



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NAYARIT

ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
AGROPECUARIAS

ESCUELA NACIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA

TESIS

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE LA
LAGUNA DE MORA EN EL DESARROLLO DEL CULTIVO DE
TILAPIAS (*Oreochromis aureus* y *Oreochromis
niloticus*).**

**Que como requisito para la obtención del grado de
Maestría en Ingeniería Pesquera presentan**

JAVIER MARCIAL DE JESÚS VELAZCO ARCE

PORFIRIO LÓPEZ LUGO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT

ESCUELA NACIONAL DE INGENIERIA PESQUERA

OFICIO NO. 019/05
FECHA. 12/Julio/2005
ASUNTO: Solicitud de Autorización
de Examen Profesional.

C. ING. ALFREDO GONZALEZ JÁUREGUI
DIRECTOR DE SERVICIOS ESCOLARES
P R E S E N T E.

Por medio de la presente le comunico a usted, que los CC. Ing. Porfirio López Lugo, Ing. Javier Marcial de Jesús Ruiz Velazco Arce, han presentado a satisfacción de la Comisión de Tesis su trabajo titulado "Evaluación del Potencial Productivo de La Laguna de Mora en el Desarrollo de Cultivo de Tilapias (*O. Aureus O. Niloticus*)" por lo cual, le solicito su autorización a efecto de realizar el Examen de Grado correspondiente al Programa Académico "Maestría en Ingeniería Pesquera con especialidad en Acuacultura".

Sin otro particular y agradeciendo de antemano sus finas atenciones a la presente, me reitero de usted como su atento y seguro servidor.

ATENTAMENTE
POR LO NUESTRO A LO UNIVERSAL
EL DIRECTOR

ING. GERÓNIMO RODRÍGUEZ CHAVEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE NAYARIT



ESCUELA NACIONAL DE
INGENIERIA PESQUERA
TILAPIAS

C.c.p. Archivo.
GRCH*lrp

DEDICATORIAS

A DIOS

**Por permitirme lograr
mis Objetivos**

A MI FAMILIA

**Gracias por su apoyo
incondicional y comprensión
Y por la confianza que
depositaron en mi para ser
cada día mejor**

A todas las personas que me aman Por su Comprensión, Gracias

MARCIAL

AGRADECIMIENTOS

AGRADEZCO

A DIOS : NUESTRO SEÑOR

POR HABERME PERMITIDO CULMINAR OTRA ETAPA MAS EN MI VIDA PROFESIONAL.

A MI ESPOSA: PETRA DIAZ BRAMBILA

QUE SIEMPRE ME HA BRINDADO SU APOYO INCONDICIONAL Y SU COMPRENCION, PARA QUE PUEDA LOGRAR LOS OBJETIVOS PROFESIONALES Y PERSONALES, QUE SIEMPRE ME HE PLANTEADO LLEVAR A CABO.

A MIS HIJOS: MANUEL ALBERTO Y JULIO ANTONIO

QUE DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIOS, SIEMPRE TUVIERON BUENA DISPOSICIÓN PARA QUE PUDIERA REALIZARLOS; DE TAL MANERA QUE PUDIERA LOGRAR OTRO PROPÓSITO MAS EN MI FORMACION PROFESIONAL .

POR TODO LO ANTERIOR Y POR MUCHAS COSAS MAS, EL PRESENTE TRABAJO, LO DEDICO A USTEDES CON TODO MI CARÍÑO Y MI AMOR.

LOS AMA

PORFIRIO

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT

Institución Formadora de Profesionales

A LA ESCUELA NACIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA

Principal instrumento de formación y superación profesional capaz de integrar a la sociedad estudiantes con capacidad para resolver las problemáticas sociales

AL DOCTOR HUMBERTO GONZÁLEZ VEGA

Por su gran apoyo, sus opiniones valiosas, su asesoría en la dirección de este trabajo y por su tiempo invertido en nosotros

AL MAESTRO EMILIO PEÑA MESSINA

Por su apoyo incondicional, su tiempo, su amistad y por su asesoría en este trabajo

AL DR. IRAN BOJÓRQUEZ SERRANO

Por su apoyo, gracias

AL MAESTRO ÁLVARO GONZÁLE VEGA

Por sus opiniones tan valiosas para conclusión del trabajo

AL MAESTRO SEGIO G. CASTILLO VARGASMACHUCA

A quien le tocó nuestra estancia durante la Maestría, por su apoyo, Gracias.

AL MAESTRO GERÓNIMO RODRÍGUEZ CHÁVEZ

Por su apoyo y facilidades otorgadas para la presentación de este trabajo

AL H. AYUNTAMIENTO DE TEPIC

Por el financiamiento otorgado para la realización de esta investigación

RESUMEN

El estudio de referencia se realizó en la Laguna de Mora, ubicada, a 4 Km. de la ciudad Tepic, Capital del Estado de Nayarit. El objetivo fundamental fue generar conocimiento acerca del potencial acuícola de esta laguna, a partir del análisis de las variables que explican el comportamiento de su metabolismo productivo en un ciclo anual. Con ello, identificar las estrategias de explotación más adecuadas, para el desarrollo de la producción acuícola de tilapia en estricta coherencia con sus características de productividad natural y las posibilidades de intensificación de la actividad sin perjuicio de su metabolismo productivo.

Se partió de una primera fase de análisis cartográfico, seguida del estudio de factibilidad ambiental, productividad natural y de las condiciones hidrológicas mínimas para la subsistencia de organismos cultivables. Después de esto, se tuvieron elementos suficientes para descartar alguna dificultad ambiental o hidrológica limitante para el aprovechamiento acuícola. Los resultados del trabajo mostraron características de productividad que ubican a este sistema en un nivel mesotrófico con variables hidrológicas consideradas de aptitud para un ciclo del cultivo de Tilapias en las estaciones de primavera, verano y parte de otoño. Estos resultados servirán de base para el diseño, proyección y ejecución de proyectos de inversión acuícola particulares para el sistema, cuyo plan de manejo se percibe necesario a fin de garantizar la sustentabilidad ambiental de su aprovechamiento.

La Tilapia es una especie que cuenta con buena aceptación en el mercado, sobre todo en el ámbito mundial, donde su cultivo genera empleo y divisas. Este estudio pretende contribuir al desarrollo tecnológico del cultivo de Tilapia para las especies *O. aureus* y *O. niloticus* en condiciones de cultivo extensivo en la Laguna de Mora, Mpio. de Tepic.

ABSTRACT

The study was carried out in the "Laguna de Mora", sited 2.4 miles from Tepic city, capital of Nayarit state, in México. The main objective was the knowledge generation about the aquaculture potential use of the lagoon, initiating from the analysis of variables which explain its productive metabolism behavior in a period of one year. From that, to identify the more adequate exploitation strategies for development of aquaculture production in close coherence with natural productivity characteristics and the activity intensification possibilities without prejudice of its productive metabolism.

The first phase of cartographic analysis was followed of environmental feasibility study, natural productivity and minimal hydrological conditions for cultivable organism's subsistence. Then, there was a sufficient criterion to discard some environmental or hydrological difficulty which limits the aquaculture exploitation. The work results show productivity characteristics which situated the system in a mesotrophic level, with aptitude for *Tilapia* species culture, in reason of the hydrological variables in three seasons: spring, summer and autumn. These results will be used as a basis for design, projection and execution of aquaculture inversion projects in "Laguna de Mora". A management plain is considered necessary in order to guarantee the environmental sustainability of its exploitation.

The *Tilapia* species have good acceptance in markets all over the world. *Tilapia* culture generates employment and profits in many countries. The study pretends to contribute in technological development of *Oreochromis aureus* and *Oreochromis niloticus* culture in extensive conditions in "Laguna de Mora", Nayarit.

INDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
2.1. Antecedentes del cultivo comercial de Tilapia en Latinoamérica	4
2.2. Ubicación Taxonómica de las especies de Tilapia	6
2.3. Límites de tolerancia ambiental	6
2.3.1. Rango Térmico	6
2.3.2 Oxígeno disuelto	7
2.3.2 pH	7
2.3.3 Salinidad	7
2.3.4 Dureza y Alcalinidad	7
2.3.5 Turbidez	8
2.3.6 Altitud	8
2.4. Sistemas de Cultivo	8
2.5. Impacto Ambiental	11
III. JUSTIFICACIÓN	12
3.1. Impacto socio económico	13
3.2. Importancia de la evaluación del potencial acuícola	14
3.3. Las especies de interés	15

IV. HIPÓTESIS	17
V. OBJETIVO GENERAL Y METAS	18
5.1. Objetivo General	18
5.2. Objetivos específicos	18
5.3. Metas	18
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	19
6.1. Zona de estudio	19
6.2. Evaluación de las condiciones hidrológicas de los cuerpos	22
6.2.1. Análisis físico-químico y de calidad del agua	22
6.3. Productividad Natural y metabolismo del sistema	23
6.3.1. Productividad Primaria Neta	24
6.3.2. Muestreo y conservación del zooplancton	25
6.3.3. Conteo e identificación de grupos zooplanctónicos	26
6.4. Potencial hidráulico	26
6.5. Análisis Estadísticos de los datos	27
VII. RESULTADOS	29
7.1. Evaluación de las condiciones hidrológicas de los cuerpos.	29
7.2. Productividad Natural y metabolismo del sistema	39
7.2.1 Productividad Primaria Neta.	
7.2.2. Composición y abundancia del Zooplancton	40
7.3. Potencial hidráulico	41
7.4 Análisis estadísticos de los datos	42

VIII. DISCUSIONES	53
8.1. Evaluación de las condiciones hidrológicas de los cuerpos	53
8.2. Productividad Natural y metabolismo del sistema	53
8.2.1.-Productividad Primaria Neta	56
8.2.3. Composición y abundancia del los grupos zooplanctónicos	57
8.3. Potencial hidráulico	58
8.4. Análisis estadístico de los datos	59
IX. CONCLUSIONES	61
X. BIBLIOGRAFÍA	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ortofoto de del área de estudio	19
Figura 2	Ortofoto de las poblaciones cercanas a la Laguna de Mora	19
Figura 3	Ortofoto de los sitios de muestreo en La Laguna de Mora	20
Figura 4	Variación de los parámetros fisicoquímicos en primavera en La Laguna de Mora	29
Figura 5	Variación de los parámetros fisicoquímicas en verano en La Laguna de Mora	30
Figura 6	Variación de los parámetros fisicoquímicas en Otoño en La Laguna de Mora	31
Figura 7	Variación de los parámetros fisicoquímicos en invierno en La Laguna de Mora	32
Figura 8	Variación de los nutrientes en primavera en La Laguna de Mora	33
Figura 9	Variación de nutrientes en verano en La Laguna de Mora	34
Figura 10	Variación de los nutrientes en otoño en La Laguna de Mora	35
Figura 11	Variación de los nutrientes en invierno en La Laguna de Mora	36
Figura 12	Variación espacio temporal de los principales parámetros físico químicos en la Laguna de Mora.	37
Figura 13	Variación espacio temporal de las sales inorgánicas del Nitrógeno y Fósforo	38
Figura 14	Variación espacio temporal de la concentración de clorofilas en la Laguna de Mora.	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Horarios y fechas de muestreo por cada estación del año.	21
Tabla 2	Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos en primavera	29
Tabla 3	Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos en verano	30
Tabla 4	Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos en otoño	31
Tabla 5	Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos en invierno	32
Tabla 6	Valores promedio de los nutrientes en primavera	33
Tabla 7	Valores promedio de los nutrientes en verano	34
Tabla 8	Valores promedio de los nutrientes en otoño	35
Tabla 9	Valores promedio de los nutrientes en Invierno	36
Tabla 10	Composición y Densidad de los grupos del zooplancton en la Laguna de Mora	40
Tabla 11	Valores promedio anual y desviación estándar de las variables evaluadas	42
Tabla 12	Valores promedio y desviación estándar en la estación primavera de las variables evaluadas	42
Tabla 13	Valores promedio y desviación estándar en la estación verano de las variables evaluadas	43
Tabla 14	Valores promedio y desviación estándar en la estación otoño de las variables evaluadas	43
Tabla 15	Valores promedio y desviación estándar en la estación invierno de las variables evaluadas	44
Tabla 16	Prueba de Tukey para la variable Temperatura	45

Tabla 17	Prueba de Tukey para la variable pH	45
Tabla 18	Prueba de Tukey para la variable Oxígeno Disuelto	46
Tabla 19	Prueba de Tukey para la variable N-NO ₂	46
Tabla 20	Prueba de Tukey para la variable N-NO ₃	47
Tabla 21	Prueba de Tukey para la variable N-NH ₄	47
Tabla 22	Prueba de Tukey para la variable P-PO ₄	48
Tabla 23	Prueba de Tukey para clorofila "a"	48
Tabla 24	Resumen de la prueba de medias \pm desviación estándar en las diferentes estaciones del año para los factores analizados (Tukey 95%).	50
Tabla 25	Análisis de correlación de Pearson entre las variables. Tomando en cuenta las mediciones durante un año.	51

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de especies acuáticas tales como peces y crustáceos, está adquiriendo rápidamente mayor importancia en el desarrollo productivo a nivel internacional. La explotación excesiva de las poblaciones ícticas marinas ha sido objeto de gran atención, algo parecido ocurre en muchas pesquerías de agua dulce que dependen del reclutamiento y crecimiento de los organismos acuáticos en los sistemas naturales.

La pesca tradicional no solo ha sido obstaculizada por el aumento constante de los costos del combustible y de la operación. Los grupos ambientalistas atacan seriamente la extracción pesquera argumentando la sobreexplotación de las especies acuáticas. En muchos países, las flotas pesqueras se encuentran atrapadas por las grandes inversiones que requieren y las distancias que tienen que recorrer antes de encontrar los recursos que puedan explotar para su rentabilidad. Por tanto, es urgente encontrar alternativas para la producción y el abasto de peces cuya demanda es creciente e insatisfecha. La producción piscícola no sólo representa el aumento y restauración de las poblaciones naturales que quedan bajo la jurisdicción nacional, sino también del cultivo de organismos acuáticos convenientes para el consumo humano directo.

Las tilapias han demostrado una gran adaptación a las condiciones de cultivo, lo que permite explotarlas eficientemente con criterios de sustentabilidad. A la par que se obtienen nuevas alternativas para resolver la problemática social y económica de la población.

II. ANTECEDENTES

Los peces denominados genéricamente "Tilapias" han suscitado y recibido, quizás, mayor atención que cualquier otro grupo de peces en todo el mundo (Avault, 1995). La tilapia, nombre común que en idioma "swahili", significa pez, incluye los géneros *Tilapia* y *Oreochromis* entre otros, (con más de 100 especies), que son originarias de África; extendiéndose posteriormente hacia el norte de Israel y Jordán (Chimits, 1955). Luego de la Segunda Guerra Mundial, fueron introducidas desde su origen a varios países de Asia y América. Según Lin, en 1960 ya se encontraban introducidas en Haití, Estados Unidos, República Dominicana, Jamaica, Trinidad, Guayana Británica, El Salvador y Nicaragua en el Hemisferio Occidental y en Filipinas, Taiwan, Sri Lanka, Tailandia, en Oriente.

Actualmente, se informa sobre cultivos comerciales en más de 65 países, estando la mayoría de éstos situados en los trópicos y subtrópicos. Las tilapias, situadas muy abajo en la cadena trófica natural, debido a su alimentación a base de algas, materia en descomposición y plancton; aceptan también rápidamente alimento balanceado en forma de pastillas o pellets. Las especies del género *Oreochromis* son las de mayor aceptación en cultivo comercial, destacándose entre ellas la *O. niloticus*, llamada "tilapia del Nilo", la *O. aureus*, llamada "tilapia azul" y las *Oreochromis* spp. o "tilapias rojas" (Wicki, Gromenida, 1997).

Por sus hábitos alimentarios ya mencionados, y por sus posibilidades de soportar condiciones adversas en cultivo, con amplia tolerancia y rápido crecimiento, resultaron ser ideales en la década de los 60's a los gobiernos de la región latinoamericana que impulsaron su

introducción para su desarrollo en estanques. Dentro de la bibliografía editada por la FAO durante ese periodo, se pueden constatar una gran cantidad de proyectos y trabajos dedicados exclusivamente a las "tilapias". Los objetivos, apuntaban entonces al desarrollo de una piscicultura extensiva (a baja densidad) de bajo costo y para "autoconsumo", con la finalidad de mejorar la ingestión de proteína de alta calidad en las clases sociales de bajo poder adquisitivo. Los proyectos fueron desarrollados en su mayoría como "cultivos mixtos" y "policultivos", asociados a cerdos, patos o ganado en el primer caso y a otras especies de peces (carpas y otros) en el segundo. Sin embargo, pocos de los proyectos iniciados con el objetivo de "piscicultura rural de subsistencia" dieron los resultados esperados, no obstante se obtuvieron resultados en el área de investigación, que posteriormente contribuyeron al desarrollo comercial de esas especies (Wicki, Gromenida, 1997).

Las "tilapias" demostraron ser peces con rápida maduración y numerosos desoves anuales, reproduciéndose en los estanques a una temprana edad (dos a tres meses) y cada 30 días si las temperaturas eran aptas; generando una sobrepoblación con exceso de peces pequeños (enanismo), sin valor comercial, tampoco útiles para el consumo familiar. Este hecho, unido a la falta de planificación, en muchos casos y a la ausencia de asesoría continua al pequeño productor, llevó al fracaso de la mayoría de los proyectos que eran, en general, subsidiados por los gobiernos. Al finalizar el subsidio el pequeño productor campesino, abandonaba el cultivo. Además, es importante destacar la ausencia de cultura de ingesta de pescado, que en general existía en ese entonces en América Latina (Wicki, Gromenida, 1997).

2.1. Antecedentes del cultivo comercial de Tilapia en Latinoamérica

En la década de los 80's, comenzó el cultivo comercial de "Tilapia nilótica" en Costa Rica, sobre la base de producción intensiva en estanques con alto recambio de agua y alto densidad de cultivo. Este emprendimiento utilizó tecnología de Israel. Tiempo después, se inicia la actividad comercial en Colombia con cultivo de "tilapia roja", a partir de tecnología israelí adaptada a ese país. Lo que marcó el crecimiento de los cultivos comerciales de las tilapias, fue la obtención de la tecnología llamada "reversión sexual" obtenida por incorporación de la hormona 17-alfa-metil testosterona en el alimento. Si bien ya se conocía el sexado manual de juveniles con descarte de hembras y el cultivo en jaulas, o el consorciado con peces carnívoros, se considera que este método de obtención de poblaciones macho monosexo por la técnica ya mencionada, es el que mayor beneficio ha producido (Wicki, Gromenida, 1997).

En México, esta especie fue introducida por primera vez en la década de los 60's y las primeras especies que se introdujeron fueron *T. Mossambica* y *T melanopleura*. Esto desató una polémica por la sobreposición de características taxonómicas de *T. nilótica* y *T. aurea*, debido a su lugar de origen puesto que *T. nilótica* habitaba en forma natural en el Río Nilo y *T. aurea* en África Occidental. Al desconocerse el lugar de origen de las especies introducidas, nuevamente en 1978 se introdujeron 7 lotes de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) procedentes de Panamá, en los que se manifestaba la autenticidad de la especie (Morales 1991), desde entonces ha sido muy apreciada en la piscicultura por su resistencia a las enfermedades, su tolerancia a una amplia variación de la temperatura y por la facilidad de su reproducción.

Asimismo, su siembra en varios embalses mexicanos ha generado fuentes de alimentación y empleo en sitios en donde no existía una actividad pesquera importante (Basurto, 1984; Morales, 1991).

Determinadas especies del género *Oreochromis*, han encontrado un nicho de mercado debido a sus características organolépticas y a su semejanza con algunos peces marinos, tipo pargo, besugo o mero. Los datos estadísticos de la FAO de 1994 (publicados en 1996) sobre producción mundial se mencionan a continuación:

Especies	Toneladas	Miles de US\$
<i>Oreochromis mossambicus</i>	51.870	111.220
<i>Oreochromis niloticus</i>	426.773	539.178
<i>Oreochromis aureus</i>	11.871	10.774
<i>Oreochromis macrochir</i>	350	420
<i>Oreochromis andersonii</i>	2.200	2.640
<i>Oreochromis spp</i>	105.185	169.662
TOTAL	598.249	833.894

2.2. Ubicación Taxonómica de las especies de Tilapia

Phyllum : Vertebrata

Sub Phylum : Craneata

Super clase : Gnostomata

Serie : Piscis

Clase : Teleostomi

Sub clase : Actinopterygii

Orden : Perciformes

Sub orden : Percoidei

Familia : Cichlidae

Género : ***Oreochromis***

Especie : *O. niloticus*

Especie : *O. aureus*

2.3. Límites de tolerancia ambiental

2.3.1. Rango Térmico

Las tilapias son peces de origen tropical, por lo que sus mejores crecimientos se obtienen a temperaturas entre 34 y 36°C, no afectándolas las bajas concentraciones de oxígeno disuelto existentes en estas condiciones.

La distribución de la Tilapia se restringe a áreas cuyas temperaturas en invierno sean superiores a los 21°C. El rango óptimo oscila entre 25° y 35°C (Alamilla 2002). No es posible cultivarlas en regiones donde las temperaturas invernales sean menores a 15° C, en cultivos a cielo abierto. Esta limitante convierte a las tilapias en especies potencialmente aptas para cultivo en las zonas de mayores temperaturas de nuestro país.

2.3.2 Oxígeno disuelto

La Tilapia puede vivir en condiciones ambientales adversas, debido precisamente a que soporta bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Ello se debe a la capacidad de su sangre a saturarse de oxígeno aún cuando la presión parcial de este último sea baja. Asimismo, la Tilapia tiene la facultad de reducir su consumo de oxígeno cuando la concentración en el medio es baja (inferior a 3 mg/l). Finalmente, cuando esta concentración disminuye hasta 0.5 mg/l o menos, su metabolismo se vuelve anaeróbico (Alamilla 2002).

2.3.2 pH

El valor del pH debe estar entre 7.0 y 8.0 para que favorezca el desarrollo de la productividad natural del estanque; mientras más estable permanezca el pH mejores condiciones se propiciarán para la productividad natural misma que constituye una fuente importante de alimento en los medios de cultivo (Alamilla 2002).

2.3.3 Salinidad

Las tilapias son especies eurihalinas, algunas se desarrollan bien en agua salobre e incluso en agua salada, la *O. mossambicus* y la *O. zilli* pueden desarrollarse en aguas hipersalinas con más de 42 o/oo, *O. niloticus* y *O. aureus* no sobreviven a cambios bruscos en agua de mar (Watanabe *et al.*, 1997)

2.3.4 Dureza y Alcalinidad

Los efectos de la alcalinidad y la dureza del agua no son directos sobre las tilapias, sino más bien sobre la productividad del estanque.

Una alcalinidad superior a 175 mg CaCO₃/l, 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 (Alamilla 2002).

2.3.5 Turbidez

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 (Alamilla 2002).

2.3.6 Altitud

La altitud, como un factor limitante de distribución de la Tilapia, se relaciona no a la presión barométrica si no fundamentalmente a la temperatura. Como ya se mencionó, la isoterma invernal de 20°C constituye el límite de su distribución (Alamilla 2002).

2.4. Sistemas de Cultivo

Actualmente, los cultivos comerciales son realizados en sistemas que abarcan la modalidad extensiva, la semiintensiva, la intensiva en cerramientos tipo estanques excavados en tierra y superintensiva en tanques circulares de concreto o polímeros para cualquiera de ellas o en

jaulas suspendidas en cuerpos de agua, en sistema intensivo. En todos estos casos, se trabaja con poblaciones monosexo macho, revertidas por hormona durante los primeros 30 días de alimentación en cultivo, hasta alcanzar una longitud total de 17 a 20 mm.

En *sistemas extensivos* se obtienen cosechas relativamente bajas por hectárea/ciclo, sin aporte de alimento externo (Popma y Lovshin, 1994). Los poblamientos o repoblamientos de aguas abiertas han dado muy buenos resultados, cuando estos son encaminados a crear poblaciones de peces en embalses formados por la construcción de presas para almacenar el agua de los ríos. A este proceso la FAO lo denomina "Pesca generada por Acuicultura" y se basa en siembras periódicas y cosechas permanentes con el uso de artes y aparejos de pesca activos. Como consecuencia del incremento de la productividad del agua por la descomposición de materia vegetal y a los suelos inundados, ocurren incrementos explosivos de ictiofauna.

En la fase siguiente la productividad se estabiliza; siendo posible manipular las poblaciones de estos embalses desde un inicio o cuando se estabiliza la productividad primaria con el fin de generar una pesquería lucrativa mediante una repoblación juiciosa.

Respecto a los *Sistemas Semiintensivos* se caracterizan por utilizar estanques construidos en tierra, con densidades de siembra de 2 peces/ m² en zonas cálidas. Sin embargo, en cultivos semi intensivos llevados a cabo en Israel se obtienen mayores producciones con manejos mas adecuados, en estanques menores de 0.1 Ha. 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 (Cohen,1999)

En los Sistemas Intensivos en estanques, con aireación suplementaria y recambio parcial de agua (2 o más veces al día), se obtienen buenas cosechas. En esta misma modalidad, y utilizando jaulas suspendidas de bajo volumen (en cuerpos de agua apropiados) los rendimientos están comprendidos entre 50 y 300 Kg./m³. (Popma y Lovshin, 1994), En Israel, los sistemas intensivos usan estanques de 0.1 Ha con el fondo recubierto con plástico negro, recambio de agua del 100%, la producción es de 20 Kg/m²/año, lo que equivale a una producción de 200 TM/Ha/año, la conversión alimenticia es de 2.2 a 1 y requiere de una aireación de 4 HP/1000 m². El alimento empleado es básicamente alimento balanceado con alto porcentaje de proteína que va entre 35 a 40%; actualmente es más usado el alimento extruído (precocido), el cual incrementa la conversión alimenticia (Cohén, 1999).

En Sistemas para el desarrollo de piscicultura superintensiva se requieren estanques de concreto de 100 a 500 m³, requiere un recambio de agua de 700%, la producción es de 500 TM/Ha/año, la conversión alimenticia es de 2.2 a 1 y deben tener una aireación de 8 HP/1000 m² (Cohen 1999).

Actualmente se utilizan para los cultivos superintensivos tanques de polímeros de alta resistencia de geomembrana o bien de concreto generalmente circulares y con el fondo cónico con siembras superiores de 100 o mas alevines /m³.

2.5. Impacto Ambiental

Las especies de "tilapia" se encuentran limitadas térmicamente para su reproducción en aguas continentales. Además, los cultivos monosexo impedirían la distribución reproductiva en casos de escapes producidos en establecimientos de cultivo. Para minimizar este riesgo, en el caso de habilitación de establecimientos, los productores deberán contar con cultivos monosexo y en los casos de establecimientos de producción de larvas y alevines, las correspondientes trampas y mallas antifugas, pues se ha demostrado que las tilapias han invadido hasta sistemas salobres dentro del todo el país y han desplazado especies endémicas por su alta competitividad por espacio y alimento.

III. JUSTIFICACIÓN

Las presiones para obtener una mayor producción de alimento no pueden aliviarse mediante la mera transferencia de tecnología, ampliación del tamaño de los lugares de cría y mayor capitalización; en primer lugar tienen que venir las modificaciones que se ajusten a las condiciones locales, perfeccionando e intensificando las técnicas de producción con mayores aportaciones de conocimientos científicos y técnicos. Existen importantes diferencias entre las formas de acuicultura actualmente en uso y hay muchas posibilidades para poder perfeccionarlas y adaptarlas a condiciones desconocidas. Por ende, con la transferencia de las técnicas de producción actuales se exige una experimentación bien proyectada y estructurada que facilite una evaluación racional de su potencial, antes de que la información de que se dispone sobre ellos pueda extrapolarse ampliamente y seleccionarse formas convenientes de producción acuícola.

Un examen adicional de los trabajos que se tienen que realizar sugiere que la previsión de posibles actividades acuícolas sean realmente diagnosticadas.

A principios de la década de los 70's se inició el cultivo de tilapias en el Ejido de san Cayetano, Municipio de Tepic, Nayarit. Este centro de reproducción de Tilapias originalmente se utilizó con fines de repoblación de los cuerpos de agua del Estado. Lo cual situaba a la acuicultura de peces como una estrategia de apoyo al autoconsumo y subsistencia de poblaciones marginadas. Actualmente los Gobiernos Estatal y Federal (SEDER Y SAGARPA) están haciendo esfuerzos importantes tendientes a incorporar el procedimiento de reversión sexual de alevines como apoyo

a la producción comercial de tilapia, cambiando el enfoque original de esta actividad.

El uso de lagunas y embalses para la producción piscícola en Nayarit es una práctica relativamente nueva. Las lagunas de Santa María del Oro, San Pedro lagunillas y Tepeltitic, han sido ampliamente aprovechadas con resultados alentadores. La Laguna de Mora es un cuerpo de agua artificial relativamente pequeño que cuenta con aportes de aguas subterráneas en 4 sitios. Inicialmente se concibió como un reservorio de agua con fines de riego agrícola; objeto para el cual su capacidad ha sido rebasada. Actualmente cuenta con una tradición de uso recreativo limitado a visitantes locales, pero con buen potencial de crecimiento, no solo de la actividad turística, sino de su uso acuícola y aprovechamiento pesquero de especies introducidas.

La introducción de la tilapia en la Laguna de Mora es un hecho reciente que data de la últimas décadas el cual corrió a cargo de la anterior Secretaría de Pesca. Desde su introducción se han desarrollado actividades de extracción sin un aparente plan de manejo y comercialización, por lo que su impacto económico ha sido limitado. El esquema que pretendió este proyecto fue evaluar el potencial productivo de la Laguna de Mora e hidrológico para desarrollar el cultivo de tilapia en esta región.

3.1. Impacto socio económico.

El municipio de Tepic del estado de Nayarit, se compone de 51 localidades con diferente vocación productiva. Las características geográficas y climáticas de este municipio facilitan el establecimiento de una gran gama de actividades de producción. Estas actividades a

saber son: Agricultura, ganadería, turismo y comercio entre las más importantes figurando la industria como uno de los renglones menos socorridos, junto con la acuicultura que pese al potencial hidráulico de la región aún no despunta como una actividad que repercute de forma importante en la economía formal, La Laguna de Mora ha sido claramente desaprovechada, teniendo posibilidades serias de ser explotada con fines de obtener recursos económicos y generar empleos a la población del ejido y del municipio pudiendo beneficiar a 72 ejidatarios y sus familias.

3.2. Importancia de la evaluación del potencial acuícola.

El estudio del metabolismo de este sistema es de mucha importancia, ya que en él se pretenden desarrollar cultivos relacionados con tilapias, lo que hace también importante el estudio sobre la productividad natural. El fitoplancton requiere de los compuestos inorgánicos del nitrógeno y fósforo. Estos iones también llamados nutrientes, son necesarios para la formación de proteínas, aminoazúcares y nucleótidos. Los nutrientes con la temperatura y la intensidad de la luz son los responsables abióticos directos de la productividad natural en los ambientes acuáticos y su monitoreo es una herramienta metodológica en la hidrología (De la Lanza, 1994). El estudio de la productividad natural determina el sustento de las cadenas tróficas y nos explica la abundancia o pobreza trófica. En los medios acuáticos y principalmente en ambientes de cultivo, el principal producto de la excreción de los organismos es el amoniaco, que en presencia de una adecuada concentración de oxígeno y de bacterias específicas puede ser transformado en nitritos y nitratos. Los nitratos son la forma del nitrógeno biológicamente más accesible

para los vegetales acuáticos, y su concentración junto con los ortofosfatos, determina el crecimiento de la flora acuática (Peña, 2002)

El análisis del potencial acuícola de esta laguna se convierte pues en una necesidad impostergable. Sentar las bases del desarrollo de esta actividad en el municipio de Tepic contribuirá a diversificar las actividades de producción, consumo de alimentos e ingreso de los pobladores de las localidades cuyas características hídricas permitan este desarrollo.

Para este efecto fue imprescindible realizar una evaluación del potencial productivo específico de la Laguna de Mora que permitió identificar la modalidad del cultivo que se debe realizar en función de la serie de variables que se evaluaron, para así coadyuvar con el despegue del desarrollo acuícola.

3.3. Las especies de interés.

Para que exista garantía de éxito en el desarrollo de un cultivo se debe contar con la suficiente información acerca de las características de resistencia y adaptabilidad de las especies.

Las tilapias han demostrado ser en el lapso de 50 años desde su introducción en México uno de los géneros más exitosos desde el punto de vista de su versatilidad para incursionar en casi cualquier tipo de ambiente. Este género eminentemente apto para su desarrollo en ambientes tropicales, ha encontrado en el territorio mexicano condiciones muy favorables para su crecimiento y reproducción.

Actualmente se está dando un impulso importante a la producción de diversas especies de este género, entre las que destacan la tilapia

roja *Oreocromis mossambicus*, la tilapia Aurea *Oreocromis aureus* y la tilapia nilótica *Oreocromis niloticus*. La primera y la última de estas tienen un alto precio en el mercado nacional e internacional, mientras que la segunda se ha considerado como una especie destinada a la repoblación y autoconsumo, aunque esto obedece mas a la política de producción de los centros piscícolas del gobierno federal que dona los alevines de esta especie a quien lo solicite, previa justificación de su uso. No obstante esta especie tiene buena aceptación en los estados del centro de la república en donde se comercializa entre los 10 y 12 pesos por kilo al mayoreo.

O. mossambicus y *O. niloticus*, están disponibles en centros de producción de alevines en donde se les revierte sexualmente para masculinizarles, con el objeto de eliminar la reproducción no deseada durante el cultivo. El precio por alevín oscila entre los 50 y 60 centavos mexicanos.

Sin embargo en este estudio se pretenden evaluar *O. niloticus* y *O. aureus* por la adaptabilidad en las condiciones de temperatura, y tomando en cuenta que *O. aureus* se encuentra adaptada a las condiciones locales.

IV. HIPÓTESIS

Ho:

LA LAGUNA DE MORA TIENE CONDICIONES DE PRODUCTIVIDAD Y METABOLISMO DEL SISTEMA HIDROLÓGICO, ASI COMO UN GRADIENTE FISICO QUÍMICO APTO PARA EL CULTIVO DE TILAPIAS, VARIEDADES ((*Oreochromis aureus* y *Oreochromis niloticus*)

Ha:

LA LAGUNA DE MORA TIENE CONDICIONES DE PRODUCTIVIDAD Y METABOLISMO DEL SISTEMA HIDROLÓGICO, ASI COMO UN GRADIENTE FISICO QUÍMICO NO APTO PARA EL CULTIVO DE TILAPIAS, VARIEDADES (*Oreochromis aureus* y *Oreochromis niloticus*)

V. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECIFICOS

5.1.-OBJETIVO GENERAL

EVALUAR EL POTENCIAL PRODUCTIVO DE LA LAGUNA DE MORA EN EL MANEJO DEL CULTIVO DE TILAPIAS (*O. niloticus* y *O. aureus*)

5.2.-OBJETIVOS ESPECIFICOS

5.2.1.-Evaluar las condiciones hidrológicas del cuerpo de agua durante un ciclo anual.

5.2.2.-Determinar las condiciones de productividad natural y del metabolismo del sistema.

5.2.3.- Establecer los criterios del tipo de cultivo de las especies *O. niloticus* y *O. aureus* en la laguna de Mora.

5.3. METAS

5.3.1. Proponer un modelo de aprovechamiento sustentable del recurso tilapia, acorde a las características de productividad natural de la Laguna de Mora.

5.3.2. Con esto brindar alternativas para el desarrollo económico y social del ejido de Mora en el municipio de Tepic

VI. MATERIALES Y METODOS.

6.1 Zona de Estudio



Figura 1 Ortofoto del área de estudio

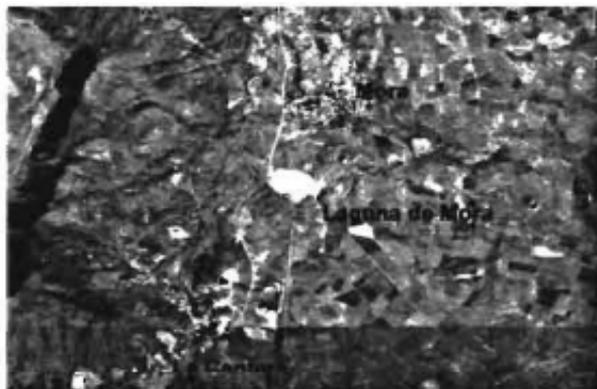


Figura 2 Ortofoto de las poblaciones cercanas a La Laguna de Mora

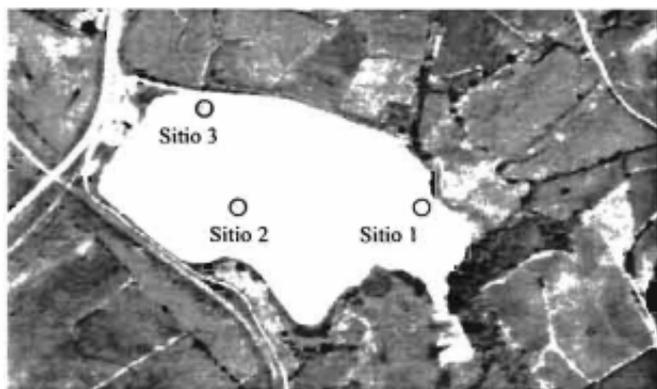


Figura 3 Ortofoto de los sitios de muestreo en La Laguna de Mora

El presente estudio se desarrolló en La Laguna de Mora que se encuentra ubicada a 4 km de la Ciudad de Tepic, Nayarit; durante un periodo de 12 meses, se consideraron 3 sitios que fueron georeferenciados mediante un GPS que dieron como resultado las siguientes Coordenadas:

Sitio 1

21°30'95"LN

104°48'48"LW

Lugar de nacimiento de los aportes de agua a la Laguna

Sitio 2

21°31'40"LN

104°48'69"LW

Punto central de la Laguna

Sitio 3

21°31'13"LN

104°48'70"W Zona de la compuerta de salida del sistema

En éstos sitios se llevaron a cabo las mediciones y registros necesarios mediante ciclos nictimerales cada 4 horas a partir de las 18:00 horas hasta las 14:00 horas del día siguiente sumando seis muestreos en las 24 horas, los muestreos se realizaron cercanos a la mitad de cada una de las cuatro estaciones del año.

Tabla 1 Horarios y fechas de muestreo por cada estación del año.

Estación del año	Hora	Fecha
Primavera	18:00, 22:00, 02:00, 06:00, 10:00, 14:00,	31/Mayo/2003
Verano	18:00, 22:00, 02:00, 06:00, 10:00, 14:00,	23/agosto/2003
Otoño	18:00, 22:00, 02:00, 06:00, 10:00, 14:00,	28/noviembre/2003
Invierno	18:00, 22:00, 02:00, 06:00, 10:00, 14:00,	15/febrero/2003

Para este estudio se utilizó una panga de 18 pies de eslora y 4 pies de manga impulsada por dos remos.

Para ubicar la zona de estudio se utilizaron tres ortofotos de un vuelo en el mes de mayo de 1995 con una resolución de 2m/píxel, una de ellas nos mostró gran parte del municipio de Tepic con dirección al área de estudio, otra de ellas es una aproximación mas clara de la

Laguna de Mora, la que nos mostró dos comunidades muy cercanas a ella, La Cantera y Mora, la tercera nos permitió encontrar el Área de la Laguna con ayuda del programa ArcView GIS 3.2 y con un GPS modelo II PLUS marca GARMIN para referenciar geográficamente los sitios de muestreo en La Laguna de Mora.

6.2. Evaluación de las condiciones hidrológicas de los cuerpos.

El conocimiento de las condiciones hidrológicas del cuerpo de agua sirvió para identificar condiciones favorables o limitantes para el desarrollo del cultivo de tilapia. Por otro lado, esta información sirvió y servirá de base para la identificación de las especies más adecuadas de acuerdo al perfil biológico de cada una de ellas en función de sus límites de tolerancia a tales condiciones ambientales.

5.2.1. Análisis físico-químico y de calidad del agua.

El Análisis físico químico y de calidad del agua consistió en la determinación de las principales variables físicas, químicas e indicadores de calidad en la Laguna durante un año, a la mitad de cada estación para determinar si dichos parámetros corresponden a las condiciones de la sobrevivencia de las especies de interés (tilapia) que serán cultivadas según su biología y características.

Tales variables fueron: Oxígeno disuelto (mg/l), Temperatura (°C) y pH, así como las formas del Nitrógeno: Nitratos (N-NO₃), Nitritos (N-NO₂) y Amonio (N-NH₄) y Los Ortosfatos (P-PO₄).

Las variables físico-químicas fueron determinadas conforme se describe a continuación: para la concentración de oxígeno disuelto se utilizó un oxímetro marca HANNA Mod. 9142 con membrana sumergible, para el pH un potenciómetro de campo marca HANNA Mod.9622, la temperatura se registró con un termómetro de cubeta de 0 a 100 °C.

La determinación de los nutrientes se realizó durante un periodo de 24 horas cada 4 horas, con el objeto de conocer las condiciones con que estos se presentan en el sistema; para dicha determinación se empleó la técnica colorimétrica con la utilización de un espectrofotómetro de campo (Multiparamétrico Mod. C-200 marca HANNA) para análisis de aguas, utilizando para cada parámetro los reactivos correspondientes. Las muestras se recolectaron por duplicado en un frasco de vidrio con un volumen de 500ml, dichas muestras se mantuvieron en una hielera a baja temperatura, después de obtener la totalidad de las muestras se introdujeron a una cámara de congelación para mantenerlas y procesarlas en un término de 48 horas, antes de medir las muestras se descongelaron a temperatura ambiente hasta que pudieran ser manipuladas.

6.3. Productividad Natural y metabolismo del sistema

Para evaluar la productividad Natural se determinó la productividad primaria neta, así como cantidad de zooplancton existente en el sistema.

6.3.1. Productividad Primaria Neta

A través de la determinación de niveles de clorofila a, b, y c.

Las muestras se recolectaron por duplicado en un frasco de vidrio con un volumen de 500ml, dichas muestras se mantuvieron en una hielera a baja temperatura, posteriormente después de obtener la totalidad de las muestras se introdujeron a una cámara de congelación para mantenerlas y procesarlas en un término de 48 horas, antes de medir las muestras se descongelaron a temperatura ambiente hasta que pudieran ser manipuladas.

El método empleado para la determinación de los niveles de clorofilas, fue el descrito por Richards y Thompson (1952) corregido por Jeffrey y Humphrey (1975) en Strickland y Parsons, (1972).

La extracción de las clorofilas se realizó tamizando las muestras de agua a 45 micras para eliminar el zooplancton, y filtrando a 0.7 micras de tamaño de poro, utilizando filtros de fibra de vidrio GF/C marca WHATMAN. Los filtros fueron dispuestos en tubos de ensaye con acetona al 90%, se incubaron durante 24 horas a temperatura de 3°C y fueron macerados con ayuda de un homogenizador Heydolph RZ-1, con cámara de molienda y flecha de acero inoxidable con punta de teflón. Ya maceradas, las muestras se centrifugaron durante 15 minutos para retirar el sobrenadante y leer al espectrofotómetro GENESIS 8 a diferentes longitudes de onda (750, 664, 647 y 630).

La cantidad de pigmento en la muestra de agua original se calculó usando las ecuaciones siguientes:

$$(Ca) \text{ Clorofila } a = 11.85 E_{664} - 1.54 E_{647} - 0.08 E_{630}$$

$$(Cb) \text{ Clorofila } b = 21.03 E_{647} - 5.43 E_{664} - 2.66 E_{630}$$

$$(Cc) \text{ Clorofila } c = 24.52 E_{630} - 1.67 E_{664} - 7.60 E_{647}$$

Donde E es la absorbancia a las diferentes longitudes de onda (corregida con la lectura del blanco a 750nm) y Ca, Cb y Cc son las cantidades de clorofila en $\mu\text{g/l}$.

$$\text{Mg Clorofila} / \text{m}^3 = C * v / V * 10$$

Donde v es el volumen de acetona empleado en mililitros (15ml), V es el volumen del agua de la muestra en litros y Ca, Cb y Cc, son los tres tipos de clorofila que serán reemplazados en la fórmula por C. ($\mu\text{g/ml} = \text{mg/m}^3$).

6.3.2.- Muestreo y conservación del zooplancton.

En la obtención de las muestras de zooplancton se filtró un volumen constante (57 litros) de la columna de agua. Se utilizó una cubeta de 19 litros y un tamiz de 45 micras como filtro, tamaño al cual se elimina la mayor proporción de fitopláncton. Ya tamizadas se conservaron en frascos de plástico, con formalina buffer al 5% (Steedman, 1976). A la solución de fomalina buffer se le adicionó Rosa de Bengala como colorante para facilitar el procesamiento de las muestras.

6.3.3. Conteo e identificación de grupos zooplanctónicos.

Para el conteo e identificación del zooplancton se trabajó con tallas homogéneas. Las muestras fueron estratificadas con tamices de 341, 190 y 45 micras para obtener sub muestras que fueron depositadas en tres probetas con volúmenes de agua conocidos. De cada una de ellas se tomó una alícuota de 1ml de acuerdo con Nuñez-Pastén, *et al.*, (1992). La alícuota se colocó sobre una cámara de conteo (Sedwick-Rafter) para procesamiento e identificación de organismos. Los resultados del conteo fueron extrapolados, primero al volumen de las probetas en el cual se diluyó el contenido de cada estrato y posteriormente a la densidad equivalente a su abundancia por litro. La identificación de los grupos zooplanctónicos se hizo con ayuda de las claves ilustradas por Needham y Needham (1978).

6.4.- Potencial hidráulico.

Para la determinación del potencial hidráulico del cuerpo de agua se analizó el área del sistema, la profundidad de la laguna, corrientes, su velocidad y el gasto de agua que nos permitió darnos la idea de como llevar a cabo la explotación para la producción acuícola, para el cálculo de éstos parámetros se aplicaron los principios de Física (Bueche, 2000) y se utilizaron ortofotos.

El área se calculó con una ortofoto digitalizada de la Laguna de Mora con resolución de 2m/píxel tomada en Mayo de 1995, utilizando un programa de cómputo denominado ArcView GIS 3.0, la profundidad se calculó con un cabo graduado de 6mm al cual se le agregó un lastre para precipitarlo al fondo, para el gasto se utilizó un recipiente de 19

litros y mediante la ecuación $Q=V/t$ (Bueche, 2000) se calculó el gasto de agua,

Donde:

"Q" representa el gasto de agua a calcular en l/s

"V" fue el Volumen de agua calculado en la compuerta de salida en litros.

"t" considerado como el tiempo en que se llenó el recipiente utilizado en segundos(s).

Las corrientes se determinaron de manera visual y con la ayuda de una veleta que indicaba su dirección.

La velocidad del agua se obtuvo mediante la ecuación $v= d/t$ (Bueche, 2000)

Donde "v" es la velocidad de la corriente en metros/seg.

"d" es la distancia recorrida por el objeto utilizado en metros

"t" es el tiempo empleado del objeto en desplazarse en segundos.

Estos parámetros sirvieron y servirán de base para poder diseñar el proceso de explotación de la actividad acuícola para una posterior etapa.

6.5. Análisis Estadísticos de los datos

A efecto de poder comprobar la hipótesis planteada del presente trabajo, de que existen condiciones naturales para poder llevar a cabo el cultivo de tilapias (*Oreochromis niloticus* y *Oreochromis aureus*) en el cuerpo de agua de la Laguna de Mora, Nayarit. Se realizaron muestreos durante las cuatro estaciones del año de las siguientes variables: temperatura, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, amoníaco, ortofosfatos y clorofila "a". Para poder tener evidencias suficientes de que dicho

cuerpo de agua reúne las condiciones mínimas necesarias para poder realizar el cultivo de dichas especies, estas variables se sometieron a un análisis estadístico utilizando el programa SAS 8.0, mediante un modelo de comparación de medias y un análisis de correlación con un valor de alfa igual a 0.05 de nivel de significancia.

VII. RESULTADOS

6.1.- Evaluación de las condiciones hidrológicas de los cuerpos.

7.1.1.- Análisis físico-químico y de nutrientes en el agua.

Tabla 2. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos en primavera

HORA	TEMP (°C)	PH	O_D (mg/lt)
18:00	27.40	8.50	9.02
22:00	26.00	8.69	7.44
02:00	25.07	8.64	6.67
06:00	24.33	8.73	7.30
10:00	24.87	8.67	8.56
14:00	25.83	8.63	8.78

Variación promedio de los factores Físicoquímicos de La Laguna de Mora en un ciclo Nictímeral en Primavera

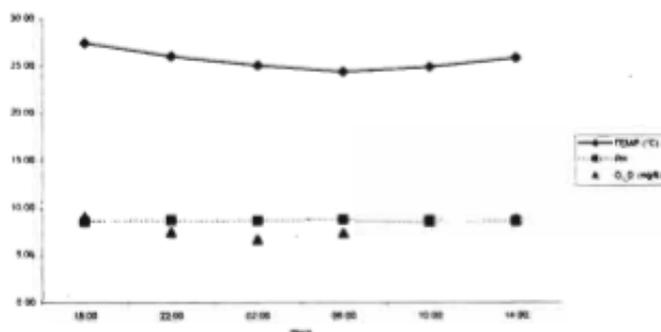


Figura 4. Variación de los parámetros físicoquímicos en primavera en La Laguna de Mora

Tabla 3. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos en verano

HORA	TEMP (°C)	PH	O ₂ (gr/lt)
18:00	25.97	8.32	6.57
22:00	26.23	7.93	6.60
02:00	25.03	9.30	6.67
06:00	24.50	7.52	4.53
10:00	24.43	7.95	4.47
14:00	24.90	8.11	4.83

Variación promedio de las Variables Fisicoquímicas de La Laguna de Mora en un ciclo Nictemeral en Verano

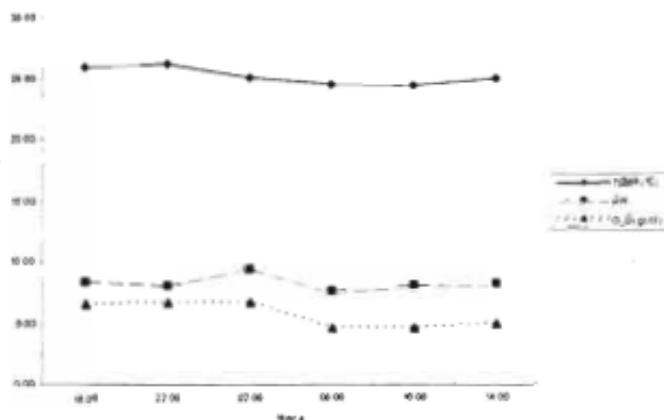


Figura 5. Variación de los parámetros fisicoquímicas en verano en La Laguna de Mora

Tabla 4 Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos en otoño

HORA	TEMP (°C)	PH	O ₂ D (gr/lit)
18:00	20.53	7.90	6.86
22:00	20.43	8.02	6.71
02:00	20.13	7.85	6.69
06:00	19.97	7.84	6.76
10:00	19.43	7.68	6.35
14:00	20.23	6.67	7.07

Variación promedio de los factores Fisicoquímicos de La Laguna de Mora en un Ciclo Nictimeral en Otoño

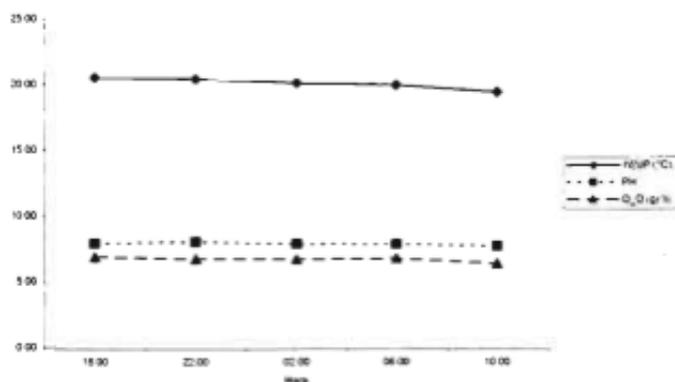


Figura 6. Variación de los parámetros fisicoquímicas en Otoño en La Laguna de Mora

Tabla 5 Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos en invierno

HORA	TEMP (°C)	PH	O ₂ (mg/lit)
18:00	20.60	7.86	10.53
22:00	19.70	8.01	8.27
02:00	19.20	7.74	7.70
06:00	18.87	7.85	8.00
10:00	19.93	7.98	9.70
14:00	20.33	8.31	10.07

Variación promedio de los factores Fisicoquímicos de La Laguna de Mora en un ciclo Nictimeral en Invierno

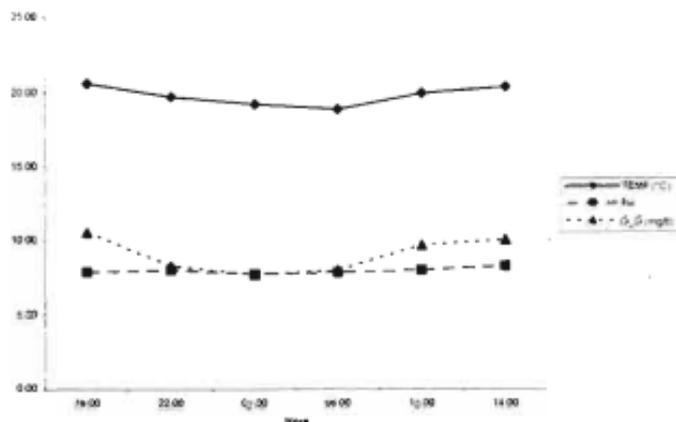


Figura 7. Variación de los parámetros fisicoquímicos en invierno en La Laguna de Mora

Tabla 6 Valores promedio de los nutrientes en primavera

Hora	N-NO2	N-NO3	N-NH4	P-PO4
18:00	0.02	1.37	0.51	1.16
22:00	0.01	0.83	0.31	1.97
02:00	0.01	0.87	0.17	1.74
06:00	0.02	0.50	0.12	1.65
10:00	0.01	0.73	0.39	1.17
14:00	0.01	1.00	0.31	1.76

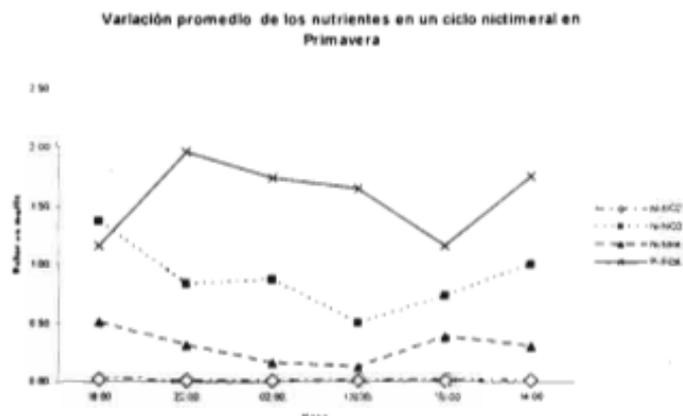


Figura 8. Variación de los nutrientes en primavera en La Laguna de Mora.

Tabla 7 Valores promedio de los nutrientes en verano

HORA	N-NO2	N-NO3	N-NH4	P-PO4
18:00	0.01	0.13	0.13	1.27
22:00	0.01	0.06	0.39	1.20
02:00	0.00	1.13	0.19	0.77
06:00	0.01	2.33	0.07	0.58
10:00	0.01	1.27	0.22	1.17
14:00	0.02	3.40	0.14	1.14

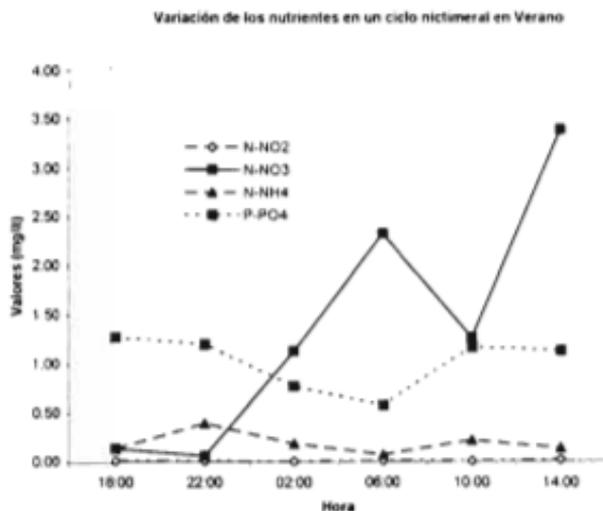


Figura 9. Variación de nutrientes en verano en La Laguna de Mora

Tabla 8 Valores promedio de los nutrientes en otoño

HORA	N-NO2	N-NO3	N-NH4	P-PO4
18:00	0.05	7.97	0.21	1.42
22:00	0.04	4.30	0.19	1.87
02:00	0.03	2.70	0.18	2.49
06:00	0.03	1.97	0.35	2.51
10:00	0.04	2.03	0.24	2.48
14:00	0.04	3.47	0.11	1.85

Variación de los nutrientes en un ciclo nictemeral en Otoño

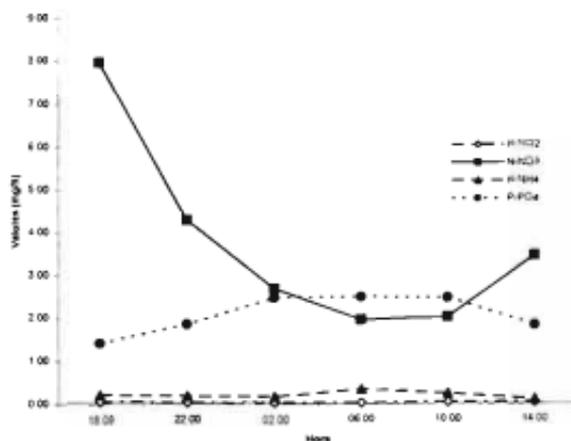


Figura 10. Variación de los nutrientes en otoño en La Laguna de Mora

Tabla 9 Valores promedio de los nutrientes en Invierno

HORA	N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH ₄	P-PO ₄
18:00	0.03	14.00	0.46	1.08
22:00	0.04	4.77	0.67	1.93
02:00	0.04	2.00	0.43	2.16
06:00	0.03	1.07	0.42	2.63
10:00	0.03	0.17	0.32	0.46
14:00	0.04	6.53	0.52	2.16

Variación de los nutrientes en un ciclo nocturno en invierno

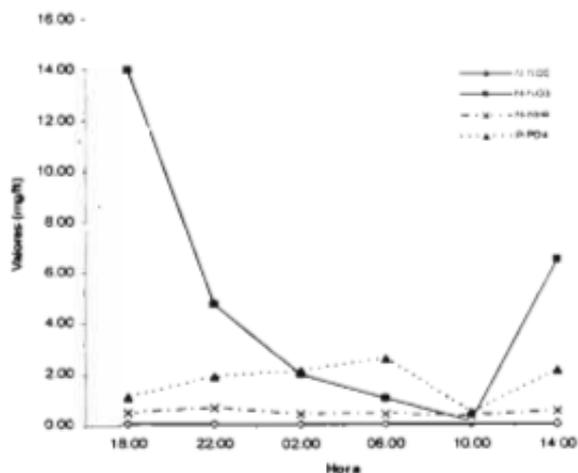


Figura 11. Variación de los nutrientes en invierno en La Laguna de Mora

Variación espacio temporal de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la laguna de Mora

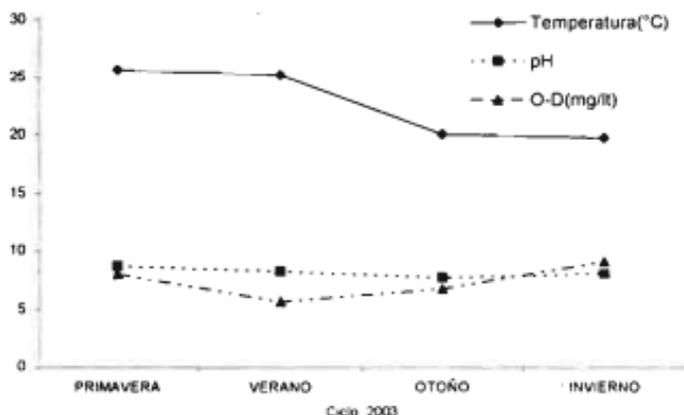


Figura 12. Variación espacio temporal de los principales parámetros físico químicos en la Laguna de Mora.

La temperatura durante el año (Figura 12) se consideró normal de acuerdo con el clima de la zona, iniciando por arriba de los 26°C en primavera, en verano tuvo una disminución mínima y durante el otoño se observó una disminución más acentuada culminando en invierno por debajo de los 20°C. El pH presentó pequeñas variaciones en intervalos de entre 7.7 en otoño y 8.7 en primavera, valores intermedios de este factor se presentaron en verano e invierno, y solo en una ocasión se tuvo un registro menor al 7. En cuanto al oxígeno disuelto en el agua los valores en primavera estuvieron cerca de los 8mg/l, descendiendo en el verano a valores cercanos a 5mg/l, posteriormente se registró un incremento en otoño, presentándose su máxima concentración en el invierno.

Variación espacio temporal de los nutrientes en la Laguna de Mora

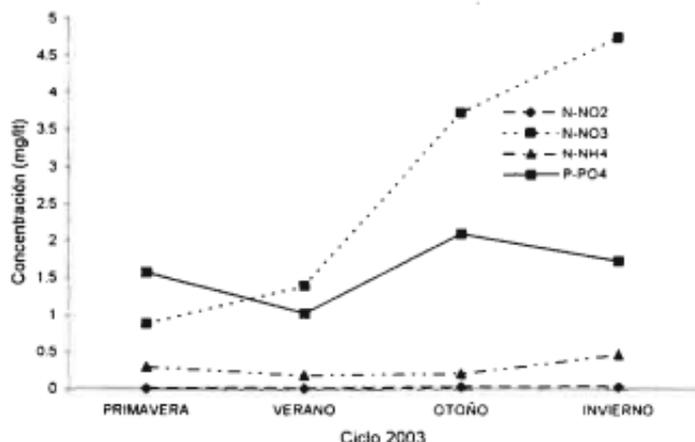


Figura 13. Variación espacio temporal de las sales inorgánicas del Nitrógeno y Fósforo.

Durante el año (Figura 13), se registraron valores en la concentración de nitratos en intervalos menores de 1mg/l, mismos que fueron incrementándose ligeramente hacia el verano. Esta tendencia continuó durante el otoño en el cual se observó un incremento importante, culminando en el invierno donde se alcanzaron valores por encima de 4.5 mg/l. Los ortofosfatos variaron en rangos por arriba de 1.5 mg/l notándose una declinación en verano. En el otoño los valores se incrementaron alcanzando concentraciones superiores a 2.1mg/l, disminuyendo ligeramente en invierno; En cuanto al amonio(N-NH₄) los valores se fueron incrementando paulatinamente a partir del verano hasta el invierno. Los nitritos(N-NO₂) se mantuvieron sin variaciones importantes.

7.2.- Productividad Natural y metabolismo del sistema

6.2.1.-Productividad Neta

Variación espacio temporal de la concentración de clorofila en la Laguna de Mora

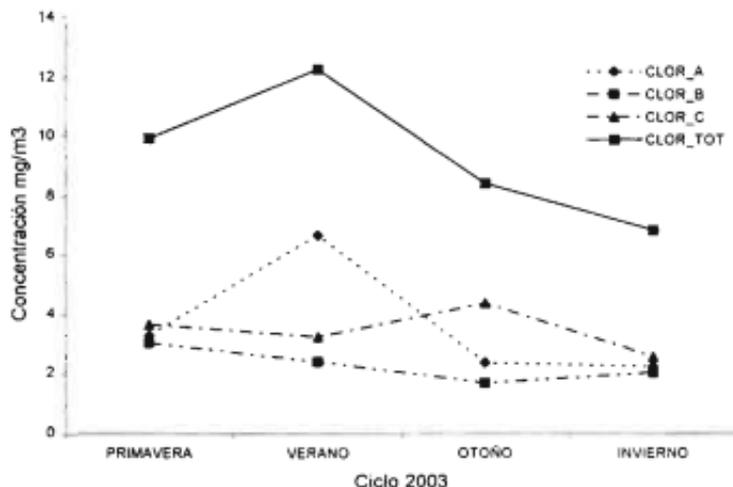


Figura 14. Variación espacio temporal de la concentración de clorofilas en la Laguna de Mora.

El comportamiento de la clorofila (Figura 14) cuyo interés de estudio nos remite al comportamiento de la clorofila alfa (a), nos muestra que en primavera se observaron valores relativamente bajos (arriba de 2.0mg/m^3), incrementándose en el verano en alrededor 6.10mg/m^3 . Estos valores disminuyeron posteriormente en otoño y un poco mas en invierno, aunque permanecieron siempre por arriba de los 2.0mg/m^3 .

7.2.2.- Composición y abundancia del zooplancton.

Tabla 10. Composición y Densidad de los grupos del zooplancton en la Laguna de Mora

Grupos Zooplanctónicos	Densidad (Org/l.)
ROTIFEROS	
<i>Testudinella</i>	349
<i>Polyarthra</i>	19
<i>Gastropus</i>	5
HUEVOS	
Huevos de crustáceos	2
Huevos de otras especies	52
COPÉPODOS	
<i>Cyclops</i>	79
FORMAS LARVARIAS	
Nauplios	5
Peliveliger	47
Trocóforas de Gasterópodos	4
Larvas de Dípteros (<i>Chironomus</i>)	7
Poliquetos	2
PROTOZOARIOS	
<i>Tokoprya</i>	2
<i>Urocentrum</i>	130
<i>Cerathium</i>	2
Esporas de <i>Physarium</i>	14
<i>Sympetrum</i>	4
Colonias de <i>Physarium</i>	7

En la tabla 10 se muestran los resultados de abundancia en promedio anual en la Laguna de Mora, presentándose con mayor frecuencia los rotíferos con 373 org/lit y con menos frecuencia los poliquetos con 2 org/lit, se encontraron también huevos, algunas formas

larvarias, esporas y colonias de *Physarium*, así como una cantidad importante de protozoarios predominando el genero *Urocentrum*, también observamos en esta tabla una cantidad importante de copépodos del género *Cyclops* a razón de 79 org/lt.

7.3.- Potencial hidráulico.

La Laguna de Mora es un cuerpo de agua artificial cuyos aportes se reciben de cuatro nacimientos subterráneos y por aporte pluvial, el gasto de agua promedio durante todo el año fue de 19l/s, teniendo en verano el máximo aporte de agua debido a la época de lluvias, la velocidad de la corriente en promedio se manifiesta a razón de 0.02m/s en promedio. La profundidad máxima encontrada fue 4.36m en verano en el mes de agosto y la mínima de 0.69m en primavera en el mes de Mayo.

El área total de la Laguna en época seca fue de 1,499,476 m², en verano se incrementó a 2,023,680m². Las corrientes de agua se manifestaron principalmente por la acción de los vientos en dirección de los mismos con una marcada dominancia hacia el sureste y en dirección de la salida a la compuerta de la Laguna por la pendiente que ésta presenta.

7.4 Análisis estadísticos de los datos

Tabla 11. Valores promedio anual y desviación estándar de las variables evaluadas.

Variable	Media	Mínimo	Máximo
TEMPERATURA	22.66 ± 2.87	18.80	29.60
PH	8.11 ± .72	6.37	12.50
OD	7.91 ± 1.95	2.50	11.30
NO2	0.02 ± 0.16	0	0.05
NO3	2.08 ± 1.98	0	8.20
NH4	0.29 ± 0.24	0.04	1.03
PO4	1.61 ± 0.74	0.14	2.75
CLORA	3.62 ± 1.80	2.14	7.11

Tabla 12. Valores promedio y desviación estándar en la estación primavera de las variables evaluadas

Variable	N	Media	Mínimo	Máximo
TEMPERATURA	18	25.58 ± 1.27	23.80	29.60
PH	18	8.64 ± 0.11	8.30	8.76
OD	18	7.96 ± 1.05	6.02	9.75
NO2	18	0.013 ± 0.01	0	0.02
NO3	18	0.88 ± 0.51	0.10	2.70
NH4	18	0.30 ± 0.23	0.050	0.90
PO4	18	1.57 ± 0.39	0.54	2.24
CLORA	18	3.26 ± 0.16	2.96	3.56

Tabla 13. Valores promedio y desviación estándar en la estación verano de las variables evaluadas

Variable	N	Media	Mínimo	Máximo
TEMPERATURA	18	25.18 ± 0.80	24.10	26.70
PH	18	8.19 ± 1.12	7.38	12.50
OD	18	5.61 ± 1.40	2.50	7.00
NO2	18	0.01 ± 0.01	0	0.05
NO3	18	1.39 ± 1.49	0	6.00
NH4	18	0.19 ± 0.19	0.04	0.88
PO4	18	1.02 ± 0.54	0.35	2.15
CLORA	18	6.63 ± 0.29	6.33	7.11

Tabla 14. Valores promedio y desviación estándar en la estación otoño de las variables evaluadas

Variable	N	Media	Mínimo	Máximo
TEMPERATURA	18	20.122 ±0.40	19.40	20.90
PH	18	7.66 ± 0.50	6.37	8.28
OD	18	7.83 ± 0.46	7.00	8.97
NO2	18	0.037 ± 0.01	0.02	0.05
NO3	18	3.74 ± 2.13	1.80	8.20
NH4	18	0.21 ± 0.13	0.10	0.70
PO4	18	2.10 ± 0.54	0.75	2.75
CLORA	18	2.36 ± 0.08	2.27	2.60

Tabla 15. Valores promedio y desviación estándar en la estación invierno de las variables evaluadas

Variable	N	Media	Mínimo	Máximo
TEMPERATURA	18	19.77 ± 0.72	18.80	21.70
PH	18	7.96 ± 0.28	7.60	8.90
OD	18	10.23 ± 1.12	7.10	11.30
NO2	18	0.035 ± 0.01	0	0.05
NO3	18	2.32 ± 2.08	0	7.10
NH4	18	0.47 ± 0.30	0.10	1.03
PO4	18	1.74 ± 0.97	0.14	2.75
CLORA	18	2.24 ± 0.06	2.14	2.36

Tabla 16 Prueba de Tukey para la variable Temperatura

Grupo	Media	N	Estación
a	25.58	18	Primavera
a			
a	25.18	18	Verano
b	20.12	18	Otoño
b			
b	19.77	18	Invierno

Tabla 17 Prueba de Tukey para la variable pH

Grupo	Media	N	Estación
a	8.64	18	Primavera
a			
b a	8.19	18	Verano
b	7.96	18	Invierno
b			
b	7.66	18	Otoño

Tabla 18. Prueba de Tukey para la variable Oxígeno Disuelto

Grupo	Media	N	Estación
a	10.23	18	Invierno
b	7.96	18	Primavera
b	7.83	18	Otoño
c	5.61	18	Verano

Tabla 19. Prueba de Tukey para la variable N-NO₂

Grupo	Media	N	Estación
a	0.037	18	Otoño
a	0.036	18	Invierno
b	0.013	18	Primavera
b	0.010	18	Verano

Tabla 20. Prueba de Tukey para la variable N-NO₃

Grupo	Media	N	Estación
a	3.74	18	Otoño
a			
b a	2.32	18	Invierno
b			
b	1.39	18	Verano
b			
b	0.88	18	Primavera

Tabla 21. Prueba de Tukey para la variable N-NH₄

Grupo	Media	N	Estación
a	0.47	18	Invierno
a			
b a	0.30	18	Primavera
b			
b	0.21	18	Otoño
b			
b	0.19	18	Verano

Tabla 22. Prueba de Tukey para la variable P-PO₄

Grupo	Media	N	Estación
a a	2.10	18	Otoño
a a	1.74	18	Invierno
b a b	1.57	18	Primavera
b	1.02	18	Verano

Tabla 23. Prueba de Tukey para clorofila "a"

GRUPO	MEDIA	N	ESTACION
a	6.63	18	Verano
b	3.26	18	Primavera
c	2.36	18	Otoño
c c	2.24	18	Invierno

En este análisis podemos observar que se produjeron tres grupos para las diferentes variables (a, b, y c) y dos interacciones (ab y bc) en función de su significancia. Lo que nos indica que, las medias de cada variable durante las diferentes estaciones del año del mismo grupo no tienen diferencia significativa, por ende lo contrario con los valores de diferente grupo.

TABLA 24. Resumen de la prueba de medias \pm desviación estándar en las diferentes estaciones del año para los factores analizados (Tukey 95%).

FACTOR	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
Temperatura	25.58 \pm 1.27a	25.18 \pm 0.80 a	20.12 \pm 0.41 b	19.77 \pm 0.72 b
pH	8.64 \pm 0.11 a	8.19 \pm 1.12 ab	7.66 \pm 0.50 b	7.96 \pm 0.28 b
O-D	7.96 \pm 1.05 a	5.61 \pm 1.40 c	6.74 \pm 0.48 b	9.04 \pm 1.68 a
N-NO2	0.01 \pm 0.006 b	0.01 \pm 0.01 b	0.04 \pm 0.01 a	0.36 \pm 0.01 a
N-NO3	0.88 \pm 0.51 c	1.39 \pm 1.49 bc	3.74 \pm 2.13 ab	2.32 \pm 2.08 ab
N-NH4	0.30 \pm 0.23 ab	0.19 \pm 0.19 b	0.21 \pm 0.13 b	0.47 \pm 0.30 a
P-PO4	1.57 \pm 0.39 ab	1.02 \pm 0.54 b	2.10 \pm 0.54 a	1.74 \pm 0.96 a
Clorofila <i>a</i>	3.26 \pm 0.16 b	6.63 \pm 0.29 a	2.36 \pm 0.08 c	2.24 \pm 0.06 c

Medias con diferente subíndice entre estaciones del año, son estadísticamente diferentes entre sí. $p < 0.05$. (Tukey HSD)

La tabla No. 24, es un resumen de la comparación de medias de las variables analizadas respecto a su comportamiento espacio temporal. Se encontraron diferencias significativas en el comportamiento estacional de todos los factores analizados.

Tabla 25. Análisis de correlación de Pearson entre las variables. Tomando en cuenta las mediciones durante un año.

	TEMPERATURA	PH	OD	N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH ₄	P-PO ₄	CLOROFILA "a"
TEMPERATURA	1.00000	0.40823 0.0004	-0.49970 <.0001	-0.70532 <.0001	-0.41313 0.0003	-0.15143 0.2042	-0.44916 <.0001	0.66883 <.0001
PH	0.40823 0.0004	1.00000	-0.03368 0.7788	-0.34528 0.0030	-0.27899 0.0176	-0.00070 0.9953	-0.13505 0.2580	0.15374 0.1973
OD	-0.49970 <.0001	-0.03368 0.7788	1.00000	0.50591 <.0001	0.00169 0.9888	0.39284 0.0006	0.22823 0.0538	-0.72921 <.0001
N-NO ₂	-0.70532 <.0001	-0.34528 0.0030	0.50591 <.0001	1.00000	0.41308 0.0003	0.24585 0.0374	0.25942 0.0278	-0.60182 <.0001
N-NO ₃	-0.41313 .0003	-0.27899 0.0176	0.00169 0.9888	0.41308 0.0003	1.00000	0.02013 0.8667	0.12692 0.2880	-0.27474 0.0195
N-NH ₄	-0.15143 0.2042	-0.00070 0.9953	0.39284 0.0006	0.24585 0.0374	0.02013 0.8667	1.00000	0.14088 0.2379	-0.26520 0.0244
P-PO ₄	-0.44916 <.0001	-0.13505 0.2580	0.22823 0.0538	0.25942 0.0278	0.12692 0.2880	0.14088 0.2379	1.00000	-0.48538 <.0001
CLOROFILA "a"	0.66883 <.0001	0.15374 0.1973	-0.72921 <.0001	-0.60182 <.0001	-0.27474 0.0195	-0.26520 0.0244	-0.48538 <.0001	1.00000

El comportamiento observado a partir de contrastar las medias de las variables entre sí fue obtenido con el análisis de correlación de Pearson. Con ello se estableció el grado de asociación que existe entre ellas, así como su relación directa e indirecta.

Se observó que al aumentar los valores de la temperatura disminuyeron los valores del Oxígeno Disuelto, N-NO₂, N-NO₃ y P-PO₄. Esta disminución en los factores mencionados coincide con un aumento de los valores de la Clorofila "a", lo cual permite inferir bioasimilación de nutrientes por las microalgas y su reproducción masiva. En el caso del oxígeno disuelto, su disminución puede explicarse por la respiración de las microalgas en la fase oscura y por la disminución del porcentaje de saturación asociado al aumento de la temperatura del agua.

Los valores del pH observaron una relación inversa con los nitritos lo cual se debe probablemente a la conversión del nitrito en nitrato por oxidación.

Para el oxígeno se encontró una relación directa entre el aumento de las concentraciones de este gas y las de N-NO₂ y N-NH₄. y una relación indirecta con respecto a la clorofila "a". No obstante, se encontró que al aumentar los niveles de clorofila "a" se observó una disminución de P-PO₄ y N-NO₂.

VIII. DISCUSIONES

8.1.- Evaluación de las condiciones hidrológicas de los cuerpos.

7.1.1.- Análisis físico-químico y de calidad del agua.

Las variaciones diurnas de la temperatura observaron una oscilación normal debido al efecto de calentamiento producido por la insolación en el día y de enfriamiento durante la noche. Las variaciones estacionales de este factor fueron más amplias en los periodos de primavera y verano comparadas con aquellas de otoño e invierno en las que fue mínima la variación entre el día y la noche.

Durante los ciclos nictimerales, en primavera (figura 4) se observaron descensos en la temperatura durante la noche y aumento durante el día, situación que se considera normal para este tipo de clima con un diferencial de un poco más de 3 °C respecto a la variación diurna. En el Verano (figura 5) la temperatura mantuvo una menor variación que en la primavera (aproximadamente 2°C), esto debido a la influencia de días nublados cuya frecuencia fue notable durante esa época, fenómeno que también afectó al pH que se denotó variable durante el día.

En términos generales el pH observó un comportamiento estable con una variación mínima, lo cual denota homogeneidad en los procesos de degradación y remineralización de materiales orgánicos en presencia de oxígeno.

El comportamiento del oxígeno disuelto en el agua manifestó disminuciones nocturnas en su concentración, lo cual se atribuye al

comportamiento respiratorio normal de microalgas en la fase oscura, y a la acción bacteriana de descomposición de materia orgánica.

En la época de otoño (figura 6) prácticamente no existió variación de los parámetros fisicoquímicos, lo que pareciera ser que al no variar la temperatura no se presentan cambios importantes en los demás parámetros fisicoquímicos. Durante el invierno (figura 7) la variación diurna presenta cambios en la temperatura con variaciones mínimas por arriba de 1°C y menor a 2°C, incidiendo principalmente en el oxígeno disuelto que tuvo una variación hacia la baja durante la noche aunque hay que destacar que los valores de oxígeno disuelto en el agua fueron superiores en esta época por arriba de 8mg/l, también debido a que en invierno la producción de microalgas es muy limitante.

En relación a la variación espacio-temporal de los parámetros fisicoquímicos durante el año se observó que el comportamiento de la temperatura fue normal para la zona de estudio, generalmente se presentan mayores temperaturas durante la primavera que a la mitad del verano, esto debido a los intensos nublados y precipitaciones que se derivaron en el periodo lluvioso, el pH tuvo el valor mas bajo en otoño, sin embargo su variación fue muy pequeña. Con respecto al oxígeno disuelto se logró determinar claramente una declinación en verano debido al incremento de la temperatura por un lado, y por otro, al incremento en la presencia de algas que generaron un consumo superior de oxígeno. Cabe destacar que en esta etapa del verano se presentó un "Bloom" debido al aporte de nutrientes por arrastre pluvial que permitieron el desdoblamiento acelerado de las microalgas, factor que aunado a días nublados persistentes en esa época, ocasionaron un consumo de oxígeno hasta niveles de extinción. Este fenómeno pudo ser claramente observado durante el verano, seguido de una rápida

recuperación en las siguientes estaciones. Durante el otoño este efecto se observó en el sentido inverso aumentando paulatinamente hasta el invierno, por lo que se infiere una mayor solubilidad del gas al tener bajas temperaturas. Los resultados encontrados de las variables fisicoquímicas nos permiten inferir que son aptos durante la primavera, verano y otoño para el cultivo de tilapias. Lo anterior coincide con lo descrito por diversos autores como, Boyd 1990, Morales 1991, Castillo 1994, Alamilla 2002; quienes encontraron que el factor temperatura es una limitante para los cultivos por el bajo crecimiento que presenta la tilapia a temperaturas menores a los 20°C, por lo tanto es necesario descartar el cultivo durante el invierno.

Respecto a los nutrientes (Figura 13), se registraron valores en la concentración de nitratos con intervalos menores de 1mg/lit, mismos que fueron incrementándose ligeramente hacia el verano. Este fenómeno coincidió con la presencia de una mayor tasa de producción de las microalgas que son muy sensibles a la presencia de condiciones favorables y responden casi instantáneamente aumentando la productividad natural. Este fenómeno se observó de manera mas pronunciada durante el otoño, culminando en el invierno, donde la variación alcanzó valores por encima de 4.5mg/l. En esta etapa, las menores intensidades de la luz y la baja actividad fotosintética de las microalgas pudieron ser la razón de la presencia de valores más altos de nitratos que los encontrados en verano (gráfica 14).

Los ortofosfatos variaron en rangos por encima de los 1.5mg/l notándose una declinación en verano debida a la biodisposición por las microalgas que presentaron afloramientos en esta época (gráfica 14). En el otoño los valores se incrementaron por encima de 2.1mg/l, disminuyendo ligeramente en invierno; En cuanto al amonio(N-NH₄) los

valores incrementaron gradualmente a partir del verano hacia los periodos de primavera e invierno, debido a la acumulación de material orgánico por la disminución del aporte hidrológico y la acumulación de desechos metabólicos de los peces cultivados.

Los nitritos ($N-NO_2$) no observaron variaciones importantes, probablemente debido a que existe en el sistema una adecuada actividad bacteriológica que en presencia del oxígeno actúa de forma efectiva, convirtiendo tanto la amonía ($N-NH_4$) como los nitritos ($N-NO_2$) en una forma menos agresiva del nitrógeno como son los nitratos ($N-NO_3$). Existe similitud en los resultados encontrados por Peña et.al. 2002 respecto al comportamiento de los nutrientes en la mayor parte de los sitios analizados en Aguamilpa. Los niveles encontrados de los nutrientes no representan un peligro para la producción de tilapia, las formas tóxicas de nitrógeno se encuentran en niveles aceptables par su cultivo (Haywood, 1983, Hagopian y Riley, 1998, Peña et. al., 2002).

8.2.- Productividad Natural y metabolismo del sistema

8.2.1.-Productividad Neta

En relación a la clorofila (Figura 14) cuyo interés de estudio nos remite al comportamiento de la clorofila alfa (a) podemos apreciar un importante concentración en el verano, debido a una disponibilidad importante de nutrientes y condiciones físico químicas favorables para el desarrollo algal.

Analizando el comportamiento espacio temporal anual de los parámetros físicoquímicos, nutrientes y clorofila "a" se puede apreciar con claridad la ocurrencia del "bloom" durante el verano; fenómeno íntimamente

ligado al incremento de la temperatura y a la mayor disponibilidad de nutrientes, condiciones que se denotan favorables para el desarrollo de las microalgas. Otro elemento que soporta éste fenómeno es el aumento en el consumo de O_2 en el agua por parte de la microalgas, factor que sumado a los recurrentes nublados que se presentaron, pueden explicar las concentraciones de oxígeno en niveles de extinción.

Existe poca información con respecto a la productividad natural en cuerpos de agua continentales, a nivel local, se han realizado algunos estudios sobre estos aspectos en el Embalse de Aguamilpa. Peña *et al.* 2002, describe en sus resultados, condiciones mesotróficas del embalse y límites de variación ambiental apropiadas para el cultivo de tilapias aunque establece una serie de consideraciones de riesgo ambiental y de contaminación acuática. Es importante destacar que la laguna de Mora puede más bien considerarse un cuerpo de agua artificial y sus dimensiones y profundidad distan mucho de ser comparables con sistemas lénticos naturales como los anteriormente citados. De la Lanza, 1993, García y Nagaya 1994 coinciden en que los sistemas oligotróficos se encuentran en el rango de .950 a 2.60mg/m³ de clorofila "a", los sistemas mesotróficos y eutróficos se encuentran por encima de estos valores, por lo que este sistema coincidiendo con los autores citados se ubica dentro del estado mesotrófico. Otro aspecto importante es que cada sistema por sí mismo posee un metabolismo diferente, por lo que su comportamiento productivo puede ser comparado en lo general con otros aunque con la debida reserva.

8.2.3. Composición y abundancia del los grupos zooplanctónicos.

La Composición que presentó el zooplancton en La Laguna de mora se manifiesta por una importante abundancia de rotíferos, los

cuales son característicos de un sistema eutrófico, pero que al combinar la presencia de éstos con otros factores como macrófitas, valores de nutrientes y concentraciones de clorofila presentes en el sistema nos puede indicar que se trata de un cuerpo de agua mesotrófico, coincidiendo con autores como Conde-Porcuna et al, 2004. quienes mencionan que la presencia de rotíferos también puede deberse a la presencia no limitada de fósforo ya que dentro del zooplancton, éstos son más sensibles a la limitación de fósforo que los crustáceos lo cual concuerda con lo también descrito por Morales-Baquero y Conde-Porcuna, 2000; Conde-Porcuna et al., 2002. Los rotíferos juegan un papel fundamental en las cadenas tróficas pelágicas. Son un eslabón entre el fitoplancton y los consumidores secundarios, pero su importancia se acrecienta porque pueden transferir materia y energía desde bacterias y partículas detríticas de pequeño tamaño, que son recursos no utilizables por otros organismos planctónicos (Conde-Porcuna et al, 2004), esto nos permite inferir que la presencia de estos organismos permiten mantener de cierta manera el equilibrio trófico del sistema lagunar.

8.3.- Potencial hidráulico.

Las características que presenta La Laguna de Mora, sugiere que tiene un potencial hidráulico importante debido a que es alimentada por cuatro nacimientos de ojos de agua subterráneos que llenan el vaso de la Laguna, el aporte de agua por precipitación y el incremento del flujo de agua de los nacimientos, originan que en el verano se localice el mayor potencial hidráulico del año, el gasto se considera suficiente si se desea realizar un cultivo extensivo de tilapia (Wicki y Gromenida 1997;



Alamila, 2002), para sugerir un cultivo semiintensivo o intensivo habría que invertir en tecnología con sistemas de aireación, la experiencia adquirida con las condiciones que se presentaron durante el año, sobretodo el afloramiento en verano del fitoplancton que provocó bajas de oxígeno disuelto en el agua, son indicativos de tener cuidado con la intensificación sin el manejo y tecnología adecuada; por otra parte los fuertes vientos durante casi todo el año manifiestan corrientes importantes generadas por la acción de estos, factor favorable para la importante presencia de oxígeno disuelto, la mayor profundidad de la Laguna se encuentra en la compuerta de salida (sitio 3) y la menor en la zona de alimentación de los ojos de agua (sitio 1).

8.4. Análisis estadístico de los datos

Según la prueba de tukey de comparación de medias, la temperatura promedio durante las estaciones de primavera y verano no presentaron diferencias significativas. Lo mismo ocurrió entre el otoño e invierno.

Respecto al pH. No se encontró variación significativamente diferente durante el verano, otoño e invierno. De igual manera con la primavera y el verano. Por otro lado, en el verano se observó interacción con la primavera como con el otoño e invierno, lo cual permite inferir una variabilidad mínima difícilmente considerada significativa en función de sus diferencias estadísticas.

El Oxígeno Disuelto (O.D.), no presentó diferencia entre las estaciones de primavera e invierno, no obstante, hubo diferencias significativas entre el otoño y el verano respecto a la primavera e invierno. Así mismo se observaron diferencias entre la estación de verano con el otoño y las demás estaciones del año. Con respecto al

nitrito ($N-NO_2$), solo se presentaron dos grupos de significancia, uno durante la primavera y el verano sin diferencias y otro en el otoño e invierno, sin diferencia significativa. Respecto a esta variable las diferencias encontradas fueron realmente minimas entre los dos grupos, por lo que sería difícil inferir diferencias significativas.

Respecto al amonia ($N-NH_4$), durante el invierno se manifestó la mayor variabilidad con respecto a las demás estaciones del año. No se encontraron diferencias entre el verano y otoño, ni entre estas dos con respecto a la primavera. Se encontró igualdad entre las estaciones de primavera e invierno.

En los ortofosfatos ($P-PO_4$) no se observaron diferencias entre el otoño, invierno y primavera por lo que se consideraron estadísticamente iguales. Tampoco se encontraron diferencias significativas entre los valores de esta variable en la primavera y el verano.

En relación a la clorofila *a* (CLOR "a"), los valores encontrados durante el otoño e invierno, no presentaron diferencias significativas. Aunque el verano fue estadísticamente diferente respecto a las demás estaciones del año.

El análisis de datos respecto a la correlación entre variables nos indica que el fitoplancton dependió en gran medida de los ortofosfatos y de los nitritos. Aparentemente no existe una fuerte dependencia de este con los nitratos; lo cual puede evidenciar la presencia de una intensa actividad bacteriana que en presencia de oxígeno mantuvo sin incrementos importantes los niveles de amonia durante casi todo el ciclo.

IX. CONCLUSIONES.

1. Las condiciones de productividad natural en la laguna de Mora son las características de un sistema mesotrófico con un metabolismo típico de ambientes lénticos de baja profundidad, con adecuada mezcla en verano y estratificación en invierno.

2. Los resultados del análisis hidrológico demuestran que existen condiciones para el desarrollo de cultivo de tilapia en la laguna de Mora en la modalidad extensiva para las dos especies descritas. El desarrollo del cultivo puede ser eficientemente conducido entre los meses de Marzo a Noviembre, etapa en la que se presentan condiciones ambientales más favorables para este uso.

3. Existe disponibilidad de nutrientes durante todo el año, factor que permite manejar de manera eficiente un cultivo de tilapia mediante la producción natural del sistema como sustento de la relación trófica de estos organismos con la laguna.

4. El Potencial productivo de la laguna puede ser incrementado con fines de uso acuícola considerando estrategias de fertilización en las etapas de menor producción o cuando el comportamiento productivo del sistema así lo requiera. No obstante, existe en ello el riesgo de modificar la estructura trófica del sistema y poner en peligro su equilibrio natural, mismo que está siendo modificado de por sí con la introducción de estas especies.

5 El uso de estrategias de intensificación como el cultivo de tilapia en jaulas en esta Laguna, sugiere un riesgo importante por las altas

densidades de siembra y las grandes cantidades de alimento que se depositarían en el sistema. La tecnificación tendría que contemplar el uso de equipos eficientes de aireación y estrategias de manejo adecuado de la alimentación y fertilización en cada etapa del cultivo, atendiendo a la conservación de su equilibrio trófico.

X REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Alamilla, H. 2002. Cultivo de Tilapias. ZOE Tecno Campo. México: 16 p.
- Avault, J.W. 1996. Fundamentals of Aquaculture. *Ava Pub. Company. USA.*
- Basurto, M. 1984. *Estudio preliminar al conocimiento biológico y pesquero de la Tilapia nilotica (Linneo) en la Laguna de Chila, Veracruz.* Tesis Profesional. Universidad del Noreste, Tampico, Tam.
- Boyd, Claude E. 1990. Water Quality in ponds for aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station.
- Bueche F.J. 2000. Física General, Serie Schaum, novena edición Edit. Mc Graw Hill 16-213
- Castillo Campos, L.F. 1994. La historia genética e hibridación de la tilapia roja. *Comarpez Ltda. Cali, Colombia.*
- Chimits, P. 1955. La tilapia y su cultivo. *Bol. de Pesca, FAO, vol 8 (1).*
- Conde-Porcuna, J.M., Ramos-Rodríguez, E. y Pérez-Martínez, C. 2002. Correlations between nutrient limitation and zooplankton populations in a mesotrophic reservoir. *Freshwater Biology* 47: 1463-1473.
- Conde-Porcuna, J.M., Ramos-Rodríguez, E. y Morales-Baquero, R. 2004. El zooplancton como integrante en la estructura trófica de los

sistemas acuáticos lénticos. *Ecosistemas*2004/2.

URL:<http://www.aeet.org/ecosistemas/042/investigacion3.htm>).

- Cohen, D. 1999. Tilapia: a Sustainable aquaculture system for Peru. Workshop Acuicultura Sostenible: Desarrollo y Comercio – Ministerio de Pesquería. Lima, Perú: 11 p.
- De la Lanza, E.J.G. 1993. La acuicultura en México: de los conceptos a la aplicación. "Algunos conceptos sobre hidrología y calidad del agua".
- De la Lanza E.J.G. y M.C., Cáceres 1994. Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.
- García, A.; Nagaya y L.O. Castañeda. 1994. "Hidrología, nutrientes y productividad primaria en dos sistemas costeros del estado de Chiapas, Méx." *Revista de Investigaciones Marinas*, Vol. 15-3: 171,190 pp.
- Hagopian D.S. and J.G. Riley. 1998. A Closer look at the bacteriology of nitrification. *Acuacultural Engineering*; 18: 223-244
- Haywood, G.P., 1983. Ammonia Toxicity In Teleost Fishes: A Review. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences, No. 1177. Department of Fisheries and Oceans, Nanaimo, British Colombia, Canada, p., 35.

- Jeffrey, S.W. & G.F. Humphrey 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophyll a, b, and c, in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochim. Physiol. Pflanzen.*, 1967:191-194.
- Meyer, D. Y Mejía, S. 1993. Utilización de cuatro fuentes de nutrientes en el cultivo de la tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Actas del Simposio de Investigación Acuícola en Latinoamérica. Pradepesca Univ. Nac. De Heredia Costa Rica.*
- Morales-Baquero, R. y Conde-Porcuna, J.M. 2000. Effect of the catchment areas on the abundance of zooplankton in high mountain lakes of Sierra Nevada (Spain). *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 27: 1-5.
- Morales D.A. 1991. *La Tilapia en México*. AGT Editores, México, D.F.
- Nedham J.G. y Needham P.R. 1978. *Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces*, Editorial Reverté S.A., 1978, Barcelona España.
- Núñez-Pastén, A., R. Cortés-Altamirano y G. Pérez-Rodríguez L. 1992. Sistema de mallas sobrepuestas para la evaluación de zooplancton en estanques de cultivo para camarón. *Revista Ciencias del Mar, U.A.S. Vol.12:27-30.*
- Peña M.E.; J.T. Ponce; M.D. Hernández; T.C. Castro; V.R. Tapia. 2002. Evaluación de los principales componentes de la Productividad Natural en el Embalse de Aguamilpa. *Memorias del Congreso de Investigación Científica Tecnológica en Nayarit, México.* 10 p.p.

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

Richards, F.A. with T.G. Thompson 1952. The estimation and characterization of plankton populations by pigment analyses. *J. Mar. Res.*, 11:156-172.

SAS, 2003 Paquete estadístico

Steedman, H.F. 1976. General and applied data on formaldehyde fixation and preservation of marine zooplankton. En: *Zooplankton fixation and preservation* (H.F. Steedamn, ed.), UNESCO Press, Paris, pp. 103-154.

Strickland J.D.H y T.R. Parsons. 1972. *A practical Handbook of Seawater Analysis*. Fisheries Research Board of Canada. Ottawa, CA. 310 pp.

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

Wicki, G. y Gromenida, N. 1997. Estudio de desarrollo y producción de tilapia. Secretaría de Agricultura, Pesca y alimentación, subsecretaría de Pesca; *Buenos Aires, Argentina*.

WATANABE, W. O.; C. M. Kuo and M. C. Huang. 1985. Salinity tolerance of Nile Tilapia fry (*Oreochromis niloticus*) spawned and hatched at various salinities. *Aquaculture* 48:159-176.