comportamiento más o menos constante alrededor del 63 %. El valor alto de la mortalidad en la tercera densidad, con respecto a las otras densidades, tiene su causa en que esta fue mayormente atacada por depredadores, en especial el Guanchiche, lo cual sumado a la mortalidad inicial, incidió en una baja supervivencia al final de su ciclo de engorde.

4.4 Evolución de los parámetros ambientales.

4.4.1 Consideraciones ambientales

Hay que recordar que los componentes de cualquier proceso productivo están relacionados con la fragilidad ecológica de un medio, ya que no todos los cambios son positivos por lo que hay que tener cuidado que no induzcan un deterioro ambiental, para lo cual se realizan evaluaciones de los impactos que puedan tener estos proyectos. La magnitud de los impactos ambientales que genere cualquier tipo de proyecto piscícola, no siempre tienen que ver con cuan grande sea este, sino que se relaciona con el grado de alteración directa o indirecta que se produzca en el ambiente, y con la capacidad asimilativa del medio.

La acuicultura esta comúnmente concebida como una industria limpia, sin embargo, cultivar organismos acuáticos a altas densidades, obteniendo niveles de productividad por unidad de área, mayores que los obtenidos en otras formas de cultivo, puede ocasionar cambios físicos y químicos sustanciales en áreas circundantes a los sitios de cultivo. Estos cambios podrían ser funcionales y estructurales, y en algunos casos traer consecuencias adversas para el crecimiento y la sobrevivencia de los organismos cultivados.

La producción de desechos de la actividad acuacultural sobre la fauna y flora nativas pueden ocasionar los siguientes efectos:

- Enriquecimiento orgánico del sustrato y alteración de la comunidad macrofáunica.
- Enriquecimiento de nutrientes y eutroficación.
- Efectos sobre las especies nativas de peces.
- Efectos biológicos por el uso de químicos.

En el cultivo de peces no solamente la generación de desechos fecales, sino el desperdicio de alimento no ingerido por los peces contribuye en el total de material aportado.

La cantidad de alimento no ingerido por los peces cultivados varía ampliamente en un rango entre el 1 y 40% del alimento suministrado,

ocasionando cambios físicos y químicos en el sustrato. Estos efectos pueden ser:

- Incrementos en las concentraciones de carbono orgánico, nitrógeno y fósforo; incremento del consumo de oxígeno del sedimento,
- Reducción del potencial redox del mismo
- Generación de sulfuro de hidrógeno y metano; y,
- Cambios en el intercambio de nutrientes.

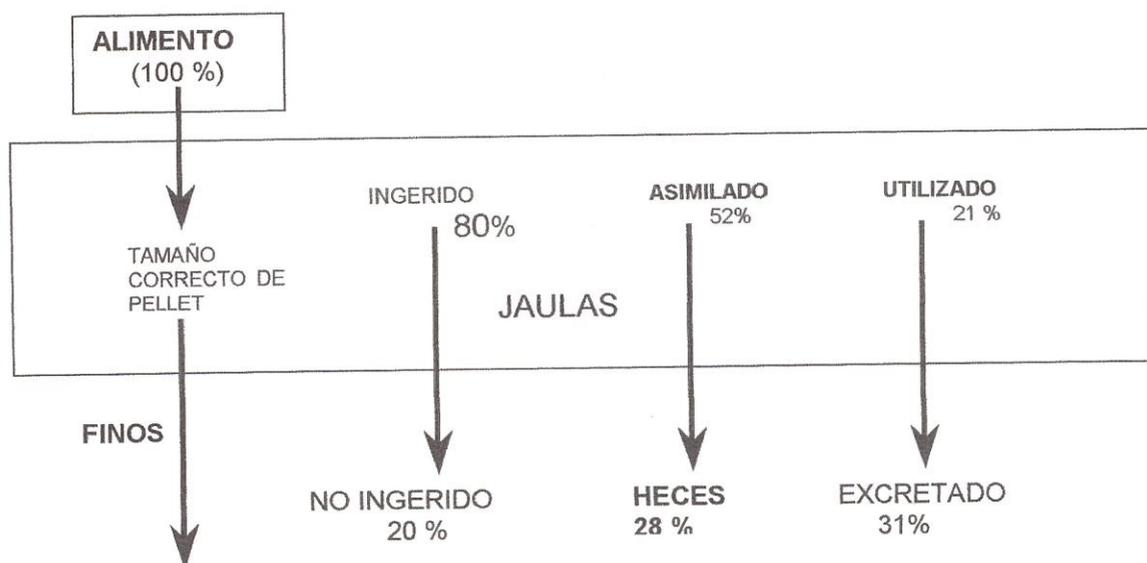


Figura No. 5 Resumen de principales pérdidas de nutrientes (P) al medio ambiente asociado a cultivos intensivos en jaulas (Tomado de: Cage Aquaculture, Beveridge M., 1987).

Las alternativas para minimizar el impacto de los cultivos en jaulas deberán orientarse fundamentalmente hacia la selección adecuada del sitio, y un manejo altamente eficiente del suministro de alimento. Tradicionalmente la

mayoría de los sitios donde se han ubicado las jaulas de cultivo corresponden a bahías y sitios semi-cerrados de poca profundidad. La alternativa estaría orientada a la utilización de sitios mas expuestos, con aguas profundas y corrientes rápidas. Estas condiciones contribuirían a la dispersión de los residuos sólidos y la reducción del enriquecimiento de los fondos en zonas cercanas al sitio de cultivo.

De manera resumida, los principales parámetros y la importancia de los mismos en lo que se refiere al cultivo de especies acuáticas y en especial a la tilapia que es de nuestro interés, son los siguientes:

a) TEMPERATURA

Es un factor crítico ya que esta afecta directamente en su metabolismo, influyendo en la cantidad de alimentos que los animales utilizan para su mantenimiento y crecimiento. Así mismo afecta principalmente en la tasa difusiva del oxígeno y su disponibilidad en el medio.

b) OXIGENO.

La concentración de oxígeno disuelto (COD) es el factor más crítico en una piscina de camarón. La falta de oxígeno puede causar un estrés muy importante en los animales ocasionando la muerte en algunos casos o una paralización de su crecimiento por varios días.

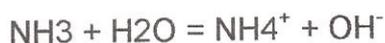
c) pH.

El pH es un parámetro muy importante en el agua y refleja las condiciones del medio. Uno de los principales factores que afectan el pH en una piscina es el fitoplancton, que provoca una subida del pH durante el día y una baja durante la noche, pero aún así en condiciones normales el pH no debe salir del rango aceptable.

d) AMONIO-AMONIACO.

El amoniaco resulta del metabolismo de los animales y de la descomposición de la materia orgánica por bacterias.

El amoniaco se encuentra en dos formas: la libre (NH₃), la cual puede ionizarse en la otra forma que es el amonio, el cual es un nutriente para las algas.



Este equilibrio está en función de la temperatura y del Ph.

$$1 \text{ ml} = 0.500 \mu\text{g.N} (0.5 \text{ ppm})$$

e) ALCALINIDAD.

La disponibilidad del CO₂ para el crecimiento del fitoplancton esta relacionado con la alcalinidad. Las aguas con alcalinidad total menores a 15

a 20 mg, generalmente contienen escaso CO₂ disponible. Aguas con alcalinidad total de 20 a 150 mg/Lt contienen suficiente cantidad de CO₂ que permite la producción de plancton para el cultivo de especies bioacuáticas. El CO₂ está a menudo en proporciones bajas en aguas con más de 200 a 250 mg/Lt.

f) CALCIO.

La concentración de calcio en el agua normalmente es expresada como dureza de calcio en términos de equivalente de carbonato de calcio.

g) DUREZA.

La concentración total de iones metálicos divalentes (principalmente calcio y magnesio), expresado en mg/Lt de equivalente Carbonato de Calcio, es denominado como la dureza total del agua.

Los valores de alcalinidad total y dureza total son normalmente similares en magnitud debido a que los iones de calcio, magnesio, bicarbonato y carbonato en el agua se derivan en cantidades equivalentes de la solución de la piedra caliza en los depósitos geológicos.

Sin embargo en algunas aguas la alcalinidad total puede superar la dureza total y viceversa. Niveles aceptables de dureza total y alcalinidad total para la cría de peces y crustáceos generalmente están en el rango de 20 - 300 mg/Lt.

h) FOSFATOS.

El fósforo es la llave de los nutrientes metabólicos y la aplicación de este elemento frecuentemente regulan la productividad de las aguas naturales. En el acta Hutchinson (1957) y Lee (1970) indican que la mayoría de las aguas responden a la adición de fósforo con grandes crecimientos de plantas. Experiencias con piscinas fertilizadas nos sugieren que la adición de fosfatos podrían incrementar la producción de peces y camarones en la mayoría de las piscinas.

Los fertilizantes (primordialmente el nitrógeno y el fósforo) se agregan en las piscinas para estimular la producción primaria que es la base de la cadena trófica, especialmente para obtener un buen desarrollo de diatomeas. Generalmente estas algas se las distingue por una coloración café del agua y son nutritivas para los camarones.

i) NITRATOS.

Los nitratos son otra fuente de nitrógeno, que junto con el nitrógeno de amonio son las formas más rápidas asimiladas por las algas.

Se la obtiene básicamente del proceso de nitrificación de los nitritos a nitratos, realizados por las bacterias Nitrobacter las cuales utilizan los nitritos como fuente de energía y dióxido de carbono como fuente de carbón. Por eso es indispensable que exista la cantidad de oxígeno suficiente para que se lleve a cabo este proceso de oxidación.

El nitrógeno de nitrato es generalmente el más aprovechable para una buena floración de diatomeas.

j) NITRITOS.

Son productos de alta toxicidad que resultan de la oxidación del amonio por bacterias aeróbicas, nitrosomonas sp.



Estos productos son responsables de los problemas respiratorios y su transformación en componentes que no puedan transportar oxígeno. En estos casos hay una disminución de la actividad de los animales, que se traduce en un mal crecimiento hasta la muerte en caso de altas concentraciones.

Sin embargo, en buenas condiciones de oxigenación de la piscina, el nivel de nitritos no alcanzan este valor máximo y son rápidamente transformados a nitratos.

h) SILICATOS.

El silicio es otro elemento de importancia para el desarrollo de un buen boom de Diatomeas, algas esenciales en la nutrición del camarón.

Además es parte constitutiva del exoesqueleto de las algas. Su utilización como fertilizante en dosis adecuadas dependerá de la cantidad natural que se encuentra en el agua.

En un proyecto de cultivo de tilapia en jaulas, la mayor preocupación es el enriquecimiento del fondo del lago y la saturación de la columna de agua, con materiales orgánicos (heces y alimentos no consumidos). Este enriquecimiento depende en gran parte de las dietas utilizadas en la producción y de los cuidados que se tomen en los sistemas de alimentación.

El alimento a utilizarse fue balanceado estruzado, que conjuntamente con la utilización de los comederos permitirán establecer cuando los peces se están alimentando y minimizar la pérdida del alimento. Este método ha sido comprobado como uno de los métodos más económicos, más eficientes para el crecimiento de los peces y además ecológicamente adecuado.

Los peces utilizarían el alimento de la forma más eficiente y los niveles de alimentos no-consumidos serían mínimos

4.4.2 Evaluación actual

Para el presente trabajo se realizó un seguimiento de los parámetros que se consideraban vitales para el desarrollo del cultivo de las tilapias, antes, durante, y al final del proyecto.

Los resultados de los análisis de calidad de agua presentados han mostrado valores dentro de los rangos aceptables para la explotación acuícola, sin que se den grandes variaciones en los mismos en diferentes épocas del año, ni atribuibles al incremento de las cargas en las zonas de cultivo, como factores de estrés que pudieran incrementar la mortalidad en los cultivos, donde se consideró el oleaje como la característica de mayor frecuencia de presentación asociada a la mortalidad.

El lago de la ESPOL al momento de la siembra presentaba los parámetros que se detallan en la tabla # 17 a continuación:

Item	Valor	Medida	Rangos Optimos
pH	7,7		4,5 a 6,5
OD	7,1	mg/l	Mayor a 5
DBO	31	mg/l	
sulfuros	N.A.	mg/l	
alcalinidad	100	mg/l	Mayor a 75
dureza	200	mg/l	Mayor a 50
nitritos	0.12	uM	Menor a 0.3
nitratos	5,8	uM	
fosforo	0,61	uM	
amonio	0.75	uM	
hierro	1,06	mg/l	
temperatura	24.43	°C	24 a 32
sulfatos	0,099	mg/l	
Conductividad	33.98	us/cm	

Tabla # 17 Datos iniciales de Parámetros químicos

Estos datos nos ayudan en lo referente a que sus aguas están en condiciones aptas para el cultivo de cualquier especie que esté dentro de estos rangos. En la tabla # 18 se presentan algunos rangos de calidad para el cultivo de especies acuáticas.

PARAMETROS		RANGOS
AMONIO	ppm NH ₄	0.1 – 0.4
AMONIACO	ppm NH ₃	Hasta 0.03
ALCALINIDAD	ppm CO ₃ Ca	200
DUREZA	ppm CO ₃ Ca	780
FOSFATOS	ppm PO ₄ ⁼	Hasta 5
HIERRO	ppm Fe ⁺⁺	0.02 – 0.5
NITRATOS	ppm NO ₃ ⁻	Desde 0.04
NITRITOS	ppm NO ₂ ⁻	Hasta 0.023
PH		7.5 – 8.5
SILICATOS	ppm SiO ₃	7 - 10
TEMPERATURA	°C	≥ 18 Y ≤ 32
SULFATOS		≤ 12
OD		≥ 4
DBO		80 % DE LA CARGA

Tabla # 18 Rangos aceptables para aguas de cultivo de especies acuáticas

4.4.3 Evolución durante el cultivo

Para evaluar estos parámetros se tomaron semanalmente mediciones de los mismos, para determinar su impacto durante el cultivo, encontrándose que no variaban mucho durante la duración de este. Quizás esto es debido a que el lago, por ser joven, absorbía en mayor medida el bajo impacto que causaba este cultivo, que por ser de baja densidad, no entrañaba un peligro grande para un cuerpo de agua de esta naturaleza.

Es de anotar, que el lago de la ESPOL, es artificial, y que fue sembrado con especies ajenas a este medio, las cuales se han desarrollado con éxito.

Esto se puede verificar por los depredadores que se encontraron en los alrededores, y en ocasiones dentro de las jaulas, como es el caso del guanchiche, que hacía huecos en las mallas de las jaulas para poder entrar y depredar a nuestras tilapias en cultivo. El alimento suministrado a las tilapias también atraía a otras especies de cultivo, de las que se pudieron observar, tilapia negra, tilapia roja, vieja azul, sabaleta entre otras, que se apresuraban a consumir el alimento que se podía escapar de las jaulas.

En la tabla # 19 se presenta la evolución que tuvieron los parámetros ambientales durante el tiempo de cultivo.

Los nitritos, amonio, nitratos y fosforo total aparecen en el grafico # 12, y en el gráfico # 13 se muestra la variación que tuvieron, la dureza, la alcalinidad y los sulfuros durante el cultivo.

Fecha	Nitrito uM	Nitrato UM	Amonio UM	Fosf. Total uM	Dureza mg/l	Alcanlinidad mg/l	Sulfuros mg/l
10-Jul	0.1	0.45	0.74	0.59	200	100	0
24/07/02	0.18	0.1	1.04	0.54	170	150	0
07/08/02	0.1	0.11	0.37	0.83	90	100	0
21/08/02	0.14	0.07	0.96	0.59	200	150	0
04/09/02	0.16	0.09	1.11	1.18	150	150	0
18/09/02	0.16	0.02	1.63	0.49	180	100	0
02/10/02	0.12	0.02	1.11	0.39	160	100	0
16/10/02	0.08	0.03	0.67	0.44	140	100	0
30/10/02	0.06	0.08	0.37	0.54	150	150	0
13/11/02	0.08	0.06	0.37	0.049	160	100	0

Tabla # 19 Evolución de los parámetros con respecto al tiempo

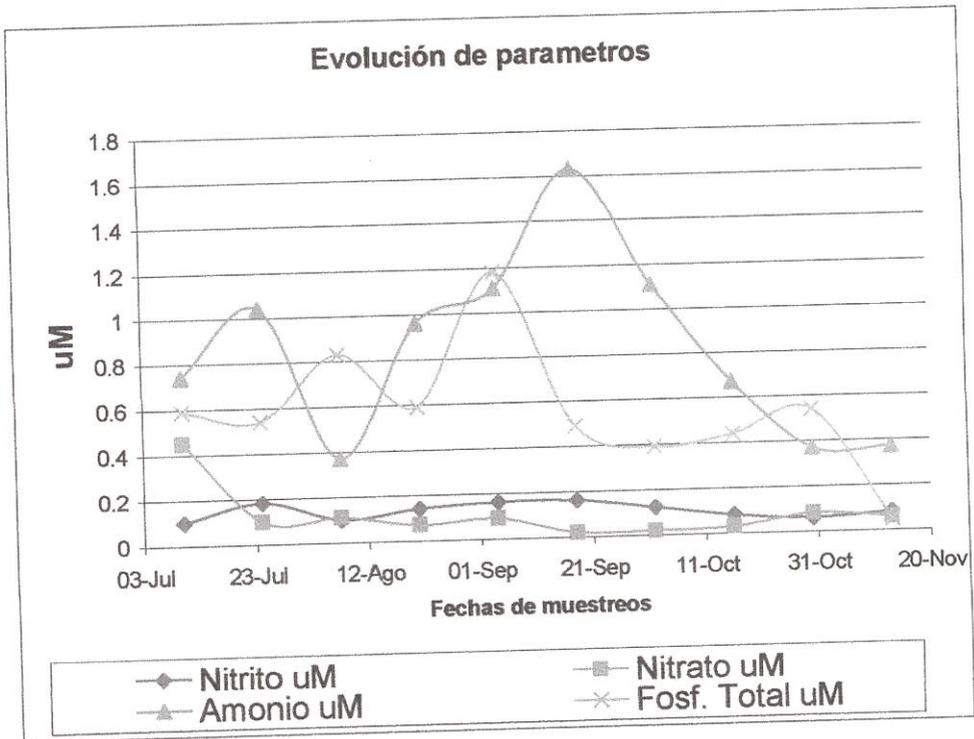


Grafico # 12 Evolución de Parámetros (Nitritos, Amonio, Nitratos y fósforo total)

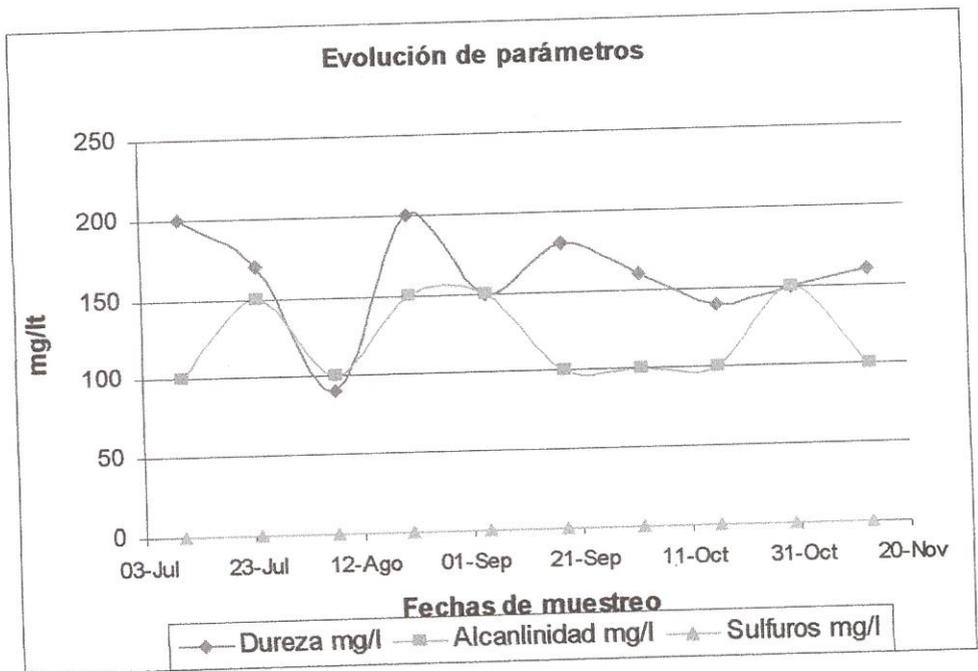


Grafico # 13 Evolución de parámetros. (Dureza, alcalinidad y sulfuros)

4.4.4 Proyección en el tiempo

De los datos obtenidos a través de todo el cultivo, nos muestran valores con cierto grado de variabilidad. Sin embargo en la tabla # 20, al obtener un valor promedio, nos damos cuenta que estos valores están dentro del rango de cultivo para especies bioacuáticas, lo que nos permite establecer que el lago puede soportar por mucho tiempo un cultivo de esta naturaleza, e incluso tomando las debidas precauciones, un proyecto más amplio que el que se ejecutó.

	Nitrito	nitrato	Amonio	Fosf. Total	Dureza	Alcalinidad	Sulfuros
	uM	uM	uM	uM	mg/l	mg/l	mg/l
Promedio	0,118	0,103	0,837	0,5639	160	120	0

Tabla # 20 Valores Promedio de los parámetros medidos en el Lago.

En los gráficos 14 y 15 se pueden observar también los valores promedios de los parámetros medidos.

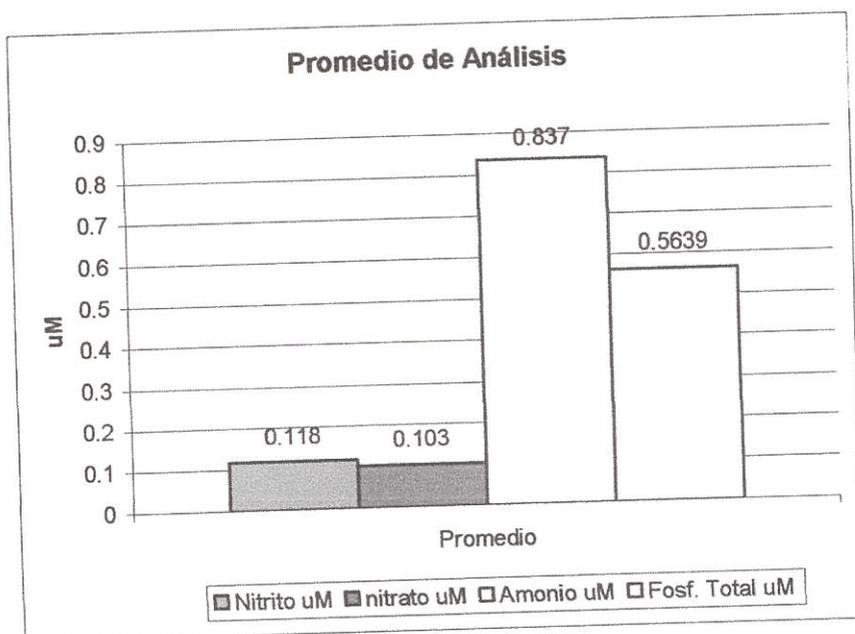


Grafico # 14 Valores Promedios de Nitritos, Nitratos, Amonio y fósforo total

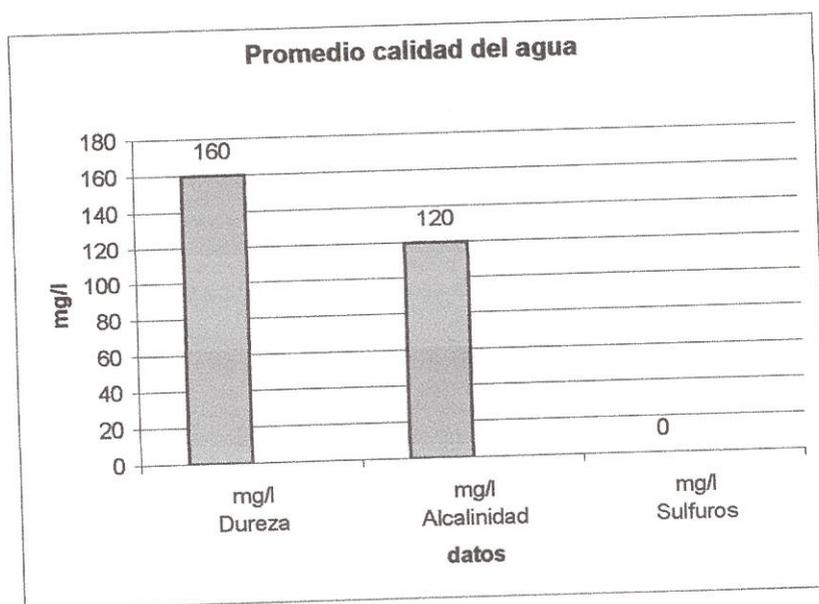


Grafico # 15 Valores Promedios de dureza, alcalinidad y sulfuros

CAPITULO V

EVALUACIÓN ECONÓMICA

5.1 RESULTADOS DE OTROS ESTUDIOS

Una evaluación económica que fue realizada sobre el cultivo de tilapia roja, cepa Florida, en jaulas determinó que los costos fueron 2593 US\$ por la estructura de las jaulas, 1296 US\$ por 10 mallas para jaulas y 555US\$ por materiales y equipos (Caeneiro et al., 1998).

Así también, en instalaciones ubicadas en Puerto Rico, en un cultivo intensivo en estanques, en una granja de 20 Ha, con una densidad de 3,5 ind/m², se estableció que un precio de 4,55 US\$/Kg permitiría una tasa de retorno del 18,2 %, con un descuento del pago o amortización de 6,8 años, y un punto de equilibrio de 3,86 US\$/ Kg. En un sistema abierto basado en el mismo precio de venta, los valores serían 27,8%, 5 años y 3,54 US\$/Kg. El costo del alimento en tilapias en forma intensivo en estanques y tanques en agua de mar, representa entre el 32,4 y el 34,2 % de los costos operativos anuales. (Demora et al, 2000).

Scorvo (1997) estableció los costos de producción de la tilapia en Brasil, los mismos que se presentan en la tabla # 20.

	<i>Tilapia</i>
Datos técnicos	
Ciclo (meses)	6
Densidad (ind/m ²)	4
Tasa de conversión	1.1
Sobrevivencia (%)	90
Peso (Kg)	0.5
Producción (t/Ha/año)	36
Costo (US\$)	1.05
Ganacias (%)	51.2
Precio calculado en el mercado US\$	2

Tabla # 20 Scorvo et al (1997) establece los costos de producción de la tilapia en Brasil

Un estudio realizado por la Cámara Nacional de Acuicultura (CNA) en 1995, estimó los costos aproximados para producir tilapia los cuales incluían los costos de operación por Ha para tener dos ciclos al año, es decir un promedio de 6 meses por ciclo.

Superficie 1 Ha.	Ciclo 1	Ciclo 2
densidad de siembra	35000 Ha	
Peso final	500 g.	
Alevines	\$ 0.05	
alimento	\$ 0.49	
Sobrevivencia	70%	
Materia Prima	1750	1750
Materiales y equipos	2693	1750
Alimento	7068	7068
Fertilizantes	173	173
Combustibles	2454	2454
Personal	1292	1292
Imprevistos	463	463
Total costos	15893	14950
Prod ciclos Kg	12.250	12.250
Precio venta entero viscerado Kg	1.64	1.64
venta total	20090	20090
Balance	4197	5140

Tabla # 21 Valores obtenidos por la CNA en 1995 (cambio a la fecha 1 dólar = 2600 sucres)

5.2 Costos de Inversión

El experimento requiere una inversión de US\$ 3.109,00 los que se dividen en estructura US\$ 1.590,54 y la producción de prueba US\$ 1.939,24 que requirió un tiempo de duración de cuatro meses. Es importante destacar que en la producción de prueba se establece que el 78% son costos fijos y el 22% variables, llegando al punto de equilibrio cuando los ingresos alcanzan US\$ 2.737,44. (Ver tabla No 22).

TABLA No 22

Costos de Inversión en experimento	
(en dólares)	
Rubros	Valor
Estructuras	\$1.590,54
Mallas	\$301,84
Estructura de jaula	\$540,00
Tubería de 6"	\$216,00
Tapones de 6"	\$216,00
Plastipega	\$19,00
Mano de obra jaulas	\$200,00
Puertas de jaulas	\$65,00
Tuberías flotadores	\$12,30
Cemento y arena	\$8,40
Anclas	\$12,00
Producción	\$1.939,24
Honorarios ayudantes	\$50,00
Análisis de muestra de agua	\$300,00
Honorarios de asesor	\$1.000,00
Alimentos (14 sacos)	\$149,24
Desinfectante	\$50,00
Semillas	\$240,00
Movilización	\$50,00
10% Otros costos imprevistos	\$100,00
Estimado de venta de producción	\$420,00
Total Inversión	\$3.109,78
Nota:	
El experimento dura 4 meses, tiempo que estima dura una cosecha, además se considera que las jaulas tienen una vida útil de 3 años	

En la tabla No 23 se presenta el punto en que se alcanza el equilibrio en el experimento, es decir no se genera ganancia ni perdida.

Tabla No 23

Punto de equilibrio						
(en dólares)						
			4	4	4	
Unidades a producir	Cantidad	P. Unitario	Cuatrimestre	Cuatrimestre	Cuatrimestre	
Costos fijos			\$700,00	\$2.142,20	\$2.142,20	\$2.142,20
Honorarios de ayudante	1	\$50,00	\$200,00	\$200,00	\$200,00	
Honorarios de jefe de proyecto	1	\$300,00	\$1.200,00	\$1.200,00	\$1.200,00	
Depreciación Jaulas (3 años)			\$176,73	\$176,73	\$176,73	
Amortización experimento (3 años)			\$215,47	\$215,47	\$215,47	
Análisis de muestra de agua	1	\$300,00	\$300,00	\$300,00	\$300,00	
Otros costos fijos	1	\$50,00	\$50,00	\$50,00	\$50,00	
Costos variables			\$60,78	\$595,24	\$595,24	\$595,24
Porcentaje de costos variables				22%	22%	22%
Alimentación	4800	14	\$10,66	\$149,24	\$149,24	\$149,24
Desinfectante	4800	1	\$50,00	\$50,00	\$50,00	\$50,00
Semillas	4800	4800	\$0,05	\$240,00	\$240,00	\$240,00
Otros costos variables	4800	4800	\$0,02	\$96,00	\$96,00	\$96,00
25% Mortalidad de semillas	4800	1200	\$0,05	\$60,00	\$60,00	\$60,00
Total Costos			\$2.737,44	\$2.737,44	\$2.737,44	
Punto de Equilibrio			-	2.737	2.737	2.737
Costos fijos				2.142	2.142	2.142
Costos Variable				595	595	595
Prueba				-	-	-

Fórmula : $1 - \frac{\text{Costos Fijos Totales}}{\text{Ventas Totales} - \text{Costos Variables Totales}}$
--

Con los datos correspondientes al experimento no se logra reparar la inversión, debido a que su objetivo fundamental fue demostrar la factibilidad técnica de producir tilapia con el sistema de jaulas.

5.3 Costos de venta

El costo de la venta de la tilapia, tiene que ver con el mercadeo y la publicidad que se le pueda hacer para que el producto se venda con facilidad, ya que de otro modo no tendríamos éxito en la producción de nuestro producto si no lo podemos vender.

En nuestro caso, el costo de mantener las tilapias hasta la venta fue muy poco, ya que estas fueron mantenidas en los tanques de aclimatación de la Facultad para su venta en fresco. Sin embargo, este valor hay que tomarlo en cuenta, para tener una mejor perspectiva en cuanto a las ganancias netas que podamos tener, o que eventualmente llegara a tener un proyecto de mayor envergadura. Por lo que se debe tomar en cuenta el valor de mantener las tilapias en los tanques, en los que se gasta energía del blower que se tiene prendido en las noches para suministrar oxígeno, y el de una bomba de 1 HP para hacer recambios ocasionales, cada dos a cuatro días de ser posible, o en caso de ser necesario en menos tiempo.

5.4 Mercadeo

La tilapia es uno de los peces que por sus características puede tener un futuro en la acuicultura. En primer lugar, existen ya varias tecnologías de cultivo diferentes, algunas de las cuales permiten producir tilapias a costo relativamente bajo. En segundo lugar, la carne de tilapia es en general

blanca y puede utilizarse para preparar filetes de pescado blanco, que constituyen los productos básicos en el comercio pesquero internacional. En tercer lugar, se han difundido las tilapias fuera de África y son comunes en Asia, América Latina y el Caribe. (Fuente: A. Smith, Departamento de Pesca, FAO).

El mercadeo a nivel de las grandes empresas se lo realiza a través de los denominados Brokers, que trabajan en los Estados Unidos de América, y colocan el producto en las diferentes cadenas de restaurantes o supermercados. Estos brokers trabajan con los representantes de las empacadoras de tilapia que existen en nuestro País, y en especial en Guayaquil, que es donde llega casi toda la producción de tilapia. Esto no permite fácilmente que un pequeño productor, o un productor artesanal, tenga opciones de venta al exterior, por lo que debe vender su producción a las empacadoras. Actualmente en Guayaquil son: Empacadora MARDELSA, (del grupo Santa Priscila), Empacadora Nacional, El Rosario, y una nueva que se está instalando en la parroquia Virgen de Fátima (Km 26 vía Duran Tambo).

Es de anotar que la producción de la tilapia en nuestro país, surge como una alternativa a los problemas que ha tenido el cultivo del camarón. Actualmente hay 1200 ha. de tilapia con proyección a ampliación; las hectáreas que se encuentran en cultivo representan el 8% del hectareaje con el que cuenta el sector camaronero.

El área de producción se encuentra ubicada en los cantones de Samborondón, El Triunfo, y Daule, en la provincia del Guayas

Para el presente trabajo, se ha identificado al mercado estadounidense como el de mayores posibilidades, por la cercanía de esta plaza con nuestro país, en relación a otros importadores, además de presentar perspectivas de crecimiento. Lovshin (1997) destaca que las tres principales consideraciones de mercadeo son color de la carne, sabor y aroma.

Estados Unidos es el principal comprador de tilapia. Hasta la fecha ha importado 8'377.237 de libras, y la tendencia de consumo es de un crecimiento anual del 10 % (fuente FAO, 1995). Actualmente este país es abastecido principalmente por Taiwan, Tailandia, Indonesia, Costa Rica, China, Jamaica e Israel. Otro comprador es la Comunidad Europea.

Los gustos actuales de los consumidores estadounidenses en relación a la forma de presentación del producto es el siguiente.

Tilapia fresca (entero y filetes)	56%
Tilapia Congelada	40%
Otros	4%

Actualmente por los datos obtenidos, se puede decir que el mercado de tilapia se encuentra en la etapa de crecimiento, principalmente porque el

sector de las pesquerías de alto rendimiento, poco a poco está llegando al nivel de máximo rendimiento sustentable, y se hace necesario aún más la producción de peces cultivados. Esto es una ventaja, ya que ofrece mayores posibilidades de ingreso, con una competencia dedicada a un gran mercado, dejando márgenes de maniobra

Aquí en Guayaquil, los mercados en los que se ve y expende tilapia son las cadenas de supermercados de Mi Comisariato y Supermaxi, en las cuales se ve filetes y otros productos relacionados con la carne de tilapia. En especial, de la Empresa Santa Priscila, que también coloca su producto en el Mercado de la Caraguay, con peces que oscilan en un promedio de 200 a 240 gramos.

Por lo expuesto, el sitio al que puede acceder un productor artesanal es al Mercado Caraguay, y/o venderlo al menudeo a las despensas o tiendas, sin incurrir en gastos de publicidad, que encarecerían su producto.

5.4 Rentabilidad.

Para efectos estimativos de establecer la viabilidad económica de este experimento, se consideró una producción cuatro veces mayor que permita generar el volumen suficiente para cubrir la inversión inicial que para este caso se incrementaría en 3,3 veces su valor. esto es US\$ 10.262,00 y se recuperarían 20 meses de producción con un tasa interna de retorno (TIR) del 20,29% y un valor actual neto (VAN) de US\$ 4.286,00. Como se muestra en la tablas no 24,25 y 26.

Tabla No 24

Flujo de caja del proyecto para experimento					
(en dólares)					
Rubros	Cantidad	P. Unitario	1	2	3
			4	4	4
Ingresos					
Ingresos por ventas	787,20	\$2,20	\$1.731,84	\$1.731,84	\$1.731,84
10% Mortalidad	78,72	\$2,20	\$173,18	\$173,18	\$173,18
Ingresos netos			\$1.558,66	\$1.558,66	\$1.558,66
Egresos					
Egresos fijos		\$520,00	\$1.120,00	\$1.120,00	\$1.120,00
Honorarios de ayudante	4	\$50,00	\$200,00	\$200,00	\$200,00
Honorarios de jefe de proyecto	4	\$150,00	\$600,00	\$600,00	\$600,00
Depreciación Jaulas (3 años)					
Amortización experimento (3 años)	1	\$300,00	\$300,00	\$300,00	\$300,00
Análisis de muestra de agua	1	\$20,00	\$20,00	\$20,00	\$20,00
Otros costos fijos					
Egresos variables			\$415,24	\$415,24	\$415,24
Alimentación	14	\$10,66	\$149,24	\$149,24	\$149,24
Desinfectante	1	\$50,00	\$50,00	\$50,00	\$50,00
Semillas	4800	\$0,04	\$192,00	\$192,00	\$192,00
Otros costos variables	4800	\$0,01	\$24,00	\$24,00	\$24,00
Total Egresos			\$1.535,24	\$1.535,24	\$1.535,24
Flujo neto ingresos - egresos			\$23,42	\$23,42	\$23,42

Tabla No 25

Flujo de caja del proyecto comercial					
(en dólares)					
Rubros	Cantidad	P. Unitario	1	2	3
			4	4	4
Ingresos					
Ingresos por ventas	3.148,80	\$2,20	\$6.927,36	\$6.927,36	\$6.927,36
10% Mortalidad	314,88	\$2,20	\$692,74	\$692,74	\$692,74
Ingresos netos			\$6.234,62	\$6.234,62	\$6.234,62
Egresos					
Egresos fijos		\$520,00	\$1.120,00	\$1.120,00	\$1.120,00
Honorarios de ayudante	4	\$50,00	\$200,00	\$200,00	\$200,00
Honorarios de jefe de proyecto	4	\$150,00	\$600,00	\$600,00	\$600,00
Depreciación Jaulas (3 años)					
Amortización experimento (3 años)					
Análisis de muestra de agua	1	\$300,00	\$300,00	\$300,00	\$300,00
Otros costos fijos	1	\$20,00	\$20,00	\$20,00	\$20,00
Egresos variables			\$1.660,96	\$1.660,96	\$1.660,96
Alimentación	56	\$10,66	\$596,96	\$596,96	\$596,96
Desinfectante	4	\$50,00	\$200,00	\$200,00	\$200,00
Semillas	19200	\$0,04	\$768,00	\$768,00	\$768,00
Otros costos variables	19200	\$0,01	\$96,00	\$96,00	\$96,00
Total Egresos			\$2.780,96	\$2.780,96	\$2.780,96
Flujo neto ingresos - egresos			\$3.453,66	\$3.453,66	\$3.453,66

Tabla No 26

METODOS DE EVALUACIÓN						
		Período	Monto	VP	VAN	TIR
0	Inversión inicial = Hoy		-10.262	14.548	4.286	20,29%
1	Saldo Ing - Ege de caja	4 meses	3.454	3.258		
2		8 meses	3.454	3.074		
3		12 meses	3.454	2.900		
4		16 meses	3.454	2.736		
5		20 meses	3.454	2.581		

CONCLUSIONES

1. Por ser este un ensayo preliminar, no se puede concluir terminantemente cual de las tres densidades es mejor, aunque según los datos nos inclinaríamos a concluir que la segunda densidad es la mejor de las tres densidades sembradas.
2. El cultivo en jaulas técnicamente es más manejable que otros tipos de cultivo, por la inversión que representan los demás tipos de cultivo tradicionales como son los cultivos en estanques de tierra , tanques de concreto y raceways.
3. Si bien es cierto el costo inicial del cultivo en jaulas es representativo, no se compara con los costos que representan los demás cultivos.
4. Técnicamente son manejables y su cuidado es fácil y requiere de una persona capacitada que se encargue del mismo y varios ayudantes si el proyecto es de mayor envergadura.
5. Según los datos obtenidos el mayor crecimiento y la mayor sobrevivencia se la obtuvo en la densidad de 200 animales/m³, al igual que la más alta producción por unidad de volumen, pero hay que recordar que la tercera densidad tiene buenos crecimientos y le sigue

a la segunda densidad en porcentaje de animales grandes obtenidos, habiendo sido desafortunadamente la mayormente atacada por depredadores.

6. Analizando los datos iniciales se puede observar que en las tres primeras semanas de cultivo, la segunda densidad va a la par con la tercera densidad en crecimiento, lo que podría indicar que la mejor opción estaría entre estas dos densidades, por lo que habría que evaluar un segundo o tercer ensayo con más réplicas para confirmar los datos obtenidos o reevaluarlos.
7. Si las condiciones de precio se mantienen, el cultivo de tilapias en jaulas utilizando reservorios es rentable.
8. El buen rendimiento del proyecto deriva en que se requiere muy poco capital inicial pues se utilizaría la infraestructura y organización de las empresas, y los costos operacionales igualmente serían bajos.
9. Los peces y otras especies que habitan en el sector, no tendrían mayor impacto con la instalación de las jaulas, a no ser los depredadores tales como el guanchiche que puede incidir negativamente en nuestro cultivo. Los otros peces del medio llegarían a consumir los pocos alimentos residuales que eventualmente no

llegarán a ser consumidos por los peces en las jaulas, lo cual no les causaría ningún efecto negativo, por tratarse de dietas especialmente diseñada para peces. Pero una vez iniciado el proyecto a mas largo plazo, es recomendable realizar las pruebas pertinentes para conocer el impacto ambiental que causaría el cultivo en los sistemas de reservorio, principalmente en cuanto a eutroficación y productividad primaria del sistema.

10. Afortunadamente, los potenciales efectos adversos del cultivo de peces en jaulas flotantes pueden ser mitigados o eliminados con una cuidadosa selección del sitio de cultivo y un programa de optimización del manejo y operación de las granjas productoras.
11. El experimento realizado para desarrollar el presente trabajo se concentró en estudiar la factibilidad técnica, desde el punto de vista de la producción, de cultivar las tilapias en jaulas, aprovechando el lago de la ESPOL. La factibilidad económica se la proyectó a un tiempo mayor que el utilizado en esta producción, y se analizó también la rentabilidad en la escala de un proyecto de tipo comercial.

RECOMENDACIONES

La ubicación en sitios mas abiertos con altas tasas de recambio, la reducción del contenido de fósforo en los alimentos, la investigación en líneas de animales resistentes a los microorganismos patógenos antes que el uso de antibióticos, y el cultivo de organismos sexualmente estériles, son alternativas para el manejo y la protección ambiental.

Las perspectivas de utilizar el cultivo de tilapias en jaulas, a nivel comercial, presenta oportunidades interesantes para el sector privado acuícola del Ecuador, por lo que se recomienda se continúen con investigaciones aplicadas sobre este tema.

Se debería realizar un análisis de sensibilidad para observar como las variables claves, productividad (Kg/m^3), consumo de alimento y precio de venta, afectarían el rendimiento del proyecto.

Los costos de la infraestructura que se utilizan en la elaboración de las jaulas, pueden ser más bajos, utilizando otro tipo de material, tales como madera en lugar de varillas de hierro, y otros tipos de flotadores más baratos que utilizando tubos de PVC, lo que ahorraría en gastos.

BIBLIOGRAFÍA

Aqua Farm News: Report of the Tilapia Culture Vol. XI #3 1993

Arias. H.: Determinación de la eficiencia de la hormona Mesterolona(ME) como tratamiento de reversión química del sexo frente a la Metiltestosterona (MT) para tilapia híbrida roja.(*Oreochromis mossambicus*) Espol Tesis 1995.

Arredondo, J.L. et al, 1994. Desarrollo Científico y Tecnológico del Banco de Genoma de Tilapia. Convenio SEPESCA/UAM-I. Secretaria de Pesca. 89 pp

Avault, J.W. (1996) Fundamentals of Aquaculture. *Ava Pub. Company. USA.*

Bardach: Ictiología 1984

Belfour Hephner: Cultivos de Peces Comerciales. Basado en Joel Pruginin las experiencias de las granjas piscícolas en Israel 1985.

Beveridge, M.C, 1987. Cage Aquaculture. Fishing News Books Ltda. Farmham, Surrey, England. 352 pp

Beveridge M.C.: Piscicultura en jaulas y corrales, Modelos para calcular la capacidad de carga y las repercusiones en el ambiente, FAO documento técnico de pesca 255, 1986

Castillo Campos, L.F. (1994) La historia genética e hibridación de la tilapia roja. *Comarpez Ltda. Cali, Colombia.*

Chimits, P. (1955) La tilapia y su cultivo. *Bol. de Pesca, FAO, vol 8 (1)*

Coche, A. G: Cage culture of tilapia. ICLARM. Conference on the biology and culture of tilapia 1980.

Ecker R.: Fisiología Animal. Mecanismos y Adaptaciones 1990 D. Randall G. Augustine

Espol: Proyecto de Investigación Piscícola de Producción a Nivel de Cultivo Experimental de Especies Nativas y Exóticas e la Cuenca del Río Guayas. Informe Final 1989

Estevez. R : Manual de Piscicultura. Universidad de Santo Thomas. Bogotá 1990

FAO: La carpa Común 1 . Producción Masiva de Huevos Y Prealevines 1987

Ufer Joachin : Hormona Terapia en Gineco Obstetricia. Fundamentos y Practica. 1972

Lagler, K.F., and C. Steinmetz: Características and fertility of experimentally produced sunfish hybrids. 1957

Luis Castillo: La Historia Genética e Hibridación de la Tilapia Roja . Colombia 1994.

Marcillo E. Y J Landivar: Tecnología de producción de Tilapia Monosexo, ESPOL, 2000.

Meyer, D. Y Mejía, S. (1993) Utilización de cuatro fuentes de nutrientes en el cultivo de la *tilapia (Oreochromis niloticus)*. *Actas del Simposio de Investigación Acuícola en Latinoamérica. Pradepesca Univ. Nac. De Heredia Costa Rica.*

Morales, A. D: La Tilapia en México. Biología, Cultivo y Pesquerías. México 1991

Piña López Carmen: Piscicultura. Universidad a Distancia Facultad de Ciencias Agrarias Bogotá 1993 .

Popma T.: Sex Reversal of Tilapia in Earthen Ponds Bartholomew Green Auburn University 1990

Popma, T.J. y Lovshin, L. (1994) Worldwide prospects for commercial production of tilapia. *Auburn, Alabama, USA.*

Popma. T : Reporte final, Proyecto de desarrollo de la Piscicultura de agua dulce. Espol 1987

Swingle, H.S.: Relationships and dynamics of balance and unbalanced fish populations. 1950.

Schmittou H.R.: Cultivo de Peces a alta densidad en jaulas de bajo volumen, ASA Asociación Americana de Soya, 1994.

Suárez C. R. Y D. Serrano: Investigación de mercado sobre alimento extruido para peces Tilapia y Trucha, 2000.

Wicki, G. y Luchini, L. (1996) Estrategia para un desarrollo acuícola en el agro argentino. *Acuicultura en Latinoamérica. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. ALA. Coquimbo, Chile.*

Wicki G. A. y Gromenida N. Estudio de Desarrollo y Producción de Tilapia, Secretaria de Agricultura, Pesca y Alimentación, Subsecretaria de Pesca Buenos Aires (Argentina), Julio de 1997

Paginas WEB de Internet

<http://www.zoetecnocampo.com>

<http://www.cichlidae.com>

<http://ag.arizona.edu/azaqua/ata.html>

<http://www.ag.auburn.edu/dept/faa/tilap.html>

<http://www.tilapia.com/>

<http://www.acuacultura-ca.org.hn/>

<http://www.da.gov.ph/tips/tilapia/freshwater.html>

<http://members.xoon.com/tilapiainfo>

<http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/new/info.htm>

<http://ag.ansc.puedue.edu/aquanic/news/tilapia.htm>

<http://ag.arizona.edu/azaqua/ata.htm>

<http://www.seafoodreport.com> y <http://www.fao>