



**UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
SOBRE LOS RECURSOS NATURALES**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN LIMNOLOGÍA Y ACUICULTURA**

**“CULTIVO SEMIINTENSIVO DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)
EN ESTANQUERIA RUSTICA EN LA POSTA DE LA FACULTAD
DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
LIMNOLOGÍA Y ACUICULTURA**

PRESENTA

M.V.Z. RAYMUNDO SÁNCHEZ RODRÍGUEZ

DIRECTORA DE TESIS

M. C. MARÍA ELENA GRANADOS GARCÍA

MORELIA, MICHOACÁN., MÉXICO;

Septiembre 2010



CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES.....	2
	2.1 La acuicultura en el mundo.....	2
	2.2 La acuicultura en América Latina	7
	2.3 La acuicultura en México.....	8
	2.4 Sistemas de producción.....	10
	2.5 El cultivo de Tilapia.....	12
	2.6 Condiciones ambientales que influyen en el crecimiento de tilapia.....	15
	2.6.1 Temperatura.....	15
	2.6.2 Fotoperiodo.....	16
	2.6.3 Oxígeno disuelto.....	16
	2.6.4 pH.....	16
	2.6.5 Turbidez.....	16
	2.7 Hábitat y biología.....	16
	2.8 Reproducción.....	17
	2.9 Técnicas de engorda.....	18
	2.9.1 Estanques.....	19
	2.9.2 Sistemas de recirculación.....	20
III.	OBJETIVO GENERAL.....	22
	3.1 Objetivos particulares.....	22
IV.	METODOLOGIA.....	23
	4.1 Área de trabajo.....	23
	4.2 Localización Geográfica.....	23
	4.3 Características de la localidad.....	23
	4.4 Adecuación de los estanques.....	23
	4.5 Parámetros técnicos.....	27
	4.5.1 Análisis del agua.....	27

4.5.2 Fertilización del agua.....	27
4.5.3 Acondicionamiento de los estanques.....	27
4.6 El proceso de cultivo.....	28
4.7 Tasa de crecimiento.....	32
 V. RESULTADOS.....	33
5.1 Determinación de parámetros físicos.....	33
5.2 Cultivo en estanques.....	33
5.3 Tasa de crecimiento.....	38
 VI. DISCUCIÓN.....	41
 VII. CONCLUSIONES.....	44
 VIII. LITERATURA CITADA.....	45

CULTIVO SEMIINTENSIVO DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) EN ESTANQUERIA RUSTICA EN LA POSTA DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

I. INTRODUCCIÓN.

Durante las últimas tres décadas, la acuacultura ha crecido, se ha diversificado e intensificado y registrado grandes adelantos tecnológicos. El potencial de estos avances para el crecimiento económico, el comercio, la mejora de los niveles de vida y para incrementar la seguridad alimentaria, han sido reconocidos por la FAO en su Declaración y Estrategia de Bangkok, que subraya que debe continuarse con su desarrollo hasta ofrecer todo su potencial a la humanidad.

El cultivo de tilapia en condiciones semiintensivas puede ser una alternativa de producción para atenuar la demanda de alimentos ricos en proteína animal y disminuir la presión sobre los recursos naturales. Con esta idea se planteó llevar a cabo el proyecto del cultivo de esta especie en estanquería rústica, aprovechando espacios existentes en la Posta Veterinaria de la Universidad Michoacana.

Los resultados de esta investigación fueron comparados con los datos de una producción comercial, encontrando que el peso promedio final y la tasa de crecimiento porcentual, no difirieron significativamente; lo que sugieren que bajo las condiciones que se usaron en el estanque que se acondicionó para el cultivo de tipo semiintensivo, Este estanque y los tres restantes pueden convertirse en un área susceptible de ser utilizada para llevar el cultivo de tilapia y de otras especies de importancia alimenticia, debido a las características que prevalecen en el terreno; por otro lado, hay que hacer notar el aprovechamiento didáctico que se podrá ofrecer a los estudiantes de la

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia para desarrollar una diversidad de actividades.

II. ANTECEDENTES

El Economista Peter Drucker asevera “La Acuicultura y no el INTERNET, representa la más promisorio oportunidad de inversión en el siglo 21” (Aquaculture Magazine Buyer’s Guide, 2003). Esta predicción se ve reforzada por el concepto de que la Tilapia será el producto de la acuicultura más importante de este siglo, ya que su creciente demanda no influyen por ejemplo, restricciones religiosas o culturales y no está ligada a problemas ambientales (Fitzsimmons y Pantoja 2005).

2.1 LA ACUACULTURA EN EL MUNDO

La acuicultura consiste en el cultivo y producción de animales y plantas acuáticas en agua dulce, salobre o agua marina bajo condiciones controladas y/o semi-controladas en donde interviene la mano del hombre. Los principales organismos acuáticos producidos son peces, invertebrados entre los que destacan moluscos y crustáceos y plantas acuáticas. Esta actividad abarca una amplia gama de sistemas y prácticas y resulta indudable que a pequeña escala, promueve el desarrollo socio-económico y cumple los objetivos de producción de alimentos, generación de ingresos, y provisión de empleo para los agricultores de escasos recursos. Desde este punto de vista se presenta hoy como una nueva alternativa de producción para el sector agropecuario con excelentes perspectivas. Sin embargo, es necesario desarrollar tecnología en este campo que optimice los sistemas de producción y transformación de las diversas especies acuícolas (Hernández *et al.* 2009).

La acuicultura constituida por los recursos de agua dulce ya sean ríos, lagos o lagunas, representa una alternativa práctica y fácilmente alcanzable para la producción de proteína animal de bajo costo por la vía de la construcción de estanques artificiales o el aprovechamiento de represas, esteros o lagunas. Tradicionalmente los recursos existentes en estos cuerpos de agua han sido

considerados como fuentes inagotables; sin embargo todos los datos apuntan al uso insostenible de todos y cada uno de ellos, ocasionando daños considerables en estos ambientes. Este panorama hizo sugerir a la FAO que para hacer frente al crecimiento poblacional y a la demanda de pescado como fuente de alimento con calidad nutrimental, la alternativa viable era el desarrollo de la acuacultura. Para lo cual propone aumentar el área dedicada al cultivo de pescado y / o intensificar su producción (Rivera 2007).

Desde este punto de vista, la acuacultura y la pesca artesanal representan un gran aporte a la alimentación mundial y comunitaria contribuyendo a la reducción de la pobreza y la inseguridad alimentaria reflejada en el hambre y en la malnutrición, al aportar bienestar nutricional, ingresos, oportunidades de empleo FAO (2003), crecimiento económico y generación de divisas.

La acuacultura como industria ha mostrado el mayor crecimiento en la producción de alimentos comparado con aquellos obtenidos por la agricultura, ganadería y pesca. Además, puede ser utilizada para la obtención de productos secundarios, ornamentales, farmacéuticos e incluso su aplicación puede ser de gran valía en la conservación de especies acuáticas en peligro de extinción, por lo que puede ser pensada como una actividad de producción razonada y sustentable.

Desde 1984 la producción acuícola ha aumentado una tasa media anual de casi el 10 por ciento en comparación con el 3 por ciento correspondiente a carne de bovino, el 1.6 por ciento de la pesca, y para el año 2003, la producción alcanzó más de una cuarta parte de la pesca total mundial (Santos *et al.* 2003).

La producción acuícola mundial de más de 200 especies en el año 2000 fue de 45.71 millones de Toneladas por año. El sector más importante fue la Acuacultura Continental. Para el año 2002 el número de especies animales y vegetales ascendió a 220. Los peces de agua dulce (carpas y tilapias), algunas especies de moluscos bivalvos (ostras, almejas y vieira japonesa), junto con el grupo de mejillones contribuyen de manera importante a la producción en

toneladas y en valor económico (Cuadro 1). Para el 2006 se reporta una producción de 51.7 millones de toneladas, con un valor de 78.8 miles de millones de dólares, lo que representa una tasa anual de crecimiento cercano al 7 por ciento (FAO 2009: 6)

Hasta ahora, la mayor parte de la producción acuícola de peces, crustáceos y moluscos continua proviniendo de aguas continentales (61 por ciento en cantidad y 53 por ciento en valor). Una distribución de la producción acuícola por ambientes acuáticos muestra que el medio ambiente de agua dulce contribuye en un 58 por ciento en cantidad y en un 48 por ciento en valor.

Cuadro 1. Principales grupos de organismos cultivados en el mundo en función de la producción y del valor económico

Organismo	Volumen (miles de Ton.)	Organismo	Valor (millones U\$S)
Peces de agua dulce	21.983	Peces de agua dulce	21.343
Moluscos	11.784	Crustáceos	10.839
Plantas acuáticas	11.587	Moluscos	10.512
Peces diádromos	2.590	Peces diádromos	6.465
Crustáceos	2.131	Plantas acuáticas	6.189
Peces marinos	1.201	Peces marinos	4.144

Fuente: El estado mundial de la pesca y la acuicultura FAO 2004

Es importante destacar que la acuicultura sigue creciendo más rápidamente que cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal a nivel mundial. El incremento del suministro per cápita de los productos derivados de la actividad acuícola pasó de 0.7 Kg. en 1970 a 8.7 Kg. en 2006, mostrando en el periodo una tasa anual de crecimiento de 6,9% (FAO 2009: 6). Lo anterior sugiere que la acuicultura puede llegar a superar a la pesca de captura como fuente de pescado para la alimentación. Desde una producción de menos de un millón de toneladas anuales a comienzos de la década de 1950, en 2006 la producción registrada alcanzó los 51,7 millones de toneladas, con un valor de

78 800 millones de dólares, lo que representa una tasa de crecimiento anual de casi el 7 por ciento.

La acuicultura mundial está liderada en gran medida por la región de Asia y el Pacífico, la cual aporta el 89 por ciento de la producción total en cantidad y el 77 por ciento en valor. Por su parte, la región de Latinoamérica y el Caribe, registró en el periodo de 1970 a 2006 la tasa anual de crecimiento acuícola más alta del mundo: 22 por ciento (FAO 2009: 17).

De manera importante se destaca que dada la población proyectada para el año 2030, se requerirá de un adicional de 37 millones de toneladas para mantener el nivel de consumo per cápita de pescado. Es decir, entre 19 y 21 Kg. Sin embargo las tendencias esperadas no son uniformes en todo el planeta: mientras que en China se espera un crecimiento del 84 por ciento y en América Latina del 50 por ciento; en Africa se espera una retracción del - 3 por ciento y en el cercano oriente del - 17 por ciento.

Diez principales países son los representantes de la producción acuícola mundial en el 2004, siendo Chile el único país latinoamericano presente en esta relación (Cuadro 2) (FAO 2005). Sin embargo, nuevos países han emergido en esta importante industria tales como Egipto, República de Corea, Estados Unidos de Norte América, Irán, Brasil, Rusia, México, Taiwán y Canadá.

Cuadro 2. Principales países acuícolas en el año 2004

País	Toneladas	%
China	38,636,065	70.5
India	2,215,590	4.0
Filipinas	1,448,504	2.6
Japón	1,327,361	2.4
Indonesia	1,228,559	2.2
Vietnam	967,502	1.8
Bangladesh	856,956	1.6
Tailandia	772,970	1.4
Chile	633,085	1.2
Noruega	582,016	1.1

Total	90.3
-------	------

Fuente: FAO FISHTAT Plus

Un modelo exitoso en acuicultura es el de China, reconocido como el mayor productor a nivel mundial de productos acuáticos cultivados (Figura 1). Además de las enormes dimensiones y población del país, las causas principales de este logro son las políticas proactivas del gobierno en materia de pesca en general, y de acuicultura, en particular.

Los principales motores del crecimiento de la acuicultura han sido el reconocimiento del gobierno de que el sector debe tener prioridad en el desarrollo; la utilización plena de los recursos productivos, incluyendo las superficies de agua, las marismas y los aguazules, así como de los recursos humanos; la inversión en investigación y tecnología; el establecimiento de una red nacional de extensión acuícola con eficacia a nivel de base; el fomento de la acuicultura para la mitigación de la pobreza, la seguridad alimentaria y la creación de empleo en las provincias más pobres; y el establecimiento y mejoramiento constante del marco jurídico y sistema reglamentario.

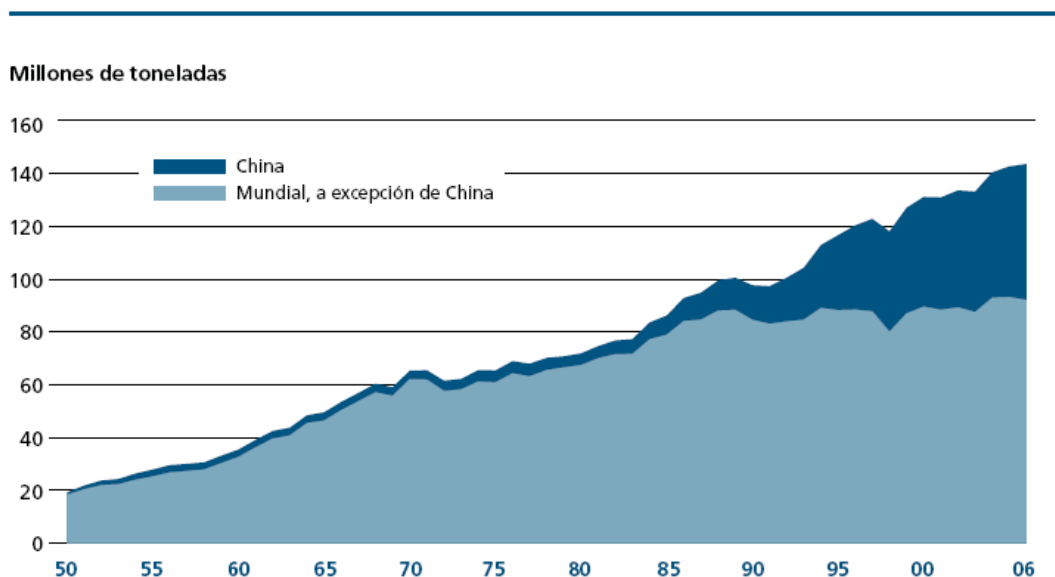


Figura 1. Acuicultura en el mundo de 1950 a 2006 (FAO 2006).

Aunque China también enfrenta problemas de desarrollo y sustentabilidad, su modelo acuícola se proyecta como productivamente estable, sostenible,

equitativo y rentable debido a la permanencia de las políticas gubernamentales proactivas, así como de una planificación adecuada, la aplicación de tecnologías de producción científicamente diseñadas y una sólida ordenación.

2.2 LA ACUACULTURA EN AMÉRICA LATINA.

La acuicultura ha caracterizado a países enteros como China y Japón, a los del Suroeste asiático, a algunas regiones de Europa y de Estados Unidos. Sin embargo, en América Latina a pesar de su gran potencial, tradición y cultura de sus pueblos, su desarrollo ha sido relativamente incipiente debido a que se ha promocionado el cultivo de organismos acuáticos bajo la introducción de especies de otros países y sus técnicas de cultivo, lo que muchas veces ha elevado los insumos y el fracaso de la rentabilidad de las empresas. A esto habría que agregarle el poco desarrollo de empresas manufactureras nacionales de los insumos propios de esta actividad.

Teniendo en cuenta que en América Latina en los años 60 la acuicultura era casi inexistente, en las últimas décadas se ha perfilado como la región con mayores tasas de crecimiento. Mantuvo un perfil bajo hasta los años 80, década a partir de la cual ha experimentado un crecimiento progresivo; aunque ha sido una actividad concentrada en unos pocos países. De acuerdo con la FAO, cinco países acumulan más del 80 por ciento de la producción total. El país con el crecimiento más notable es Chile, que de poseer una industria acuícola nula en los años 70, al inicio del presente siglo acumula más de la mitad de la producción de América Latina. Otro país que ha experimentado avances importantes es Brasil, aunque en menor magnitud que Chile. Ecuador por su parte tuvo un liderazgo merced al cultivo del camarón, sin embargo los estragos de la plaga conocida como mancha blanca, provocó un gran impacto en su producción. Afortunadamente la industria acuícola aprovechó la infraestructura disponible para el cultivo de tilapia, aunque los niveles de producción y rentabilidad no alcanzaron los niveles esperados (FAO 2004).

El modelo presente en América Latina es Chile. En este país la acuicultura está orientada principalmente a la producción de peces, moluscos y algas para

los mercados internacionales y ha sido una de las actividades de mayor crecimiento de los últimos años. Chile logró el desarrollo acuícola dentro de un marco de economía social de mercado y, al igual que China, muestra dos elementos comunes: la decidida intervención del Estado como promotor al definir a la acuicultura como sector prioritario dentro de la actividad económica y que los procesos tienen horizontes de tiempo del orden de los 20 años (Maradiegue *et al.* 2005).

2.3 LA ACUACULTURA EN MÉXICO

México cuenta con un gran potencial pesquero y acuícola, a escala mundial se encuentra en el lugar número 17 de este sector, reportándose 4,713 unidades de producción acuícola que abarcan un área total de 29,182 hectáreas en las 130 granjas de cultivo de camarón que cubren un área aproximada de 10,000 hectáreas y 200 granjas de trucha arcoíris y bagre de canal. De acuerdo al anuario estadístico de pesca, la cifra oficial sobre la producción pesquera nacional a través de la acuicultura, estuvo representada principalmente por especies introducidas, destacando la producción de tilapia y carpa. La tilapia es considerada la segunda especie más cultivada después de los salmónidos, con una producción anual de 2,097,000 toneladas en el 2006 (Gina Conroy, Com. Pers.), asimismo esta especie viene incrementando anualmente su cultivo, a tal punto que se viene cultivando en varios países del mundo.

Sin embargo, si se compara la actividad pesquera y acuícola de México con la actividad de países como China, Costa Rica, Ecuador o Chile, cuya característica común es que en los últimos 25 años han incrementado sus producciones acuícolas manteniendo sólida presencia en los mercados internacionales como exportadores de alimentos de origen acuícola, registrando tasas de crecimiento superior al 18 por ciento anual, México apenas participa en las estadísticas de comercio mundial de productos pesqueros y acuícolas con dos o tres especies. Más aún, México es un importador importante de productos de origen pesquero y acuícola, los cuales tienen alta calidad y precios más bajos que los producidos localmente.

Por otro lado, es esencial recordar que el primer simposium internacional sobre camaronicultura auspiciado por la FAO se realizó en México a finales de los años 60 y, el primer simposium también internacional sobre tilapia, se realizó en México dos años después. Lo anterior indica que, si México fue distinguido por ser la primer sede de estos dos foros de discusión internacional, fue porque era líder mundial en materia de producción controlada de estas dos especies y de muchas otras más.

También es importante destacar que en 1971 el Fideicomiso para el Desarrollo de la Fauna Acuática disponía de corrales de engorda de peces en el lago de Pátzcuaro en los que se producían acúmaras, tilapias, lobinas, charales y pescado blanco. Estas técnicas y métodos de producción no sólo no se continuaron impulsando y fortaleciendo, sino que, con excepción de la tilapia, desaparecieron del inventario tecnológico.

México, con un potencial físico respetable y condiciones naturales favorables, se perfila como un país con futuro en producción acuícola siempre que emprenda acciones que lo conduzcan a lograr tal objetivo. Desde esta perspectiva es importante señalar que la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS) promulgada en 2007, establece por primera vez que la pesca y acuicultura son parte fundamental de la política nacional en materia de seguridad alimentaria. Esta Ley identifica también aspectos que son competencia del INAPESCA (Instituto Nacional de Pesca) en el sentido de actualizar las Cartas Nacionales Pesquera y Acuícola, los Planes de Manejo Pesquero y Acuícolas, y coadyuvar en la elaboración y actualización de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

En este contexto, la Carta Nacional Pesquera (CNP), la Carta Nacional Acuícola (CNA), los Planes de Manejo, Las Normas Oficiales Mexicanas requieren del impulso de la investigación científica y tecnológica para desarrollar, mantener y recuperar los recursos acuícolas y pesqueros minimizando el impacto sobre los ecosistemas. La LGPAS, en su artículo 31 señala que el INAPESCA promoverá y coordinará la integración de la Red Nacional de Información e Investigación en Pesca y Acuicultura (RNIIPA). El

objetivo es vincular y fortalecer la investigación científica y el desarrollo tecnológico, así como desarrollo y transferencia tecnológica para el manejo y administración de los recursos pesqueros y el desarrollo ordenado de la acuicultura. Lo anterior tiene el propósito de dar seguimiento a los objetivos y compromisos planteados en el Plan de Desarrollo 2007-2012 en lo referente al aprovechamiento de los recursos pesqueros y acuícolas del país.

2.4 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Los modelos acuícolas se pueden agrupar en tres grandes categorías (cuadro 3). Los sistemas extensivos, originados especialmente en China, los cuales transfieren energía de la fotosíntesis de manera muy eficiente, resultando en una elevada producción proteica que entra al sistema. (Tyedmers 2005). Estos sistemas se pueden intensificar resultando en modelos semi-intensivos con altas densidades de peces y empleo de tecnologías y prácticas ligadas a la producción intensiva, incluida la alimentación. El modelo intensivo es el que tiene mayor impacto sobre el medio ambiente, además se estima que por cada Kg de pez engordado son necesarios 15.6 Kg de pescado capturado y transformado en harina de pescado, de manera que el rendimiento en producción de proteína es muy bajo.

Cuadro 3.
Características económicas y de sostenibilidad de los principales modelos de producción
acuícola

Tipo	Sostenibilidad	Mercado objetivo	Valor económico	Ejemplos	Rendimiento o proteico respecto a la inversión
Extensivo	Alto	Local	Bajo	Carpa, Tilapia	11-100%
Semi-intensivo	Mediano	Principalmente local	Medio	Especies extensivas alimentadas con pienso para acuicultura	2-10%
Intensivo	No sostenible	Global	Alto	Salmón, atún	1.4-3%

Fuente: Wolowics, 2005

El sistema semi-intensivo es muy común en los cultivos de tilapia de pequeña escala, donde el capital es limitado o no existe disponibilidad de alimento de buena calidad. Los estanques reciben fertilización orgánica y/o inorgánica para incrementar la productividad del agua, o también se brinda alimento suplementario como subproductos agrícolas. Se realizan recambios parciales de agua de 5 a 10 por ciento al día.

Una vez que se decide el mejor sistema, a través de una conveniente selección de especies acuícolas y por medio de simples obras de manejo hidráulico, pueden cultivarse peces que requieren poca o ninguna alimentación suplementaria y que constituyen alimento óptimo para autoconsumo o venta vecinal o regional (González 1996; Guzmán y Michel 1999; Leff y Carabias, Michel 1995; Muñoz 1990)

Hay varias especies ictiológicas de agua dulce susceptibles de ser cultivadas y comercializadas entre las que se cuentan: Bagre (*Ictalurus punctatus*), Carpa (*Ciprinus carpio*), Trucha arcoíris (*Salmo gairdneri*), Lobina (*Micropterus*

salmoides) y Tilapia (*Oreochromis sp.*) (Guzmán 1995; Michel 1995; Palomo y Arriaga 1988).

De los peces más versátiles en el proceso de adaptación en aguas dulces ha sido la Tilapia (*Oreochromis sp.*), la cual se encuentra distribuida en todos los cuerpos de agua del territorio nacional, utilizándose como parte del sustento alimentario (Dávila 1990; Muñoz 1990; Palomo y Arriaga 1988).

2.5 EL CULTIVO DE TILAPIA

De acuerdo al Departamento Pesquero de la FAO (1999), la Tilapia tiene mercado establecido y con tendencia a una expansión rápida a nivel mundial, especialmente en los Estados Unidos, Japón y algunos países europeos gracias a las siguientes razones:

- ❖ La Tilapia tiene el potencial más grande para reemplazar a los peces marinos en productos de carne blanca.
- ❖ Frente a la necesidad de preservar la biodiversidad, la Tilapia no presenta un impacto ambiental negativo bajo condiciones de buen manejo.
- ❖ Y finalmente, no presenta problemas reproductivos dentro de los sistemas de explotación.

En América Latina esta labor se desprende de experiencias de otros lugares del mundo donde el cultivo de Tilapia ha tenido gran éxito en los sistemas de producción de subsistencia en el área rural. Por ejemplo en Bangladesh, el pescado es un recurso importante para suplir el requerimiento de proteína animal en la dieta de la población rural (Ahmed *et al.* 1996). El cultivo de Tilapia en la mayoría de los casos, ha sido introducido en los sistemas de los pequeños y medianos productores gracias a la labor de proyectos de desarrollo, con la intención de elevar la producción acuícola dentro de las fincas para el mismo consumo familiar o para la venta regional o local.

El cultivo de tilapia se ha extendido gradualmente alrededor del mundo desde 1970. En los Estados Unidos, Canadá, México y el Caribe es relativamente

nuevo; inicia en la década de los sesenta a pequeña escala, principalmente con un propósito de subsistencia. El primer registro de producción de tilapia en México se da en 1970 (200 toneladas). Durante 1984-2002, la producción se incrementó progresivamente a una tasa anual de 12.75 por ciento. Para el 2006, la producción oficial reportada por la CONAPESCA fue de 70, 823 toneladas, con un valor de 810, 919,000 pesos (CONAPESCA, 2006: 24).

Desde los años 70 la producción acuícola ha crecido sustancialmente contribuyendo a la seguridad alimentaria mundial, y de la cual la tilapia es el segundo grupo más importante de peces en el ámbito mundial después de las carpas chinas. La tilapia contribuye a la producción de aproximadamente el 20 por ciento del volumen total de los peces, incrementándose en más del 85 por ciento entre 1984 y 1992, siendo *O. niloticus* equivalente al 80 por ciento de la producción (Figura 2), seguida por *O. mossambicus* con el 5 por ciento (Alceste 2000).



Figura 2. Principales países productores de *Oreochromis niloticus* (FAO Estadísticas pesqueras, 2006)

De acuerdo con Berg y modificado por Trewavas (1983) citado en Castillo (2008), las tilapias existentes en México se clasifican de la siguiente manera:

Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Superclase	Gnathostomata
Serie	Pisces
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciformes
Suborden	Percoide
Familia	Cichlidae
Generos	<i>Tilapia; Oreochromis</i>
Especies	<i>redalli, aureus, niloticus, mossambicus, urolepis, hornorum</i>

Estos peces han suscitado y recibido quizá, más atención que cualquier otro grupo de peces en todo el mundo. Castillo (2001) menciona que el nombre de tilapia fue empleado por primera vez por Smith en 1840, el cual es un vocablo africano que significa “pez”, derivado de la palabra “Tilapi” o “Ngege” en el idioma “Swahili” de la población indígena que habitó la costa del lago Ngami (Africa). Los japoneses lo llaman “Telepia”, y en muchos países ha sido llamado con varios otros nombres. Spataru *et al.* (1983) citado por Viteri (1985) ya denominaba a la tilapia nilotica con su nombre científico actual, *Oreochromis niloticus*.

Un miembro de *Oreochromis niloticus*, fue motivo de observaciones detalladas en Egipto hace 5,000 años, siendo frecuentes en muchos grabados egipcios, en donde era mirada como algo sagrado, símbolo y esperanza de la reencarnación (Balarin, 1979). Un bajorrelieve sobre "La MASTABA o TUMBA DE AKTIHETEP" en Thebaine elaborado hace 2,500 años antes de Cristo, muestra la pesca de la Tilapia con redes en el Río Nilo y el acto de abrirla por mitad con el fin de secarla al sol (Figura 3) (FAO, 1966).

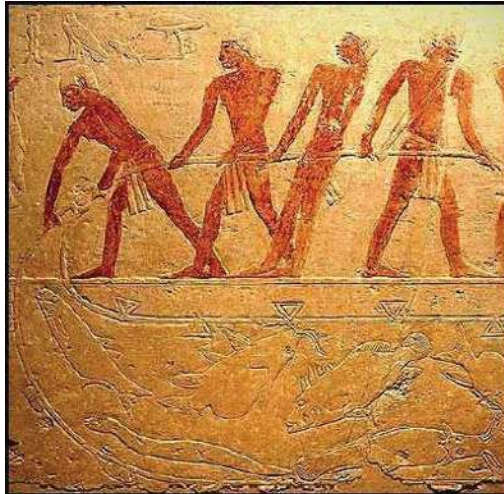


Figura 3. Detalle de un bajo relieve de la Mastaba de Akhethétep (2.350-2.400 A.C.) que ilustra la pesca de Tilapia y otras especies fluviales ya en la V Dinastía del Antiguo Egipto.

2.6 CONDICIONES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO DE TILAPIA.

Los principales factores son la luz, la temperatura, constituyentes químicos del agua, concentración de oxígeno y presencia de catabolitos. De ellos, los dos últimos se relacionan con la biomasa de peces presente en estanques.

2.6.1 TEMPERATURA.

El crecimiento de los peces es afectado por la temperatura, aumentando hasta un valor óptimo para luego disminuir hasta la temperatura letal superior. El efecto de la temperatura (o de la luz) en el crecimiento puede ser mediado por la acción de hormonas como la somatropina producida por la hipófisis y la tiroxina, por la tiroides que participan en el metabolismo.

Una interacción muy estudiada es la que existe entre temperatura y cantidad de alimento. El aumento del crecimiento sólo se da si es acompañado por un incremento en el consumo de alimento, aunque se ha observado en algunas especies que a medida que aumenta el peso de los peces, se reducía el efecto de la temperatura sobre el crecimiento.

Los rangos óptimos de temperatura oscilan entre 20-30 °C, pueden soportar temperaturas menores. A temperaturas menores de 15 °C no crecen. La reproducción se da con éxito a temperaturas entre 26-29 °C. Los límites superiores de tolerancia oscilan entre 37-42 °C.

2.6.2 FOTOPERIODO

Las variaciones cíclicas y estacionales en el crecimiento son reguladas por el periodo de luz, que interactúa en alguna medida con la temperatura, incluso se ha demostrado que influye más que ésta última, observándose que el crecimiento era mayor en fotoperiodos más largos, al parecer por un mayor consumo de alimento y mejor conversión del mismo. En peces mantenidos a temperaturas constantes, los valores de crecimiento específico fueron significativamente diferentes con 12 horas de luz que con 6 horas.

2.6.3 OXÍGENO DISUELTO

Soporta bajas concentraciones, aproximadamente 3 mg/L, e incluso en períodos cortos valores menores. A menor concentración de oxígeno el consumo de alimento se reduce, por consiguiente el crecimiento de los peces. Lo más conveniente son valores mayores de 3 mg/L, particularmente en ausencia de luz.

2.6.4 pH

Los valores óptimos de pH son entre 7 y 8. No pueden tolerar valores menores de 5, pero sí pueden resistir valores alcalinos de 11.

2.6.5 TURBIDEZ

Se deben mantener 30 cm de visibilidad (lectura del disco de Secchi).

2.7 HÁBITAT Y BIOLOGÍA

La tilapia del Nilo es una especie tropical que prefiere vivir en aguas someras. Las temperaturas letales son: inferior 12 °C y superior 40 °C, en tanto que las temperaturas ideales varían entre 28 y 32 °C. Es un alimentador omnívoro que se alimenta de fitoplancton, perifiton, plantas acuáticas, pequeños

invertebrados, fauna béntica, desechos y capas bacterianas asociadas a los detritus. La tilapia del Nilo puede filtrar alimentos tales como partículas suspendidas, incluyendo el fitoplancton y bacterias que atrapa en las mucosas de la cavidad bucal, si bien la mayor fuente de nutrición la obtiene pastando en la superficie sobre las capas de perifiton. En estanques, la madurez sexual la alcanzan a la edad de 5 ó 6 meses. El desove inicia cuando la temperatura alcanza 24 °C. El proceso de reproducción empieza cuando el macho establece un territorio, excava un nido a manera de cráter y vigila su territorio. La hembra madura desova en el nido y tras la fertilización por el macho, la hembra recoge los huevos en su boca y se retira. La hembra incuba los huevos en su boca y cría a los pececillos hasta que se absorbe el saco vitelino. La incubación y crianza se completa en un período de 1 a 2 semanas, dependiendo de la temperatura. Cuando se liberan los pececillos, estos pueden volver a entrar a la boca de la madre si les amenaza algún peligro. Siendo una incubadora bucal materna, el número de huevos de una ovoposición es mucho menor en comparación con la mayoría de otros peces de cultivo. El número de huevos es proporcional al peso del cuerpo de la hembra. Un pez hembra de 100 g desovará aproximadamente 100 huevos, en tanto que una hembra con peso de entre 600 y 1 000 g podrá producir entre 1 000 y 1 500 huevos. El macho permanece en su territorio, cuidando el nido, y puede fertilizar los huevos de varias hembras. Si no se presenta una temporada de frío por la que se suprima un desove, la hembra puede desovar continuamente. Mientras está incubando, la hembra come muy poco o no come nada. La tilapia del Nilo puede vivir más de 10 años y alcanzar un peso de 5 kg.

2.8 REPRODUCCIÓN

Es una especie muy prolífera a edad temprana y tamaño pequeño. Se reproduce entre 20 - 25 °C (trópico). El huevo de mayor tamaño es más eficiente para la eclosión y fecundidad. La madurez sexual se da a los 3 meses. En áreas subtropicales la temperatura de reproducción es un poco menor de 20 - 23 °C. La luz también influye en la reproducción, el aumento de la iluminación o disminución de 8 horas dificultan la reproducción. El tamaño del huevo indica

cuál será el tamaño a elegir para obtener el mejor tamaño de alevín. A continuación se describe la secuencia de eventos característicos del comportamiento reproductivo (apareamiento) de *Oreochromis niloticus* en cautividad:

1. Después de 3 a 4 días de sembrados los reproductores se acostumbran a los alrededores.
2. En el fondo del estanque el macho delimita y defiende un territorio, limpiando un área circular de 20 a 30 cm de diámetro forma su nido. En estanques con fondos blandos el nido es excavado con la boca y tiene una profundidad de 5 a 8 cm.
3. La hembra es atraída hacia el nido en donde es cortejada por el macho.
4. La hembra deposita sus huevos en el nido para que inmediatamente después sean fertilizados por el macho.
5. La hembra recoge a los huevos fertilizados con su boca y se aleja del nido. El macho continúa cuidando el nido y atrayendo otras hembras con que aparearse. Para completarse el cortejo y desove requieren de menos de un día.
6. Antes de la eclosión los huevos son incubados de 3 a 5 días dentro de la boca de la hembra. Las hembras no se alimentan durante los períodos de incubación y cuidado de las larvas.
7. Las larvas jóvenes (con saco vitelino) permanecen con su madre por un periodo adicional de 5 a 7 días, escondiéndose en su boca cuando el peligro acecha.

La hembra estará lista para aparearse de nuevo aproximadamente una semana después de que ella deja de cuidar a sus hijos. Después de dejar a sus madres los pececillos forman grupos (bancos) que pueden ser fácilmente capturados con redes de pequeña abertura (ojo) de malla. Bancos grandes de pececillos pueden ser vistos de 13 a 18 días después de la siembra de los reproductores.

2.9 TÉCNICAS DE ENGORDA

2.9.1. ESTANQUES

El cultivo de tilapia en estanques requiere una amplia gama de insumos tales como subproductos agropecuarios (salvado, tortas de aceite, vegetación y abonos), fertilizantes inorgánicos y alimentos. Los rendimientos anuales pueden alcanzar o superar las 5 toneladas/ha utilizando sistemas de policultivo con carpas, alta proporción de subproductos agropecuarios y buen manejo de la población de peces. En sistemas de monocultivo de tilapia, el estiércol animal aporta nutrientes que estimulan el crecimiento del fitoplancton rico en proteína que consume la tilapia del Nilo por filtración. El contenido de nutrientes del estiércol es variable. El estiércol del búfalo de agua tiene menor nivel de nutrientes en comparación con el guano de pato y de pollo. La obtención de niveles adecuados de nutrientes a partir del estiércol implica un riesgo de falta de oxígeno debido a la sobrecarga de materia orgánica. Por lo tanto, en los sistemas de producción de bajos insumos, se utiliza una combinación apropiada de estiércol y fertilizantes inorgánicos.

A fin de reducir los costos de producción para los mercados internos en los países en desarrollo, se siguen dos estrategias: alimentación tardía y alimentación complementaria. En Tailandia la tilapia se siembra en densidades de 3 peces/m² dejándola crecer a un peso de entre 100-150 g en aproximadamente 3 meses sólo a base de fertilizante, y a partir de entonces se le suministra alimento complementario al 50 por ciento de saciedad hasta que los peces alcanzan 500 g. La producción neta es de 14 toneladas/Ha, lo que equivale a un rendimiento anual neto de 21 toneladas/ha. En Honduras, se puede obtener un rendimiento de 4,3 toneladas/ha con una aplicación semanal de 500 kg (peso seco)/ha de guano de pollo y suministro de alimentos de 1,5 por ciento de biomasa de peces durante 6 días por semana.

2.9.2 SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN

En regiones templadas, se ha desarrollado sistemas de recirculación para el cultivo de la tilapia durante todo el año bajo condiciones controladas. Si bien los elementos diseñados para la recirculación del agua varían ampliamente, los principales componentes de los sistemas de recirculación consisten en tanques de crecimiento de peces, un artefacto para la remoción de sólidos, un bio-filtro, un aireador o generador de oxígeno y una unidad desgasificadora. Algunos sistemas aplican procesos de tratamiento adicionales, tales como ozonificación, desnitrificación y fraccionamiento de espumas. Generalmente, los tanques de engorda son circulares para facilitar la remoción de sólidos, aunque los tanques octagonales y los tanques cuadrados cuando tienen las esquinas redondeadas, constituyen una alternativa adecuada con un mejor aprovechamiento del espacio.

Los niveles de producción en sistemas de recirculación varían de 60 a 120 kg/m³ del volumen de los tanques de engorda, o más. Sin embargo, la cosecha final no es el mejor indicador de la eficiencia del sistema; la máxima aportación diaria de alimento es un mejor indicador tanto de la productividad como de la eficiencia. El suministro de alimentos y otros factores para estimular la producción influyen en la relación producción/capacidad (P/C), es decir en la razón producción del sistema/capacidad máxima de sostenimiento). En el caso de tilapia, es factible una tasa P/C >4,5 tomando en cuenta que para garantizar la rentabilidad, las tasas generalmente deben exceder un valor de >3. Para lograr estos valores se requieren buenas prácticas de manejo de stocks, tales como los cultivos de múltiples cohortes, con cosechas parciales regulares y resiembras.

La producción en sistemas cerrados con recirculación de agua, ofrecen un ambiente más eficiente y controlado para los peces. Los costos no son elevados y proporcionan buenos dividendos. En estos sistemas el agua de desperdicio cargada con subproductos metabólicos de los peces y /o mariscos, se recicla con purificación biológica y física, reutilizándola en más de un 90 %.

Con los antecedentes antes descritos, se puede afirmar que estas actividades contribuyen de manera importante a la economía del país en lo que se refiere a seguridad alimentaria, generación de empleos, desarrollo regional e ingreso de divisas; así como con el mejoramiento de la dieta de la población, ya que el primer objetivo de la acuacultura es producir proteína de origen animal de buena calidad para el consumo humano (Michel 1999).

Es importante además puntualizar de acuerdo a lo que ha sido señalado líneas arriba, que el sector acuícola es considerado en la actualidad, como un sector prioritario y estratégico para el suministro de alimentos, el abasto de insumos a la agroindustria y la generación de recursos, empleos e ingresos en México. Prueba de ello es el fortalecimiento e impulso otorgado a este sector, a través de la nueva Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables (LGPAS), que entró en vigor el 22 de Octubre del año 2007, y que establece que la actividad pesquera se eleva a rango de asunto de seguridad nacional, siendo así, que la federación, estados y municipios comparten responsabilidades en los planes de desarrollo del sector pesquero y acuícola, así como en la inspección y vigilancia.

El incipiente desarrollo de estas actividades en México y de manera particular en Morelia, se debe sin duda al desconocimiento de las bondades de esta actividad, la falta de financiamiento necesario, además de la poca vinculación de las universidades con este sector y la prácticamente poca docencia e investigación que se ha dado a esta área de desarrollo.

Desde esta perspectiva, la propuesta de este trabajo es llevar a cabo el cultivo de tilapia, en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, de acuerdo a los sistemas de producción acuícolas descritos anteriormente, generando una alternativa de alimento con alto contenido proteico de precio accesible a la población de Morelia.

III. OBJETIVO GENERAL:

Desarrollar el cultivo de tilapia con el sistema semi-intensivo de producción en estanquería rústica.

3.1 OBJETIVOS PARTICULARES:

- Acondicionar los estanques existentes en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Determinar las mejores condiciones del cultivo de Tilapia.
- Contribuir con un sistema pedagógico del cultivo de peces en la Posta Veterinaria de la Universidad Michoacana.
- Generar una alternativa de proteína animal que resulte económica a la población Moreliana.

IV. METODOLOGÍA

4.1 ÁREA DE TRABAJO

La Posta Zootecnia Veterinaria de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, se localiza en el kilómetro 9.5 de la carretera Morelia-Zinapécuaro, en el Municipio de Tarímbaro, Michoacán.

4.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El Municipio de Tarímbaro, se localiza a una latitud de 19°16' Norte y a 101°8' de longitud Oeste, a una altura de 1860 msnm. El clima es templado, húmedo con lluvias en verano, tiene una temperatura ambiente que oscila de 5.3°C a 31°C, con vientos dominantes en dirección NE. Se ubica dentro de la provincia del Eje Neovolcánico Transversal Mexicano, considerado como límite altimétrico, climático, biogeográfico y físico entre América del Norte y Centroamérica. La Región Hidrológica es la número 12 Lerma Chapala-Santiago, en la Sub-cuenca de Cuitzeo.

4.3 CARACTERÍSTICAS DE LA LOCALIDAD

El terreno cuenta con suficiente agua proveniente de pozo propio, Las características físicas del suelo como el tipo y la cantidad de arcilla le confieren una alta impermeabilidad. Así mismo las propiedades como el pH y la alta concentración de sales de sodio, magnesio, calcio y potasio, le confieren características adecuadas para el cultivo de peces. El terreno presenta una pendiente adecuada para el desagüe de los estanques. Las características del terreno bajan los costos de construcción de estanques.

4.4 DESCRIPCIÓN DE LOS ESTANQUES

En la Posta Veterinaria existen cinco estanques rústicos desde 1999, los cuales fueron abandonados. En este proyecto se planteó como un objetivo, adecuar dos de los cinco estanques para desarrollar el cultivo de Tilapia en condiciones semi-intensivas. En seguida se describen los estanques y la forma como fueron adecuados, lo cual puede verse en la figura 3. El estanque 1 está ocupado con cultivo de pez blanco, los estanques 2 y 3 son los susceptibles de ser usados

para el cultivo de tilapia por el tamaño de los mismos, el estanque 4 y 5 serán acondicionados más adelante de acuerdo a los resultados de este proyecto

Estanque 1:

Se encuentra ubicado en la parte trasera del sector de conejos y junto con el estanque 2 se encuentran protegidos por malla ciclónica a su alrededor. Las dimensiones son irregulares mide 47 m de ancho del lado del sector de conejos 38 m de largo del lado de los cultivos agrícolas, 31 m de ancho del lado contrario al sector de conejos y 39 m de largo del lado del estanque 2, tiene una profundidad aproximada de dos metros; el suelo es arcilloso, cuenta con entrada de agua de tubo PVC y salida de agua de concreto, la salida de agua pasa a un costado del sector de cerdos, para desembocar, junto con las descargas de agua de bovinos y cerdos, pasando por debajo del puente que se encuentra en la carretera Morelia-Zinapecuaro

Estanque 2:

Se encuentra ubicado frente al sector de cerdos y en la parte trasera del sector de aves. Para este estanque las dimensiones 28 m de ancho por 32 m de largo y un metro de profundidad. La cantidad de agua a ocupar es 896 m³.

Estanque 3:

Se encuentra ubicado entre la carretera Morelia-Zinapecuaro y a un costado del sector de cerdos, sus dimensiones son regulares, mide 29 m de largo por 26 m de ancho, con una profundidad aproximada de dos metros. Las dimensiones fueron las mismas lo único que cambió fue su profundidad a un metro. La cantidad de agua a ocupar es de 754 m³.

Estanque 4:

Sus dimensiones son irregulares, mide 26.5 m del lado del estanque número 3, 27 m del lado de la carretera Morelia-Zinapecuaro, 14 m del lado del sector de cerdos y 35 m del lado de los cultivos agrícolas, con una profundidad aproximada de dos metros. Actualmente se encuentra seco. Las nuevas dimensiones son 29 m de largo por 26 m de ancho y una profundidad de 1.5 m la cantidad de agua a ocupar es la misma que la del estanque 3.

Estanque 5:

Se encuentra ubicado en la parte trasera del sector de ovinos y a un costado del sector de conejos, mide 14 m de longitud, por 9 de ancho y un metro de profundidad.

Edificio cubículo:

Se encuentra a un costado del sector de aves, cuenta con sanitario y lavabo, servicio de luz y agua, éste tiene función de bodega.

La extracción del agua a los estanques se realiza mediante bombeo de un pozo profundo que pertenece a la Unidad Posta, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, el agua pasa a través de una válvula que se encuentra en el exterior de las instalaciones, a orillas de la carretera Morelia-Zinapecuaro, la cual se abre manualmente mediante una llave, el agua sube a cuatro estanques mediante tubería de PVC subterránea de alta resistencia, (Figura 4).

Los estanques 1, 2, 3, 4 tienen un registro de concreto independiente, donde se encuentra una válvula que abre o cierra el flujo de agua según las necesidades y tienen registro de salida de agua de concreto (monje) que fueron contruidos con maquinaria prestada por el gobierno del Estado de Michoacán.

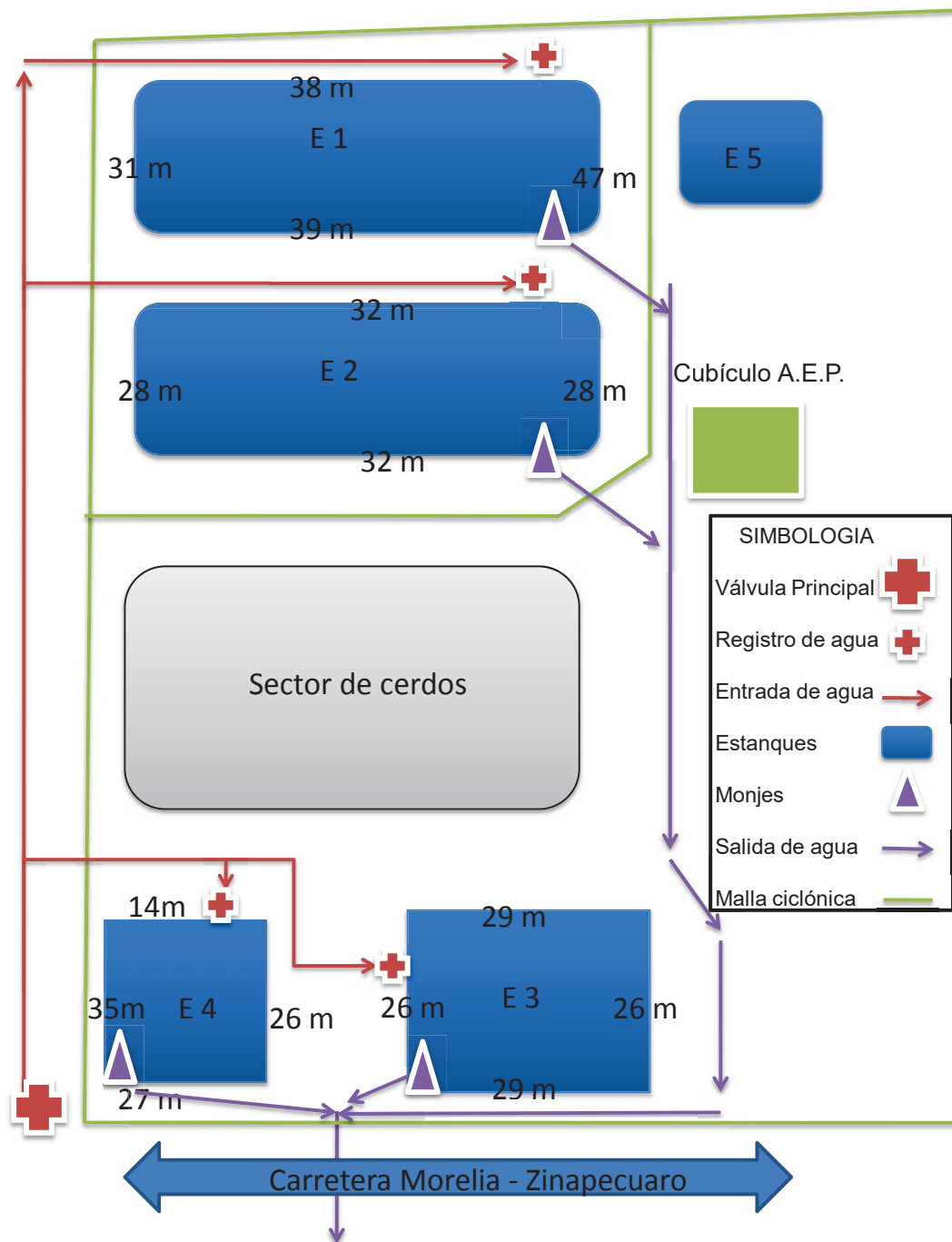


Figura 4. Localización de los estanques dentro de la Posta Veterinaria de la Universidad Michoacana.

El estanque número cinco fue construido por los alumnos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, carece de tubería PVC para entrada de agua, no está equipado con válvula de entrada de agua ni monje para salida de la misma.

4.5 PARÁMETROS TÉCNICOS

4.5.1 ANÁLISIS DE AGUA

Fue imprescindible realizar un análisis del agua a fin de conocer las propiedades fisicoquímicas necesarias para llevar a cabo los cultivos, así como las condiciones del suelo (edafológicas).

La temperatura del agua se determinó con un termómetro de inmersión parcial cada tres horas al día, en las diferentes horas del año.

Se realizó el análisis fisicoquímico del agua con las siguientes consideraciones: O₂ disuelto, que deberá ser de un mínimo de 5 mg/l; pH, cuyo rango deberá estar entre 6.5 y 8.5, los cuales se determinaron mediante Kits (Hatch); la transparencia del agua, medida con el disco de Sechi.

4.5.2 FERTILIZACIÓN DEL AGUA

El fertilizante orgánico utilizado para el presente proyecto fue estiércol de bovino, en una cantidad aproximada de 100 Kg agregando una aplicación de acuerdo a las necesidades, tomando siempre en cuenta la transparencia del agua, que debe ser de 30 cm determinado según lectura del disco de Sechi.

4.5.3 ACONDICIONAMIENTO DE ESTANQUES

Es importante mencionar que los estanques debían de recibir mantenimiento ya que los bordos estaban muy descuidados y había mucha maleza acuática (Figura 5). Como puede observarse en la figura 6, el estanque muestra una gran diferencia al recibir el mantenimiento requerido. En el transcurso de la adecuación del estanque 3, la maquinaria que se estaba usando cayó dentro del estanque al momento de la limpieza, por lo que no fue posible habilitarlo

(Figura 7), por esta razón sólo se usó el estanque 2, empleándose 14, 000 crías para llevar a cabo el proyecto.



Figura 5. Estanque rústico sin acondicionar acondicionado



Figura 6. Estanque rústico



Figura 7. Maquinaria averiada



Figura 8. Limpieza del estanque

Limpieza de los estanques:

La limpieza se llevó a cabo retirando la maleza mediante la poda de los bordos y las orillas debido a que en la época de lluvias hay un crecimiento considerable de ésta (Figura 8). Después de esto se procedió a encalar el estanque con 60 Kg de cal como medida sanitaria.

4.6 EL PROCESO DE CULTIVO

El módulo de cultivo de Tilapia en estanques de tierra consiste en un sistema con tres fases de producción, precría, engorde I y engorde II. En el presente trabajo se cultivaron en un mismo estanque desde la siembra hasta la cosecha.

La cría se adquirió en los centros de producción de crías masculinizadas de tilapia. La granja acuícola que donó las crías es el "Centro Acuicola Huingo-Araro", dependiente de CONAPESCA. Estado de Michoacán, Municipio de Zinapecuaro.

Alevinaje:

Esta fase comprendió desde la absorción del saco vitelino hasta que el pez alcanzó una talla de 6 cm y 7 g de peso. Como en todas las etapas de la cría de tilapia, para tener un buen desarrollo, en esta etapa también se puso mucha atención a su alimentación. Esta etapa se desarrolló en el Centro Acuicola Huingo-Araro.

Al llegar a su destino, uno de los aspectos más críticos del procedimiento de transporte fue la siembra de los peces en su nuevo hogar. Antes de la siembra de los peces, se igualaron las temperaturas del agua de transporte y del agua donde los peces fueron sembrados. Por lo general, esto requirió de 15 a 30 minutos. Una diferencia de temperatura no mayor de 3°C es tolerable (Figura 9).

Durante el procedimiento de recambio del agua y aclimatación de los peces, se permitió que las bolsas plásticas flotaran sobre la superficie del agua donde éstos fueron soltados. Luego, se permitió a los peces nadar afuera de las bolsas hacia su nuevo ambiente (Figura 10).



Figura 9. Aclimatación de temperatura



Figura 10. Liberación de peces

Precría:

Se sembraron una densidad de 15.6 alevines/m³. El peso promedio en el momento de la siembra de los alevines machos reversados fue de 7 g, el porcentaje de recambio diario de agua fue de 5% al día. La cantidad de alimento será alrededor del 5% de su biomasa. La transferencia de los peces de esta fase a la siguiente (engorde I) se realizó cuando éstos alcanzaron un peso promedio de 54 g. Lográndolo aproximadamente entre los 70 a 90 días.

Engorde I:

El porcentaje de recambio de agua en el estanque es de un 5% por día. Los peces fueron transferidos a la fase de Engorde II cuando tenían un peso promedio de 269 g, mismo que alcanzaron en un período aproximado de 70 a 90 días. El alimento que se suministró fue de un 4% de su biomasa

Engorde II:

Considerando el porcentaje de mortandad de 30% en toda la fase desde la siembra hasta la cosecha, se aproxima una cantidad de 9,200 peces. El porcentaje de recambio de agua en esta fase fue de 5% diario. El alimento a suministrar fue de un 3% de su biomasa. La cosecha final se realizó cuando los peces tenían un peso promedio entre 416 g, alcanzándolo en los siguientes 60 días aproximadamente.

Con el fin de mantener un registro del crecimiento y el estado de los peces se realizaron muestreos cada mes durante el desarrollo, tomando una muestra no menor de 23 ejemplares para determinar el desarrollo y peso de la población.

Alimentación:

El alimento que se dio a las tilapias fue de una marca comercial para conejo (Ganador Conejos) elaborado por maltaCleyton, dando en precría ocho raciones diarias, en engorde I seis raciones diarias y en engorde II cinco raciones diarias, considerando que los niveles requeridos de proteína dependen de la edad y peso del pez. La tilapia es omnívora y su requerimiento y tipo de alimento varía con la edad del pez, por lo que éstos pueden alimentarse en cualquier momento de su desarrollo de fitoplancton y de zooplancton, complementando su nutrición a partir de la fertilización del estanque.

Comparación de los requerimientos nutricionales de tilapia reportado por Vega-Villasante et al. 2010, marca Belenes, con el alimento suministrado elaborado por maltaCleyton:

Requerimiento Nutricional	Belenes	maltaCleyton
Proteína %	30	16
Grasa %	5	2.5
Humedad %	12	12
Cenizas %	10	10
ELN %	39	43.5
Fibra cruda %	4	16

4.7 TASA DE CRECIMIENTO

Un criterio de evaluación biológica fue la tasa de crecimiento porcentual, (TC) calculada con la fórmula:

$$\text{Tasa de Crecimiento Porcentual TC} = \frac{\text{Pf} - \text{Pi}}{\text{Pi}} \times 100$$

Donde Pf = Peso final

Pi = Peso inicial

V. RESULTADOS

5. 1 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO

El agua es de pozo profundo, mismo que tiene una aforo de aproximadamente 30 L/s. y se distribuye a todas la instalaciones y terrenos de la posta.

Este tipo de agua por su origen presenta una insuficiente cantidad de oxígeno disuelto, misma que se corrigió al caer en forma de cascada a cada estanque debido a que se consideró que el oxígeno disuelto era insuficiente. La forma de corrección fue por medio de pequeñas cascadas, que al caer formaron corrientes que abastecieron el oxígeno faltante.

Es importante hacer notar que este tipo de mantos freáticos, participan en el ciclo del agua debido a que su vertedero se origina con aguas fluviales filtradas que convergen en ese lugar, mismas que al tocar la superficie del suelo participan en procesos físicos entre los cuales destaca la evaporación. Este manto freático por su comportamiento histórico presenta un caudal de agua que fue suficiente para llevar a cabo la investigación. Aunque por el comportamiento irregular de otros adyacentes, se sugirió la observación de algunas medidas preventivas sobre todo en las épocas de calor y sequía.

	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.
Temperatura °C	26	26	25	23	18	17	18	22
Oxígeno mg/l	5.9	5.9	6.0	6.2	6.6	6.7	6.6	6.2
pH	7.3	7.3	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1

5.2 CULTIVO EN ESTANQUES

El cultivo promedio por metro cubico fue de 15.6 alevines. Los resultados se compararon con la tabla de alimentación y crecimiento de la granja acuícola Achitralada, de el Grullo, Jalisco, México. Mencionando que la tabla debe tomarse como una guía y no como una garantía, ya que existen factores como las condiciones físico-químicas del agua, el manejo y la sanidad de los peces, etc., que pueden hacer variar estos resultados.

*La información aquí presentada es **propiedad y autoría de Achitralada Granja Acuícola**®, Su difusión es con fines de educación e información gratuita para los productores acuícolas*

Tabla de Alimentación y Crecimiento.

Edad semanas	enPeso (g/pez)	promedioTasa (%/día)	alimenticia Tipo de alimento	Raciones de alimento/día
0	0.25	20	Indicador 300 u 45% proteína	12
1	1	15	Indicador 300 u 45% proteína	12
2	3	10	Indicador 300 u 45% proteína	12
3	5	8	Indicador 300 u 45% proteína	12
4	7	5.8	Indicador 500 u 45% proteína	12
5	10	5.7	Indicador 500 u 45% proteína	12
6	13	5.5	Indicador 500 u 45% proteína	12
7	17	5.1	Indicador 500 u 45% proteína	12
8	22	5.1	Extruido 1.5 mm 45% proteína	12
9	29	5	Extruido 1.5 mm 45% proteína	12
10	37	4.5	Extruido 1.5 mm 45% proteína	12
11	46	4.3	Extruido 1.5 mm 45% proteína	12
12	56	4.2	Extruido 3/32" mm 35% proteína	6
13	69	4.1	Extruido 3/32" mm 35% proteína	6
14	83	4	Extruido 3/32" mm 35% proteína	6
15	100	4	Extruido 3/32" mm 35% proteína	6
16	120	3.5	Extruido 3/32" mm 35% proteína	6
17	140	3.4	Extruido 3/32" mm 35% proteína	6
18	162	3.2	Extruido 3/32" mm 35% proteína	6
19	184	2.9	Extruido 3/32" mm 35% proteína	6
20	207	2.8	Extruido 1/8" mm 32% proteína	4
21	231	2.6	Extruido 1/8" mm 32% proteína	4
22	256	2.4	Extruido 1/8" mm 32% proteína	4

23	282	2.3	Extruido 1/8" mm 32% proteína	4
24	309	2.2	Extruido 1/8" mm 32% proteína	4
25	337	2.1	Extruido 1/8" mm 32% proteína	4
26	365	1.9	Extruido 3/16" mm 32% proteína	4
27	393	1.8	Extruido 3/16" mm 32% proteína	4
28	422	1.7	Extruido 3/16" mm 32% proteína	4
29	451	1.6	Extruido 3/16" mm 32% proteína	4
30	480	1.5	Extruido 3/16" mm 32% proteína	4
31	509	1.4	Extruido 3/16" mm 30% proteína	4
32	538	1.4	Extruido 3/16" mm 30% proteína	4
33	567	1.4	Extruido 3/16" mm 30% proteína	4
34	596	1.3	Extruido 3/16" mm 30% proteína	4
35	625	1.3	Extruido 3/16" mm 30% proteína	4
36	654	1.2	Extruido 3/16" mm 30% proteína	4

Se registraron los datos de los pesos de los peces a partir de la quinta semana después de haberse realizado la siembra en el estanque, lo que puede verse en los siguientes cuadros.

Cuadro 4, Peso, de peces por semana, del mes de Septiembre y Octubre

S5... Significa número de semana y Pg peso en gramos

No. Pez	S5 Pg	S6 Pg	S7 Pg	S8 Pg	S9 Pg	S10 Pg	S11 Pg	S12 Pg	S13Pg
1	9.2	12.5	15.8	20	26	32.1	43	51	68
2	9.2	12.9	16.2	20.6	26.7	32	42.6	52	68.5
3	10	13	16.5	20.2	26.3	34.6	44.3	54.4	68.4
4	9.6	12	17	21	24.8	33.6	42.8	54.3	65.3
5	9.3	12.3	16.6	22	25	32	45	56	67.3
6	9.4	11.8	16.2	21.3	27	34.8	42.6	53.7	66
7	9.4	13	16.5	19.6	24.3	34.6	44.8	53.9	69
8	9.2	12.8	16.8	19.6	26	35.8	44	53.2	66.4
9	10	12.7	17	21.2	24.5	31.9	43.7	54.7	66.5
10	8.8	12.7	14.1	20.7	25.5	32.7	42.8	54.9	67.9
11	8.9	12.5	16.5	20.3	24.1	35.7	43.5	53.8	66.3
12	8.6	13	16.4	21.8	26.4	34.2	44.6	54.3	67.2
13	10	12	16.2	22	27	35.4	46	54.7	66.9
14	9	12.2	16.8	20.5	27.8	37	44.8	54.7	67.7
15	10	12.4	16.8	20.3	26.2	35.2	45.3	54	66
16	9.7	13	14.6	20.9	26	34.8	2.9	53.8	68.3
17	8.8	12.3	16.3	20.6	27	35.4	46	53.9	68.7
18	10	12	16.8	22	26	35.8	43	53.4	68.9
19	10	11.9	16	20	28	36.4	43.7	55	66.6
20	8.9	12	16	21.3	24	36	42.9	54.8	67
21	8.8	12.8	17	22	28	37	44.2	55	68.3
22	9.2	12	16.4	21.6	24.9	35.8	45.6	54.6	66
23	9.7	12.7	16	22	25.8	36.3	45	53.2	67.4
Peso Ideal	10g	13g	17g	22g	29g	37g	46g	56g	69g

Cuadro 5, Peso, de peces por semana, del mes de Noviembre Diciembre

No. Pez	S14 Pg	S15 Pg	S16 Pg	S17 Pg	S18 Pg	S19 Pg	S20 Pg	S21 Pg
1	81	96.3	113	130	150	174	190	212
2	80	97	114	132	149	173	187	212
3	79.6	97.3	113	130	158	170	188	214
4	76	94.7	115	133	152	172	191	209
5	81	96.8	113	132	153	173	187	212
6	79.4	97.4	113	131	158	172	192	210
7	79.7	98.2	113	135	156	171	189	211
8	81	94	115	137	153	170	186	212
9	80	95.3	112	134	153	172	190	208
10	80.5	95.8	113	132	152	174	188	215
11	77.2	96.1	112	136	152	174	183	215
12	81.5	94.9	115	131	154	176	193	212
13	79.6	98.4	118	130	150	171	189	211
14	76.9	98.2	114	132	157	170	190	209
15	80.3	95.4	117	131	154	173	183	213
16	78	95.7	115	133	158	171	182	214
17	79.3	96	116	134	153	172	192	211
18	79.3	95	115	132	150	174	191	207
19	80.2	97.4	115	131	154	173	190	212
20	80.7	97.6	116	135	151	175	195	215
21	81.4	96	118	133	152	172	188	214
22	81.6	98	114	132	150	174	184	212
23	78	96	113	133	153	175	184	216
Peso Ideal	83g	100g	120g	140g	162g	184g	207g	231g

Cuadro 6, Peso, de peces por semana, del mes de Enero y Febrero.

No. Pez	S22 Pg	S23 Pg	S24 Pg	S25 Pg	S26 Pg	S27 Pg	S28 Pg	S29 Pg	S30 Pg	S 31 Pg	S 32 Pg
1	230	250	265	299	314	332	358	383	423	418	429
2	233	255	268	296	317	338	370	395	421	420	430
3	228	251	265	299	320	342	362	389	419	427	435
4	237	256	270	286	318	348	359	391	422	423	430
5	235	249	273	292	311	339	371	387	407	427	426
6	228	248	274	299	326	341	368	382	418	419	430
7	231	252	269	299	323	342	361	399	417	418	429
8	229	257	268	288	323	337	369	395	412	424	434
9	234	256	272	289	319	333	354	393	423	428	428
10	236	253	261	294	318	341	369	389	421	418	433
11	237	253	271	289	312	342	362	383	409	423	425
12	236	248	274	295	326	336	373	390	407	422	430
13	231	255	271	290	321	339	365	396	407	420	426
14	224	247	263	292	319	340	366	387	422	425	428
15	236	250	268	286	323	339	356	380	421	426	427
16	233	252	273	293	320	342	371	388	423	425	432
17	233	246	271	289	326	334	359	400	417	420	425
18	231	252	269	290	326	347	372	381	409	421	433
19	233	248	270	289	318	347	358	400	414	423	429
20	234	257	266	291	315	332	359	387	408	422	431
21	228	249	269	294	319	335	373	384	420	418	434
22	235	248	272	295	316	344	355	399	421	425	431
23	237	251	272	289	325	341	360	400	410	427	426

Peso Ideal 256g 282g 309g 337g 365g 393g 422g 451g 480g 509 g
538g

Se tomaron los datos promedio de la ganancia de peso cada cuatro semanas hasta la semana número treinta y dos. Considerando que el peso de los peces era el ideal para su comercialización, se decidió que este tiempo era suficiente para concluir la investigación.

Los resultados del desarrollo de tilapia muestran que la población alcanzó un peso durante las primeras doce semanas de manera muy parecida al crecimiento reportado para la granja achitralada. Los datos promedio de ganancia de peso no muestran diferencias significativas entre la población de

peces del estanque de la Posta Veterinaria, acondicionado para este fin (Figura 11)

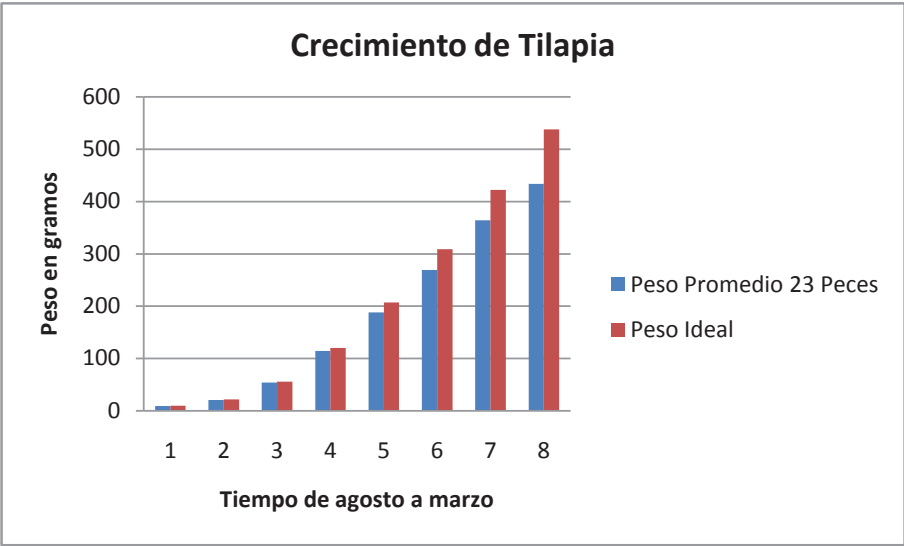


Figura 11. Desarrollo de Tilapia en el estanque rústico de la Posta Veterinaria

5.3 TASA DE CRECIMIENTO

Se comparó la tasa de crecimiento porcentual entre la ganancia de peso de los peces cultivados en esta investigación con los datos de peso de la granja achitralada. La valoración de este parámetro indica que bajo las condiciones del estanque rústico, la tasa de crecimiento en el tiempo que duro el experimento es relativamente menor. Lo que indica que aunque no se alcanzó el peso ideal, éste se encuentra dentro de los estándares de la oferta y la demanda de mercado para consumo humano que es entre 300 y 400 g para satisfacer el apetito de una persona.

	TC %
Estanque rústico	333
Granja achitralada	438

VI. DISCUSIÓN

La acuacultura en México ha sido desarrollada en forma muy variada utilizando diversas prácticas y sistemas de producción: intensivo, semiintensivo y extensivo. En la producción semiintensiva, los sistemas de reutilización de agua permiten un mayor control del medio como el fotoperiodo, el oxígeno disuelto y la claridad del agua; como consecuencia la producción se ve incrementada, mejora la conversión alimenticia, lo que maximiza los beneficios. El cultivo semiintensivo llevado a cabo en el estanque rústico de la Posta Veterinaria fue monitoreado sistemáticamente de tal manera que éstos parámetros pudieron ser controlados, lo que permitió que la población alcanzara el peso dentro de los límites que se pueden considerar adecuados para este tipo de sistemas de producción.

Experimentos múltiples realizados en todo el mundo, han comprobado que el uso de fertilizantes en los estanques con buena dosificación produce un rendimiento más alto, que un estanque que no ha sido fertilizado. La fertilización es un método muy eficaz para enriquecer la producción natural de alimento en el estanque piscícola. En este caso, al inicio de la investigación se utilizó estiércol de bovino como fertilizante en una cantidad de 100 Kg y se hicieron aplicaciones cuando se requirió, de acuerdo con los datos de la lectura del disco de Sechi. La tilapia sobrevive bien en aguas turbias, sin embargo, se cuidó que este parámetro fuera menor de 45 cm.

Considerando que los estanques estarán abonados y que tenían buena carga de productividad primaria, es decir parte del alimento los peces la encontraron en forma de plancton, se consideró que durante la fase experimental la cantidad suficiente de alimento aproximada sería de 7 toneladas, lo cual es una cantidad adecuada.

En el cultivo de tilapia el alimento puede representar un 60% de los costos de producción, por ello gran parte de la eficiencia en el cultivo de tilapia ya sea semi-intensivo o intensivo depende principalmente de la cantidad y calidad del

alimento suministrado. Desde este punto de vista, la forma de fertilización fue la más recomendable debido a que en la Posta Veterinaria se cuenta con este producto. Por otro lado, una de las ventajas en el cultivo de tilapia es que esta especie tiene buena capacidad filtradora. Por ello, en esta investigación, la productividad primaria tuvo un importante rol en su alimentación en el estanque durante su crecimiento. En este caso, los costos fueron nulos debido a que el alimento suministrado fue donado por el sector cunícola.

De los peces más versátiles en el proceso de adaptación en aguas dulces la tilapia ha sido una de las más exitosas, encontrándose distribuida en casi todos los cuerpos de agua del territorio nacional, además de ser resistente a diferentes factores ambientales. Desde este punto de vista, los resultados confirman que en las condiciones prevalecientes de O₂, temperatura, pH, productividad primaria del estanque, los peces lograron una buena adaptación y desarrollo, aunque la conversión de alimento en masa no fuera de un 100%.

Como se puede observar en la gráfica, la ganancia de peso se mantuvo similar durante los primeros tres meses comparada con los pesos reportados en la granja achitralada; después de ese tiempo, comenzó a haber una diferencia mínima hasta la semana 32, en la que los peces del estanque comenzaron a estabilizar el crecimiento, habiendo una diferencia considerable con respecto a la granja control. Lo anterior pudo deberse a que con el crecimiento en talla de los peces, el espacio por metro cúbico se redujo, así como la competencia por el alimento. Por otro lado, es importante considerar que la investigación concluyó un mes después de los meses más fríos.

Uno de los objetivos de esta investigación se realizó con la intención de sugerir técnicas de producción sencillas que puedan desarrollarse como parte de la formación de los estudiantes de la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. El haber demostrado que, con un adecuado manejo del estanque desde la adecuación de éste hasta la productividad obtenida en forma de proteína con buen valor nutricional, es una garantía de que el estanque usado para este proyecto tiene un potencial para continuar usándolo con algunas

modificaciones como aumentar la cantidad de agua, para permitir el cultivo de poblaciones mayores de tilapia.

El uso de crías reversadas como insumo para el cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus* en condiciones de cultivo semiintensivo, ha sido una práctica de la que comúnmente se obtiene una buena producción de proteína para el consumo humano. Por esta razón, las crías utilizadas en esta investigación tuvieron esta condición, lo que permitió, como lo demuestran los resultados, un crecimiento y ganancia de peso homogéneo.

VII. CONCLUSIONES

1. El área de estanques rústicos de la Posta Veterinaria fue acondicionada para ocupar dos estanques, de los cuales sólo se logró habilitar uno.
2. Se logró establecer el cultivo de tilapia en el estanque rústico, bajo las condiciones fisicoquímicas y ambientales que se manejaron.
3. La fertilización del estanque fue una buena medida para complementar la nutrición de los peces, que alcanzaron una ganancia considerable de peso.
4. En comparación con la granja achitralada, el desarrollo de los Tilapia en el estanque de la posta Veterinaria fue adecuado durante los primeros meses de crecimiento.
5. El acondicionamiento del estanque y el desarrollo del cultivo de Tilapia, será benéfico para los estudiantes de Medicina Veterinaria, ya que éste tendrá un potencial de uso didáctico.

VII. LITERATURA CITADA

Ahmed, M., Bimbao, M.P. y Gupta, M.V. 1996. Economics of Tilapia Aquaculture in small. waterbodies in Bangladesh. Session VI. Economics and Socioeconomics. In the third international symposium on Tilapia in aquaculture. Eds. Pullin, R.S.V., J.B.A. Kothias y D Pauly. ICLARM Conf. Proc. 41-575 p.

Alceste, C. 2000. Estado de la Acuicultura de la Tilapia. Acuicultura del Ecuador. CNA. Ecuador. 25-29

Castillo, C.L.F. 2001. Tilapia Roja 2001: Una evolución de 20 años de la incertidumbre al éxito doce años después. Cali, Colombia 69 pp. Artículo de internet en: www.ag.arizona.edu/azaqua/lista/edited.tedpapers/south%20A

Castillo, C.L.F. 2008. Tilapia Roja 2008. Una Evolución de 26 años de la incertidumbre al éxito. Manual de Manejo Industrial de la Tilapia Roja. Arizona.

CONAPESCA 2006. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2006. Mazatlán, Sin., México 219 pp.

Dávila, L.R. 1990. Ictiología de la Presa Basilio Vadillo del Municipio de Ejutla, Jalisco. Tesis de Licenciatura de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U. de G. Ciudad Guzmán, Jalisco.

FAO. 2003. El Papel de la Acuicultura en la Mejora de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición. Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, 29° Período de Secciones. Roma 12 al 14 de mayo 2003.

FAO. 2004. El Estado Mundial de la Pesca y Acuicultura (Sofía), 2004. Departamento de Pesca, Roma 2004.

FAO. 2009. El estado actual de Pesca y la Acuicultura 2008. Roma FAO Editores 176 pp.

Fiztsimmons, K. y C. Pantoja. 2005. El Mercado Norteamericano de Tilapia. Panorama Acuícola Magazine, Enero/Febrero. Vol. 10 No 2: 18-21.

González, O.A.G. 1996. Infraestructura Hidráulica de Jalisco. Royal Litographics. Gobierno del Estado de Jalisco, SDR. México.

Guzmán, A.M. 1995. La Pesca en el Lago de Chapala. Hacia su ordenamiento y explotación racional. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

Guzmán, A.M., y P.J.G. Michel. 1999. Técnicas y Métodos Actuales para la Rehabilitación de Lagos y Ríos. Memorias del Seminario Internacional. Centro de Investigación y Asistencia Tecnológica del Estado de Jalisco.

Hernández, B.C.A., Aguirre, G.G. y López, C.D.G. 2009. Sistemas de Producción de Acuacultura con Recirculación de Agua para la Región Norte, Noreste y Noroeste de México. Revista Mexicana de Agronegocios. México

Leff, E. y J. Carabias. 1993. "Cultura y Manejo Sustentable de los Recursos Naturales". Ed. Purrúa, México.

Maradiegue, T.R., Farro, P.E.M., Escala, A.J.A. y Yi, J.D. 2005. Planteamiento Estratégico para la Producción y Comercialización de Tilapias. Tesis de Magister en Administración de Negocios. Universidad Católica de Peru.

Michel, P.J.G. 1995. Sistema Sustentable de Producción Semiintensiva de Tilapia (*Oreochromis sp.*) en la presa Basilio Vadillo. Jalisco en la Ciencia. Simposium Estatal.

Michel, P.J.G. 1999. Acuacultura Rural. Memorias de las Jornadas de Investigación. Centro Universitario del Sur. Universidad de Guadalajara.

Muñoz, C.G. 1990. Engorda de *Oreochromis sp.* Memorias. Sección Acuacultura (CIEEGT). FMVZ. Ed. UNAM. México. 30-31 pp.

Palomo, M.G.G. y Arriaga, B.R. 1995. 1988. Atlas de ubicación de productos agropecuarios utilizables en la planificación y desarrollo en la acuicultura en México. 1ª. Ed. Secretaría de Pesca. México.

Rivera, F.M.G. 2007. Propuesta de la FAO para impulsar la acuicultura: ¿un modelo sostenible? Pesca y pescadores la crisis global de la pesca. Ecología política p. 31. Sitio web. ecologiapolitica.info

Santos, D. Lara, J., Muñoz, F., Núñez, B.J.F. y Baez, P.J.D. 2003. Nuevas Tecnologías en Estructuras y Equipos para Acuicultura. XLII Sesiones Técnicas de Ingeniería Naval. Valencia.

Trewavas, E. 1983. TILAPIINE FISHES OF THE GENERA ***Sarotherodon***, ***Oreochromis*** AND ***Danakilia***. British Museum of Natural History, London.

Tyedmer, P. 2005. Fuelling global fishing fleets. Dalhousie University. Nova Scotia, Canada.

Vega-Villasante, F.F., Cortés L.M.C., Zuñiga M.L.M., Jaime-Ceballos B., Galindo-López J., Basto-Rosales E.R. y Nolasco-Soria H. 2010. Cultivo de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) a Pequeña Escala ¿alternativa alimentaria para familias rurales y periurbanas de México? REDEVET Revista Electrónica de Veterinaria 1695-7504. Vol 11. No. 03

Viteri, G.V. 1985. Evaluación preliminar del crecimiento de carpa común y tilapia del Nilo con tazas crecientes de abono de vacuno. Tesis para optar el título de ingeniero pesquero. Universidad Nacional la Agraria. Lima.

Wolowics, K 2005. The fishprint of aquaculture. Can the blue revolution be sustainable? Redefining Progress. California, USA.