

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONOMICAS



Adaptación progresiva a la salinidad de alevines masculinizados de “tilapia del Nilo” (*Oreochromis niloticus*), bajo condiciones de precria intensiva

RESPONSABLES:

GERMAN WILFREDO MOLINA GUTIERREZ

MOISES FRANCISCO RAMOS PEREZ

REQUISITO PARA OPTAR DE:
INGENIERO AGRÓMO

San Vicente, Octubre de 2008

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR: RUFINO QUEZADA

SECRETARIA GENERAL:

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL

DECANO: ING. AGR. ISIDRO VARGAS CAÑAS

SECRETARIO:

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESO DE GRADUACION Y JEFE DE
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONOMICAS**

Ing. Agr. JORGE LUIS ALAS AMAYA

DOCENTES DIRECTORES:

Dr. JOSE ROBERTO HERNANDEZ RAUDA

Lic. NELSUS ARMANDO LOPÉZ TURCIOS

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad De El Salvador por ofrecerme el grado académico obtenido.

A mis asesores Dr. Roberto Hernández Rauda y al Lic. Nelsus Armando López Turcios, por su contribución en el desarrollo del presente trabajo.

A mis padres Miguel Ángel Ramos y Ana Guadalupe Pérez por su incondicional apoyo, consejos y orientación que me brindaron siempre.

A mis hermanos William Ernesto Ramos y Sandra Noemí Ramos por todo el apoyo que me brindaron.

A mis amigos Elías, Roberto, Josué, Víctor y Wilfredo. Por brindarme el apoyo necesario en dicha investigación.

A José Isabel Rivera Administrador técnico de la Cooperativa “Puerto Casona” de R.L., cantón Salinas El Potrero, por estar al pendiente en todo lo necesario en esta investigación.

Moisés Francisco Ramos Pérez

AGRADECIMIENTOS

Primordialmente a Dios por darme la capacidad en mis estudios durante la carrera, así como también en el proceso de la presente investigación.

A la Universidad De El Salvador por ofrecerme el grado académico emanado.

A mis asesores Dr. Roberto Hernández Rauda y al Lic. Nelsus Armando López Turcios, por su contribución en el desarrollo del presente trabajo.

Agradezco de una manera muy personal a la Lic. Tomasa Cuellar por contribuir en el desarrollo y aporte intelectual de este documento.

Manifiesto también mis más sinceros agradecimientos a mis padres German Molina Gómez y Julia Del Carmen Gutiérrez por el incondicional apoyo durante mis estudios asimismo a este proyecto de tesis.

A José Isabel Rivera Administrador técnico de la Cooperativa “Puerto Casona” de R.L., cantón Salinas El Potrero, por estar en todas las atenciones necesaria en esta investigación.

De igual forma al joven Gerber Eberaldo Rosales Flores, por brindarme la ayuda durante el proceso de la fase de campo en este proyecto.

De la misma manera a todos los miembros y trabajadores de la Cooperativa Puerto Casona del cantón Salinas El Potrero por estar al pendiente en cualquier adversidad presentada en dicha investigación.

German Wilfredo Molina Gutiérrez

DEDICATORIA

De una forma muy satisfactoria, dedicamos con mucha dignidad a Dios, a nuestros padres y al perito Dr. José Roberto Hernández Rauda, Jefe de la Unidad de Psicultura del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMARES), de la Universidad de El Salvador, a todos por su valioso e incondicional apoyo, a este proyecto de investigación, de igual Forma brindamos un justo reconocimiento para el personal de la Cooperativa Puerto Casona, y en especial al señor José Isabel Rivera Enríquez, por tan valiosa colaboración durante todo el transcurso y conclusión de este ensayo. Asimismo al Lic. Nelsus Armando López Turcios por su ecuánime labor y esfuerzo desempeñado para lograr en todo aspecto esta gran labor de investigación.

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó la capacidad de adaptación de la tilapia nilótica monosexo (*Oreochromis niloticus*) al medio salino utilizando un método progresivo. El ensayo se realizó en el Módulo de Adaptación al Medio Salino (MAMSAL), ubicado en la granja camaronera de la Sociedad Cooperativa Puerto Casona en Salinas El Potrero, Jiquilisco, Usulután.

El estudio comprendió las siguientes etapas: Preensayo con una duración de 27 días realizado con el fin de ajustar y validar la metodología del Ensayo que tuvo una duración de 30 días y finalmente una etapa de precría que duro 14 días.

En el ensayo las tilapias monosexo (solo machos), fueron sometidas a tratamientos en las salinidades: $T_1= 10 \text{ g/L } (\text{‰})$, $T_2= 20 \text{ g/L } (\text{‰})$ y $T_3= 36 \text{ g/L } (\text{‰})$, realizándose un cambio de dos partes por mil de salinidad diariamente y brindando un período de estabilización de tres días luego de realizados los muestreos respectivos.

Con los muestreos se registraron los datos biométricos de las tilapias con el fin de evaluar la capacidad de adaptación de los peces y calcular su ración alimenticia.

Con los resultados obtenidos se deduce que el método de adaptación progresivo al medio salino es efectivo para aclimatar a la salinidad a la “tilapia de Nilo” monosexo, ya que se alcanzaron valores de supervivencia superiores al 79%, además la salinidad provocó un efecto promotor del crecimiento tanto en peso ($>0.20 \text{ g/día}$) como en longitud ($>1.25 \text{ mm/día}$) durante la fase de precría intensiva ($\geq 500 \text{ alevines/m}^3$).

PROBLEMÁTICA Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Tradicionalmente los acuicultores de la Bahía de Jiquilisco y de la zona del margen oriental del Bajo Lempa se han dedicado principalmente a la explotación del langostino (*Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*). ^{1/}

El área estimada total para el cultivo de langostino marino es de aproximadamente 714 hectáreas de las cuales recientemente 603 están siendo cultivadas. De este rubro dependen directamente unas 495 familias o sea unas 3,000 personas (Rauda, *et al.* 2005). Sin embargo, debido a que es una zona de conservación muy importante del país (CORSATUR, 2006) el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales no esta concediendo más permisos ambientales para expandir y crear nuevos proyectos de cultivo de dichas especies. Aunado a lo anterior, el sector afronta serios problemas tales como: la fluctuación en el abastecimiento de “semilla” (post-larvas), la caída del precio internacional del langostino y la entrada de volúmenes de ese producto provenientes de granjas Hondureñas y Nicaragüenses que usualmente es más grande en talla (12-14g) frente a la talla local (11-12g), y el precio no supera los \$4.00/kilo. Lo cual provoca que en la época más importante del cultivo (abril-noviembre), el precio descienda hasta valores que fluctúan entre \$2.50 y \$3.30/kilo, además la asistencia técnica hacia estos productores por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), a través del Centro para el Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA) es de cobertura limitada (USC, 2006), por lo que se considera que de no iniciar con medidas de apoyo, algunos de los pequeños y medianos cultivadores de langostino podrían cerrar operaciones y generar mayor desempleo en la zona lo que previsiblemente derivara en movimientos migratorios dentro y fuera del país, así como mayor depredación de los menguados recursos de la bahía.

^{1/} Rivera, José Isabel 2006. Administrador de la Cooperativa “Puerto Casona” de R.L., cantón Salinas El Potrero, Jiquilisco, Usulután. Comunicación personal.

Frente a esta situación el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMARES) y la Asociación Local Mangle para la Mitigación de Desastres y el Desarrollo en el Bajo Lempa–Bahía de Jiquilisco (Asociación Mangle), realizaron estudios previos que permitieron identificar un nicho de actuación a través del cual se pretende darle cobertura al sector, específicamente en la zona productora de Salinas del Potrero, Bahía de Jiquilisco, por medio de los procesos de adaptación y transferencia de tecnología en acuicultura. Por tanto se considero conveniente ser protagonistas de las acciones que allí se ejecutan, una de las cuales consiste en proponer la diversificación de la producción de langostino blanco, a través de introducir la practica del cultivo de *O. niloticus* masculinizados ya que estos poseen un alto porcentaje de crecimiento en talla y peso (Castillo 2001).

Esta acción goza de la aceptación de los acuicultores, quienes advierten la necesidad de diversificar sus producciones, ya que el rubro de langostino se ha convertido en una actividad de subsistencia y consideran una buena alternativa la explotación de tilapias.^{1/}, empero los acuicultores no poseen experiencia para su manejo y por otra parte, la especie a introducir se desarrolla principalmente en agua dulce y los estanques con que ellos cuentan son llenados con aguas marinas.

Lo expuesto planteo la necesidad de desarrollar proyectos que se orienten a brindar alternativas sostenibles. En este sentido, se considero importante la realización de un estudio que oriente a la factibilidad de adaptar la especie al agua con la que cuentan en la zona e incluir en las labores prácticas del estudio a los acuicultores para garantizar la sostenibilidad del proyecto.

^{1/}Op,cit.p.2

HIPÓTESIS

Con la aplicación de la técnica de adaptación progresiva a la salinidad de alevines masculinizados de “tilapia del Nilo”, *Oreochromis niloticus*, se logrará:

- una supervivencia superior al 75%, independientemente del tratamiento de salinidad que se aplique (10, 20 y 36‰).
- La tasa de crecimiento diario de peso será igual o superior a 0.20g/día, independientemente del tratamiento de salinidad que se aplique (10, 20 y 36‰).
- La tasa de crecimiento diario de longitud será igual o superior a 1.25 mm/día, independientemente del tratamiento de salinidad que se aplique (10, 20 y 36‰).
- La conversión alimenticia será menor a 2.5, independientemente del tratamiento de salinidad que se aplique (10, 20 y 36‰)

OBJETIVOS

Objetivo general:

Evaluar la adaptación progresiva a la salinidad de alevines masculinizados de “tilapia del Nilo”, *Oreochromis niloticus*, bajo condiciones de precría intensiva.

Objetivos específicos:

- Determinar la tolerancia a salinidades crecientes de los alevines masculinizados de la “tilapia del Nilo” (*Oreochromis niloticus*), bajo condiciones de precría intensiva.
- Determinar los efectos de salinidades progresivas sobre el crecimiento en peso y talla, así como en la conversión alimenticia de los alevines de *Oreochromis niloticus*, durante el período de adaptación y precría (44 días).
- Evaluar la efectividad del método de adaptación progresiva a la salinidad de alevines masculinizados de *O. niloticus*.

INDICE

	Pag.
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN.....	iv
PROBLEMÁTICA Y JUSTIFICACION.....	v
HIPÓTESIS.....	vii
OBJETIVOS.....	viii
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. Reseña histórica de la tilapia.....	3
2.2. Importancia económica del cultivo de tilapia.....	3
2.2.1. Importación de Tilapia.....	4
2.2.2. Producción mundial de <i>Oreochromis niloticus</i>	5
2.2.3. Importancia del Cultivo de Tilapia en El Salvador.....	6
2.3. Ubicación taxonómica de la tilapia.....	8
2.4. Características físicas de la tilapia.....	8
2.4.1. Características físicas de las diferentes especies de Tilapias.....	9
2.4.1.1. Tilapia nilotica (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	9
2.4.1.2. Tilapia mossambica (<i>Oreochromis mossambicus</i>).....	9
2.4.1.3. Tilapia aurea (<i>Oreochromis aureus</i>).....	10
2.4.1.4. Tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>).....	10
2.5. Anatomía.....	10
2.6. Factores a considerar para el cultivo de tilapias.....	11
2.6.1. Reproducción.....	11
2.6.2. Crecimiento.....	12
2.6.3. Hábitos alimenticios.....	12

2.6.3.1. Recomendaciones básicas de Alimentación.....	12
2.6.4. Sanidad.....	13
2.6.5. Características físico-químicas del agua.....	15
2.6.5.1. Temperatura.....	15
2.6.5.2. pH.....	15
2.6.5.3. Oxígeno.....	15
2.6.5.4. Amoníaco.....	17
2.6.5.5. Alcalinidad y dureza del agua.....	17
2.6.5.6. Turbidez del agua.....	18
2.6.5.7. Altitud.....	19
2.7. Cultivo de tilapias.....	19
2.7.1. Tipos de cultivos más comunes.....	19
2.7.1.1. Cultivo en jaulas.....	19
2.7.1.2. Cultivo en estanques.....	20
2.7.1.3. Cultivo en tanques.....	22
2.7.2. Etapas del manejo del cultivo.....	23
2.7.2.1. Obtención de la cría.....	23
2.7.2.2. Siembra.....	24
2.7.2.3. Engorda.....	24
2.7.2.4. Cosecha.....	24
2.8. Sistemas de cultivo.....	25
2.8.1. Cultivo extensivo.....	25
2.8.2. Cultivo semi-intensivo.....	25
2.8.3. Cultivo intensivo.....	25
2.9. Cultivo de tilapia en agua salada.....	26
2.9.1. Métodos de adaptación.....	26
2.9.2. Antecedentes.....	27
2.10. Uso de hormonas.....	29
III. MATERIALES Y METODOS.....	31
3.1. Localización del proyecto.....	31

3.2. Metodología.....	31
3.2.1. Organismos experimentales.....	32
3.3. Descripción del módulo de adaptación.....	32
3.3.1. Sistema de oxígeno.....	33
3.3.1.1. Hornilla de aireación.....	33
3.3.2. Sistema de abastecimiento de agua del modulo.....	34
3.3.2.1. Sistema de abastecimiento de agua dulce.....	34
3.3.2.2. Sistema de abastecimiento de agua salada.....	34
3.3.2.3. Sistema de drenaje.....	35
3.4. Tratamientos.....	35
3.5. Fases del método.....	36
3.5.1. Fase de adaptación a la salinidad.....	36
3.5.1.1. Proceso para lograr los diferentes rangos de Salinidad.....	36
3.5.1.2. Cálculo para el incremento de salinidad.....	37
3.5.2. Fase de precria de los alevines.....	38
3.6. Manejo de las condiciones durante el proceso de Adaptación.....	39
3.6.1. Temperatura.....	39
3.6.2. pH.....	39
3.6.3. Alimentación.....	39
3.7. Plan profiláctico.....	40
3.7.1. Tratamiento profiláctico del agua dulce.....	40
3.7.2. Tratamiento profiláctico del agua salada.....	41
3.7.3. Retiro de residuos en el agua.....	41
3.7.4. Recambios de agua.....	41
3.8. Manejo de las condiciones durante la fase de precria.....	42
3.9. Evaluación de los tratamientos.....	42
3.9.1. Muestreos biométricos.....	42
3.9.1.1. Ración diaria (RD).....	42
3.9.1.2. Cantidad de alimento por frecuencia	

(CAF).....	43
3.10. Variables evaluadas.....	43
3.10.1. Tasa de crecimiento en peso.....	44
3.10.2. Tasa de crecimiento en longitud.....	44
3.10.3. Factor de conversión alimenticia, según New (1987).....	45
3.10.4. Índice de supervivencia.....	45
3.11. Análisis de Datos.....	45
3.11.1. Unidad de análisis.....	45
3.11.2. Factores en estudio.....	45
3.11.2.1. Adaptación a la salinidad.....	46
3.11.2.2. Peso y talla.....	46
3.11.2.3. Conversión alimenticia.....	46
3.12. Diseño estadístico.....	46
3.13. Modelo Matemático.....	46
3.14. Información sobre los costos de adaptación.....	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1. Resultados y discusión del pre ensayo.....	48
4.1.1. Protocolo del pre ensayo.....	48
4.1.2. Desarrollo del pre ensayo.....	49
4.1.3. Resultados y discusión de las variables.....	50
4.1.3.1. Crecimiento en peso.....	50
4.1.3.2. Crecimiento en longitud.....	51
4.1.3.3. Factor de conversión alimenticia.....	53
4.1.3.4. Mortalidad.....	54
4.1.4. Etapa de precría.....	56
4.2. Resultados y discusión del ensayo.....	56
4.2.1. Protocolo del ensayo.....	56
4.2.2. Desarrollo del ensayo.....	56
4.2.3. Resultados de las variables evaluadas.....	57
4.2.4. Tasa de crecimiento en peso.....	57
4.2.5. Tasa de crecimiento en longitud.....	58

4.2.6. Factor de conversión alimenticia.....	61
4.2.7. Mortalidad.....	62
4.2.7.1. Resultados de mortalidad y supervivencia.....	62
4.3. Información sobre costos adaptación.....	63
V. CONCLUSIONES.....	66
5.1. Conclusiones del pre ensayo.....	66
5.2. Conclusiones del ensayo.....	66
VI. RECOMENDACIONES.....	69
VII. BIBLIOGRAFIA.....	71
ANEXOS.....	75

INDICE DE CUADROS

CUADRO		Pag
1	Importaciones de Tilapia a EEUU.....	5
2	Producción de Acuicultura. 2001 – 2003.....	7
3	Precio de la tilapia de acuerdo al peso en El Salvador.....	7
4	Requerimientos nutricionales de la tilapia.....	13
5	Enfermedades más comunes para la Tilapia.....	14
6	Efecto de las diferentes concentraciones de oxígeno sobre la tilapia.....	16
7	Parámetros fisicoquímicos del agua. Rangos óptimos para el cultivo de tilapia.....	18
8	Alimentación en base al % de peso corporal.....	39
9	Tratamiento profiláctico del agua dulce.....	40
10	Esquema del diseño del ensayo.....	38
11	Resultados obtenidos en las variables de mortalidad (%), peso (g), longitud (mm) y factor de conversión alimenticia (FAC).....	50
12	Factor de conversión alimenticia al final del preensayo.....	54
13	Porcentajes de supervivencia y mortalidad durante el pre ensayo.....	54
14	Rangos iniciales obtenidos en el muestreo previo al inicio de los incrementos de salinidad.....	57
15	Rangos de las diferentes variables obtenidos al final de la fase de adaptación a la salinidad.....	57
16	Factor de conversión alimenticia por tratamiento al final del ensayo.....	61
17	Porcentajes finales de supervivencia y mortalidad en los diferentes tratamientos.....	62
18	Detalle de costos para la adaptación a los diferentes rangos de salinidad por individuos de alevines de <i>O. niloticus</i>	65

INDICE DE FIGURAS

FIGURAS		Pág
1	Producción mundial de tilapia (Mill. TM) (FAO, 2002 citado por Marco 2005).....	4
2	Producción mundial de tilapia del nilo y de Mozambique (FAO, 2002 citado por Marco 2005).....	6
3	Partes anatómicas internas de la tilapia (Gómez, 2005).....	10
4	Partes anatómicas externas de la tilapia (Gómez, 2005).....	11
5	Comportamiento de la mortalidad en la fase previa al inicio del incremento en las concentraciones de salinidad.....	49
6	Crecimiento promedio en los tratamientos T0 vrs. T1.....	51
7	Promedio de crecimiento de longitud en mm/día.....	51
8	Promedio final de crecimiento en peso por tratamiento (g/día).....	52
9	Promedio final de crecimiento en longitud por tratamiento (mm/día).....	52
10	Comportamiento del peso en g/día según muestreos por tratamiento.....	53
11	Comportamiento del crecimiento en longitud en mm/día según muestreos por tratamiento.....	53
12	Porcentajes de supervivencia en los tratamientos T0 vrs. T1.....	55
13	Porcentajes finales de mortalidad por tratamiento.....	55
14	% final promedio de crecimiento en peso/tratamiento.....	58
15	Promedio final de crecimiento en longitud mm/día por tratamiento.....	58
16	Comportamiento de crecimiento en peso por tratamiento según muestreos.....	59
17	Comportamiento del crecimiento de longitud en mm/día.....	61
18	Porcentaje final de supervivencia por tratamiento.....	62

I. INTRODUCCION

La tilapicultura como su nombre lo indica, hace referencia al cultivo artesanal y comercial de las tilapias (familia cichlidae), siendo una de las actividades pertenecientes a la acuicultura especializada en el cultivo de peces, la piscicultura. Las tilapias son el segundo grupo de peces más producidos por la acuicultura mundial, con una contribución a la producción de aproximadamente el 20% del volumen total de peces (Castillo, 2001).

La especie *Oreochromis niloticus* (Tilapia nilótica) es la mas cultivada a nivel mundial con equivalente al 80% de la producción, seguida de la *O. mossambicus* con el 5% (Castillo, 2001 & Marco, 2005).

También a nivel nacional es la especie de tilapia mas cultivada y de mayor importancia (FIRI, 2006).

O niloticus es un pez originario de África que ha sido introducido a muchos países del mundo. Es resistente a enfermedades, se reproduce con facilidad, consume una gran variedad de alimentos y tolera aguas con bajas concentraciones de oxígeno. Normalmente, es cultivada en estanques, jaulas y arrozales inundados. Además, puede crecer en agua dulce o incluso se adapta al agua de mar. Todas estas características hacen que la tilapia sea una especie de cultivo apta en la mayoría de los países en vía de desarrollo (Quirós, 2005 & Bocek, 2003).

En El Salvador el cultivo de peces, en particular el de tilapia, ha cobrado interés durante los últimos años, ya que representa una alternativa para aprovechar el recurso acuático para producir pescado de atractivo valor comercial, tanto a nivel interno como externo. La demanda de carne de tilapia está aumentando y se perfila una perspectiva interesante, en la que la aplicación de una mejor tecnología: semilla mejorada, calidad de alimento, manejo del agua, proceso y una buena gestión de ventas continuarán siendo claves para el éxito económico de este cultivo (MAG, 2001).

La presente investigación se llevo a cabo en el Cantón Salinas del Potrero, Bahía de Jiquilisco, departamento de Usulután, con el fin de proponer la diversificación de la producción de langostino blanco, a través de la introducción de la practica del cultivo de la tilapia *O. niloticus* (USC, 2006), adaptada a la salinidad durante la fase de alevinaje por medio de un nuevo método progresivo que consiste en el incremento diario de salinidad en 2 ‰ hasta alcanzar una salinidad de 36 ‰, que es el promedio registrado para las aguas de la zona.

A pesar que Mena (2001) y Martínez (2003) no recomiendan el cultivo de *O. niloticus* en medio salino, este estudio comprueba que es una especie capaz de adaptarse a los cambios progresivos de salinidad, y que su cultivo es una alternativa altamente eficiente, ya que de acuerdo a los resultados se obtuvo una supervivencia superior al 75%, sin afectar el crecimiento, talla y conversión alimenticia del pez.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Reseña histórica de la tilapia

La tilapia es un pez teleósteo del orden perciforme, perteneciente a la familia Cichlidae, originario de África, habita en la mayor parte de las regiones tropicales del mundo, donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento (González, sf).

Para su manejo científico y técnico, las más de 70 especies y 100 sub especies de tilapias han sido agrupadas en cuatro géneros de la tribu Tilapini de acuerdo con sus hábitos reproductivos: *Oreochromis*, *Tilapia*, *Sarotherodon*, *Danakilia* (Castillo, 2001).

Oreochromis niloticus es un pez nativo de África y ha sido cultivado en estanques desde la antigua época de Egipto. Murales y grabados que datan de 1,400 A.C. muestran al pez en estanques ornamentales (Hepher y Pruginin, 1998) y es conocida con los nombres de “tilapia nilótica, tilapia plateada, mojarra plateada” (Castillo, 2003).

Dentro de sus áreas de distribución, las tilapias han colonizado hábitats muy diversos: arroyos permanentes y temporales, ríos anchos y profundos o con rápidos, lagos profundos, lagos pantanosos, lagunas dulces, salobres o saladas, alcalinas, estuarios y lagunas costeras e incluso hábitats marinos. Las tilapias cultivadas habitan por lo general aguas lénticas (poca corriente), permaneciendo en zonas poco profundas y cercanas a las orillas donde se alimentan y reproducen (Alamilla, sf).

2.2. Importancia económica del cultivo de tilapia

Los atributos que convierten a la tilapia en uno de los organismos más apropiados para la piscicultura son; su rápido crecimiento, fácil reproducción, resistencia a enfermedades, elevada productividad, tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, capacidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno,

bajas temperaturas y a diferentes salinidades, así como la habilidad de nutrirse a partir de una amplia gama de alimentos naturales y artificiales (Sanz y Bayuelo, s.f.).

Las tilapias son el segundo grupo de peces más producidos por la Acuicultura mundial, con una contribución a la producción de aproximadamente el 20% del volumen total de peces (Castillo, 2001).

Marco (2005), ha considerado a la tilapia como el futuro alimento del tercer mundo y reporta una creciente producción mundial (Figura 1).

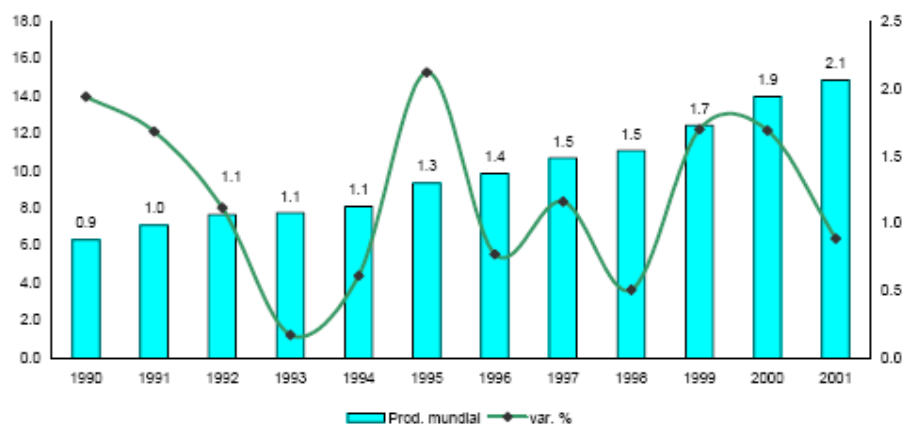


Figura 1. Producción mundial de Tilapia (Mill. TM) (FAO, 2002 citado por Marco 2005)

2.2.1. Importación de Tilapia

Estados Unidos es el principal importador de tilapia a nivel mundial, participó con el 95,6% del total importado en el 2001, y mantiene un ritmo de crecimiento de 40%.

La tilapia se comercializa en tres presentaciones: filete fresco, filete congelado y tilapia entera (Quirós, 2005). Según Marco (2005) el principal rubro de importación son los filetes frescos (Cuadro 1).

2.2.2. Producción mundial de *Oreochromis niloticus*

De acuerdo a Castillo (2001) del total de tilapia producida en el mundo la especie *O. niloticus* tiene un equivalente al 80% de la producción, seguida de la *O. mossambicus* con el 5%. Estos datos son similares a los que reporta Marco (2005) donde *O. niloticus* en el 2001, abarcó el 80,1% del total producido mundialmente (Figura 2).

Cuadro 1. Importaciones de Tilapia a EEUU.

Importaciones de Tilapia de EEUU por rubro (miles US \$)				
Año	Filete Fresco	Filete congelado	Entero	Total
1993	3.2	2.2	12.6	18.0
1994	4.8	6.5	14.3	25.6
1995	7.9	9.0	17.2	34.0
1996	11.7	7.5	23.9	43.0
1997	14.0	11.3	24.2	49.5
1998	17.1	12.0	23.7	52.7
1999	25.8	22.2	33.9	81.9
2000	44.5	23.2	33.7	101.4
2001	61.0	28.9	38.1	128.0
2002	81.6	48.5	44.0	174.1
Prom. Anual 2002/93 (var. %)	54.01	59.27	25.69	39.99

Fuente: Departamento de comercio de EEUU, citado por Marco (2005)

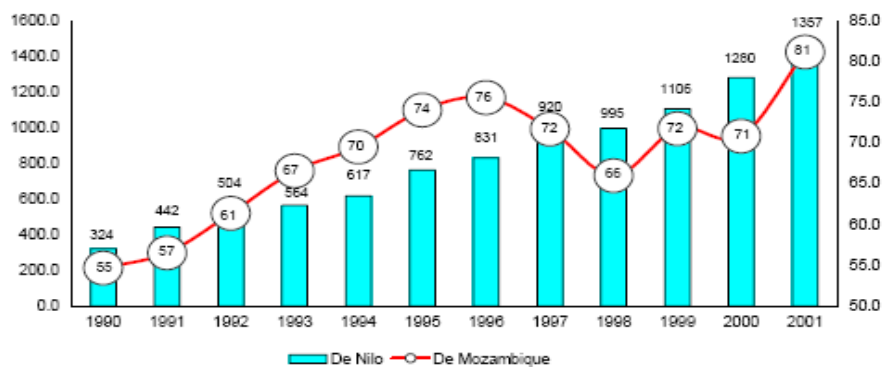


Figura 2. Producción mundial de tilapia del nilo y de Mozambique (FAO, 2002 citado por Marco 2005).

Castillo (2001), considera que esta es la mejor especie de cultivo entre todas las tilapias introducidas, con excelente potencial de mercado, adicional a su rendimiento en carne para la producción de filetes.

2.2.3. Importancia del Cultivo de Tilapia en El Salvador

La tilapia cultivada gradualmente va ganando espacio en el mercado (MAG, 2001). Según FIRI (2006) la producción de tilapia ha variado hacia el incremento desde 2001, de 28,86 toneladas a 654,1 toneladas (cuadro 2), esto como resultado del aumento en unidades de cultivo, particularmente jaulas y el establecimiento de una granja de nivel industrial.

La distribución del área por tipo de cultivo es la siguiente: tilapia en estanques: 48,78ha (139 estanques); tilapia en reservorios: 10,93ha (27 reservorios); tilapia en jaulas: 9 056 m³ (122 jaulas).

El mercado para tilapia de cultivo son los restaurantes tanto individuales como institucionales. Al promover la venta localmente se puede generar una clientela importante. Los precios para tilapia varían según el productor, lugar, tamaño y el consumidor (Cuadro 3) (MAG, 2001).

Cuadro N° 2. Producción de Acuicultura. 2001 – 2003

Especie	2001		2002		2003	
	Toneladas	\$ miles	Toneladas.	\$ miles	Toneladas.	\$ miles
Camarón de mar	363	1 156,5	372,1	1 118,0	472,9	1 899,3
Tilapia	28,8	61,4	405	863,2	654,1	1 855
Camarón de agua dulce	3,0	32,8	4,3	46,8	3,5	44,0

Fuente: CENDEPESCA, citado por FIRI (2006)

Cuadro 3. Precio de la tilapia de acuerdo al peso en El Salvador.

Tamaño (Unidades/ libra)	Precio (\$/ lb)
3-4	1.14
2	1.48
1	1.72
El precio promedio es de \$ 1.44	

Fuente: MAG (2001)

Los países tropicales de América son los únicos que pueden suministrar filetes frescos a los grandes mercados, gracias a la corta distancia de los mismos y el bajo costo en el flete aéreo. Esto es válido en relación a USA, Europa o las Islas del Caribe (APT, 2006).

Con respecto a esto último El Salvador tiene grandes ventajas para la exportación de filete fresco de tilapia a EEUU debido a la relativa cercanía con dicho país, sin embargo a nivel de Centro América es Costa Rica y Honduras quienes mejor aprovechan dicho factor.

Según Marco (2005), para el año 2002 Costa Rica abarco el 22,6% de la importación mundial total de filete fresco en EEUU, mientras Honduras apporto el 20,3%.

Según Marco (2005) la producción de tilapia ofrece mayor rentabilidad respecto a la cría de otras especies, debido a su menor requerimiento de alimentos, así la tilapia del nilo sólo necesita 1.2Kg de comida para producir 1Kg de carne de alto valor nutritivo, mientras los vacunos necesitan 5.6Kg, ovinos 5kg y las aves 2kg.

2.3. Ubicación taxonómica de la tilapia

Phyllum : Vertebrata
Sub. Phylum : Craneata
Supe clase : Gnostomata
Serie : Piscis
Clase : Teleostomi
Sun clase : Actinopterygil
Orden : Perciformes
Sub. Orden : Percoidei
Familia : Cichlidae
Género : *Oreochromis*
Especie : *niloticus*

(PRODUCE, 2004)

2.4. Características físicas de la tilapia

La tilapia se puede identificar de manera fácil por una línea lateral interrumpida perteneciendo a la familia de los cichlidos.

Son comprimidas lateralmente y profundas con las aletas dorsales largas. La parte delantera de la aleta dorsal es espinada pesadamente. Las espinas dorsales también se encuentran en la pelvis y sus aletas anales. Existen generalmente barras verticales anchas, debajo de los jaramugos y a veces en los adultos (Popma & Masser, 1999.)

2.4.1. Características físicas de las diferentes especies de tilapias

Según Alamilla (sf), las diferentes especies de tilapias presentan características físicas que las distinguen unas de otras:

2.4.1.1. Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*)

Presenta bandas negras verticales en la aleta caudal, pecho blanco, extremo de la aleta abdominal anterior al ano, aleta dorsal con 16 a 18 espinas duras y 12 a 13 restantes suaves, aleta caudal con 3 espinas duras y restantes 8 a 11 suaves, 31 a 35 escamas a lo largo de la línea lateral, 5 escamas hacia arriba y 12 hacia abajo de la línea lateral.

La tilapia del Nilo es un pez de talla media que puede alcanzar hasta 50cm de longitud y superar 1kg de peso y aunque su crecimiento es más rápido que las otras especies de tilapia, depende del medio donde se encuentre y tiene un tiempo de vida corto (4 a 7 años)

2.4.1.2. Tilapia mossambica (*Oreochromis mossambicus*)

Presenta puntuaciones en la aleta caudal, cabeza cóncava, pecho gris oscuro, aleta pectoral algo transparente y rojiza, aleta dorsal con 15 a 18 espinas duras y de 11 a 15 suaves, aleta anal con 3 espinas duras y 8 a 11 suaves, 31 a 35 escamas a lo largo de la línea lateral, 5 escamas arriba de la línea lateral y 12 a 13 hacia abajo.

2.4.1.3. Tilapia aurea (*Oreochromis aureus*)

La parte posterior de la cabeza es recta, pecho color gris plata, aleta pectoral gris suave y algo transparente, aleta dorsal con 15 a 16 espinas duras y 9 suaves, 29 a 32 escamas a lo largo de la línea, 5 escamas arriba de la línea lateral y 11 a 12 abajo.

2.4.1.4. Tilapia roja (*Oreochromis sp.*)

Cuerpo de color anaranjado, aleta dorsal con 16 espinas duras y 12 a 13 suaves, aleta anal con 3 espinas duras y 10 suaves, 29 a 31 escamas a lo largo de la línea lateral, 5 escamas arriba y 12 hacia abajo de la línea lateral.

2.5. Anatomía

Cada parte tiene una función importante y es vital comprenderlas para el desarrollo del cultivo (Figura 3 y 4) (Gómez, 2005).

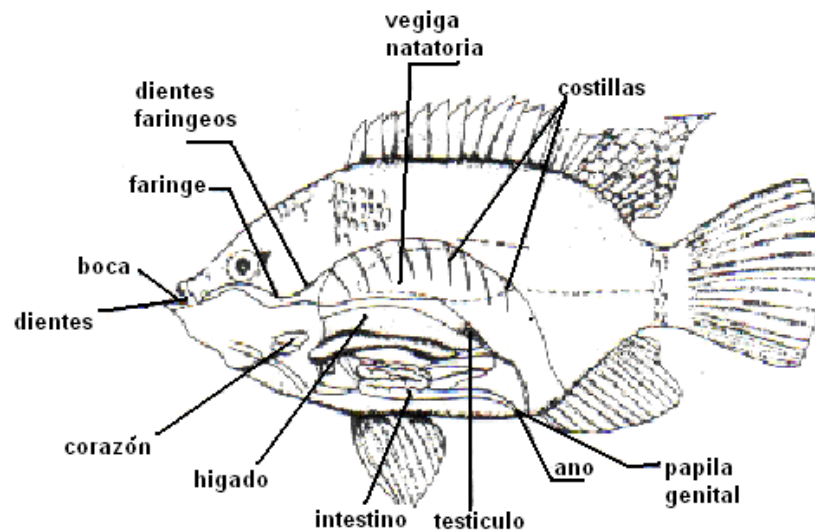


Figura 3. Partes anatómicas internas de la tilapia (Gómez, 2005).

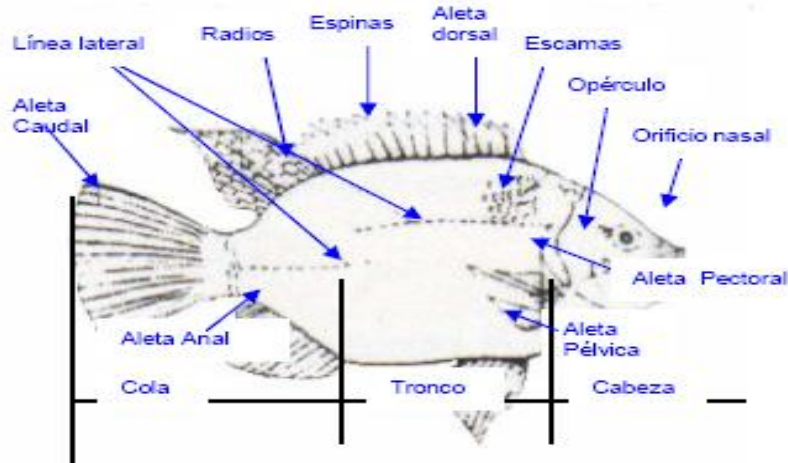


Figura 4. Partes anatómicas externas de la tilapia (Gómez, 2005).

2.6. Factores a considerar para el cultivo de tilapias

2.6.1. Reproducción

Las tilapias poseen un tipo de reproducción bisexual, o sea que los espermatozoides y los óvulos se desarrollan en individuos machos y hembras separados. Las glándulas sexuales, llamadas gónadas, son los ovarios en las hembras y los testículos en el macho, a diferencia de otros seres vivos que ya nacen con el sexo definido. En las tilapias las glándulas se empiezan a diferenciar en la etapa temprana de su desarrollo entre el día 15 al 20 después de que nacen (Gómez, 2005).

Las tilapias presentan un comportamiento reproductivo muy particular; los machos eligen el sitio de desove, ellos, construyen el nido en forma de batea, el cual es limpiado constantemente esperando atraer a una hembra. Así mismo, el área es defendida continuamente de la invasión de otros machos, con movimientos de natación agresivos. La hembra después del cortejo, nada dentro del nido, soltando los huevos, seguida de cerca por el macho, quién expulsa el esperma en la cercanía del desove; por lo que la fecundación de los huevos es externa. Una vez fertilizados los huevos, la hembra los recoge y coloca en su boca para su

incubación. Este periodo tiene una duración de 3 a 6 días dependiendo de la temperatura del agua. Para la reproducción de la tilapia es recomendable mantener la temperatura en el rango de 28 a 31°C (NICOVITA, 2002 & Bocek, 2003).

2.6.2. Crecimiento

La tilapia posee un crecimiento rápido en comparación con otros peces, alcanzando un peso de 3 peces/ libra durante 150 días a densidad de 3 – 5 peces/ m², con un peso inicial de 10g, se adapta rápidamente a diferentes tipos de alimento y a diferentes formas de alimentación (MAG, 2001).

2.6.3. Hábitos alimenticios

La tilapia se alimenta primariamente de fitoplancton, en sistemas tecnológicos semi-intensivos e intensivos la alimentación es a base de alimento suplementado (Anexo 1), el cual varía para las diferentes etapas de crecimiento (Gómez, 2005).

2.6.3.1. Recomendaciones básicas de alimentación

- Asegurarse de adquirir un producto certificado que contenga información nutricional confiable (cuadro 4).
- Alimentar por lo menos 6 días a la semana.
- Alimentar de 2 a 4 veces/ día, en el mismo lugar y a la misma hora.
- Aplicar el alimento a favor del viento para evitar desperdicio.
- No sobrealimentar.

(MAG, 2001)

La producción industrial de *O. niloticus* requiere del suministro de un alimento mínimo con 30% de proteínas, se ha determinado que contenidos de proteína entre 25 a 45% no afecta la reproducción de la tilapia, el alimento vivo es importante como iniciador del cultivo (precría), el óptimo de digestibilidad es a 25°C (PRODUCE, 2004).

2.6.4. Sanidad

Como en cualquier actividad pecuaria las enfermedades son un factor que no debe pasar desapercibido, ya que este puede determinar el éxito o no de una actividad productiva, por tanto es imprescindible considerar contar con un plan profiláctico (cuadro 5).

Según NICOVITA (2002) antes de iniciar cualquier tratamiento, es necesario hacer el análisis para determinar las posibles causas que estén originando la enfermedad, con el fin de decidir cual será el tratamiento o para aplicar los correctivos necesarios. Para ello se requiere conocer varios aspectos:

- La calidad y cantidad de agua que se va a usar en el tratamiento. Factores como pH, dureza y temperatura pueden incrementar la toxicidad de algunos químicos o disminuir su efectividad terapéutica.
- La especie, el estado y edad del pez de diferentes especies y edades reaccionan en forma diferente a la misma droga.
- La sustancia química a utilizar, debería ser conocida, la concentración porcentaje de ingrediente activo, tolerancia, dosis y tiempo de permanencia.

Cuadro 4. Requerimientos nutricionales de la tilapia

Estadio	Proteína (%)	Lípidos	Carbohidratos (%)
Alevines	36 - 50	10	< 25
0.02 - 2.0g	25 - 40	10	25 - 30
2.0 - 35.0g	25 - 35	6 – 8	25 - 30
De 35 g hasta la cosecha	30 - 32	6 – 8	25 - 30

Fuente: PRODUCE (2004)

Cuadro 5. Enfermedades más comunes para la Tilapia

Enfermedad	Causa	Sintomatología	Tratamiento
Ergasilosis	Varias especies de Ergasilus	Los peces se aíslan, dejan de comer, los parásitos se alojan en las branquias, miden de 1 a 3 mm.	Dipterex o Masoten (Polvo) dosis de 0.5 mg por litro de agua en el estanque por semana, hasta su erradicación.
Hirudiniasis	Diversas especies de sanguijuelas	Enrojecimiento en el sitio donde se encuentra el ectoparásito (aletas y boca)	Cloruro de sodio ó sal común, solución de 300g de sal por litro de agua en baño por 30 minutos o menos si el animal presenta nerviosismo, normalmente basta un solo tratamiento.
Ascitis infecciosa	Bacterias Aeromonas Pseudomonas	Abultamiento del vientre, aislamiento. Forma crónica, lesiones ulcerosas en la piel y músculos, deshilachamiento de aletas. Forma aguda: liquido sanguinolento en el Vientre, ojos hundidos, inflamación de órganos interiores.	Oxitetraciclina (Polvo) terramicina mezclar de 3 a 8mg en un kg de alimento en proporción al 3% del peso total del pez durante 7 días.
Saproleniasis ó Micosis	Hongo saprolenia	Manchas blancas Algodonosas, sobre el cuerpo, aletas y cabeza. Aislamiento del pez y no come.	Permanganato de potasio en cristales, en concentraciones de 2 mg por litro de agua en el estanque, semanalmente hasta su erradicación.
Tricodiniasis	Parásito Protozooario Trichodina ssp.	Exceso de mucosidad en cuerpo de branquias. Desprendimiento de escamas y enrojecimiento en zonas afectadas.	Dipterex o Masoten (Polvo) dosis de 0.5 mg por litro de agua en el estanque por semana, hasta su erradicación.
Exoftalmia	Cáncer en los peces	Ojos saltones, aislamiento, no comen, nado lento y superficial hasta la muerte.	No existe tratamiento. Sacar los peces, cuando presentan los síntomas antes descritos y quemar y enterrar.

Fuente: Gómez (2005)

2.6.5. Características físico-químicas del agua

2.6.5.1. Temperatura.

Prefieren temperaturas elevadas. Por ello su distribución se restringe a áreas cuyas isotermas de invierno sean superiores a los 20°C. El rango natural oscila entre 20 y 30°C (PRODUCE, 2004).

El rango óptimo para crecimiento es de 28 - 32°C (MAG, 2001 & Bocek, 2003).

2.6.5.2. pH

Los valores del pH del agua que se recomienda prevalezcan en un cultivo, no se refieren tanto a su efecto directo sobre la tilapia, sino más bien a que se favorezca la productividad natural del estanque. Así, el rango conveniente del pH del agua para piscicultura oscila entre 7 – 8, y mientras más estable permanezca el pH, mejores condiciones se propiciarán para la productividad que constituye una fuente importante de alimento para la tilapia cuando el cultivo se desarrolla en estanques (Alamilla, sf).

Según el MAG (2001) el pH del agua depende principalmente de la concentración de carbonatos, bicarbonatos y dióxido de carbono (CO₂) un alto contenido de CO₂ puede causar valores de pH ácidos, afectando el crecimiento de los peces, la presencia alta de carbonatos y bicarbonatos puede producir condiciones alcalinas en el agua. El rango de pH adecuado para tilapia es de 6.5 - 8.5.

2.6.5.3. Oxígeno

La tilapia puede vivir en condiciones ambientales adversas, debido a que soporta bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Ello se debe a la capacidad de su sangre que se satura de oxígeno aún cuando la presión parcial de este último sea baja (PRODUCE, 2004). La tilapia reduce su consumo de oxígeno cuando la concentración en el medio es baja (inferior a 3 mg/l) (cuadro 6). Finalmente, cuando esta concentración disminuye aún más, su metabolismo se vuelve anaeróbico (Alamilla, sf).

Cuadro 6. Efecto de las diferentes concentraciones de oxígeno sobre la tilapia

Oxígeno (ppm)	Efecto
0 - 0.3	Los peces pequeños sobreviven en cortos períodos.
2.0 - 0.3	Letal a exposiciones prolongadas.
3.0 - 4.0	Los peces sobreviven pero crecen lentamente.
> 4.5	Rango deseable para el crecimiento del pez.

Fuente: NICOVITA (2002)

Dentro de los parámetros físico-químicos, es el más importante en el cultivo de especies acuáticas. Además el grado de saturación del oxígeno disuelto es inversamente proporcional a la altitud y directamente proporcional a la temperatura y pH. (NICOVITA, 2002)

Factores que disminuyen el nivel de oxígeno disuelto:

- Descomposición de la materia orgánica.
- Alimento no consumido.
- Heces.
- Animales muertos.
- Aumento de la tasa metabólica por el incremento en la temperatura (variación de la temperatura del día con respecto a la noche).
- Respiración del plancton (organismos microscópicos vegetales y animales que forman la cadena de productividad primaria y secundaria).
- Desgacificación: salida del oxígeno del agua hacia la atmósfera.
- Nubosidad: en días opacos las algas no producen suficiente oxígeno.
- Aumento de sólidos en suspensión: residuos de sedimentos en el agua, heces, etc.
- Densidad de siembra.

(NICOVITA, 2002 & Obregón y Duván, 2005)

Consecuencias de las exposiciones prolongadas a valores bajos de oxígeno disuelto:

- Disminuye la tasa de crecimiento del animal.
- Aumenta la conversión alimenticia
- Se produce inapetencia y letargia.
- Causa enfermedad a nivel de branquias.
- Produce inmunosupresión y susceptibilidad a enfermedades.
- Disminuye la capacidad reproductiva.

(NICOVITA, 2002)

2.6.5.4. Amoníaco

El amoníaco es más tóxico a altas temperaturas (más a 32, que a 24°C, por ejemplo). La disminución del oxígeno disuelto también aumenta la toxicidad del amoníaco, disminuyendo el apetito y el crecimiento en los peces, a concentraciones tan bajas como 0,08mg/l (Gómez, 2005).

2.6.5.5. Alcalinidad y dureza del agua

Los efectos de la alcalinidad y de la dureza del agua no son directos sobre los peces, sino más bien sobre la productividad del estanque. Una alcalinidad superior a 175mg CaCO₃/L (carbonato de calcio por litro) resulta perjudicial, debido a las formaciones calcáreas que se producen y que afectan tanto a la productividad del estanque como a los peces al dañar sus branquias. Una alcalinidad de aproximadamente 75 mg CaCO₃/L se considera adecuada y propicia para enriquecer la productividad del estanque. Si la dureza con la que cuentan las aguas es de 200mg/l, esta dureza es muy alta. Pero siendo la tilapia un organismo que aguanta condiciones extremas es posible que pueda estar sin ningún problema. Debido a que la dureza depende de los carbonatos presentes en el agua, el único método para poder eliminarla, sería calentando el agua, pero esto es económicamente imposible. Se debe saber si donde brota el agua se alcanza esa dureza, ya que si no es así, se podrían colocar membranas o algún plástico

que pudiera evitar el contacto del agua con el suelo, ya que podría ser que la dureza se deba a que está en contacto directo con el suelo (Alamilla, sf).

2.6.5.6. Turbidez del agua

La turbidez del agua tiene dos tipos de efectos: uno sobre el medio y se debe a la dispersión de la luz y el otro actúa de manera mecánica directamente sobre los peces, al impedir la libre penetración de los rayos solares, la turbidez limita la productividad natural del estanque, lo que a su vez reduce la disponibilidad de alimento para la tilapia. Es por ello que se recomienda que el agua de los estanques no sea turbia para que el fitoplancton se pueda desarrollar adecuadamente (cuadro 7).

Por otra parte, la materia coloidal en suspensión puede dañar físicamente las branquias de los peces provocando lesiones e infecciones. En caso de que las aguas sean demasiado turbias (>100ppm) conviene propiciar su sedimentación previamente a su introducción a los estanques de cultivo (PRODUCE, 2004).

Cuadro 7. Parámetros fisicoquímicos del agua. Rangos óptimos para el cultivo de tilapia

Características	Requerimientos
Temperatura	Máxima: 34 – 36°C Optima: 28 – 32°C Mínima: 14°C
Oxígeno	Optimo: 5ppm Mínimo: 2ppm
Ph	Optimo: 6.5 – 7.5
Bióxido de carbono	50 – 100ppm
Dureza	100 – 170ppm
Turbidez	Mínimo 4cm
Transparencia	45cm.
NH ₃ (amonio)	0.3ppm

Fuente: Gómez (2005)

2.6.5.7. Altitud

La altitud, como un factor limitante de distribución de la tilapia, se relaciona no a la presión barométrica sino fundamentalmente a la temperatura. La isoterma invernal de 20°C constituye el límite de su distribución. En función de la latitud y de las características micro climáticas, en México este límite se establece entre los 850 y los 2,000 m.s.n.m (Alamilla, sf).

2.7. Cultivo de tilapias

La tilapia es cultivada en diferentes medios tales como: jaulas, tanques, estanques, lagunas, reservorios y canales de regadíos (NICOVITA, 2002), e inclusive en arrozales inundados (Bocek, 2003).

2.7.1. Tipos de cultivos más comunes:

.

2.7.1.1. Cultivo en jaulas

El cultivo en jaulas podría definirse como la engorda de peces desde estadios juveniles hasta tallas comerciales en un área restringida y delimitada por mallas que permiten el libre flujo de agua (Alamilla, sf).

Ventajas del cultivo en jaula:

- La inversión inicial es baja debido a que la tecnología es relativamente económica y simple,
- Es aplicable a la mayoría de cuerpos de agua con profundidades mayores a 2m
- No requiere construcciones permanentes, dado que son fácilmente desmontables.
- Posibilita la combinación de diversas edades dentro de un mismo cuerpo de agua suministrando a cada grupo de peces el alimento adecuado para su edad.

Desventajas del cultivo en jaula:

- Difícil manejo cuando se presentan oleajes intensivos
- Se requiere flujo constante de agua a través de las jaulas para la eliminación de metabolitos y para mantener niveles altos de alto nivel de oxígeno disuelto
- Existe total dependencia de la alimentación artificial, algunas veces se pueden presentar interferencias con la población natural de peces dentro del cuerpo de agua (NICOVITA, 2002).

En cuanto a la densidad de siembra, en este sistema de cultivo se encuentra sujeta a la calidad del agua, tamaño del cuerpo de agua, profundidad, especie, tipo de alevines, sistemas de alimentación.

En lagos, embalses o ríos con buena corriente, la densidad de siembra puede llegar hasta 1000 a 1500 peces/ m³, mientras que en cuerpos de agua con movimiento lento o moderado, sólo se recomienda de 300 a 1000 animales/ m³ (NICOVITA, 2002).

Las especies de tilapia que se han cultivado en jaulas son las siguientes: *O. mossambicus*, *O. niloticus*, *O. aureus* y *O. hornorum*, así como sus híbridos (Alamilla, sf).

2.7.1.2. Cultivo en estanques

De acuerdo con el MAG (2001), para este tipo de cultivos se deben considerar factores previos tales como:

- **El terreno**
Se debe analizar el tipo de suelo, área requerida, topografía, posibilidad de expansión, drenaje.
- **Agua**
Es necesario tomar en consideración la disponibilidad del agua, el caudal y la calidad de la fuente, el costo del abastecimiento.

- **Aspectos sociales**

Disponibilidad de mano de obra y sus habilidades, salarios, puntos de riesgo; crecimiento de comunidades, demanda por la misma fuente de agua.

- **Aspectos legales**

Dado que las obras para piscicultura son de carácter permanente es conveniente disponer de información de las leyes relacionadas, tales como las regulaciones sobre uso de agua, impacto ambiental, incentivos y especialmente la ley regulatoria de la acuicultura.

- **Mercado**

Debe identificarse con anticipación el mercado para la venta del producto, distancia, medios de transporte, demanda en volumen y calidad, precios.

Según NICOVITA (2002), para el cultivo de tilapia en estanques se deben tener en consideración ciertas características como tamaño, ubicación, drenaje, etc. de especial importancia es el tamaño del estanque ya que permite que el cultivo de tilapia se pueda llevar a cabo en diferentes grados de intensidad.

Estanques pequeños:

- Más fácil y rápidos de cosechar.
- Pueden ser llenados y drenados más fácilmente.
- Se facilitan los tratamientos preventivos y curativos de enfermedades o parásitos.
- Control de depredación mucho más fácil y eficiente.
- Menor susceptibilidad a la erosión por parte del viento.
- Se puede trabajar con densidades de siembra mayores porque su recambio es superior.

Estanques grandes:

- Menor costo de construcción por unidad de área.
- Se encuentran más sujetos a la acción de los vientos, por lo tanto menos susceptibles a problemas de oxígeno.

2.7.1.3. Cultivo en tanques

Según Bocek (2003) el cultivar tilapias en tanques posee ventajas y desventajas las cuales son:

Ventajas

- Se pueden producir larvas en donde hay limitaciones de espacio y de agua.
- Las larvas se pueden coleccionar fácilmente de los tanques.

Desventajas

- Los tanques son costosos de construir o de comprar cuando se los compara con el área equivalente de los estanques de tierra.
- Problemas como enfermedades, parásitos y baja calidad del agua son más comunes en tanques que en estanques.

Los tanques deben contar con dispositivos para permitir la circulación continua de agua (varios recambios completos de agua por hora), aireación continua (aireadores mecánicos, difusores de aire, inyección de oxígeno líquido), regulación de temperatura, filtración de agua y alimentadores automáticos o de demanda.

A lo largo del período de engorda 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 (Alamilla, s.f.)

2.7.2. Etapas del manejo del cultivo

El cultivo de tilapia implica diferentes fases, según su estadio fisiológico y requerimientos, estos son: obtención de la cría, siembra, engorda y cosecha (Gómez, 2005).

2.7.2.1. Obtención de la cría

Existen granjas de producción de crías en donde se incluye el manejo y mantenimiento de reproductores. Peces hembras y machos maduros que son sincronizados para apareamiento. Generalmente son sometidos al sistema en una relación de sexos de 3:1 (hembras: machos). Una vez consolidada la reproducción, las hembras son "Ordeñadas", es decir, se extrae el huevo de la boca, lugar donde se da en forma natural la incubación. El huevo fertilizado es colocado en incubadoras (Gómez, 2005).

De acuerdo con Kidd y Hallerman (2003) Muchos productores prefieren los bancos unisexuales de esta especie debido a que la Tilapia madura antes de alcanzar el tamaño indicado para la cosecha, resultando entonces en una reproducción excesiva que disminuye el crecimiento adecuado.

Estos pueden ser obtenidos mediante una administración directa de testosterona en el alimento antes de la diferenciación (situación que no es permitida en todos los países y es rechazada por muchos clientes) y por progenies de líneas puras que produzcan exclusivamente machos con genotipos YY; que cuando se reproducen con hembras XX dan como resultado solamente machos XY, los cuales son referidos como GMT (Tilapia Masculinizada Genéticamente, por sus siglas en inglés).

Otra de las ventajas de trabajar con cultivos monosexos (todos machos) es que los machos presentan mayor crecimiento que las hembras independientemente de la especie o líneas (Cerdea *et al.*, 1998 & Castillo, 2001).

2.7.2.2. Siembra

NICOVITA, 2002. Menciona que es importante tener en cuenta para la siembra de semilla los siguientes aspectos:

- Conteo preciso de una muestra o del total de la semilla (volumétrico, por peso manual, es decir conteo individuo por individuo).
- Aclimatación de temperatura: el agua de las bolsas de transporte de alevines se debe mezclar por lo menos durante 30 minutos con el agua del estanque que se va a sembrar.

2.7.2.3. Engorda

De acuerdo con Gómez (2005), el cultivo de la tilapia para su mejor manejo se clasifica en pre-engorda y engorda.

Para la etapa de pre-engorda los peces se encuentran en la etapa de juveniles a partir de los 10 hasta los 100g de peso, en esta etapa se debe administrar alimento con 40 y 30% de proteína cruda, y la densidad de siembra es de 50 hasta 65 peces/m³.

Para la etapa de Engorda, el peso es de los 100g en adelante hasta su cosecha. La cantidad de proteína cruda contenida en el alimento para esta etapa es de 35 hasta 25% y la densidad de siembra para esta etapa es de 9 a 10 peces/m³ para el sistema tecnológico semi-intensivo.

2.7.2.4. Cosecha

Consiste básicamente en el tipo y técnicas que se utilizan para la captura de la tilapia en el estanque.

Se recomienda realizar las actividades de pesca por la tarde o en la madrugada, evitar las altas temperaturas (medio día ó sol intenso) por los peces que pueden estresarse y dejan de comer, suspender el alimento un día antes a la cosecha, no suministrar medicamentos 10 días antes de la cosecha.

La calidad del cultivo en la cosecha va a consistir por la variedad y calidad genética de la semilla, la alimentación adecuada administrada y el buen manejo que se le aplique al cultivo (Gómez, 2005).

2.8. Sistemas de cultivo

2.8.1. Cultivo extensivo

Este tipo de cultivo se desarrolla por lo general con muy baja inversión, en donde se espera proporcionar a la población un alimento de bajo costo tampoco es importante la talla final del pez, en tanto alcance tamaño comercial; y mucho menos el tipo de alimento utilizado en su producción. En este sistema se utilizan densidades de 0.5 a 3.0 peces/ m², dependiendo del tamaño del pez que se quiere comercializar se utilizan estanques de 1 - 5 hectáreas con poco recambio (NICOVITA, 2002).

2.8.2. Cultivo semi-intensivo

Este sistema de cultivo se caracteriza por utilizar estanques construidos en tierra, de 1 000 a 5 000 m² manejados en derivación, lográndose producir de 8 a 15TM/Ha/año, a una densidad de siembra de 2 peces/ m² en zonas cálidas. El alimento empleado en los sistemas semi-intensivos es alimento suplementario, pero para obtener mejores producciones se puede utilizar alimento balanceado con bajos tenores de proteína, los que pueden estar entre 17 y 25% de proteínas (PRODUCE, 2004).

2.8.3. Cultivo intensivo

De acuerdo a NICOVITA (2002), en este sistema se utilizan estanques pequeños de 500 a 1000 m² con alto recambio de agua (recambios de 250 a 600L/ segundo). Las densidades de siembra de los peces se encuentran en el rango de 80 – 150 peces/m³, lo que equivale a cargas máximas de hasta 90kg/ m³. Para el éxito del cultivo bajo este sistema es sumamente importante la cantidad y calidad del agua suministrada a los peces; así como el cuidado y atención que se le debe proporcionar al sistema.

El alimento empleado es balanceado con alto porcentaje de proteína que va entre 35 a 40% (PRODUCE, 2004).

2.9. Cultivo de tilapia en agua salada

Según Harada y King, citado por Martínez (2003), Los primeros estudios sobre la posibilidad de cultivar tilapia en agua salada se realizaron en Hawaii en 1950, en un intento de garantizar la disponibilidad y la estabilidad de precios de la carnada viva que era necesaria para la pesquería de tunidos.

Con esta finalidad, se mantuvieron cultivos intensivos de *O. mossambicus* en tanques con agua salobre, con una salinidad de entre 10 – 15%. Los resultados de sobrevivencia y de crecimiento que se obtuvieron en esas condiciones con esta especie fueron superiores a los logrados en agua dulce, con lo cual quedo demostrada la factibilidad de su cultivo en agua salobre.

Varios estudios con diferentes especies (*O. aureus*, *O. niloticus*, *O. mossambicus*) y varios híbridos como *O. mossambicus* x *O. niloticus* y *O. urolepis hornorum* x *O. mossambicus* han demostrado que, aparte de la especie y la línea genética, tanto la edad y la talla o el peso de los alevines, como el protocolo que se utiliza durante el proceso de aclimatación, influye en la supervivencia de los organismos en agua de mar (Martínez, 2003).

2.9.1. Métodos de adaptación

Martínez (2003) y Mena (2001), hacen referencia de dos métodos para la evaluación de la adaptación a la salinidad: método progresivo y adaptación directa, el primero consiste incrementar la concentración de salinidad del agua en una forma gradual, mientras que en el segundo método se someten los peces de forma directa a altas concentraciones de salinidad.

2.9.2. Antecedentes

En un estudio realizado por Mena *et al.*, (2002), determinaron las variables de crecimiento en peso y longitud de híbridos de tilapia *O. mossambicus* x *O. niloticus* con inversión artificial del sexo (todos machos) con α -metil-testosterona. Se les adaptó a salinidades de 15‰, 25‰ y 35‰ y se formó un grupo testigo en agua dulce. Las tasas de crecimiento en peso y longitud presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, de agua dulce y salinidad 25‰ y 35‰ ($P < 0.05$), no se registró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre agua dulce y salinidad de 15‰. El peso promedio final para agua dulce fue de 575.07g, en salinidad de 15‰ fue 486.86g, en 25‰ fue de 367.35 y en salinidad de 35‰ se registró 358.58g. Se concluyó que existen procesos de adaptación de la tilapia correspondientes al incremento de la salinidad del medio. Así si se desean crecimientos óptimos, se debe considerar que estos híbridos se deben cultivar en salinidad no mayor al 15‰.

Martínez (2003), realizó un ensayo aclimatando a la salinidad de forma gradual a tres especies de tilapias: *O. niloticus*, *O. aureus* y el híbrido *O. niloticus* x *O. mossambicus*. En este caso el porcentaje de mortalidad más elevado de *O. niloticus*, fue del 5% y se encontró con el incremento diario de 10‰, cuando esta prueba se llevo a cabo con organismos de aproximadamente 1g de peso.

Por otra parte cuando las tres especies se sometieron a pruebas de stress utilizando salinidades más altas, la mortalidad de *O. aureus* y *O. niloticus* se acercó al 100% prácticamente en todos los casos.

De las tres especies, el híbrido dio los resultados mejores, con solamente un 8% de mortalidad para crías de 1g de peso a 25‰ y aunque también en este caso la mortalidad global fue del 100% a la salinidad de 33‰ este porcentaje fue mucho más aceptable (9%), cuando la misma prueba se repitió con organismos con un peso medio de cercano a los 5g y con sobrevivencias del 100% para tallas mayores.

Este estudio determina que *O. niloticus* es susceptible a incrementos bruscos en las concentraciones de salinidad y que responde mejor a incrementos con rangos bajos (<15‰).

En cuanto al comportamiento del crecimiento en las diferentes concentraciones de salinidad Mena, (2001) y Martínez (2003), concluyen que el crecimiento es inversamente proporcional al incremento de salinidad.

Por otra parte, Castillo (2001), menciona que en Ecuador se intentó adaptar *O. niloticus* a la salinidad, sin embargo esto no fue posible, a pesar de ser líneas de alto rendimiento, pues no respondieron al medio ambiente de las camaroneras en las que se pretendió trabajar con ellas, a diferencia de los prometedores resultados obtenidos con líneas de tilapia roja.

Mena (2001); Martínez (2003); coinciden que la mejor variedad para cultivarla en salinidades altas es el híbrido *O. niloticus* x *O. mossambicus*. Y no recomiendan trabajar con *O. niloticus*.

Por otra parte Bocek (2003); Avella, *et al.*, (1993); y Green (1997) reportan que si es posible trabajar con *O. niloticus* hasta salinidades de 36‰ y 46‰ aunque si reportan mejores crecimientos o tallas en concentraciones de 20 - 25‰.

Es evidente que en este tema de adaptar tilapias a la salinidad existe aun mucha discrepancia en cuanto a cuales son las mejores variedades, condiciones de manejo en el proceso, concentraciones de salinidad idóneas y las obtenciones de pesos y tallas. Por lo que Martínez (2003) enfatiza en la necesidad de seguir realizando estudios tanto en condiciones de laboratorio como de campo que contribuyan a realizar cultivos de tilapia en agua de mar.

2.10 Uso de hormonas

El uso de hormonas en acuicultura, es diferente al que se le da en la agricultura, por ejemplo la hormona del crecimiento se administra al ganado para mejorar tasas de crecimiento a través, de la vida de cada animal. Esta hormona puede encontrarse en la leche y carne de las reses, y su presencia ha generado preocupación en los consumidores.

Sin embargo en acuicultura, las hormonas se utilizan generalmente para la revocación del sexo o inducir el desove de los peces. Además se administran solamente durante etapas tempranas de la vida y no se detectan en los peces del tamaño de mercado (Johnstone, *et al.*, 1983).

Mucho se ha hecho para determinar la época de residencia de hormonas en peces. Tave (2003) indicó que solamente una cantidad pequeña de hormona está requerida para la renovación del sexo de los peces. La mayor parte de esta cantidad se limpia con recambios de agua en un plazo de 3 semanas, después de la aplicación de la hormona (Pandian Kirankumar, 2003 & Tave, 2003).

Pandian y Kirankumar (2003), determinaron que el 5 -10% de todo la Metiltestosterona permanecía en peces después de 1 - 2 semanas. Goudie, *et al.*, (1986) encontraron que solamente 0.5% de todo el Metiltestosterona permanecía en los peces después de los 21 días, del retiro del tratamiento Johnstone *et al.*, (1983) también encontraron que las hormonas salen de la carne de los peces rápidamente. Su estudio en la trucha del tilapia y de arco iris demostró que < 1% de Metiltestosterona permanecían en estos peces después de 4 días.

Por otra parte Pandian y Kirankumar (2003) encontraron que la concentración residual de la testosterona en tejidos finos de los peces era <5 µ/día y consideran que este es un rango demasiado bajo para poner en peligro la salud humana.

Obregón y Duván (2005) reportan que en una dieta que contenía de 20-50 mg/kg los peces ingerían $< 10 \mu/\text{día}$ de la hormona. También indican que la misma hormona se utiliza en productos medicinales humanos, en dosis a partir del magnesio de 10-50 mg/día, siendo esto mucho mayor de lo encontrado en peces clasificados para el mercado.

Considerando lo anterior, es razonable asumir que las cantidades residuales de hormonas en peces de mercado-clasificados, no significan un peligro ni causa efectos en la salud humana.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del proyecto

El proyecto de investigación se ejecuto en un modulo de adaptación ubicado en los terrenos de la Cooperativa “Puerto Casona” de R.L., cantón Salinas El Potrero, Jiquilísco, Usulután, en el periodo comprendido de diciembre – mayo de 2008. (Anexo2)

La Bahía de Jiquilísco esta ubicada en la parte sur del departamento de Usulután, entre los 13° 15' y 13° 18' latitud norte y 88° 48' y 88° 15' longitud oeste. La altitud varía de 0 a 10 msnm, El clima local sigue el patrón nacional y su distribución está influenciada por la vegetación de los esteros y manglares. La precipitación anual promedio oscila entre el rango de 1660-2019mm, y la temperatura anual promedio es de 27°C, con un nivel máximo de 35°C y un nivel mínimo de 20°C. Los vientos locales son muy débiles, con una velocidad promedio de 7km/h. La humedad relativa del aire es de 65.15% durante la época seca y de 78.15% durante la época lluviosa.

3.2. Metodología

El método desarrollado se conoce como adaptación progresiva a la salinidad, el cual consiste en someter a los peces de una forma gradual a pequeños incrementos en las concentraciones de salinidad del agua.

Para su ejecución se requirió de un módulo de adaptación y organismos experimentales.

Conviene mencionar que antes de iniciar el ensayo se optó por realizar un preensayo con el objetivo de identificar posibles inconvenientes en el desarrollo del proyecto, tales como: Calidad y resistencia de la semilla (alevines), inocuidad y calidad del agua, además de los resultados obtenidos en los tratamientos To= agua dulce (condiciones normales) y 10‰ (concentración isotónica), sobre las variables a evaluar, para así considerar la posibilidad de trabajar en el ensayo con un único testigo de 10‰.

3.2.1. Organismos experimentales

Tanto en el preensayo como en el ensayo se trabajo con alevines masculinizados de *O. niloticus*, los cuales se obtuvieron en AQUACORPORACIÓN de El Salvador S.A. de S.V. ubicado en el departamento de Sonsonate. Dicha empresa garantiza la uniformidad en talla y peso de los organismos.

El traslado se realizo en horas de la mañana para evitar las altas temperaturas. La distancia que se recorrió son aproximadamente 200Km.

En cuanto al embalaje la empresa entrega los alevines en bolsas de polipropileno (24"x36") con agua y debidamente oxigenadas, sujetadas en su abertura por medio de cuerdas, posteriormente fueron colocadas dentro de cajas de cartón para evitar el impacto directo de los rayos solares.

En el módulo, los alevines se mantuvieron en reposo durante 45 minutos, luego se trasladaron, mediante el uso de lumpes (redes de mano), recipientes o jabas de polietileno de alta densidad (HDPE) de 200L de capacidad y barreños o "huacales" de 24L, hasta los tanques de adaptación (con agua dulce).

3.3. Descripción del módulo de adaptación

El módulo tiene un área total de 140,50 m², techada con láminas Zinc Alum®; y ocho luminarias dobles con lámparas de 20 Watts cada una (Anexo 3). Está conformado por dos casetas, una para cocina y otra para bodega, ambas de 5.22m² cada una, en el espacio restante se ubican ocho tanques de adaptación de 2,500L cada uno, con drenaje de válvula de 50.8mm (Ø 2 pulgadas) y seis tanques de 300L con drenaje central de 25.4mm (Ø 1 pulgada), todos de fibra de vidrio. El piso es de cemento y sus paredes a base de "malla sarán", la cual permite un 30% del paso de la luz solar.

En el estudio se utilizaron cuatro de los ocho tanques de adaptación.

3.3.1. Sistema de oxígeno

La oxigenación de los tanques de adaptación se logra por impelencia de aire a través de un sistema doble de compresores regenerativos de 1HP c/u, que funcionan las 24 horas en forma alterna (12hrs c/u) y una red de distribución conformada por tuberías centrales de PVC de 1½ de pulgadas y reductores de PVC de ¾ de pulgada con su respectiva válvula reguladora, colocados a la entrada de los tanques, el cual se conecta a una manguera de ¾ ahulada y agujereada en forma de hornilla, lo cual permite que la oxigenación de los tanques sea uniforme (Anexo 4).

3.3.1.1Hornilla de aireación

La hornilla de aireación se construyo y se monto con el propósito de airear uniformemente a cada uno de los tanques de 2,500L, se construyó de forma circular de modo que se obtuviera igual simetría de los tanques, la cual se compone con tubería principal de PVC de ½” en forma de “X” conectado con accesorio de PVC como; tees de ½” y crucetas de ½”, a la cual esta acoplado a manguera transparente de ½”, la cual se dividió en tramos de 90cm, se procedió al acople en las tees de la tubería principal de tal forma que tome la simetría de los tanques, el procedimiento se repite hasta completar el primer circulo de aireación y luego se procedió a acoplar el segundo circulo de aireación conectándolo a unos 45 cm. del primero, este ultimo igualmente es acoplado en la tubería principal mediante tees de ½”, cada uno de tanque cuenta con la hornilla de aireación, las cuales están interconectados con la tubería principal de 1 ½”.(Anexo 5).

Las concentraciones de oxigeno se mantuvieron entre 5 – 7 mg/L

3.3.2. Sistema de abastecimiento de agua del modulo

El módulo cuenta con sistemas independientes de abastecimiento de agua dulce y agua salada.

3.3.2.1. Sistema de abastecimiento de agua dulce

El mecanismo consiste en extraer el agua dulce por medio de un tanque de presión de 20/40 galones desde un pozo de 9 metros de profundidad, luego se almacena en un depósito de polietileno de alta densidad Rotoplas® de 2,500L.

Posteriormente es enviada a través de una bomba de $\frac{3}{4}$ HP y presión máxima de 50PSI hasta un filtro de arena-sílice Tagelus™ con capacidad de 60galones por minuto (GPM), lo que permite asegurar la retención de sedimentos o cualquier sólido suspendido en el agua, a continuación el agua filtrada es enviada a un tanque de polietileno de alta densidad Rototec® de 4,100L, provisto con tubería de PVC que le inyecta aire a presión. Este último depósito se conecta con una bomba de 1HP con tanque de presión de 20/40 galones, la cual a través de una tubería de PVC de 1pulgada distribuye el agua a cada uno de los tanques de adaptación. Cada conducto tiene su respectiva válvula reguladora.

3.3.2.2. Sistema de abastecimiento de agua salada.

La bocatoma del agua salada es el canal reservorio (aproximadamente 7,000m²) de la granja camaronera de la Cooperativa “Puerto Casona” de R.L (Anexo 6).

Por medio de una bomba de 2HP con tanque de presión de 220galones con salida de 1.5 pulgadas, el agua es enviada hasta un tanque de 2,500L de polietileno de alta densidad Rotoplas®. Dicho tanque esta conectado con una bomba de 1HP la cual hace funcionar un filtro de arena-sílice Tagelus™ con capacidad de 100GPM. Luego el agua filtrada del tanque pasa a un segundo filtro de cartucho de 100GPM para asegurar la retención de partículas con dimensiones de hasta 5 micras, y a la vez es trasladada hasta un tanque de 10,000L Rotoplas®; luego, por medio de una bomba de 2HP con tanque de presión de 120galones se distribuye el agua hasta los tanques de adaptación a través de una tubería interna de distribución

(independiente a la del agua dulce) de 1½ pulgadas, cada una con su respectiva válvula reguladora.

3.3.2.3. Sistema de drenaje

Es importante en la acuicultura el drenaje y para ello los tanques con capacidad de 2,500L cuenta con una red de drenaje de Ø 2"; respectivamente para efectuar recambios de agua, retiro de basura o desechos sólidos.

Los conductos de drenaje están colocados en la parte central de los tanques, y en el otro extremo se conectan a una línea principal externa. Posteriormente el drenaje pasa hacia una caja de retención de agua con el fin de controlar los materiales sólidos que por ahí pasen y así evitar la obstrucción del sistema. Ha dicha caja de retención se conecta una tubería de PVC de 4" subterránea a una distancia de 145m y una pendiente de 30% para drenar dicha agua, esta se deposita en un canal con profundidad de 1m y un diámetro de 70cm, la cual se encuentra a unos 170m de distancia del modulo (Anexo 7).

3.4. Tratamientos

Para el preensayo se utilizaron cuatro tratamientos:

T₀: Alevines en condiciones naturales, es decir en agua dulce.

T₁: Se proporciona a los alevines una concentración de salinidad en el agua de 10‰, por ser la concentración isotónica con el plasma de los peces.

T₂: Se lleva hasta una salinidad de 20‰, debido a que la continua fluctuación (sobretudo en la época lluviosa) alcanza dicho nivel en la zona.

T₃: La concentración de salinidad del agua se lleva hasta 36‰, por ser la salinidad promedio del Océano y por alcanzarse dichos niveles en época seca de la zona.

Cada tratamiento se distribuye en los tanques de adaptación antes mencionados (de 2,500L).

En el ensayo se trabajo con los tratamientos T₁, T₂ y T₃, se obvio el tratamiento T₀ utilizado en el preensayo, debido a que los resultados sugirieron que el comportamiento de los alevines es el mismo en T₁ y T₀.

3.5. Fases del método

El ensayo se divide en dos fases: Periodo de adaptación a la salinidad y Periodo de precia.

3.5.1. Fase de adaptación a la salinidad

Esta fase consistió en hacer incrementos de 2.0‰ por día en las concentraciones de salinidad hasta llegar a 10‰, 20‰ y 36‰ según sea el tratamiento.

En los tratamientos que sobrepasarían las concentraciones de 10‰, 20‰, 30‰ y 36‰ se suspendieron los incrementos de salinidad por un lapso de tres días como periodo de estabilización+n. Este espacio permitió disminuir los niveles de stress provocado por los incrementos de salinidad en los alevines.

La densidad de siembra en esta fase es de 1 alevín/L de agua (1,000 alevines/m³).

Esta fase tuvo una duración de 30 días.

3.5.1.1. Proceso para lograr los diferentes rangos de salinidad

Las concentraciones de salinidad se alcanzan haciendo mezclas del agua dulce con el agua salada directamente en los tanque donde se encuentran los alevines.

Una vez proporcionadas las cantidades de agua dulce y salada en los tanques, éstas se mezclan por la acción de la turbulencia ocasionada por el sistema de oxigeno.

La salinidad se mide con un salinómetro óptico ó YSI para garantizar que se ha logrado el grado deseado (Anexo 8).

3.5.1.2. Cálculo para el incremento de salinidad

Para el cálculo de las proporciones de agua salada y dulce se utilizó la fórmula propuesta por Paul Charolan (2004), citada por Cecilia Yu (2007)

$$V1C1 = V2C2$$

Donde:

V1 = volumen inicial

C1 = concentración inicial

V2 = volumen final de la nueva solución

C2 = concentración final de la nueva solución

Esta se debe despejar de la siguiente manera:

$$V1 = \frac{V2 * C2}{C1}$$

Ejemplo:

En un tanque con un volumen total de 1800L de agua dulce, se necesita llevarlo a una concentración de salinidad de 2‰.

Factores a considerar:

- grado de salinidad del agua de la bocatoma (36‰).
- volumen de agua a recambiar (900L)
- grado de salinidad a alcanzar (2‰)

Desarrollo:

$$V1 = \frac{900L * 2 \text{‰}}{36 \text{‰}} = \frac{1800L}{36 \text{‰}} = 50L$$

Entonces 50L es la cantidad de agua de mar que se necesita para alcanzar la concentración de 2 ‰.

3.5.2. Fase de precría de los alevines

Después de la aclimatación a la salinidad los alevines pasan al periodo de precría el cual tarda catorce días adicionales. Éste se realiza con el propósito de asegurar la adaptación y para seguir evaluando el comportamiento en el factor de conversión alimenticia (FCA), peso y talla de los alevines.

La densidad en este periodo es de 1 alevín/ 2L de agua (500 alevines/ m³); es decir un volumen efectivo de 2,000L (cuadro10).

Cuadro 10. Esquema del diseño del ensayo

Arreglo	Concentración isotónica con el plasma (salinidad 10‰)	Concentración promedio en época lluviosa (20‰)	Salinidad del agua de mar (36‰)
Tanque de 2.500 L	Tanque 1	Tanque 2	Tanques 3
Numero de alevines	1,025	1,025	1,025
Duración del proceso de aclimatación a salinidad	8 días (incluyendo días de estabilización)	16días (incluyendo días de estabilización)	30días (incluyendo días de estabilización)
Densidad de aclimatación	1.000/ m ³	1.000/ m ³	1.000/ m ³
Período de compensación a la misma salinidad de adaptación (para equiparar tiempo de estabulación).	22 días	14 días	0 días
Duración de precría	14	14	14
Densidad de precría	500/ m ³	500/ m ³	500/ m ³
Duración total de estabulación (duración de la aclimatación + período de compensación + duración precría)	44 días	44 días	44 días

3.6. Manejo de las condiciones durante el proceso de adaptación

3.6.1. Temperatura

Durante el ensayo se trabajó a temperatura ambiente ya que la zona proporciona rangos entre 28 y 31°C que son óptimos para el desarrollo de la “tilapia”.

3.6.2. pH

El pH se mantuvo entre 7 y 8.

Tanto el pH como la temperatura se monitorearon diariamente, realizando lecturas con el analizador portátil (YSI).

3.6.3. Alimentación

El alimento concentrado que se proporciona es “precria” con un nivel mínimo de proteína de 36%. Este tiene forma de pellet (churro) y le caracteriza ser flotante.

La tasa de alimentación se ajustó conforme al peso corporal, repartido en cuatro tiempos de alimentación (Cuadro 8).

Cuadro 8. Alimentación en base al % de peso corporal

Tamaño (g)	Alimentación diaria (% del peso corporal)	Frecuencia de alimentación
<1	40	(6:00am, 12:00md, 6:00pm y 12:mn.)
1-2	20	
2	15	
4	10	
6	5	
8	3	

Fuente: Lim, C. 1997.

3.7. Plan profiláctico

3.7.1. Tratamiento profiláctico del agua dulce

El agua dulce se trató para controlar cualquier agente patógeno existente en el agua, utilizando diferentes insumos y dosis (cuadro 9).

Cuadro 9. Tratamiento profiláctico del agua dulce

Agente Químico	Dosificación	Acción
Hipoclorito de Calcio al 70%, granulado	2 partes por millón (2 gramos/m ³)	Germicida
Etilendiamino Tetraacetato Disódico (EDTA).	4 partes por millón (4 gramos/m ³)	Agente quelante o secuestrante de metales pesados (Arsénico, Cadmio, Mercurio, Cromo, Plomo)
Tiosulfato de Sodio Pentahidratado.	2 partes por millón (2 gramos/ m ³)	Agente declorador o neutralizador del cloro residual

Fuente. Petracini, 2001.

Este proceso se realiza en el depósito de agua dulce (de 4.100L) con Hipoclorito de Calcio al 70% (cloro) y ácido etilendiaminotetraacético con EDTA en forma simultánea y se mantiene con aireación fuerte para ayudar a disolver tanto el agente germicida (Cloro) como el agente quelante (EDTA). Doce horas después de tratar el agua, se procede a la neutralización del cloro aplicando el Tiosulfato de Sodio sin diluir. Posterior al tratamiento con el Tiosulfato de Sodio, el agua está lista para utilizarse en los tanques de adaptación a la salinidad.

3.7.2. Tratamiento profiláctico del agua salada

El agua salada pasa por un proceso de doble de filtración desde que es captada del canal reservorio, por lo que no requiere de tratamiento alguno. Para ello se tomó como base que tanto los camarones cultivados por los acuicultores, así como organismos que habitan en el agua del canal reservorio no presentan ningún tipo de problema. Además dentro del módulo se trabajaba simultáneamente otro ensayo con la "tilapia roja" totalmente manejada en agua salada y no presento ningún inconveniente que se atribuyera a este factor.

3.7.3. Retiro de residuos en el agua

Después de la última aplicación de concentrado se realizó una limpieza del fondo de los tanques a través de succión por sifón con manguera plástica de 1 pulgada (Anexo 9).

3.7.4. Recambios de agua

Los recambios diarios de agua, también son un factor importante en la profilaxis, estos deben realizarse de acuerdo al grado de turbidez que tenga el agua, es decir que se debe considerar que tan sucia esté para determinar que porcentaje cambiar.

La cantidad de agua en el recambio puede depender del criterio según sea la apariencia de suciedad que se observe.

El cambio no puede ser total por que puede causar stress en los peces por la disminución en la cantidad de oxígeno.

Ambas actividades se deben realizar en horas frescas y cuando no se interfiera en la alimentación de los alevines.

Los utensilios que se utilizaban en cada actividad diaria, fueron sometidos a un tratamiento de desinfección con hipoclorito de sodio al 5% en cubetas de 200L y alejado del los tanques de adaptación.

3.8. Manejo de las condiciones durante la fase de precria.

A excepción de la profilaxis del agua dulce que ya no se realizó en esta fase, todas las demás condiciones fueron manejadas de la misma forma que en la fase de adaptación.

3.9. Evaluación de los tratamientos

La toma de datos para la evaluación de las diferentes variables del proyecto se realizó a través de muestreos completamente al azar de los individuos de cada uno de los diferentes tratamientos.

Los muestreos se realizaron al momento de hacer los recambios de agua para evitar causar mayor stress en un mismo día.

Las muestras se tomaron en lotes de 100 individuos las cuales se dividen en 10 sub-muestras de 10 individuos cada una.

La captura de los alevines se hizo con una red de mano (lumpe) (Anexo 10)

3.9.1. Muestreos biométricos

Con un total de seis muestreos biométricos de cada tratamiento se obtuvieron datos de longitud total en milímetros y su peso total en gramos. La estimación de la biomasa total de cada grupo se realizó cada ocho días ajustando así las raciones diarias de alimento, al mismo tiempo se registro la mortalidad.

La biomasa total se calculo mediante la siguiente ecuación:

$$B = P * N$$

B: Biomasa.

P: Peso promedio de los alevines.

N: Número total de los peces en el estanque.

3.9.1.1. Ración diaria (RD)

$$RD = B * \% \text{ del peso corporal}$$

3.9.1.2. Cantidad de alimento por frecuencia (CAF).

$$\text{CAF} = \text{RD} / \text{Frecuencia}$$

La frecuencia de los muestreos se realizó de la siguiente manera:

Muestreo 1: Al momento de recibir los alevines

Muestreo 2: Previo al inicio de los incremento de salinidad.

Muestreo 3: En el tercer día del periodo de estabilización después que se alcanzo la salinidad de 10‰

Muestreo 4: En el tercer día del periodo de estabilización después que se alcanzo la salinidad de 20‰.

Muestreo 5: En el tercer día del periodo de estabilización después que se alcanzo la salinidad de 36‰.

Muestreo 6: Al final del periodo de precria

3.10. Variables evaluadas

- **Peso:** se obtuvo midiendo el peso total de cada una de las sub-muestras con una balanza electrónica con capacidad de 260g y precisión de 0.01g. (Anexo 11)
- **Talla:** se evaluó midiendo la longitud en milímetros de cada uno de los individuos de las 10 sub-muestras. Para esto se utilizó un ictiometro o regla graduada (mm). (Anexo 12)

Para este parámetro se midió la longitud total de los peces, la cual se toma desde la parte anterior de la boca hasta el final de la aleta caudal.

- **Mortalidad:** se registró contabilizando los individuos muertos por día por cada tratamiento.

3.10.1. Tasa de crecimiento en peso.

Las ecuaciones para el respectivo cálculo son las siguientes:

- Tasa absoluta de crecimiento en peso (g/d)

$$= \frac{[(\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)})]}{\text{Tiempo (días)}}$$

- Crecimiento peso específico (%PV/d)

$$= \frac{[(\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}) \times 100]}{\text{Tiempo (días)}}$$

3.10.2. Tasa de crecimiento en longitud.

La tasa de crecimiento en longitud esta dada por la siguiente expresión:

- Tasa de crecimiento en longitud absoluta (mm/d)

$$= \frac{[(\text{long. final (mm)} - \text{long inicial (mm)})]}{\text{Tiempo (días)}}$$

Factor de Condición (K), constante asociada al crecimiento calculado según la ecuación propuesta por Massutí y Morales-Nin (1997).

$$K = [(W_t/L_t^3) \times 10^5]$$

Donde: W_t = peso total del pez

L_t = longitud total del pez

3.10.3. Factor de conversión alimenticia, según New (1987).

La conversión alimenticia, se calcula mediante la relación cantidad de alimento suministrado entre la biomasa neta de la población cultivada, según la siguiente expresión:

$$\text{FCA} = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado}}{\text{Biomasa final (g)} - \text{Biomasa inicial (g)}}$$

3.10.4. Índice de supervivencia.

La tasa de supervivencia se obtiene utilizando la siguiente fórmula:

$$S (\%) = \frac{n_o - n_f}{n_o} \times 100$$

Donde:

S= Supervivencia.

n_o = Número inicial de organismos.

n_f = Número final de organismos.

3.11. Análisis de Datos

3.11.1. Unidad de análisis: grupos de 100 alevines c/u.

3.11.2. Factores en estudio

Los factores en estudio son: porcentaje de supervivencia, conversión alimenticia, peso corporal y longitud total, tal como se muestra a continuación:

3.11.2.1. Adaptación a la salinidad.

- Variable independiente: Técnica de adaptación progresiva a la salinidad.
- Variable dependiente: % de supervivencia de los alevines.

3.11.2.2. Peso y talla.

- Variable independiente: Técnica de adaptación progresiva a la salinidad.
- Variable dependiente: Peso corporal y longitud total

3.11.2.3. Conversión alimenticia.

- Variable independiente: Técnica de adaptación progresiva a la salinidad.
- Variable dependiente: Conversión alimenticia.

3.12. Diseño estadístico.

- Incremento de peso, conversión alimenticia y tasa de crecimiento diario se evaluaron con la prueba "t" Student.
- La tasa de supervivencia se analizó con la prueba de Chi-cuadrado ($P \leq 0.05$).

3.13. Modelo Matemático

La prueba para discriminar diferencias significativas entre las tasas de supervivencia y las tasas específicas de crecimiento de peso y talla, obtenidas con la aplicación de la técnica de adaptación progresiva a la salinidad Chi-cuadrado, con un nivel de significación menor o igual del $P \leq 0,05$. Donde para ello Se utilizó el programa estadístico Sigmastat versión 3.1

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

O_i = frecuencia absoluta de realización de un acontecimiento determinado.

E_i = frecuencia esperada.

Para los otros parámetros, como: la ganancia de peso, la tasa específica de crecimiento absoluto de peso y talla, el factor de condición y la conversión alimenticia, se utilizó la prueba “t” de Student para discriminar diferencias significativas entre los resultados obtenidos con la aplicación de los tratamientos.

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S_{\bar{x}}}$$

Donde:

$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n - 1}}$, o sea, el error estándar de la distribución muestral de medias.

μ = Media poblacional.

La distribución t queda así:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S_{\bar{x}}} \sqrt{n - 1}$$

3.14. Información sobre los costos de adaptación.

La información se obtuvo teniendo en cuenta los principales insumos implicados en el proceso de adaptación para cada uno de los tratamientos en estudio (compra de alevines, alimento, combustible, aceite para la planta eléctrica, electricidad, reactivos químicos y equipo con su depreciación). El cálculo de costo se obtuvo en cada uno de los tratamientos, con el fin de determinar las diferencias de costos, entre los tratamientos en estudio, los costos se obtuvieron con un inventario de los materiales o insumos utilizados por unidad de investigación, en los cuales se considero el número de unidades empleadas y los valores totales hasta el final de la investigación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados y discusión del pre ensayo

4.1.1. Protocolo del pre ensayo

Desde el momento en que se recibieron los alevines en el módulo se consideró prudente esperar un lapso de tres días para observar cualquier anomalía en los organismos. Efectivamente al tercer día se produjo un incremento brusco en la tasa de mortalidad. Cabe recordar que en este período los alevines se mantuvieron en agua dulce.

Por el número de días en que la mortalidad se mantuvo normal, se determinó que no era la calidad y resistencia de la semilla lo que estaba fallando.

Además por el aspecto que presentaron los alevines muertos se sospecho que se trataba de la enfermedad Ascitis infecciosa la cual puede ser ocasionada por Bacterias, Aeromonas o Pseudomonas. Presenta las siguientes características: abultamiento del vientre y aislamiento, en forma crónica; lesiones ulcerosas en la piel y músculos, deshilachamiento de aletas y en forma aguda: líquido sanguinolento en el vientre, ojos hundidos, inflamación de órganos interiores (cuadro 5).

Ante esto se tomó la decisión de no combatir curativa sino preventivamente la enfermedad y así identificar la causa.

La primer medida que se adopto fue incrementar el tiempo de filtrado del agua de 10 a 25 minutos. Aún con esto durante la tercera semana la mortalidad siguió en ascenso.

Durante la cuarta semana se tomó la segunda medida, tratar el agua como se describió anteriormente (cuadro 9).

Con lo anterior efectivamente se logro un descenso en la mortalidad pero aun seguía siendo bastante significativa. Sin embargo los alevines muertos ya no mostraron en su totalidad las características de la enfermedad antes mencionada.

En la quinta semana se sospecho del tratamiento aplicado como posible causa, y se monto sobre el tanque de agua dulce un conducto de oxígeno para homogenizar la mezcla del agua ya tratada.

Efectivamente como se puede observar en la Figura 5, desde la sexta semana se produjo un descenso en la mortalidad, el cual indicó que se habían rectificado las condiciones.

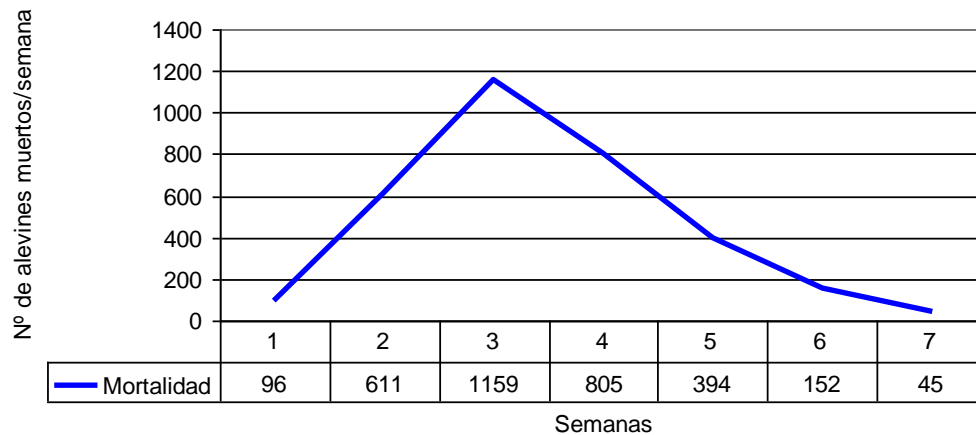


Figura 5. Comportamiento de la mortalidad en la fase previa al inicio del incremento en las concentraciones de salinidad.

Con lo anterior se comprobó la calidad de la semilla, y realizadas las correcciones necesarias en los fallos detectados, se procedió al incremento en las concentraciones de salinidad.

4.1.2. Desarrollo del pre ensayo

La fase de adaptación se realizó de acuerdo al protocolo diseñado exceptuando la fase de precria.

Es conveniente mencionar que debido al problema previamente descrito, el período de adaptación se inicio en condiciones heterogéneas tanto en número de individuos como en peso y talla.

En el caso del tratamiento T_0 = agua dulce, se inicio con 401 alevines, con un promedio/alevín de 5.85g de peso y una longitud de 65.07mm.

En el tratamiento $T_1 = 10\text{‰}$ el número inicial fue de 378, con un promedio/alevín de 5.30g de peso y 64.50mm de longitud, en el $T_2=20\text{‰}$ se inició con 464 individuos con promedios de 4.64g de peso y 61.73mm en longitud. En $T_3=36\text{‰}$ el número inicial de alevines fue de 415, con promedios de 5.51g de peso y longitud de 65.47mm.

4.1.3. Resultados y discusión de las variables

El pre ensayo tuvo una duración de 27 días y todas las condiciones se mantuvieron de acuerdo a la metodología previamente planteada. Los resultados obtenidos en las variables de los tratamientos muestran diferencias, siendo estas más notables en salinidades más altas (Cuadro11).

Cuadro 11. Resultados obtenidos en las variables de mortalidad (%), peso (g), longitud (mm) y factor de conversión alimenticia (FAC).

	% mortalidad	Peso final (g)	Longitud final (mm)	FCA
T_0	3,99	18,34	102,70	2,63
T_1	2,65	14,53	92,93	3,46
T_2	8,41	12,61	95,43	3,71
T_3	19,04	14,76	96,97	4,34

4.1.3.1. Crecimiento en peso

Con respecto a la variable de crecimiento de peso en g/día de T_0 vs. T_1 se obtuvo una media de 0.38 y 0.29 respectivamente. Al pasar la prueba estadística con un ($P=0,343$) demostró que no existe diferencia significativa entre ambos (Figura 6).

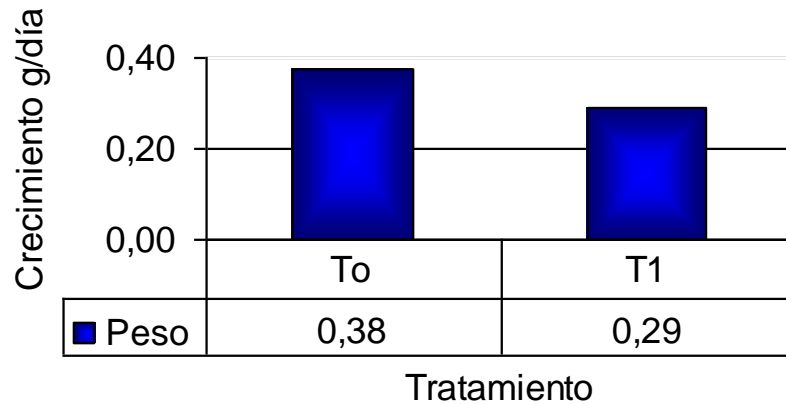


Figura 6. Crecimiento promedio en los tratamientos T₀ vrs. T₁

4.1.3.2. Crecimiento en longitud

Los resultados de la variable de longitud absoluta entre T₀ vrs. T₁ fueron de 1.24 y 1.04mm respectivamente (Figura 7). Sin embargo no presentaron diferencias significativas entre ambos (P=0,667).

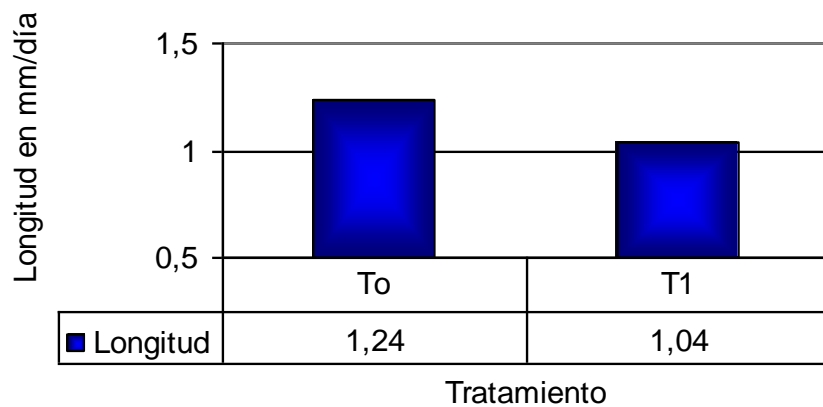


Figura 7. Promedio de crecimiento de longitud en mm/día.

Considerando los datos obtenidos en cuanto a longitud y peso de todos los tratamientos no se encontró grado de significación (P=<1,000).

En los rangos de crecimiento en peso obtenidos en los diferentes tratamientos se observa que T₂ y T₃ presentaron un peso promedio final menor al de T₀ y T₁ lo cual indica que en este caso la salinidad afecto directamente dicho factor

(Figura 8).

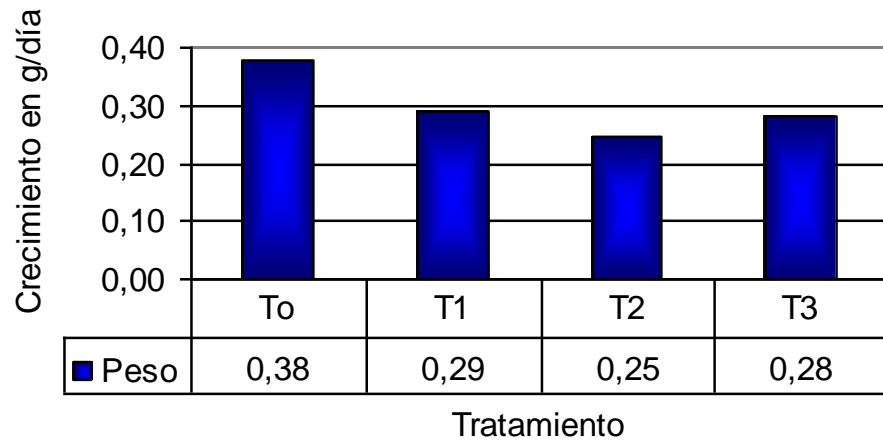


Figura 8. Promedio final de crecimiento en peso por tratamiento (g/día)

A diferencia del peso la longitud presento un mejor promedio de crecimiento en las concentraciones que superaron las 10‰ (Figura 9), dejando en este fenómeno un punto clave de comparación en la realización del ensayo.

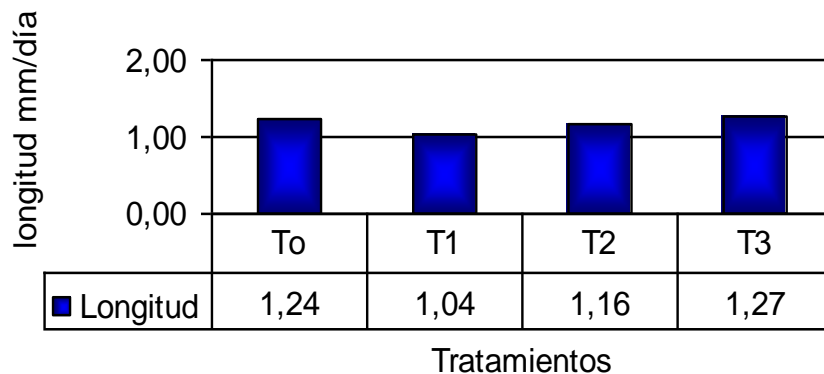


Figura 9. Promedio final de crecimiento en longitud por tratamiento (mm/día)

Con respecto a la variable peso, se observo un mejor comportamiento en agua dulce que en el tratamiento de 10‰, sin embargo en los tratamientos de 20‰ y 36‰ cuando se sobrepaso la salinidad de 10‰ ambas variables (peso y longitud) mejoraron considerablemente (Figura 10, 11)

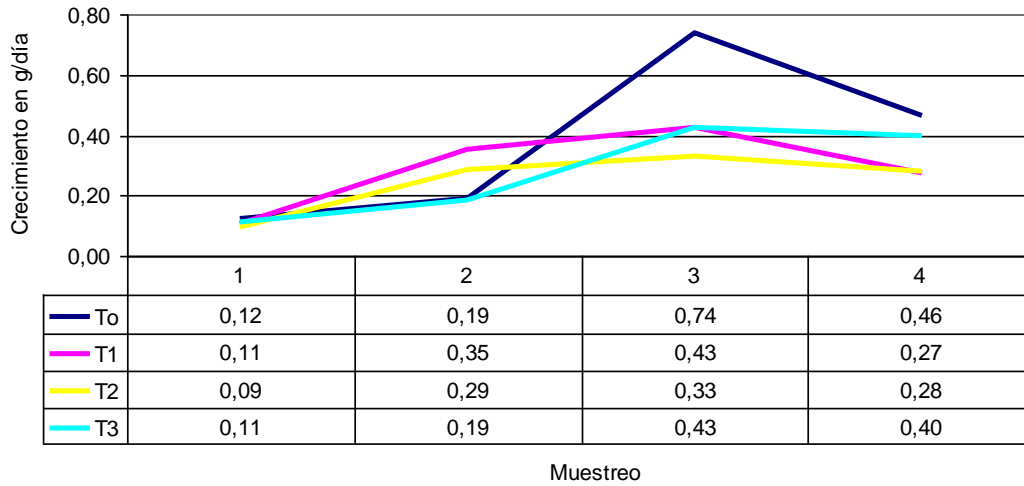


Figura 10. Comportamiento del peso en g/día según muestreos por tratamiento.

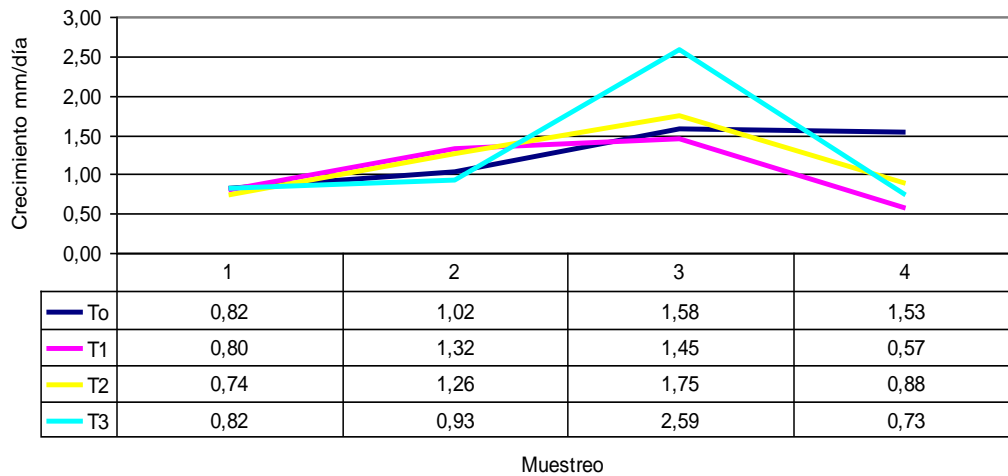


Figura 11. Comportamiento del crecimiento en longitud en mm/día según muestreos por tratamiento.

4.1.3.3. Factor de conversión alimenticia

El FCA al igual que las demás variables fue superior en el testigo absoluto (agua dulce), y se vio afectado a medida se incremento la salinidad de los diferentes tratamientos (cuadro 12).

Cuadro 12. Factor de conversión alimenticia al final del preensayo

Tratamiento	Biomasa inicial (g)	Biomasa final (g)	CAS (g)	FCA
T ₀	2.345,85	7.060,90	12.386,60	2,63
T ₁	2.003,40	5.347,04	11.553,55	3,46
T ₂	2.152,96	5.359,25	11.888,28	3,71
T ₃	2.286,65	4.959,36	11.589,58	4,34

Comparando T₀ vrs. T₁, el factor de conversión alimenticia presentó una eficiencia menor en este último considerando que en el inicio del pre ensayo, el peso promedio inicial fue de 5.85g y una longitud de 65.07mm mientras que en T₁ se inicio con un peso de 5.30g y una longitud de 64.50mm.

Al analizar los datos se puede deducir que fue el crecimiento en longitud lo que declino la balanza a favor del testigo absoluto (Anexo 13,14)

4.1.3.4. Mortalidad

Al final de esta fase se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 13. Porcentajes de supervivencia y mortalidad durante el pre ensayo

Tratamiento	Nº inicial	Nº final	Nº Total de muertos	Promedio de muertos/día	% Supervivencia	% Mortalidad
T ₀	401,00	385,00	16,00	1	96,01	3,99
T ₁	378,00	368,00	10,00	1	97,35	2,65
T ₂	464,00	425,00	39,00	2	91,59	8,41
T ₃	415,00	336,00	79,00	4	80,96	19,04

Al compara T₀ vrs. T₁ con un (P=0,932) no se encontró diferencia significativa en cuanto a la mortalidad. Algo importante de notar es el porcentaje de supervivencia ya que fue ligeramente superior en T₁ con u7 97.35% (Figura 12).

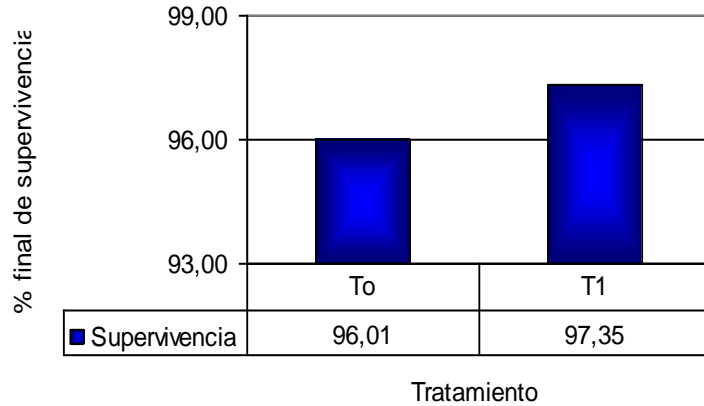


Figura 12. Porcentajes de supervivencia en los tratamientos T₀ vs. T₁.

Tomando en cuenta los porcentajes de mortalidad que se obtuvieron en cada uno de los tratamientos ya que T₂ reporta un %8,41 y T₃ un %19,04. Claramente observa una importante diferencia al comparar los rangos los dos últimos con respecto a T₀ (%3,99) y T₁ (%2,65) (Figura 13).

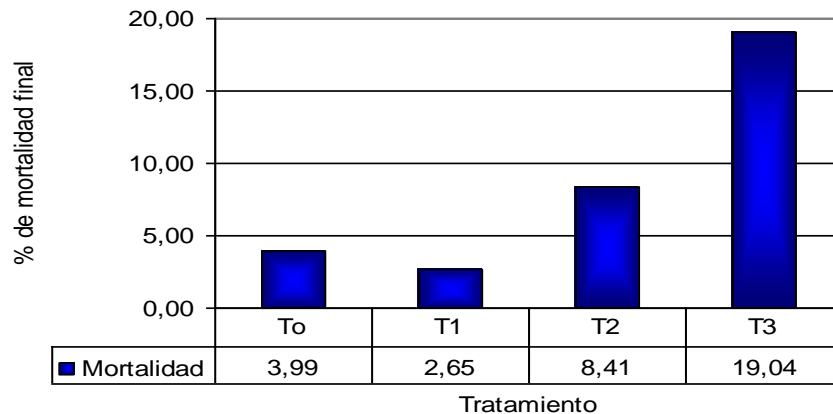


Figura 13. Porcentajes finales de mortalidad por tratamiento

Algo muy importante de considerar por la diferencia en los porcentajes de mortalidad, los cuales fueron elevados en los tratamientos de 20‰ y 36‰ con relación al testigo absoluto en agua dulce y el de 10‰, es el inconveniente que se presentó previo al inicio del pre ensayo lo cual posiblemente por las lesiones que los alevines sufrieron (recordando que son lesiones en la piel), fueron mas susceptibles a las altas concentraciones de salinidad siendo mas afectados en el tratamiento de 36‰.

Esto se sustenta ya que al retirar los individuos muertos, una buena cantidad aun presentaban características de la enfermedad.

Tomando en cuenta los resultados en mortalidad de los demás tratamientos las pruebas estadísticas de Ji-cuadrado reportan que no existen diferencias significativas al comparar los datos de cada uno con un ($P=<0,666$).

4.1.4. Etapa de precría

Esta no incluye etapa de precría, debido a que el peso de los alevines al final de la fase de adaptación a la salinidad ya estaba en un rango óptimo para pasar a la fase de engorda en los estanque de los acuicultores.

4.2. Resultados y discusión del ensayo

4.2.1. Protocolo del ensayo

Una vez hechas las correcciones de los inconvenientes identificados durante el preensayo se procedió al desarrollo del ensayo.

Los alevines se recibieron el 01/04/08, con promedios de 0.93g de peso y 0.35mm de longitud, estos datos se corroboraron con un muestreo al momento del traslado a los tanques de adaptación.

El periodo que se espero para el inicio del ensayo fue de 12 días para que los alevines se aclimataran y que aumentaran en peso y talla.

4.2.2. Desarrollo del ensayo

El ensayo dio inicio el 12/04/08, esta misma fecha y previo al primer incremento de salinidad se muestreo obteniendo los siguientes promedios de las variables en los diferentes tratamientos:

Cuadro 14. Rangos iniciales obtenidos en el muestreo previo al inicio de los incrementos de salinidad

Tratamiento	nº de alevines	peso (g)	longitud (mm)
T ₁	1,025	2,65	49,30
T ₂	1,025	3,26	51,27
T ₃	1,025	3,31	49,83

4.2.3. Resultados de las variables evaluadas

Los datos obtenidos en las variables de peso, talla y FCA se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 15. Rangos de las diferentes variables obtenidos al final de la fase de adaptación a la salinidad.

Tratamiento	Peso final (g)	Longitud final (mm)	FCA
T ₁	11,14	92,13	2,34
T ₂	13,46	96,13	2,42
T ₃	15,66	103,67	1,98

4.2.4. Tasa de crecimiento en peso

La media más alta de incremento de peso diario al final de ensayo se registró en el tratamiento de 36‰ de salinidad con 0.20g/día, superando al de 10‰ con 0.20g/día y al de 20‰ con 0.23g/día (Figura 14).

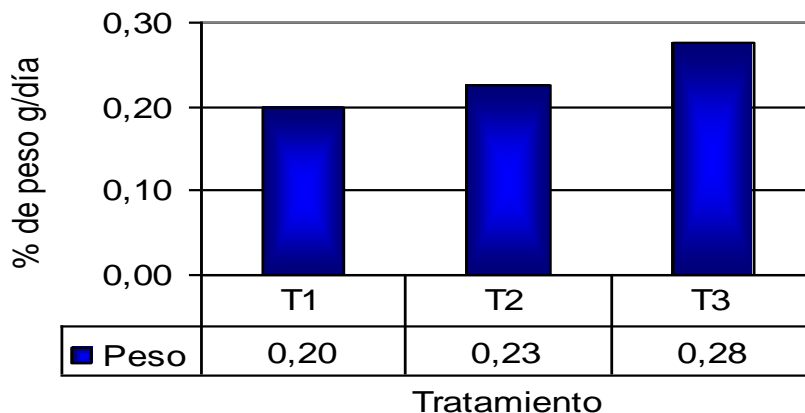


Figura 14. % final promedio de crecimiento en peso/tratamiento

Analizando estadísticamente por medio de la prueba t student los tratamientos, no se encontró grado de significación con un ($P=0,343$).

Como esta variable esta directamente ligada a la longitud se analizaran mas adelante el comportamiento de ambos factores.

4.2.5. Tasa de crecimiento en longitud

A igual que en el peso la media más alta de incremento en longitud se alcanzo en el tratamiento T₃ con un rango de 1.39mm/día mientras que en T₁ y T₂ se registro 1.25 y 1.27mm/día respectivamente (Figura 15).

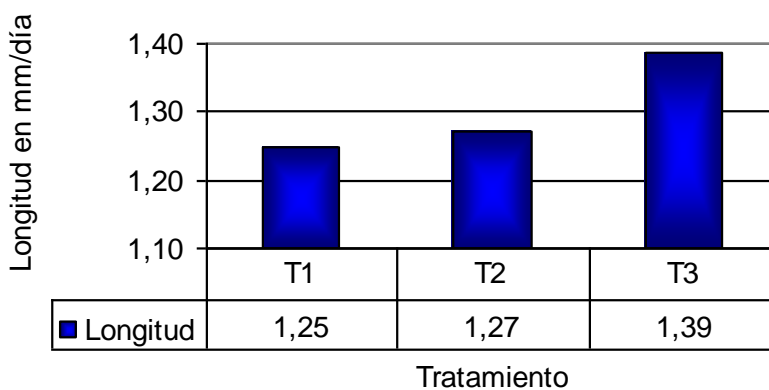


Figura 15. Promedio final de crecimiento en longitud mm/día por tratamiento

Al pasar la prueba estadística t student entre los tratamientos T₁ vrs T₃ y T₁ vrs. T₂ no se encontró grado de significación (P=0,667), y entre T₂ vrs T₃ un no existió una diferencia significativa (p=1,000).

El comportamiento de crecimiento en peso en un inicio se observo uniforme en los tres tratamientos hasta llegar a la salinidad de 10‰, al sobrepasar este rango se observa un incremento mayor en todos los tratamientos pero con una ligera ventaja en T₃ esto posiblemente por el ritmo que ya traían desde antes del inicio en los incrementos (Figura 16).

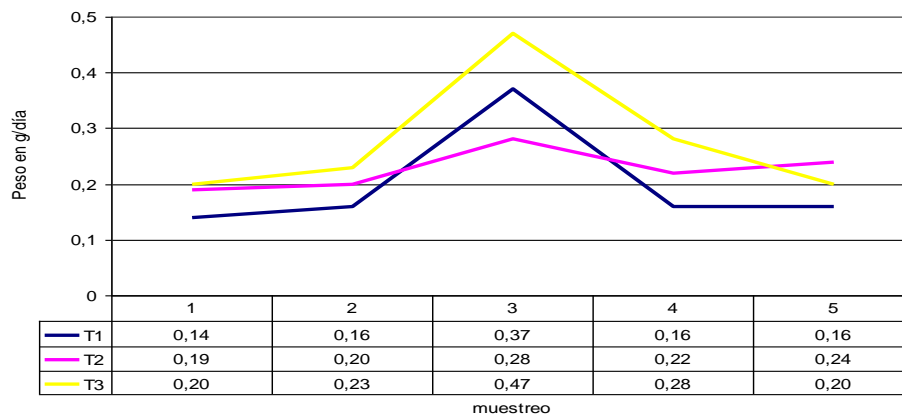


Figura 16. Comportamiento de crecimiento en peso por tratamiento según muestreos

En la longitud se observa que previo a la concentración de 10‰ crecen aceleradamente hasta casi alcanzar las 20‰, esto relaciona el incremento en peso que también describe hasta este mismo rango.

Este comportamiento de ambos factores parece indicar que los peces a partir del incremento en las concentraciones de salinidad prepara su cuerpo primeramente en longitud, y cuando llega a salinidades de entre 20 y 30‰ crece mayormente en peso. Esto coincide con lo que menciona Martínez 2003.

Riley et al. (2002) y Sparks et al. (2003), encontraron que el tratamiento con 17MT en alevines de "tilapia negra (*Oreochromis mossambicus*) que son criados en agua salada tiene un efecto promotor del crecimiento. Riley et al. (2002), también

indican que el efecto combinado del tratamiento con el andrógeno y la salinidad del medio se ejercería a través de estimular el eje Hormona de Crecimiento/Factor de Crecimiento Similar a la Insulina (GH/IGF). Por su parte, Magdeldin et al. (2007), encontraron también que la adaptación al medio salino promueve el crecimiento de juveniles de “tilapia negra” (*Oreochromis mossambicus*), probablemente a través de incrementar la capacidad de síntesis y liberación de la Hormona de Crecimiento (GH) en la hipófisis, así como de elevar la síntesis y liberación del Factor I de Crecimiento Similar a la Insulina (IGF-I), indicando que el eje Hormona de Crecimiento/Factor I de Crecimiento Similar a la Insulina juega roles importantes en el crecimiento y osmorregulación de los juveniles de “tilapia negra” en el medio salino.

En esa misma especie, Borski et al. (1994), también observaron que el contenido de Hormona del Crecimiento en la hipófisis de “tilapia negra” adaptada a salinidad fue mayor que la de agua dulce, indicando esos resultados que la salinidad del medio incrementa la actividad de síntesis de la Hormona del Crecimiento en la hipófisis y que esa hormona es la responsable de las mayores tasas de crecimiento que tiene la tilapia adaptada a salinidad frente a la de agua dulce; esa misma hormona estaría involucrada en la adaptación al agua salada. Yada et al. (1994), hallaron que los machos de “tilapia negra” (*Oreochromis mossambicus*) transferidos del agua dulce a agua salada (22‰) mostraron incrementos significativos en los niveles plasmáticos de la Hormona de Crecimiento (GH). Estos cambios indican que la Hormona del Crecimiento tiene un rol importante en la adaptación al agua salada, como ocurre en los salmónidos.

Otro factor que refuerza la teoría anterior es el comportamiento que siguieron los peces en la fase de precria (a partir del cuarto muestreo) donde ya no recibieron ningún tipo de modificación en las condiciones y mantuvieron una uniformidad en todas las variables (Figura 17)

Mena *et al* (2002), reporta que *O. niloticus* no presenta diferencia significativa ($P>0,05$) entre los tratamientos de agua dulce y salinidades menores de 15‰.

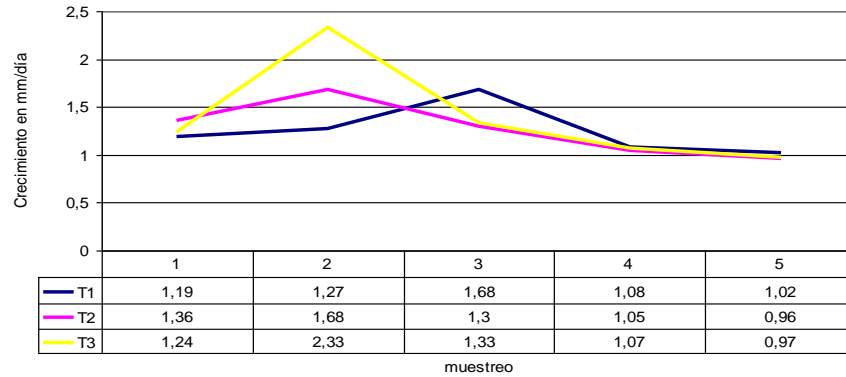


Figura 17. Comportamiento del crecimiento de longitud en mm/día.

4.2.6. Factor de conversión alimenticia

Siguiendo el patrón de las demás variables el factor de conversión alimenticia tuvo un mejor comportamiento en el tratamiento de 36‰. El tratamiento que presentó la segunda mejor tasa de conversión fue el de 10‰ y se vio disminuido cuando se pasó por la salinidad de 20‰. Esto último coincide con el cambio de crecimiento en longitud a peso (cuadro 16).

Cuadro 16. Factor de conversión alimenticia por tratamiento al final del ensayo

Tratamiento	Biomasa inicial (g)	Biomasa final (g)	CAS (g)	FCA
T ₁	2.716,25	8.909,47	14.487,90	2,34
T ₂	3.341,50	10.225,00	16.641,16	2,42
T ₃	3.392,75	13.155,30	19.348,38	1,98

4.2.7. Mortalidad

4.2.7.1. Resultados de mortalidad y supervivencia

Los rangos de mortalidad se describen en el siguiente cuadro:

Cuadro 17. Porcentajes finales de supervivencia y mortalidad en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Nº inicial	Nº final	Nº Total de muertos	Media de muertos/día	% Supervivencia	% Mortalidad
T ₁	1.025	883	142	3	86,15	13,85
T ₂	1.025	818	207	4	79,80	20,20
T ₃	1.025	846	179	4	82,54	17,46

El tratamiento que mejor índice de supervivencia registro fue el de 10‰ con un 86.15% mientras que en la salinidad de 20‰ y 36‰ la supervivencia fue de 79.80% y 82.54% respectivamente (Figura 18). Lo que refuerza el supuesto de que al menos las enfermedades que presentan lesiones cutáneas actúan con mayor fuerza en altas concentraciones de salinidad como se observo en el pre ensayo.

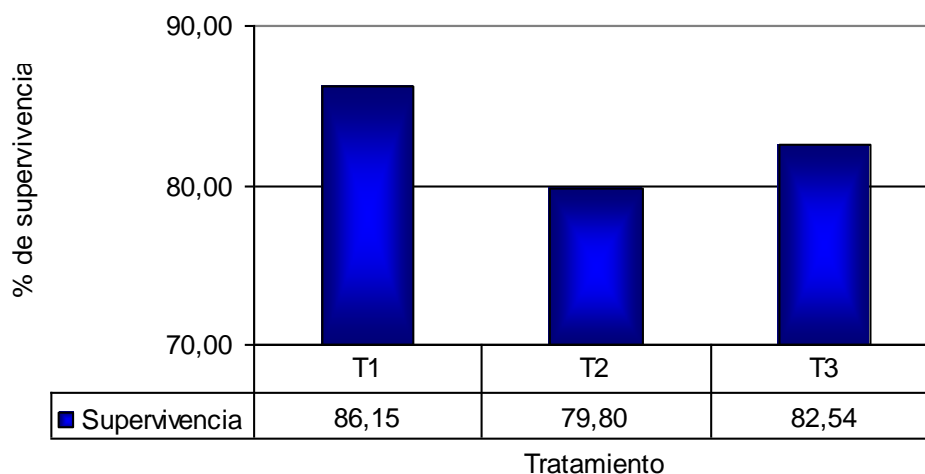


Figura 18. Porcentaje final de supervivencia por tratamiento.

Al analizar los rangos de mortalidad de los tratamientos T_1 vrs. T_2 con la prueba de Ji-cuadrado no se reportó una diferencia significativa ($P=0,257$). Así mismo se comparo entre cada uno de los tratamientos y no se encontró grado de significación con un ($P=0,633$).

Según Martínez (2003), cuando sometió alevines de *O. niloticus* menores de 5g de peso a incrementos de salinidad 5‰ y 10‰ por día, obtuvo un 54% y 82% de mortalidad respectivamente.

En este estudio se trabajo con alevines que superaban los 2.50g de peso y los incrementos de salinidad fueron de 2‰ por día, además se dejo un periodo de estabilidad de tres días cuando se alcanzo las concentraciones de 10, 20,30 y 36‰.

Se considera que es posible alcanzar mejores índices de supervivencia manejando el método de adaptabilidad con rangos menores en el incremento de la salinidad; así como también la reducción del grado de stress producido, no solo por los incrementos de salinidad sino también por los muestreos, ya que a través de este estudio se comprobó que es la mayor causa de muerte entre mas altas sean las concentraciones de salinidad (Anexo 15).

Al respecto, Martínez (2003) menciona que el stress es un factor determinante en los niveles de supervivencia, aunque solamente lo relaciona al producido por el rango de salinidad aplicado y obvia los las condiciones que se mencionan en el párrafo anterior.

4.3. Información sobre costos adaptación

Se tomaron en cuenta los principales materiales e insumos implicados en el proceso de adaptación al medio salino de los diferentes tratamientos (cuadro 18).

Los costos finales por tratamiento a pesar de la alta inversión inicial en todo el equipamiento como bombas, tanques, filtros, insumos etc. son aceptables ya que para adaptar un alevín a una salinidad de 36‰, según los cálculos se necesita únicamente \$0.59 y \$0.56 para la adaptación a salinidad de 10‰.

Conviene señalar que el ensayo finalizó cuando los alevines alcanzaron la talla idónea para la fase de engorda, posteriormente, dichos organismos quedaron a disposición de ICMARES para futuras investigaciones, en tal sentido no fue posible comercializarlos, lo que impidió la obtención de datos para la realización de un análisis costo beneficio

Sin embargo, por los rangos promedios de tallas y porcentajes de supervivencia alcanzados al final de la etapa de precría los cuales superaron todos los aspectos considerados idóneos para la explotación comercial, es posible proyectar o deducir la factibilidad de trabajar con esta especie con fines lucrativos económicamente hablando.

Cuadro 18. Detalle de costos para la adaptación a los diferentes rangos de salinidad por individuos de alevines de *O. niloticus*

Rubro o Específico	T ₁ (10‰)			T ₂ (20‰)			T ₃ (36‰)		
	Cantidad	Precio unitario	Costo total	Cantidad	Precio unitario	Costo total	Cantidad	Precio unitario	Costo total
Alevines monosexo de "tilapia del Nilo", incluye empaque.	1.025,00	\$ 0,07	\$ 72,47	1.025,00	\$ 0,07	\$ 72,47	1.025,00	\$ 0,07	\$ 72,47
Combustible diesel para el transporte de alevines (galones)	5,62	\$ 3,75	\$ 21,06	5,62	\$ 3,75	\$ 21,06	5,62	\$ 3,75	\$ 21,06
Concentrado AQUAMOR al 32% Proteína Cruda.	12,16	\$ 0,34	\$ 4,12	12,35	\$ 0,34	\$ 4,19	12,33	\$ 0,34	\$ 4,18
Concentrado AQUAMOR al 28% Proteína Cruda.	34,75	\$ 0,28	\$ 9,82	34,75	\$ 0,28	\$ 9,82	34,75	\$ 0,28	\$ 9,82
Energía eléctrica (\$/mes/litro)	1.700,00	\$ 0,01	\$ 24,99	1.700,00	\$ 0,01	\$ 24,99	1.700,00	\$ 0,01	\$ 24,99
Gasolina regular para operación de planta eléctrica (galones)	7,00	\$ 3,90	\$ 27,30	7,00	\$ 3,90	\$ 27,30	7,00	\$ 3,90	\$ 27,30
Aceite SAE 10W-20 para planta eléctrica (cuartos de galón)	0,67	\$ 4,10	\$ 2,75	0,67	\$ 4,10	\$ 2,75	0,67	\$ 4,10	\$ 2,75
EDTA sal disódica, calidad comercial (Kilogramo)	0,45	\$ 12,43	\$ 5,59	0,45	\$ 12,43	\$ 5,59	0,45	\$ 12,43	\$ 5,59
Hipoclorito de Calcio al 70%, granulado p/piscinas (kilogramo)	0,16	\$ 1,35	\$ 0,21	0,16	\$ 1,35	\$ 0,21	0,16	\$ 1,35	\$ 0,21
Tiosulfato de Sodio Pentahidratado, calidad reactivo (Kilogramo)	0,16	\$ 59,00	\$ 9,32	0,16	\$ 59,00	\$ 9,32	0,16	\$ 59,00	\$ 9,32
Tanques de fibra de vidrio, capacidad 2500 L (depreciación mensual)	1,50	\$ 25,50	\$ 38,25	1,50	\$ 25,50	\$ 38,25	1,50	\$ 25,50	\$ 38,25
Turbosoplantes de 1 HP (depreciación mensual)	1,50	\$ 114,58	\$ 171,88	1,50	\$ 114,58	\$ 171,88	1,50	\$ 114,58	\$ 171,88
Bomba centrífuga de 2 HP (depreciación mensual)	1,50	\$ 27,46	\$ 41,19	1,50	\$ 27,46	\$ 41,19	1,50	\$ 27,46	\$ 41,19
Bomba centrífuga de 1 HP (depreciación mensual)	1,50	\$ 10,00	\$ 15,00	1,50	\$ 10,00	\$ 15,00	1,50	\$ 10,00	\$ 15,00
Bomba de cestilla de 1 HP (depreciación mensual)	1,50	\$ 18,75	\$ 28,13	1,50	\$ 18,75	\$ 28,13	1,50	\$ 18,75	\$ 28,13
Bomba de cestilla de ¾ HP (depreciación mensual)	1,50	\$ 17,08	\$ 25,63	1,50	\$ 17,08	\$ 25,63	1,50	\$ 17,08	\$ 25,63
Costo consolidado			\$ 497,70			\$ 497,76			\$ 497,76
Costo por alevín precriado en sistema intensivo			\$ 0,56			\$ 0,61			\$ 0,59

V. CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones del pre ensayo

- Se considera que el desarrollo del preensayo fue de mucha importancia ya que se logró identificar y a la vez rectificar condiciones que en el ensayo seguramente resultarían perjudiciales y decisivas en los resultados.
- Debido a las condiciones en que se desarrolló el pre ensayo es muy difícil concluir con respecto a las variables evaluadas, aunque si se considera muy importante los indicativos que se obtuvieron en cada uno de los tratamientos.
- Con la realización del ensayo ya en condiciones adecuadas, se comprobó el grado de influencia que las secuelas de la enfermedad produjeron en los tratamientos con los diferentes niveles de salinidad.
- Otro logro del pre ensayo es que se comprobó la factibilidad de no incluir un testigo de agua dulce, ya que considerando los datos iniciales y finales registrados entre si, no existió diferencia significativa en ninguna de las variables.
- Además se logró adquirir la certeza que definitivamente no es imposible la adaptación de esta especie como lo considero Castillo (2001), también se comprobó que el método de adaptación progresivo es el más adecuado para este tipo de estudios como lo menciona Martínez (2003).

5.2. Conclusiones del ensayo

- Se logró determinar que la “tilapia del Nilo” es tolerante a las salinidades crecientes, siempre y cuando se aplique el procedimiento de adaptación progresiva al agua salada.
- Se demostró que bajo condiciones de precría intensiva (≥ 500 alevines/m³) la aplicación del procedimiento de adaptación progresiva es efectivo para aclimatar a la salinidad a la “tilapia de Nilo” monosexo, alcanzando valores de supervivencia superiores al 79%, siempre y cuando se apliquen incrementos no mayores a 2‰ por día de aclimatación.

- La aclimatación progresiva a salinidades iguales o superiores a 20‰ tiene un efecto promotor del crecimiento tanto en peso (>0.20 g/día) como en longitud (>1.25 mm/día) durante la fase de precría intensiva (≥ 500 alevines/m³), probablemente debido a que la salinidad activa tanto la síntesis y liberación de la Hormona del Crecimiento y del Factor I de Crecimiento Similar a la Insulina (GH/IGF-I) en la hipófisis de la “tilapia del Nilo”.
- La aclimatación progresiva a salinidades iguales o superiores a 20‰ mejora la conversión alimenticia de la “tilapia del Nilo” durante la fase de precría intensiva (≥ 500 alevines/m³), debido a que tiene un efecto promotor del crecimiento en peso de los alevines.
- comparando los resultados obtenidos en el preensayo con los del ensayo se puede concluir que tanto el protocolo como las condiciones requeridas por la especie son importantes para la adaptación a la salinidad.
- En ese mismo sentido las enfermedades que accionan a nivel cutáneo actuaran con mayor severidad en altas concentraciones de salinidad.
- Tal como lo sugiere Mena *et al* (2002) al menos sobre las variables evaluadas en este estudio no existe diferencia alguna en cultivos en agua dulce y salinidades de menores de 10‰.
- Así como lo recomienda la teoría el método progresivo es el mejor para adaptar tilapias a la salinidad siempre y cuando no se descuiden las demás condiciones que requiere la especie.
- Definitivamente la mortalidad es el factor que mas se ve afectado al trabajar con *O. niloticus* en altas salinidades pero esto se ve compensado con la aceleración del crecimiento en talla y peso así como los niveles que se pueden alcanzar en estas últimas variables.
- Tal como se esperaba, los resultados obtenidos en el ensayo variaron mucho a los registrados en el pre ensayo, considerando la diferencia de edad, peso, talla, número inicial de peces y la intervención que tuvo en un inicio la enfermedad producida por el agua dulce.

- Los costos finales por tratamiento a pesar de la alta inversión inicial en toda la instrumentaría tales como bombas, tanques, filtros, insumos etc. son aceptables ya que para adaptar un alevín a una salinidad de 36‰, según los cálculos se necesita únicamente \$0.59 y \$0.56 para la adaptación a salinidad de 10‰.

VI. RECOMENDACIONES.

- Adoptar como protocolo de producción de alevines monosexo de “tilapia del Nilo” el procedimiento de adaptación progresiva a la salinidad, debido a su efectividad.
- Evaluar la reducción del tiempo de estabilización entre un cambio y otro de salinidad, como medio para acortar el período de adaptación, volviendo así más eficaz el procedimiento.
- Las condiciones de precría intensiva (>500 unidades/m³) permiten reducir los muestreos de crecimiento de talla y peso a tres eventos (inicio, intermedio y finalización), logrando con eso la disminución en la mortalidad de los alevines por estrés de manejo.
- En cada proceso de filtración de agua salobre y agua dulce debe de ser riguroso para evitar la entrada de algas y sedimentos que pueda producir dificultades para la investigación.
- El nivel de oxigenación debe de estar constante entre 4 – 6mg/L para evitar que pueda ocasionar mortalidad debido a complicaciones respiratorias para el pez.
- Cuando se realice la limpieza en cada uno de los tanques debe efectuarse con precaución, ya que esto evitara que los alevines se pierdan en el drenaje, por lo tanto se recomienda utilizar redes al final de cada sifón.
- La profilaxis de los tanques es esencial antes de la siembra de los alevines para así evitar la proliferación de cualquier enfermedad.
- Mantener en una bodega aparte los reactivos y gasolina del concentrado ya que esta podría ocasionar la muerte de los alevines.
- La mayoría de materiales de construcción de la infraestructura es preciso que sean de material anti – oxidante, ya que por la alta salinidad de la zona estos tienden a ser degradados.
- En el sistema de oxígeno es recomendable utilizar otro tipo de material con respecto al de PVC, para que no sufran mayor cambio físico debido a la dilatación ocasionado por la temperatura de los compresores (Blower).

- Se recomienda mantener gasolina disponible a todo momento, para el uso de la planta eléctrica debido a posibles cortes de energía.
- Para cada uno de los muestreos en los tanques de los tratamientos es recomendable mantenerlos con aireación y efectuarlos lo más rápido posible esto con el fin de prevenir el stres en los alevines y muerte de estos.
- Las lecturas de oxígeno y temperatura son importantes cumplirlas diariamente, para evitar la muerte de alevines; significa que ambos deben mantenerse en su nivel indicado.
- Cada uno de los muestreos biométricos deben realizarse semanalmente, servirá para tener mejor control del alimento para ser suministrado.
- Cuantos tanques hallan en función deben limpiarse diariamente con el fin de evitar la turbidez del agua esto para no interferir en su desarrollo normal de los peces.
- Para cada uno de los equipos de sistemas de filtración, oxígeno y bombeo se le debe dar el mantenimiento cada mes para evitar posibles daños por uso.
- El concentrado para tratamientos en un inicio debe molerse para facilitar que los alevines la ingieran y lo aprovechen mejor.
- Que en cada incremento de salinidad en los tratamientos se efectúe cuidadosamente con los cálculos indicados esto para evitar stres y muerte en los alevines.
- Para este tipo de investigación es necesario, concebir estudios de agua, esto con el fin de asegurar su calidad y así evitar posibles inconvenientes que le afecten a los alevines.

VII. BIBLIOGRAFIA

Alamilla Tovar, H. s.f. Generalidades del Cultivo de la Tilapia. Consultado 10 de Octubre de 2006. Disponible <http://www.zoetecnocampo.com>

APT (Aquaculture Production Technology (Israel) Ltd. 2006. Proyecto de Producción de Tilapia en el Departamento de Magdalena Colombia. Consultado el 15 de noviembre de 2006. Disponible en http://www.aquaculture.co.il/S_index.htmj

Avella, M; Berhaut, J, Bornancin, M. 1993. Salinity tolerance of two tropical fishes, *Oreochromis aureus* and *O. niloticus*. I. Biochemical and morphological changes in the gill epithelium. Laboratoire de Physiologie Cellulaire et Comparee, URA CNRS 651. s.p.

Bocek, A, 2003. Produccion en tanques. Editor International Center for Aquaculture Swingle Hall. Auburn University, Alabama 36849-5419 USA Ilustraciones: Suzanne Gray. Consultado el 2 de Octubre de 2006.

Bocek, A, 2003. Introducción al cultivo de la tilapia. Editor International Center for Aquaculture Swingle Hall. Auburn University, Alabama 36849-5419 USA Ilustraciones: Suzanne Gray. Consultado el 22 de noviembre de 2006.

Borski, R.J., Yoshikawa, J.S., Madsen, S.S., Nishioka, R.S., Zabetian, C, Bern, H.A. & E.G. Grau. 1994. Effects of environmental salinity on pituitary growth hormona content and cell activity in the euryhaline tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *General and Comparative Endocrinology* 95(3):483-494.

Castillo, L. 2001. Tilapia roja una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito doce años después. Consultado 15 de octubre de 2006. Disponible en: http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/Colombia/TILAPIA_ROJA.doc.

Cerdá, J, 1998. Crecimiento de tilapias (*Oreochromis niloticus*, l.) con piensos extrusionados de diferente nivel proteico. Consultado el 12 de octubre de 2006. Disponible en http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/06_20_16_02jove r.pdf.

Cecilia Yu, 2007, Formula de $V1C1=V2C2$. Disponible en <http://www.wellesley.edu/Biology/Concepts/Html/V1C1.html>

COSTASUR (Corporación Salvadoreña de turismo), 2005. Bahia de Jiquilisco. Consultado el 2 de septiembre de 2006. Disponible en: <http://www.corsatur.gob.sv/home.htm>.

FIRI (Servicio de Recursos de Aguas Continentales y Acuicultura) 2005. Visión general del sector acuícola nacional – El Salvador. Consultado el 30 de noviembre de 2006. Disponible en http://www.fao.org/figis/servlet/static?dom=countrysector&xml=naso_elsalvador_es.xml.

Gómez Barrón. 2005. Cultivo de tilapia Manual para la Construcción de jaulas y corrales. SEDAP, Jalapa, Ver. 47pp. Consultado 22 de noviembre 2006. Disponible en http://www.sra.gob.mx/internet/informacion_general/programas/fondo_tierras/manuales/Cultivo_tilapia_jaulas_flotantes.pdf.

Gonzales R. s.f. Características y perspectivas del cultivo de la tilapia. Consultado el 3 de septiembre de 2006. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos20/tilapia/tilapia.shtml>

Green, B. 1997. IV Simposio centroamericano de acuicultura cultivo sostenible de camarón y tilapia. HD. s.p.

Hepher B y Pruginin Y, 1998. Cultivo de peces comerciales. MX, Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. 316 p.

Johnstone, R., Macintosh, D.J., Wright, R.S, 1983. Elimination of orally administered 17 α -methyltestosterone by *Oreochromis mossambicus* (tilapia) and *Salmo gairdneri* (rainbow trout) juveniles. *Aquaculture* 35, 249-257.

Kidd M y Hallerman E, 2003. Evaluación del crecimiento de una Línea de Tilapia Seleccionada vs. Una Masculinizada Genéticamente en sistemas de recirculación para acuicultura. Consultado el 9 de octubre de 2006. Disponible en http://www.panoramaacuicola.com/noticia.php?art_clave=50

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2001. Guía para el cultivo de Tilapia en estanques. Consultado 13 de noviembre de 2006. Disponible en <http://www.agronegocios.gob.sv/comoproducir/guias/GUIA%20TECNICA%20TILAPIA.pdf>.

Magdeldin, S., Uchida, K., Hirano, T., Grau, E.G., Abdelfattah, A. & M. Nozaki. 2007. Effects of environmental salinity on somatic growth and growth hormone/insulin-like growth factor-I axis in juvenile tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Fisheries Science* 73(5):1025-1034.

Marco, A, 2005. Perfil del Mercado y Competitividad Exportadora de la Tilapia. Consultado el 3 de noviembre de 2006. Disponible en <http://www.mincetur.gob.pe/comercio/otros/penx/pdfs/Tilapia.pdf>

Martinez, T, 2003. Adaptación y crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, *Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus* en agua salada. Universidad de Colima. Consultado el 5 de septiembre de 2006. Disponible en http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Tzetzangari%20Margarita%20Martinez%20Contreras%20Doctorado.pdf

Mena, A, 2001. Relación entre la gasometría y las variables productivas de la Tilapia roja (hibrida) *Oreochromis niloticus* (*linnaeus*) x *Oreochromis mossambicus* (*peters*), durante la adaptación y cultivo a diferentes salinidades. Universidad de Colima. Consultado el 27 de noviembre de 2006. Disponible en http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Alfredo_Mena_Herrera.pdf

Mena A; Sumano H y Macías R. 2002. Efecto de la salinidad en el crecimiento de tilapia híbrida *Oreochromis mossambicus* (Peters) x *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), cultivadas bajo condiciones de laboratorio. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Consultado el 11 de octubre de 2006. Disponible en http://www.ejournal.unam.mx/vet_mex/vol33-01/RVM33104.pdf

Nutrition and feeding of tilapias. IV Symposium on Aquaculture in Central America: Focusing on Shrimp and Tilapia, Asociación Nacional de Acuicultores de Honduras, pág. 94-107

NICOVITA, 2002. Manual de Crianza de Tilapia. Consultado 1 de Octubre de 2006. Disponible en http://www.nicovita.com.pe/pdf/esp/manuales/man_tilapia_01.pdf#search=%22tecnicas%20de%20alevinaje%20tilapia%20%22pdf%22%22.

Obregón, A.; Duván, A. 2005. Reversión sexual de las tilapias roja (*Oreochromis* sp). Una guía básica para el acuicultor. (En línea). Revista electrónica de veterinaria REDVET ISSN 1695:7504. Vol., nº12, Consultado 20 de octubre de 2006. Disponible en <http://www.veterinaria.org/redvet/n121205.html>

Sanz A y Bayuelo V. s.f. Reproducción de la Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) en el Jardín Zoológico de la Habana. Consultado el 24 de octubre de 2006. Disponible en E:\tesis\peso de ti.mht.

Pandian, T.J., Kirankumar, S., 2003. Recent advances in hormonal induction of sex-reversal in fish. *Journal of Applied Aquaculture* 13(3/4), 205-230.

Petracini. R. 2001. Enfermedades de los peces. Disponible en: www.elacuaria.com/filtración.htm.

Popma T. y Masser M, 1999. Tilapia, Life History and Biology. Southern Regional Aquaculture Center. Consultado el 24 de Octubre de 2006.

PRODUCE (Viceministerio de Pesquería Dirección Nacional de Acuicultura), 2004, cultivo de tilapia. Consultado 28 de septiembre de 2006. Disponible en http://www.produce.gob.pe/mipe/dna/doc/ctilapia_1.pdf#search=%22utilizacion%20de%20hormonas%20para%20la%20reversion%20de%20tilapia%20roja%20pdf%22%22.

Quirós, J, 2005. Exportaciones de Costa Rica. Subgerencia De Desarrollo Agropecuario. Consultado el 27 de noviembre de 2006. Disponible en: http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/00/pesca/acuicultura/Mercados_Mundiales_para_la_Tilapia.PDF.

Rauda, J, 2005. El cultivo del camarón en la bahía de Jiquilisco, Usulután El Salvador. Instituto de ciencias del mar y limnología. Universidad De El Salvador. 51 p.

Riley, L.G., Richman, N.H. 3rd., Hirano, T. & E.G. Grau. 2002. Activation of the growth hormone/insulin-like growth factor axis by treatment with 17 alpha-methyltestosterone and seawater rearing in the tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *General and Comparative Endocrinology* 127(3):285-292.

Sparks, R.T., Shepherd, B.S., Ron, B., Richman, N.H. 3rd., Riley, L.G., Iwama, G.K., Hirano, T. & E.G. Grau. 2003. Effects of environmental salinity and 17 alpha-methyltestosterone on growth and oxygen consumption in the tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Comparative Biochemistry and Physiology B Molecular Biology* 136(4):657-665.

Tave, D., 2003. Genetics and stock improvement. In: J.S. Lucas and P.C. Southgate (Editors) *Aquaculture. Farming aquatic animals and plants*. Blackwell Publishing, Oxford, pp. 123-145.

USC, 2006. Modulo de adaptación al medio salino (el salvador). Xunta de Galicia, proyecto PR803C 2006/ 2 – 0 España. 57 p.

Yada, T., Hirano, T. & E.G. Grau. 1994. Changes in plasma levels of the two prolactins and growth hormone during adaptation to different salinities in the euryhaline tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *General and Comparative Endocrinology* 93(2):214-223.

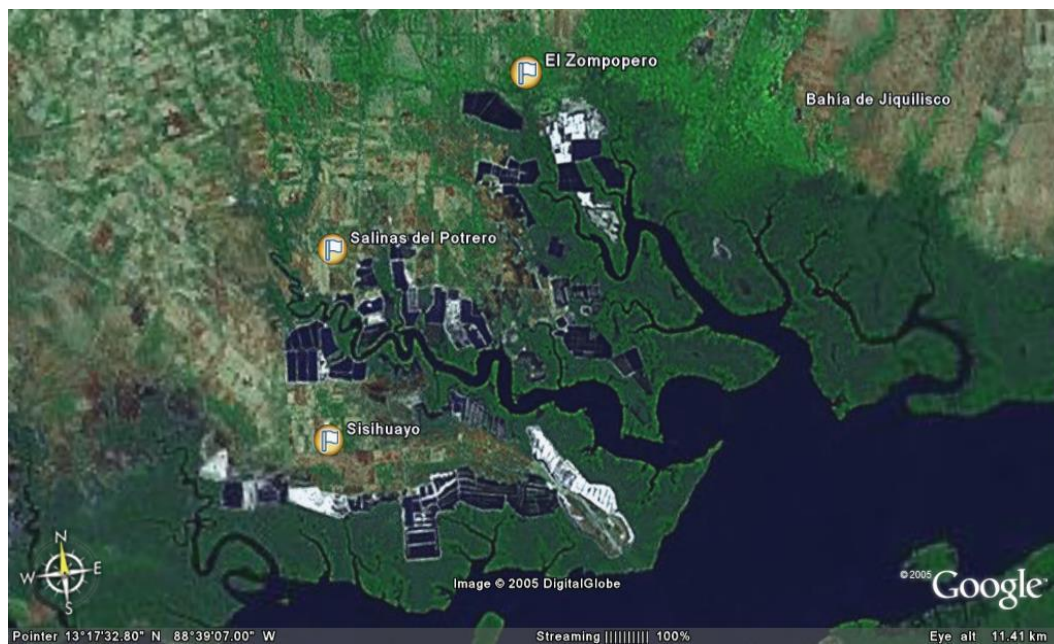
ANEXOS

Anexo1. Consumo de alimento balanceado sugerido para tilapia con base en su biomasa.

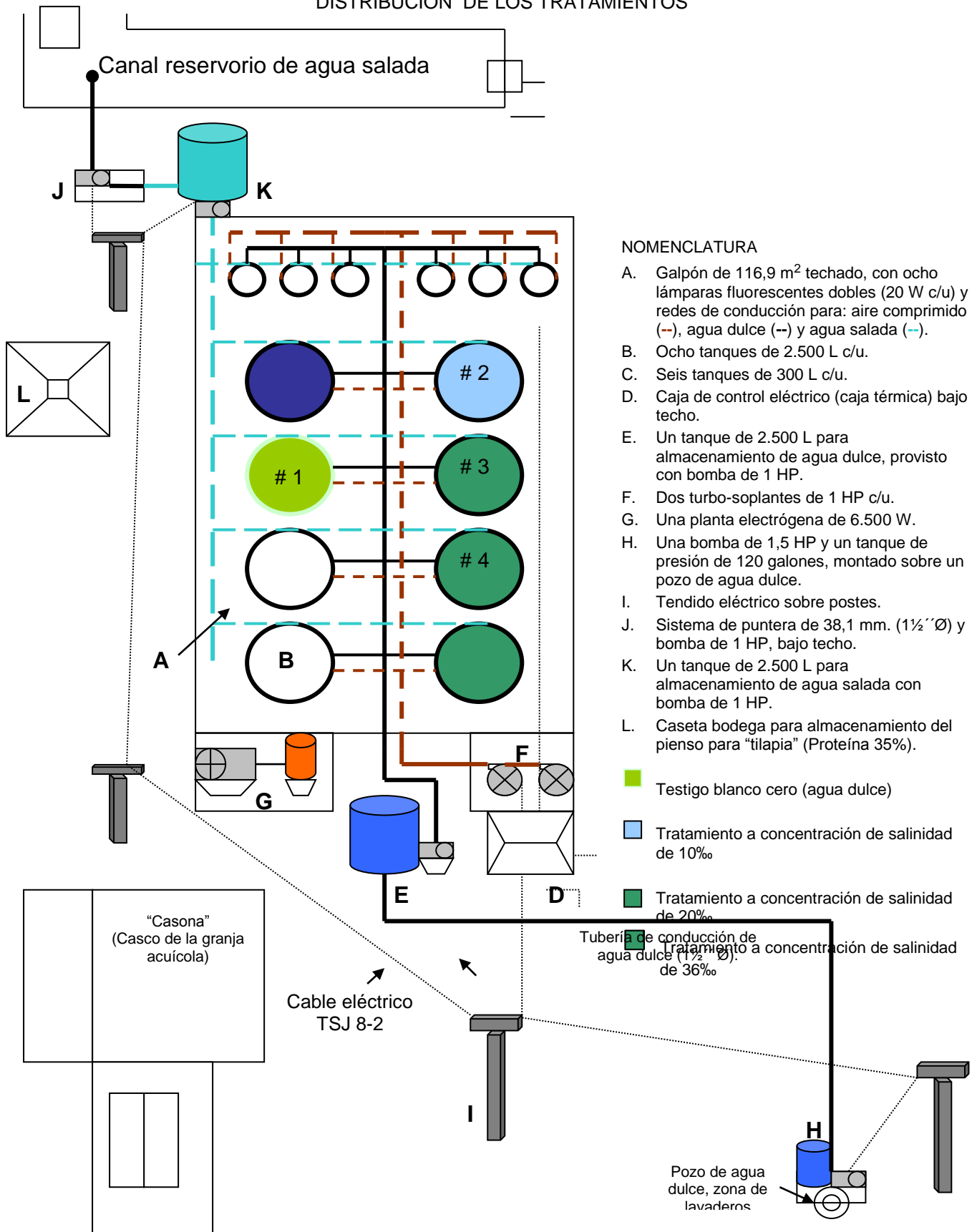
Periodos de Alimentación (Quincenal)		Días de Vida del pez	Etapa de Edad	Peso del Pez (gr)		% de Biomasa	Cantidad de Alimento gr / Pez	Unidad de medida
1º Mes	1	10 a 15	Alevín (Crecimiento)Cría	0.01	0.12	40	0.048	grs.
	4	15 a 30	Alevín (Crecimiento)Cría	0.4	4.7	10	0.00470	grs.
2º mes	5	30 a 45	Juvenil (Crecimiento)	10	50	5	0.0025	grs.
	8	45 a 60	Juvenil (Crecimiento)	70	100	3	0.0030	grs.
3º mes	9	60 a 75	Adulto		150	2	0.0030	grs.
	12	75 a 90	Adulto		200	1.8	0.0036	grs.
4º mes	13	90 a 105	Adulto (Engorda)		275	1.7	0.00467	grs.
	16	105 a 120	Adulto (Engorda)		325	1.6	0.0052	grs.
5º mes	17	120 a 135	Adulto (Engorda)		400	1.5	0.006	grs.
	20	135 a 150	Adulto (Engorda)		450	1.4	0.0063	grs.
6º mes	21	150 a 165	Adulto (Engorda)		500	1.3	0.0065	grs.
	24	165 a 180	Adulto (Engorda)		550	1.2	0.0066	grs.
7º mes	25	180 a 175	Adulto (Engorda)		600	1.1	0.0067	grs.

Fuente: Gómez (2005)

Anexo 2. Área de ubicación del proyecto: Cantón Salinas El Potrero, Jiquilisco, Usulután



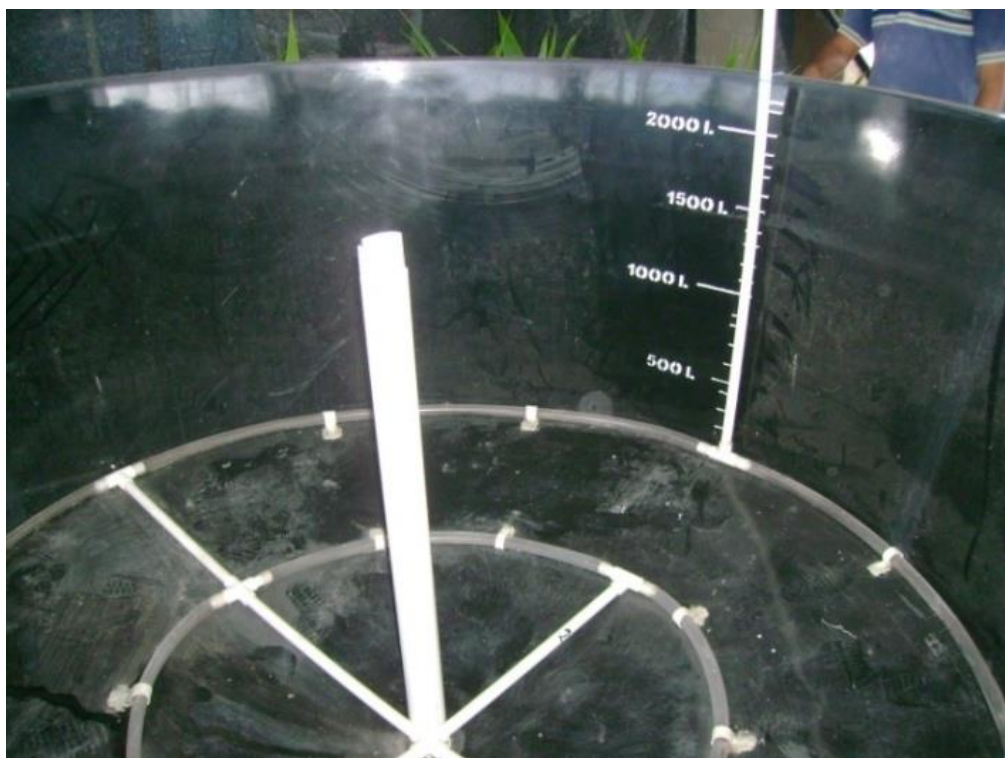
ANEXO 3: PLANO GENERAL DEL MÓDULO PARA ADAPTABILIDAD AL MEDIO SALINO Y DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS



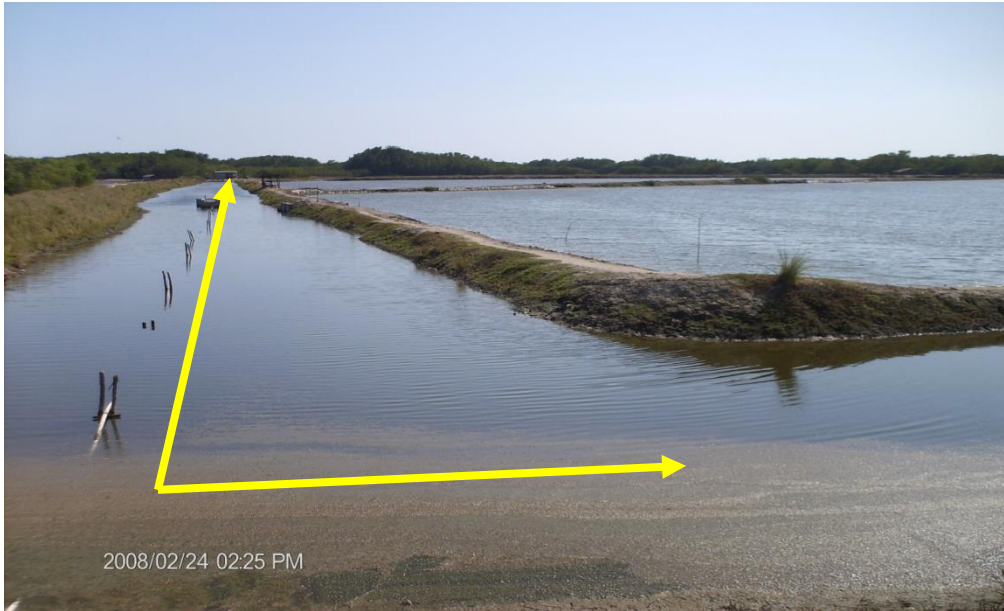
Anexo 4. Compresor regenerativo utilizado para abastecer de oxígeno a los tanques de adaptación



Anexo 5. Hornilla de aireación ubicada en el fondo de los tanques de adaptación.



Anexo 6. Canal reservorio de agua salada el cual funciona como bocatoma para el abastecimiento de agua salada del modulo (aproximadamente 7,000m²).



Anexo 7. Sistema de drenaje de los tanques de adaptación.



Anexo 8. Salinometro optico(izquierda) mide salinidad y analizador portatil YSI (derecha) utilizado para monitorear salinidad, temperatura, oxigenacion y pH.



Anexo 9. Retiro de residuos de los tanques por medio de sifoneado.



Anexo 10. Captura de alevines utilizando la red de mano (Lumpe)



Anexo 11. Medición del peso las muestras por medio de la balanza analoga con capacidad de 260g y precisión de 0.01g.



Anexo 12. Medición de talla de los alevines con el ictiometro ó regla graduada en mm.



Anexo 13. Cuadro biométrico con datos del pre ensayo.

Tratamiento	Muestreo	Peso promedio	Nº total de peces	Biomasa	% del peso	Ración diaria(g)	FA	CAF(g)	PA/D	CAS (g)	CTAS(g)
T0	1	0,66	1.230,00	811,80	0,40	324,72	4	81,18	43	13.962,96	12.386,60
	2	5,85	401,00	2.345,85	0,20	469,17	4	117,29	8	3.753,36	
	3	6,26	392,00	2.453,92	0,15	368,09	4	92,02	8	2.944,70	
	4	13,26	390,00	5.171,40	0,10	517,14	4	129,29	11	5.688,54	
	5	18,34	385,00	7.060,90	0,05						
T1	1	0,66	1.230,00	811,80	0,40	324,72	4	81,18	43	13.962,96	11.553,55
	2	5,30	378,00	2.003,40	0,20	400,68	4	100,17	8	3.205,44	
	3	8,11	373,00	3.025,03	0,15	453,75	4	113,44	8	3.630,04	
	4	11,53	372,00	4.289,16	0,10	428,92	4	107,23	11	4.718,08	
	5	14,53	368,00	5.347,04	0,05						
T2	1	0,66	1.230,00	811,80	0,40	324,72	4	81,18	43	13.962,96	11.888,28
	2	4,64	464,00	2.152,96	0,20	430,59	4	107,65	8	3.444,74	
	3	6,92	452,00	3.127,84	0,15	469,18	4	117,29	8	3.753,41	
	4	9,56	446,00	4.263,76	0,10	426,38	4	106,59	11	4.690,14	
	5	12,61	425,00	5.359,25	0,05						
T3	1	0,66	1.230,00	811,80	0,40	324,72	4	81,18	43	13.962,96	11.589,58
	2	5,51	415,00	2.286,65	0,20	457,33	4	114,33	8	3.658,64	
	3	6,99	409,00	2.858,91	0,15	428,84	4	107,21	8	3.430,69	
	4	10,41	393,00	4.091,13	0,10	409,11	4	102,28	11	4.500,24	
	5	14,76	336,00	4.959,36	0,05						

FA= Frecuencia de alimentación

CAF=Cantidad de alimento/frecuencia

PA/D=Periodo de alimentación/día

CAS= Cantidad de alimento suministrado

CTAS=Consumo total de alimento suministrado

Periodo fuera del tratamiento

Anexo 14. Cuadro biométrico obtenido de datos del ensayo.

Tratamiento	Muestreo	Peso promedio	Nº total de peces	Biomasa	% del peso	Ración diaria(g)	FA	CAF(g)	PA/D	CAS (g)	CTAS(g)
T1	1	0,93	1.073,00	997,89	0,20	199,92	4	49,98	12	2.399,04	2.399,04
	2	2,65	1.025,00	2.716,25	0,15	407,43	4	101,85	8	3.259,44	14.487,90
	3	3,95	998,00	3.942,10	0,10	394,21	4	98,55	8	3.153,68	
	4	6,90	973,00	6.713,70	0,05	335,68	4	83,92	14	4.699,52	
	5	8,88	905,00	8.036,40	0,03	241,09	4	60,27	14	3.375,26	
	6	10,09	883,00	8.909,47							
T2	1	0,93	1.073,00	997,89	0,20	199,92	4	49,98	12	2.399,04	2.399,04
	2	3,26	1.025,00	3.341,50	0,15	501,22	4	125,30	8	4.009,76	16.641,16
	3	4,85	1.013,00	4.913,05	0,10	491,30	4	122,82	8	3.930,40	
	4	7,12	988,00	7.034,56	0,05	351,72	4	87,93	14	4.924,08	
	5	10,15	886,00	8.992,90	0,03	269,78	4	67,44	14	3.776,92	
	6	12,50	818,00	10.225,00							
T3	1	0,93	1.073,00	997,89	0,20	199,92	4	49,98	12	2.399,04	2.399,04
	2	3,31	1.025,00	3.392,75	0,15	508,91	4	127,22	8	4.071,28	19.348,38
	3	5,11	1.018,00	5.201,98	0,10	520,19	4	130,04	8	4.161,52	
	4	8,87	1.001,00	8.878,87	0,05	443,94	4	110,94	14	6.215,16	
	5	12,85	908,00	11.667,80	0,03	350,03	4	87,50	14	4.900,42	
	6	15,55	846,00	13.155,30							

FA= Frecuencia de alimentación

CAF= Cantidad de alimento/frecuencia

PA/D= Periodo de alimentación/día

CAS= Cantidad de alimento suministrado

CTAS= Consumo total de alimento suministrado

Periodo fuera del tratamiento

Anexo 15. Registro de mortalidad por tratamiento durante el desarrollo del ensayo

Días/ nº de semanas	TRATAMIENTOS																				
	T1=10‰							T2=20‰							T3=36‰						
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
Lunes		1	1	*10	0	*13	1		1	6	*12	0	*49	0		0	4	*34	8	*35	0
Martes		0	4	21	0	2	0		3	5	7	4	4	1		0	5	7	8	3	2
Miercoles		7	3	21	7	0	1		3	5	25	8	0	0		1	2	11	11	0	0
Jueves		4	3	3	0	0	0		0	3	4	8	2	0		0	5	3	0	1	0
Viernes		7	2	6	0	0	0		0	1	14	0	1	1		0	0	11	0	2	1
Sabado	*3	4	4	0	0	1	1	*2	2	0	0	0	0	0	*2	2	0	0	0	1	0
Domingo	1	*7	1	0	0	0	*3	1	*3	3	0	2	0	*27	2	*1	0	0	0	0	*17
Promedio muertos/día	2	4	3	9	1	2	1	2	2	3	9	3	8	4	2	1	2	9	4	6	3
Promedio total de muertos/tratamiento	3							4							4						
Subtotal muertos/semana/tratamiento	4	30	18	61	7	16	6	3	12	23	62	22	56	29	4	4	16	66	27	42	20
Total de muertos/tratamiento	142							207							179						

* = Fecha de muestreo

○ = Periodo de estabilización

○ = Periodo de precría