



Ra Ximhai

ISSN: 1665-0441

[raximhai@uaim.edu.mx](mailto:raximhai@uaim.edu.mx)

Universidad Autónoma Indígena de México  
México

Vázquez-Soto, Diana; Silva-Kurumiya, Hugo; Angulo-Corrales, Uriel; Montañez-Armenta, María de la Paz

Diseño y evaluación de un prototipo de sistema piscícola en San Clemente de Térapa, Moctezuma, Sonora

Ra Ximhai, vol. 7, núm. 2, mayo-agosto, 2011, pp. 173-185

Universidad Autónoma Indígena de México

El Fuerte, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46119239002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA PISCÍCOLA EN SAN CLEMENTE DE TÉRAPA, MOCTEZUMA, SONORA

### DESIGN AND EVALUATION OF ONE PROTOTYPE OF FISH CULTURE SYSTEM IN SAN CLEMENTE DE TERAPA, MOCTEZUMA, SONORA

Diana Vázquez-Soto<sup>1</sup>; Hugo Silva-Kurumiya<sup>2</sup>; Uriel Angulo-Corrales<sup>2</sup> y María de la Paz Montañez-Armenta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Egresada del programa de Licenciatura en Biología en Producción Acuícola de la División de Ciencias Biológicas de la Universidad de la Sierra, correo electrónico: dianaunisierra@hotmail.com. <sup>2</sup>Profesores de Tiempo Completo, División de Ciencias Biológicas de la Universidad de la Sierra. Moctezuma, Sonora, México. Correos electrónicos: www.unisierra.edu.mx.

#### RESUMEN

El presente estudio pretende contribuir a un diseño y evaluación de un prototipo para un sistema piscícola de *Oreochromis niloticus* en la comunidad de San Clemente de Térapa a manera de un sistema intensivo en estanques circulares durante un ciclo de 12 semanas con la utilización de aguas termales. La producción de *O. niloticus* a escala de autoconsumo es común en la acuicultura, ya que este organismo posee una tasa de crecimiento y conversión alimenticia que favorece su cultivo, además de ser resistente a condiciones adversas en su medio, como variaciones en la temperatura, anoxia, exceso de materia orgánica y aguas duras. Se diseñó un sistema piscícola apropiado a las condiciones de la calidad y cantidad de agua. Se evaluó el crecimiento corporal, y sobrevivencia bajo las condiciones del diseño piloto y se analizó la viabilidad del cultivo para las condiciones particulares del proyecto. El diseño experimental consistió en la instalación de dos estanques circulares; de 4.5 m y de 3 m de diámetro. En los estanques se sembraron 800 y 400 alevines de *O. niloticus* respectivamente, con alevines con peso promedio individual 0.84 g y 0.54 g. En el estudio se monitoreó los principales parámetros fisicoquímicos del agua (temperatura, oxígeno disuelto y pH), se realizaron muestreos biométricos a los organismos en el cultivo. La sobrevivencia lograda fue de 98.5 % y 98.25 % al final del cultivo. Los resultados obtenidos indicaron una rápida adaptación de la especie y un crecimiento en masa corporal aceptable. Los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron dentro de los intervalos aceptables para el cultivo. El estudio muestra que en estas condiciones, es posible conducir un cultivo intensivo durante ocho meses, con resultados alentadores.

**Palabras clave:** *Oreochromis niloticus*, cultivo intensivo, estanque circular, aguas termales

#### SUMMARY

This research will help to design a system of *Oreochromis niloticus* intensive fish farming in the community San Clemente de Térapa, Moctezuma, Sonora, México, using thermal water from a perennial spring in circular ponds during 12 weeks. Production of *O. niloticus* is a common practice in aquaculture to local consume, because this specie has an adequate growth rate and feed conversion, also resist critical

environmental conditions like temperature, anoxia, and tolerance to water hardness and high organic matter content. This design was according to quality and quantity of water. Body growth and survive was measured, also the farming viability under the particular conditions of the prototype design. Two circular ponds of 4.5 m and 3 m in diameter were installed, where were introduced 800 and 400 masculinized "young fish", with an average weight of 0.84 and 0.54 g respectively. Biometrics measured and physicochemical parameters of water were assessment (temperature, dissolved oxygen and pH). At the end of the culture was obtained a survive rate of 98.5% and 98.25 % in each pond respectively, an excellent adaptation of the organisms and an acceptable body mass. This study shows it is possible to get positive results under these conditions.

**Keyword:** *Oreochromis niloticus*, intensive culturing, circular pond, thermal water.

#### INTRODUCCIÓN

La acuicultura se define como el conjunto de actividades que tienen por objeto la producción de organismos acuáticos de aguas dulces, salobres o saladas (Barnabé, 1991). Para desarrollar la acuicultura de cualquiera de los organismos potenciales, se necesita contar con temperaturas óptimas para la especie seleccionada (cálida, templada o fría), los mejores sitios (tipo de terreno), el mejor abastecimiento de agua con suficiente caudal y calidad física y química, y la infraestructura que constituirán los parámetros determinantes para el cultivo. Los cultivos según las especies seleccionadas se desarrollan en diferentes sistemas, dependiendo del tipo de especie que se trate, y del sitio donde se quiera desarrollar. En la acuicultura son cuatro los sistemas principales de cultivo: extensivo, semi-intensivo, súper-intensivo e intensivo que están relacionados con la densidad de siembra utilizada y la

infraestructura instalada (Secretaría de Reforma Agraria)<sup>1</sup>.

La acuicultura se ha dividido según el tipo de organismos que se cultivan, siendo uno de los más desarrollados la piscicultura o cultivo de peces y dentro de éste, el pez más utilizado a nivel mundial es *Oreochromis niloticus* (Saavedra, 2006)<sup>2</sup>. Tilapia es el nombre común de *O. niloticus*, perteneciente a la familia Cichlidae. Esta familia es una de las más ricas en especies de agua dulce en el mundo, con al menos 1,300 especies y se ha llegado a estimar un total de 1,900 especies (OEIDRUS)<sup>3</sup>.

La producción de tilapia bajo el presente prototipo brindará resultados a mediano plazo (seis meses) y garantizará la inversión de los productores en San Clemente de Térapa. Es una oportunidad que permite integrar a los pobladores rurales de México a la actividad productiva (Secretaría de la Reforma Agraria)<sup>4</sup>. Al presentar esta alternativa de crecimiento económico individual, local y regional para el cultivo de *Oreochromis niloticus* en la comunidad de San Clemente de Térapa, se pretende llevar a cabo un proyecto para una granja piscícola, es por ello que se elaborará un diseño y evaluación de un prototipo de un sistema piscícola de *O. niloticus* en estanques. Con ello se pretende que la población adopte esta alternativa de producción en su comunidad, para mejorar su calidad de vida. Se establecerán las instalaciones junto a un área recreativa por su cercanía a un manantial, se determinará la calidad del agua (temperatura, oxígeno disuelto y pH) para el cultivo, todo con la finalidad de conocer el comportamiento y la adaptación de la especie a las condiciones ambientales y calidad del agua. Experiencias con proyectos de acuicultura en todo el

mundo, han llevado a concluir que entre los factores que determinan la factibilidad de una operación, es la elección correcta del sitio, quizá la más importante, así como la disponibilidad, calidad y cantidad del agua. De la misma manera la temperatura y turbidez del agua será un criterio importante para determinar si la especie seleccionada puede cultivarse en el lugar. Otros criterios importantes de la calidad del agua para la elección del sitio son acidez, alcalinidad y pH. El pH considerado más idóneo para las granjas piscícolas es de 6.7 a 8.6, valores superiores o inferiores inhiben el desarrollo y reproducción de los organismos, aunque la magnitud del efecto dependerá de la especie y las condiciones ambientales. Además de los factores físicos una característica importante que determina la idoneidad de una especie para la acuicultura es el coeficiente de crecimiento y de reproducción en condiciones de cultivo (Pillay, 2004).

El presente trabajo describe el diseño de un sistema piscícola acorde a la cantidad y calidad del suministro de agua de manantial para un cultivo piloto de *Oreochromis niloticus* bajo la hipótesis de que es un proyecto factible y viable con un buen ritmo de crecimiento (peso y talla), y sobrevivencia en un periodo de tiempo corto y que el resultado final brindará información suficiente para permitir el establecimiento de una granja productora piscícola de *O. niloticus* en la comunidad de San Clemente de Térapa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

El material requerido para las diferentes actividades del proyecto de Diseño y Evaluación de un Prototipo de Sistema Piscícola en San Clemente de Térapa, Moctezuma, Sonora se muestra en el cuadro I.

<sup>1</sup>[http://www.sra.gob.mx/internet/informacion\\_general/programas/fondo\\_tierras/manuales/Acuacultura.pdf](http://www.sra.gob.mx/internet/informacion_general/programas/fondo_tierras/manuales/Acuacultura.pdf)

<sup>2</sup>[http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNADK649.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADK649.pdf)

<sup>3</sup><http://www.oeidrusonora.gob.mx/documentos/Pesca/Plan%20Rector%20CESP%20Tilapia%20en%20Sonora.pdf>

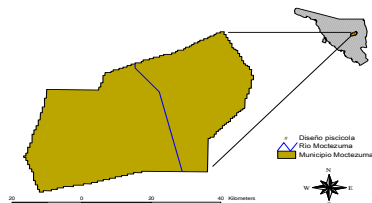
<sup>4</sup>[http://www.sra.gob.mx/internet/informacion\\_general/programas/fondo\\_tierras/manuales/Acuacultura.pdf](http://www.sra.gob.mx/internet/informacion_general/programas/fondo_tierras/manuales/Acuacultura.pdf)

**Cuadro I. Materiales requeridos para las diferentes actividades para el estudio, diseño piloto y evaluación del sistema acuícola de *O. niloticus*.**

Actividades	Material	
Elección y preparación del sitio (60 m <sup>2</sup> )	✓ Pala	✓ Alambre
	✓ Azadón	✓ 200 costales con arena
	✓ Araña	✓ 20 m de malla ciclónica (20 m x 2 m)
	✓ Picota	✓ 30 Tubo para poste (6m h y 2" Ø)
	✓ Pinzas	✓ 8 Tubos de galvanizado (1.5" Ø)
	✓ Carretilla	✓ Ixtle
Construcción del estanque de 4.5 m	✓ 100 m de Cuerda	✓ 1 Piscina INTEX de liner
	✓ 1 Tubos sanitario (120 m y 2" Ø)	✓ 45 m de manguera hidráulica de 1" Ø
	✓ Brocas ¾ y 3 mm	✓ 1 Tubos sanitario (1.50 m y 4" Ø)
	✓ Cinta negra	✓ Segueta
	✓ Taladro	
Construcción del estanque de 3 m	✓ Estanque de geomembrana con amazón	✓ 1 Tubos sanitario (1.50 m y 4" Ø)
	✓ 55 m de manguera hidráulica de 1" Ø	✓ Segueta
	✓ 1 Tubos sanitario (120 m y 2" Ø)	✓ Taladro
		✓ Brocas ¾ y 3 mm
Construcción del VENTURI	✓ 1 Válvulas de 1" Ø	✓ 1 Tubos sanitario (1.50 m y 4" Ø)
	✓ Cople 1" Ø de fierro para manguera	✓ Segueta
	✓ Cople reductor de 1 a ½" Ø	✓ Taladro
	✓ 2 m de manguera transparente de 1/8 de Ø	✓ Brocas ¾ y 3 mm
		✓ Cinta negra
Calculo de suministro de agua	✓ Probeta de 500 ml	✓ Tubos de PVC de 1" de 26, 12, 74, 5 y 4 cm
		✓ "T" de PVC
Aclimatación y siembra de alevines	✓ 4 tinas marca Sterilite 114 L	✓ 2 codos de PVC
	✓ tina marca Sterilite 68 L	✓ 1 tubo de PVC de ¾" Ø
	✓ 3 bombas marca ELITE802	✓ Cople de PVC 1" Ø
Preparación y estimación de la ración alimenticia	✓ Balanza granataria marca OHAUS	✓ Cronometro
	✓ Molino	✓ 2 bombas marca Tetra
	✓ Alimento balanceado Nutripec de 3.5 mm	✓ 5 Piedras aireadoras
		✓ 1200 alevines masculinizados
Monitoreo de los parámetros de la calidad del agua	✓ Potenciometro pHTestr2 WATERPROOF	✓ Calculadora
		✓ Recipiente
Biometrias	✓ Regla de 30 cm	✓ Pesa de 500 g
	✓ Balanza granataria marca	✓ Pesa 1000 g
	✓ Recipiente de 3lt	
Sobrevivencia	✓ 2 Bolsa de red	✓ Libreta de análisis de monitoreo
	✓ 1 Red de cuchara	✓ Oximetro marca YSI 550

**Descripción de área de estudio**

San Clemente de Térapa, se localiza a 29° 40' 56.04" latitud Norte y 109° 39' 10.47" de Longitud Oeste, a una altura de 607 msnm, a 14 km de la cabecera municipal de Moctezuma, en el Noreste del estado y a 175 Km de Hermosillo capital del Estado (Figura 1).



**Figura 1. Ubicación geográfica del diseño piloto del sistema piscícola de *Oreochromis niloticus* en la comunidad de San Clemente de Térapa, Moctezuma, Sonora.**

De acuerdo a CONAGUA (2002), la clasificación de las Provincias Fisiográficas realizada por Raisz, la zona se encuentra ubicada dentro de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, más específicamente dentro de la Subprovincia de Cordilleras Alargadas. La geomorfología del área es un reflejo de tres importantes fenómenos geológicos que son: eventos tectónicos, actividades ígneas y procesos erosivos. La hidrología superficial tiene un escurrimiento de 20 a 50 mm y su permeabilidad en hidrología subterránea es baja en materiales consolidados y media en materiales no consolidados. Predomina el clima BS<sub>0</sub>hw(w) seco semicálido con lluvias en verano (INEGI, 1992). A la comunidad de Térapa lo rodea el Río Moctezuma, que corre de norte a sur en todo su trayecto, donde

también cuenta con afluentes de nacimientos de agua. La precipitación promedio anual es de 450 mm (CONAGUA, 2002); la precipitación invernal es mayor a los 10.2 mm, con inviernos frescos. La evaporación potencial media anual es del orden de 21.08 mm. Los tipos de suelos son Bc+Hh+Re/2; Cambisol-Cromico (Bc), Feozem-Háplico (Hh) y Regosol- Eútrico (Re) con una clase de textura media (2). En el uso de suelo laboran la actividad agricultura de riego en cultivos anuales y ganadería bovina a pequeña escala (INEGI, 1992). San Clemente de Térapa se caracteriza por temperaturas extremas que oscilan desde los 42 °C en los meses de julio a septiembre, hasta 3 °C en los meses de diciembre, enero y febrero. La temperatura media máxima mensual es de 29.8 °C y una temperatura media mínima mensual de 12 °C; la temperatura media anual es de 21.1 °C. Se presentan granizadas en la época de lluvias de verano durante los meses de julio a septiembre. Las primeras heladas se presentan en el mes de noviembre, siendo recurrentes hasta la segunda quincena de febrero, siendo enero el mes más crítico, pudiéndose manifestar algunos fuertes ventarrones durante los meses de julio y agosto<sup>5</sup>.

## METODOLOGÍA

### Diseño del sistema acuícola

#### *Elección y preparación del sitio*

Se optó por un terreno de 60 m<sup>2</sup> en San Clemente de Térapa cerca del manantial para la disposición permanente de agua termal. Se limpió de hierba con pala, hacha, azadón, araña, pico y carretilla; posteriormente alrededor del área se armó y se soldó una cerca de 60 m de malla ciclónica por dos metros de alto, con 30 tubos para poste de 6 m de altura y 2" Ø, 8 tubos galvanizados de 1.5" Ø y solera galvanizada de ½ "de 2 m de altura. El sitio se niveló con 200 costales de

arena, que se llenaron con arena del río y se transportaron en vehículo y carretilla.

### **Establecimiento y construcción de los estanques**

En el sitio previamente cercado y nivelado, se estableció un estanque de geomembrana de 3 m Ø con una altura de 1.20 m, además se construyó de una piscina de linner INDEX de 4.5 m Ø y una altura de 0.96 m el cual funcionó como estanque; se sujetó el linner con una cuerda de 100 m de longitud alrededor del estanque. Posteriormente los estanques se suministraron con agua del manantial por medio de conexiones de tubería de PVC y manguera de 55 m de longitud para el primer estanque y 45 m para el segundo; a cada estanque se le colocó un tubo sanitario de 2" Ø con 1.20 m de altura y otro tubo sanitario de 4" Ø de 1.5 m de altura, con un taladro se perforaron con brocas de ¾ los tubos 4" Ø y broca de 3 mm para los tubos de 2" Ø.

#### *Construcción de VENTURI*

Para cada estanque se construyó un efecto VENTURI en forma de "L" con tubos hidráulicos de PVC de 1" Ø, conectado a un coplee de fierro con conexión a la manguera del suministro de agua. Se utilizaron tubos hidráulicos de PVC con medidas de 26 cm, 12 cm, 74 cm, 5 cm, 4 cm y 25 cm de longitud todas de tubo conectados con dos codos de PVC, manguera de desnivel de 1/8, "T" de PVC hidráulico de 1" Ø y una válvula hidráulica de 1" Ø.

#### *Cálculo del suministro de agua*

Con una probeta de 500 ml para la medición y un cronómetro para el tiempo, se calculó el suministro de agua que ingresa hacia los estanques, en un tiempo de 10 segundos.

#### *Aclimatación y siembra de alevines*

Los alevines masculinizados de *Oreochromis niloticus* provenientes del Instituto de Acuicultura del Gobierno del Estado de Sonora fueron aclimatados durante 15 días en cuatro tinajas de 114 L y una de 68 L, con tres bombas marca ELITE y dos bombas marca Tetra, todas con piedras aireadoras. Durante

<sup>5</sup>

<http://www.biblioteca.uson.mx/digital/tesis/docs/13328/Capitulo5.pdf>

los 15 días se realizaron recambios diarios de agua, con 36 L de agua a las cuatro tinas con 114 L y 19 L a la tina de 68 L. Luego de un periodo de 15 días, se capturaron los alevines con ayuda de una cuchara de red pequeña, colocándose 800 y 400 alevines en diferentes tinas de 114 L con bomba y piedra aireadora para ser transportados. Ya en el sitio se aclimataron los 800 alevines en el estanque de 4.5  $\Theta$  y 400 alevines para el estanque de 3 m  $\Theta$ . Se realizó biometrías para registrar peso y talla inicial con apoyo de una balanza granataria y una regla de 30 cm para conocer la masa corporal inicial del cultivo antes de realizar la siembra.

#### *Estimación y preparación de la ración alimenticia*

La dieta que se suministró en el estadio de alevinaje en el periodo de aclimatación, fueron raciones de 5 g cada dos a tres horas dependiendo del alimento suministrado en la ración anterior en las tinas. El ciclo inicial del cultivo en los estanques fue alimento balanceado Nutripec de pellet 3.5 mm, específico para tilapia, el cual fue triturado con un molino. Para cada estanque fueron dos raciones de alimento a saciedad sin importar la cantidad de alimento suministrada, procurándose siempre distribuir homogéneamente el alimento en todo el estanque, dejándose de suministrar, una vez que los peces dejaban de alimentarse.

#### *Biometrías (peso y talla)*

Se realizaron muestreos cada 15 días en todo el ciclo del cultivo, tomando una muestra representativa con una atarraya, colocándolos en una cubeta de 19 L con agua del mismo estanque. Se les escurría el exceso de agua adherida a los peces para ser colocados en un recipiente de 3 L ya tarado con agua en una balanza granataria, para estimar el peso del pez y ser medidos uno a uno con una regla de 30 cm devolviéndose al estanque perteneciente, se sumó la longitud de todos los individuos capturados, la sumatoria se dividió por el número total de individuos capturados. Para ambos estanques se realizó la misma metodología.

#### *Sobrevivencia*

El registro de la sobrevivencia se realizó al finalizar el ciclo de cultivo. Se capturaron con una atarraya y se colocaron en dos bolsas de red, para su conteo, una vez contabilizados se colocaron nuevamente al estanque. Se estimó el porcentaje de la sobrevivencia de los peces.

#### *Obtención de parámetros*

La calidad del agua de los estanques se monitoreó semanalmente, registrando pH con el potenciómetro, temperatura y oxígeno disuelto (mg/l) con el oxímetro. El oxímetro y potenciómetro se colocaron directamente sobre el agua de los estanques de cultivo. Se registraron los datos en la libreta de análisis de monitoreo.

## **RESULTADOS**

#### *Diseño del sistema acuícola*

El prototipo del diseño del sistema acuícola en la comunidad de San Clemente de Térapa, se construyó de acuerdo a las características del terreno, instalación de los estanques, las densidades de los individuos sembrados, el manejo de las actividades de cultivo y producción, así como el rendimiento esperado. *Sitio del diseño del sistema piscícola:* El sitio para el diseño piscícola posee un área de 60 m<sup>2</sup>, donde se construyó de acuerdo a la viabilidad de los estanques que fueron instalados (450 cm x 96.52 cm y 300 cm x 120 cm) para evaluación y estudio de viabilidad de *O. niloticus*.

Se cultivaron diferentes densidades por estanque durante 12 semanas. *Cálculo de suministro de agua a los estanques:* Los tubos de entrada y la salida del agua se ubicaron en extremos opuestos en el estanque, esto permitió una mejor circulación y un adecuado recambio de agua.

El suministro de agua para los dos estanques fue por medio de tipo VENTURI con abastecimiento de 0.7 L/S, y un total de 60,480 L de agua al día (24 h), teniendo un recambio en ambos estanques de siete veces el de su capacidad. El estanque de geomembrana (300 cm x 120 cm) obtuvo una

capacidad de agua de 8,482 L y el estanque de linner (450 cm x 0.50 cm) una capacidad de 7,952 L. *Aireación* La aireación de los estanque se efectuó por medio de aireación con VENTURI o llamado efecto VENTURI, construido con material de PVC.

Los aireadores de tipo VENTURI fueron conectados a la manguera del suministro de agua y sumergidos en el agua de los estanques, en lo que permitió que el agua estuviera oxigenada por medio de la presión y velocidad ejercida por está, haciendo que el agua circulara en los estanques y que estuviera constantemente el recambio de agua.

### Biometrias

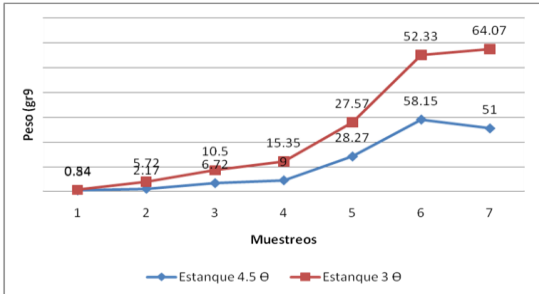
Los cuadros II y III muestran el crecimiento promedio de masa corporal en peso y talla, y las figuras 2 y 3 muestran el comportamiento del cultivo para ambos estanques.

**Cuadro II. Crecimiento promedio de masa corporal (peso y talla) del cultivo de *O. niloticus* en el estanque 4.5 m Ø de linner en San Clemente de Térapa, Moctezuma, Sonora.**

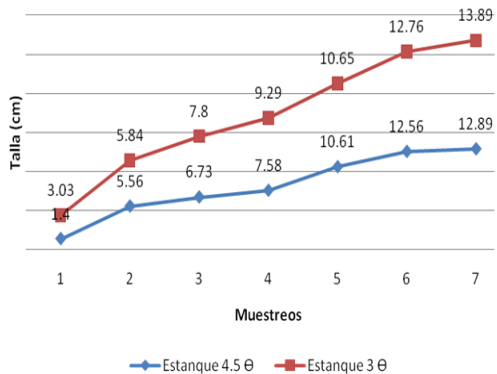
Muestreo	Muestreo	# de Organismos	Crecimiento	
			Peso (g)	Talla (cm)
Siembra	21/09/10	15	0.84	1.40
1	02/10/10	25	2.17	5.56
2	17/10/10	36	6.72	6.73
3	30/10/10	36	9.00	7.58
4	17/11/10	62	28.27	10.61
5	02/12/10	39	58.15	12.56
6	15/12/10	26	51.00	12.89

**Cuadro III. Crecimiento promedio de masa corporal (peso y talla) del cultivo de *O. niloticus* en el estanque 3 m Ø de geomembrana en San Clemente de Térapa, Moctezuma, Sonora.**

Muestreo	Fecha de muestreo	# de Organismos	Crecimiento	
			Peso (g)	Talla (cm)
Siembra	21/09/10	15	0.54	3.03
1	02/10/10	25	5.72	5.84
2	17/10/10	28	10.5	7.8
3	30/10/10	26	15.35	9.29
4	17/11/10	46	27.57	10.65
5	02/12/10	30	52.33	12.76
6	15/12/10	43	64.07	13.89



**Figura 2. Comportamiento de masa corporal en peso promedio (g) del cultivo de *O. niloticus* del estanque de 4.5 m Ø de linner y 3 m Ø de geomembrana en San Clemente de Térapa, Moctezuma, Sonora.**



**Figura 3. Comportamiento de masa corporal en talla promedio (cm) del cultivo de *O. niloticus* del estanque de 4.5 m Ø de linner y 3 m Ø de geomembrana en San Clemente de Térapa, Moctezuma, Sonora.**

### Sobrevivencia

El monitoreo de sobrevivencia se llevó a cabo el 16 de enero de 2011 al final del ciclo de cultivo. El estanque 4.5 m Ø presentó una sobrevivencia del 98.5 % de los organismos y el estanque 3 m Ø presentó una sobrevivencia de 98.25 % (Cuadro IV).

**Cuadro IV. Comportamiento de sobrevivencia de *O. niloticus* en el ciclo de cultivo en San Clemente de Térapa.**

	# individuos al tiempo 0	Sobrevivencia inicial	Sobrevivencia final
Estanque de 4.5 m Ø	800	100 %	98.5 %
Estanque de 3 m Ø	400	100 %	98.25 %

### Parámetros fisicoquímicos

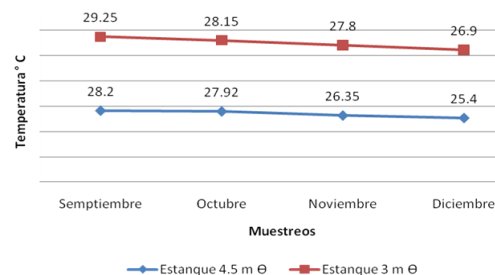
Se obtuvieron 14 muestreos en todo el ciclo de cultivo, iniciando el 21 de septiembre y finalizando el 15 de diciembre. Cada parámetro muestreado en el ciclo de cultivo de *O. niloticus* se promedió por mes (Cuadro V y VI). Las figuras 4, 5 y 6 muestran el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos promedio del agua en los estanques.

**Cuadro V. Principales valores fisicoquímicos en promedio evaluados en el agua del cultivo de *O. niloticus* en el estanque 4.5 m Ø de linner en San Clemente de Térapa, Moctezuma, Sonora.**

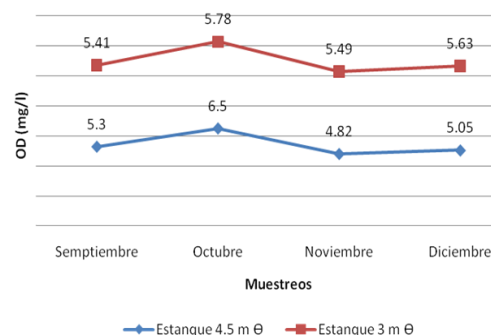
Fecha	Temp. °C	OD (mg/l)	pH
21-sep	26.7	3.24	7.9
24-sep	28.4	4.20	7.6
26-sep	28.8	7.76	7.7
28-sep	28.9	6.00	7.6
<b>Promedio</b>	<b>28.2</b>	<b>5.30</b>	<b>7.7</b>
02-oct	28.5	6.27	7.9
17-oct	27.0	8.92	7.6
23-oct	28.4	5.34	7.7
30-oct	27.8	5.48	7.6
<b>Promedio</b>	<b>27.92</b>	<b>6.50</b>	<b>7.7</b>
07-nov	28.5	4.78	7.9
17-nov	25.8	4.68	7.3
24-nov	25.9	4.87	7.7
30-nov	25.2	4.98	7.8
<b>Promedio</b>	<b>26.35</b>	<b>4.82</b>	<b>7.6</b>
02-dic	24.5	4.57	7.6
15-dic	26.3	5.53	7.6
<b>Promedio</b>	<b>25.4</b>	<b>5.05</b>	<b>7.6</b>

**Cuadro VI. Principales valores fisicoquímicos en promedio evaluados en el agua del cultivo de *O. niloticus* en el estanque de 3 m Ø de geomembrana en San Clemente de Térapa, Moctezuma, Sonora.**

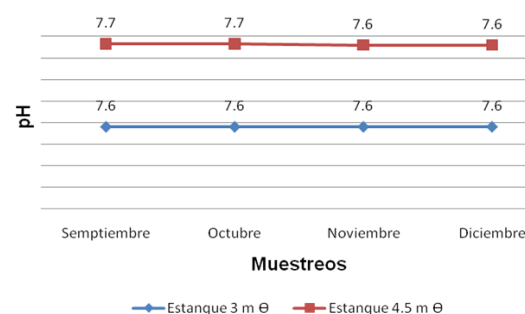
Fecha	Temp. °C	OD (mg/l)	pH
21-sep	28.7	4.42	7.6
24-sep	29.5	4.25	7.6
26-sep	29.9	5.99	7.6
28-sep	28.9	7.00	7.6
<b>Promedio</b>	<b>29.25</b>	<b>5.41</b>	<b>7.6</b>
02-oct	29.1	5.40	7.7
17-oct	25.1	6.13	7.6
23-oct	29.1	6.43	7.6
30-oct	29.3	5.16	7.6
<b>Promedio</b>	<b>28.15</b>	<b>5.78</b>	<b>7.6</b>
07-nov	30.0	6.36	7.6
17-nov	27.4	4.98	7.3
24-nov	27.1	5.66	7.7
30-nov	26.7	4.97	7.8
<b>Promedio</b>	<b>27.8</b>	<b>5.49</b>	<b>7.6</b>
02-dic	26.4	5.67	7.7
15-dic	27.4	5.59	7.6
<b>Promedio</b>	<b>26.9</b>	<b>5.63</b>	<b>7.6</b>



**Figura 4. Comportamiento de la temperatura (°C) promedio del agua del cultivo de *Oreochromis niloticus* en el estanque de 4.5 m Ø de linner y 3 m Ø de geomembrana en San Clemente de Térapa, Moctezuma, Sonora.**



**Figura 5. Comportamiento del oxígeno disuelto (mg/l) promedio del agua del cultivo de *Oreochromis niloticus* en el estanque de 4.5 m Ø de linner y 3 m Ø de geomembrana en San Clemente de Térapa, Moctezuma, Sonora.**



**Figura 6. Comportamiento de pH promedio del agua del cultivo de *O. niloticus* en el estanque de 4.5 m Ø de linner y 3 m Ø de geomembrana en San Clemente de Térapa, Moctezuma, Sonora.**

## DISCUSIONES

### Diseño del sistema acuícola

De acuerdo a Morales (2003), el uso de estanques circulares para el cultivo intensivo



de *O. niloticus* son mucho más productivos y manejables. Este tipo de estanque tiene la ventaja que pueden construirse sobre cualquier tipo de suelo y topografía. Morales (2003) recomienda estanques de 3 m a 3.5 m de diámetro, los dos estanques utilizados en el cultivo de *O. niloticus* en San Clemente de Térapa se ajustan a los diámetros recomendados por Morales (2003). Philippart y Ruwet (1982) mencionan que cultivos de *O. niloticus* en estanques circulares de geomembrana, se han desarrollado solo en algunos sitios de México, pero no en cantidades de producción industrial para la exportación. De acuerdo a Morales (2003) el crecimiento está influenciado por la temperatura del agua, disponibilidad de oxígeno, sólidos suspendidos debido a las partículas de alimento, heces fecales, mínimos recambios de agua y la calidad del agua. El ciclo de cultivo de *O. niloticus* se realizó durante la época de calor y frío, donde se consideró tolerable debido al su peso promedio aceptable logrado durante el alevinaje, situación que es difícil que ocurra en un ambiente seco semicálido, donde la temperatura ambiente está, en algunos casos, por debajo de los 10 °C y por encima de los 30 °C, lo cual representa un riesgo si existiese esas temperaturas en el agua durante los cultivos. A pesar de las temperaturas ambientales extremas en el sitio del cultivo, se pudo comprobar la rápida adaptación de esta especie en estas condiciones. El efecto del agua termal no permitió que la temperatura estuviera por debajo 20 °C, valor a la cual la especie *O. niloticus* bajan su actividad y alimentación (Chervinski, 1982). El buen desarrollo de la especie *O. niloticus* cultivada en San Clemente de Térapa, se debe a que presentó un recambio constante de agua de 2,520 L/h y a que la temperatura se mantuvo constante en los meses de septiembre y octubre. Aun cuando la temperatura ambiente bajó durante el invierno, el efecto del agua termal y los recambios de agua la mantuvieron en niveles aceptables de los 24 a 30 °C (Cantor, 2007), o bien, que la especie se haya adaptado rápidamente a las condiciones que prevalecieron en el estanque de geomembrana

y de linner. El uso del agua termal solucionó el problema de las temperaturas, aunque se tendría que tomar en cuenta el suministro de los recambios de agua para contrarrestar la baja temperatura de un año más frío.

#### *Aclimatación y siembra*

Durante el periodo de aclimatación los peces introducidos en las tinas recibieron alimentación y el agua fue renovada constantemente para asegurar el oxígeno. En el periodo de siembra del ciclo de cultivo los alevines presentaron una talla promedio de 1.40 cm en el estanque 4.5 m Ø y 3.03 cm en el estanque 3 m Ø. De acuerdo a Secretaria de Pesca (1998), los requerimientos para una aclimatación y/o estabulación para las crías de *O. niloticus* deben ser además de un buen estado de salud, una alimentación mejorada y, recambio constante de agua debiendo estar fresca, pero no demasiado fría (por encima de los 20° C), con aireación suplementaria para asegurar una buena oxigenación y, también, las crías deberán estar protegidas de depredadores. Las tallas mínimas que se manejan en la siembra para estanques varía entre 1.00 cm a 3.00 cm. La aclimatación y la talla mínima de siembra practicada en el cultivo de San Clemente de Térapa son congruentes con la recomendación por la Secretaria de Pesca.

#### *Ración alimenticia*

Morales (2003) menciona que mientras más pequeños sean los peces, más frecuente será la alimentación; incluso puede ser de seis a ocho veces por día, o continúa, mencionando también, que a los juveniles y adultos se les alimenta tres veces al día. Para el cultivo de *O. niloticus* la alimentación fue a saciedad, distribuyendo el alimento homogéneamente sobre los estanques.

#### *Biometría*

El crecimiento (masa corporal) está determinada como el incremento en peso, longitud o ambos. En la octava semana del periodo de cultivo para el estanque de 4.5 m Ø, se alcanzó un crecimiento promedio en peso de 28.27 g; en cuanto al estanque de 3 m Ø, presentó para el mismo periodo de cultivo

un crecimiento promedio en peso de 27.57 g. Morales (2003) considera que *O. niloticus* entre la séptima y la octava semana del cultivo debe presentar un peso promedio de 22 g a 29 g; por lo tanto, el resultado promedio en peso del cultivo de *O. niloticus* para los dos estanques en San Clemente de Térapa se encuentran dentro de la escala mencionadas. Hull (2008), obtuvo un promedio en peso de 4.33 g durante un experimento en un periodo de 45 días, siendo mayor el peso logrado en las instalaciones de San Clemente de Térapa, Moctezuma en un período de cultivo de 57 días. Valenzuela (2010), registró en un cultivo de *O. niloticus* en un estanque rústico con un polígono irregular de 92 m de perímetro, y 34 cm de profundidad en la Colonia Álvaro Obregón, de Cumpas, Son., un peso promedio de 35.8 g, siendo superior por 7.53 g (4.5 m  $\Theta$ ) y 8.23 g (3 m  $\Theta$ ) a los de las instalaciones de San Clemente de Térapa. Cabe mencionar que los alevines utilizados por Valenzuela fueron de dos cm y .5 g al inicio.

Al finalizar el período se obtuvo un crecimiento promedio en peso de 51 g (4.5 m  $\Theta$ ) y de 64.07 g (3 m  $\Theta$ ), por lo que representó un crecimiento en peso granado de 0.6 g por día para el estanque de 4.5 m  $\Theta$  y de 0.75 g en el de 3 m  $\Theta$ . Un crecimiento de 2 g al día se considera deficiente, son aceptables de 3.5 a 4.0 g/día y bastante buenos más allá de 5.0 g/día (Morales, 2003), lo cual el peso granado al día se considera como inaceptable para el ciclo de cultivo en San Clemente de Térapa. En el crecimiento en talla para el cuarto muestreo representando la octava semana del ciclo de cultivo el estanque de 4.5 m  $\Theta$  se alcanzó un crecimiento promedio en talla de 10.61 cm, para el estanque 3 m  $\Theta$  presentó un crecimiento promedio de 10.65 cm. Morales (2003), considera que la acuicultura intensiva sólo se monitorea el incremento en peso, ya que las muestras no se miden para obtener el crecimiento de talla promedio. Los ciclos de cultivos de 12 semanas de *O. niloticus* en San Clemente de Térapa, presentaron un crecimiento en talla promedio aceptable con 12.89 cm para el estanque de 4.5 m  $\Theta$  y 13.89 cm en el

estanque de 3 m  $\Theta$ , comparados a los resultados descritos por Cantor (2007) y Hull (2008), el crecimiento promedio en talla para los cultivos en San Clemente de Térapa se encuentran dentro de los rangos óptimos.

### *Sobrevivencia*

La sobrevivencia de *O. niloticus* fue considerada aceptable ya que para el estanque de 4.5 m  $\Theta$  presentó sobrevivencia de 98.5 %, y de 98.25% para el estanque de 3 m  $\Theta$  durante 105 días. En el estanque de 4.5 m  $\Theta$  se registró a los siete días el primer pez muerto con un crecimiento de masa corporal de 2.00 g y 5 cm de talla; para el estanque 3 m  $\Theta$  se presentó el primer pez muerto en el mes de noviembre a los 67 días de ciclo de cultivo, con un crecimiento de masa corporal de 54.3 g y 18 cm de talla. Durante el ciclo de cultivo la temperatura ambiental no varió, registrándose temperatura mínima en el mes de diciembre de 7.8 ° C, 10 ° C, 12 ° C, 14 ° C y 19 ° C. Boyd (1990), Morales (1991), Castillo (1994) y Alamilla (2002), mencionan la dificultad de cultivar *O. niloticus* con óptimos resultados durante el invierno; Atwood *et al.*, (2003), encontraron que la primera mortalidad de *O. niloticus* ocurre a los 10.6 °C y mueren en su totalidad a los 6.8 °C. Philippart y Ruwet (1982), quienes se basaron en experimentos y evidencias geográficas, limitan su distribución y rangos de temperatura 8 a 42 °C para su sobrevivencia. Valenzuela (2010), en un ciclo de cultivo inicial de *O. niloticus* de julio a noviembre en un estanque rustico a cielo abierto, obtuvo una sobrevivencia de 84.3 %.

### *Parámetros fisicoquímicos*

De acuerdo a Saavedra (2006), la calidad del agua para el cultivo de *O. niloticus* está determinada por sus propiedades fisicoquímicos, entre las más importantes destacan: temperatura, oxígeno, pH y transparencia (turbidez).

### *Temperatura*

Morales (2003) menciona que la temperatura es un factor muy importante, ya que afecta de manera directa al crecimiento en peso y talla de *O. niloticus*. En el periodo de cultivo del

21 septiembre al 30 de noviembre la temperatura promedio del agua para el estanque de linner 4.5 m Ø fue de 27.49 °C y 28.4 °C para el de geomembrana. De acuerdo a Saavedra (2006), la escala óptimo es de 28 a 32 °C, cuando disminuye a los 15 °C los peces dejan de comer y cuando desciende a menos de 12 °C no sobreviven mucho tiempo. Para asegurar una buena producción y sanidad, es necesario que la temperatura del agua del cultivo se mantenga entre los límites de tolerancia mínimo de 12 °C, máxima de 42 °C y un óptimo de 29 °C (Secretaría de Pesca, 1998), ya que la temperatura promedio para el desarrollo del cultivo de *O. niloticus* es de 24 a 28 °C de acuerdo a Cantor (2007).

#### *Oxígeno disuelto*

La concentración de oxígeno disuelto varía de acuerdo con la profundidad del agua en el estanque (Cantor, 2007). Las concentraciones cambian continuamente a lo largo de 24 horas, siendo baja al amanecer, incrementándose durante el día y declinando por la noche (Arredondo y Ponce, 1998), careciendo de oxígeno en las capas más bajas del agua, mientras en las capas superficiales se mantienen niveles aceptables de oxígeno, producido por la fotosíntesis (Cantor, 2007). La concentración promedio en el periodo de septiembre a noviembre para el estanque 4.5 m Ø fue de 5.54 mg/L y de 5.56 mg/L para el estanque de 3 m Ø. El oxígeno en el agua se mantuvo por encima de los 4 mg/L, condiciones favorables para el desarrollo del cultivo (Boyd, 1990; Morales, 1991; Castillo, 1994; Arredondo y Ponce 1998 y Alamilla, 2002). Ruíz Velazco *et al.*, (2006) obtuvieron resultados alentadores del comportamiento del oxígeno disuelto en un cultivo semi-intensivo de *O. niloticus* en estanques de geomembrana con aguas termales durante la época fría, obteniendo valores superiores a los 4 mg/L. De acuerdo a la Secretaría de Pesca (1998), la concentración de oxígeno disuelto óptimo es 5 mg/L para el desarrollo de *O. niloticus*.

#### *pH*

La escala óptima de pH en un cultivo es de 7 y 8 para favorecer la productividad

(SEMARNAP, 2000). Ambos estanques mantuvieron un rango óptimo de pH de 7.6; según Boyd (1990), Mendívil *et al.* (1995), Dan y Little (2000), Alamilla, (2002). De acuerdo con Arredondo (1998), el pH óptimo para el cultivo de *O. niloticus* es de 7.8 a 8.2 aunque se prefieren aguas con pH neutro (7.0).

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos hasta ahora en este estudio demuestran que un cultivo de *Oreochromis niloticus* con baja y alta densidad y con mínimo manejo de instalaciones pueden producir de forma rápida un buen cultivo para contribuir a la economía y la dieta de familias comunitarias. Los prototipos del sistema piscícola del ciclo de cultivo de *O. niloticus* instalado en San Clemente de Térapa, demostraron que se puede producir satisfactoriamente ésta u otras especies siempre y cuando los parámetros fisicoquímicos sean favorables. Los estanques mantuvieron un suministro de agua constante, teniendo un recambio de agua de 713 % para el de 3 m Ø y 760 % en el de 4.5 m Ø. Se demostró que las instalaciones de geomembrana se pueden construir sobre cualquier tipo de suelo. Se demostró que se pueden mantener un cultivo de una densidad 800 organismos en un ciclo de cultivo de 12 semanas. Durante la aclimatación no se presentó una elevada mortandad de crías, ni enfermedades ni parásitos a pesar de que se manejaron densidades de 273 y 105 organismos por tina. Las crías sembradas por cada estanque presentaron un buen crecimiento debido a que se llevó una aclimatación educada. El alimento suministrado en el ciclo de cultivo de *O. niloticus* se mostró apropiado, reflejando una buena aceptación del alimento balanceado. En cuanto a resultados biométricos, se consideró que los organismos tienen un crecimiento aceptable y rentable para su cultivo, en las fechas del presente estudio, siendo aceptable todavía en un ciclo de cultivo a finales de los meses de octubre o noviembre. La sobrevivencia se encuentra con un porcentaje aceptable para ambos

cultivos de *O. niloticus* y diferencias muy pocas significativas entre los dos estanques teniendo la mayor sobrevivencia el estanque de 4.5 m Ø de linner. Los parámetros fisicoquímicos del agua se mantuvieron óptimos en los estanques en el periodo de 12 semanas del cultivo, por lo que se considera un sitio adecuado para la producción semi-intensiva de *O. niloticus* al menos para el período de este trabajo.

## RECOMENDACIONES

Para las personas interesadas en invertir en las actividades piscícolas, se presentan a continuación unas recomendaciones basadas en los resultados obtenidos del presente trabajo: 1) La siembra de alevines de *O. niloticus* para su cultivo en San Clemente de Térapa se deberá realizar en el mes de marzo; esto es, cuando la temperatura ambiente se encuentre arriba de los 20 °C, con la finalidad de lograr un ciclo de cultivo que se extienda por un mínimo de siete o más meses (marzo-septiembre). 2) Es importante contar con un reservorio de agua con una capacidad de 150 m<sup>3</sup>, con la finalidad de realizar recambio cuando la bomba no esté disponible y/o cuando ocurra una emergencia en el suministro de agua. 3) Ser aprovechado cualquier manantial para cualquier cultivo acuícola de acuerdo a los parámetros medioambientales.

## LITERATURA CITADA

- Akiyama, D. 1995. **Nutrición, alimentos y alimentación de los peces**. Soyanoticias. 253 pp. 20-23.
- Alamilla, H. 2002. **Cultivo de tilapias**. ZOE Tecno Campo. México: 16 p.
- Amador del Ángel L. E., Córdoba -Rivera C. M., Gómez-Vázquez J., Villareal López C., Valdez-Morales S. y Cabrera-Rodríguez P., 2006. **Diagnóstico de las unidades femeniles de producción rural (UFPR) de Mojarra Tilapia (*Oreochromis spp*) en la Península de Atasta, Campeche (México)**. Comunicación Científica - CIVA 2006
- Arredondo, F. y Ponce P. 1998. **Calidad del agua en acuicultura. Conceptos y aplicaciones**. Editorial AGT.
- Atwood H.L., Tomasso J.R. y Glatin D.M. 2003. **Low-temperature tolerance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: effects of environmental and dietary factors**. *Aquaculture Research* 34, 241-251
- Barnabé, G. 1991. **Acuicultura**. Editorial Omega. 1148 pp.
- Boyd, Claude E. 1990. **Water quality in ponds for aquaculture**. Alabama Agricultural Experiment Station. USA.
- Boyd, Claude E. 1982. **Water quality management for pond fish culture**. Developments in aquaculture and fishery sciences, 9. Elsevier scientific publishing company, Amsterdam, Oxford, Nueva York. 318 p
- Cantor Atlatenco, F. 2007. **Manual de producción de tilapia**. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. Pg. 23. 135 pp.
- Castillo Campos, L.F. 1994. **La historia genética e hibridación de la tilapia roja**. Comarpez Ltda. Cali, Colombia.
- Chervinski, J. 1982. **Environmental physiology of tilapia**. In: the biology and culture of tilapia (Ed. By R.S.V. Pullin & R.H. Lowe McConnell), pp. 119-128. ICLARM Conference Proceedings 7. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- COMITÉ DE SANIDAD ACUÍCOLA DEL ESTADO DE SONORA, A. C. 2006.
- COMITÉ DE SANIDAD ACUÍCOLA DEL ESTADO DE SONORA, A. C. 2007.
- Comisión Nacional del Agua. 2002. **Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Río Moctezuma, estado de Sonora**. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas. Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica.
- Dan N.C. y Little D.C. 2000. **Overwintering performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) Broodfish and seed at ambient temperatures in northern Vietnam**. *Aquaculture Research* 31, 485-493
- De la Lanza Espino, G. 2006. **Aspectos fisicoquímicos que determinan la calidad del agua**. En: Ecología de los sistemas acuícola, bases ecológicas para el desarrollo de la acuicultura. Martínez, C. Luis (Compilador). Editorial AGT. P. 1-24
- FAO. 1995. **Código de conducta para la pesca responsable**. FAO-Departamento de Pesca

- Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación. Roma.
- FAO. 2000. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura**. Dirección de información de la FAO. Roma. Italia: 215 pp.
- FAO. 2007. **Documentación técnico de pesca. Estado mundial de la acuicultura 2006**.
- FAO. 2011. **Fisheries and Aquaculture Department.1997. New insights on feeding and growth of tilapia (*Oreochromis niloticus*)**. In: Fitzsimmons, K. (Ed.), Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, New York, Vol. 106. P 151–168.
- Gunasekara, M., Shim, F. y Lam, J. 1995. **Effect of dietary protein level on puberty, oocyte growth and egg chemical composition in the tilapia *Oreochromis niloticus* (L.)**. Aquaculture 134:169-183.
- Hull-Figueroa I. 2008. **Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de tres variedades de *Oreochromis niloticus*: SAN.TAB, TAB y MIX en cultivo semi-intensivo**. Memoria de estadía, Universidad de la Sierra, Moctezuma, Sonora, México.
- INEGI. 1992. **Cartas estatal de hidrología superficial**. Escala 1: 1, 000, 000
- INEGI. 1992. **Cartas estatal de suelos**. Escala 1: 1, 000, 000
- INEGI. 1992. **Cartas estatal de tipos de climas de Köppen modificado por García (1973)**. Escala 1: 1, 000, 000
- INEGI. 1992. **Cartas estatal de vegetación y uso actual**. Escala 1: 1, 000, 000
- INEGI. 1992. **Cartas estatal geológica**. Escala 1: 1, 000, 000
- Medina, F. 2009. **Comparación del pre-engorde de alevines de tilapia del Nilo e híbrido rojo de tilapia en tres ambientes en Zamorano, Honduras**. Proyecto de tesis. Universidad de Zamora, Zamora, Honduras.
- Mendívil F.J.A., Acosta C.C. y Melchor A.J.M. 1995. **Producción de crías de tilapia *Oreochromis aureus* en Chametla, Sinaloa, México. 1er Simposio Centro americano sobre cultivo de tilapia, Incopesca, San José de Costa Rica**. 106-110.
- Mora, G., Villareal-Delgado, E., Arredondo-Figueroa, J., Ponce-Palafox, J. y Barriga-Sosa. 2003. **Evaluación de algunos parámetros de calidad del agua en un sistema cerrado de recirculación para la acuicultura, sometido a diferentes cargas de biomasa de peces**. Hidrobiológica 13(4): 247-253.
- Morales, D. 2003. **Biología, cultivo y comercialización de la tilapia**. Editorial AGT. págs. 2,12-16 46.
- Morales, D. A. 1991. **La tilapia en México. Biología, cultivo y pesquerías**. AGT Editor S. A., México, D. F. 190, 3, 16 pp.
- Morales, Q. y Morales R. 2006. **Síntesis regional del desarrollo de la acuicultura**. América Latina y el Caribe. Roma: FAO.
- Osure, G, Phelps, R. 2006. **Evaluation of reproductive performance and early growth of four strains of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) With different histories of domestication**. Aquaculture 253:485-494.
- Philippart, J.C. y J.C. Ruwet. 1982. **Ecology and distribution of tilapias**. P. 15-60. In R.S.V. Pullin y R.H. Lowe-McConnell. The biology and culture of tilapias. ICLARM Conf. Proc. 7.
- Pillay, R. 2004. **Acuicultura. Principios y prácticas**. Editorial Limusa.
- Ponce-Palafox J. T., Romero-Cruz O., Castillo-Vargas Machuca S., Arteaga-Nochebuena P., Ulloa-García M., González-Sala R. I Febrero Toussaint I. y Esparza Leal H., 2006. **El desarrollo sostenible de la acuicultura en América Latina**. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET Vol. VII, N° 07, julio.
- Poot-Delgado, Salazar-Novelo y Hernández-Hernández. 2009. **Evaluación de dietas comerciales sobre el crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus), etapa crianza**. 2º Congreso Internacional de Investigación.
- Popma, T y Geen, B. 1990. **Sex-reversal of tilapia in earthen ponds**. Research and Development Series No. 35. International Center for Aquaculture, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, USA. 15 p.
- Ruíz-Velazco Arce, Javier marcial de Jesús, Tapia-Varela Raúl, García-Partida José Rosendo y González-Vega Humberto. 2006. **Evaluación de un cultivo semi-Intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tanques circulares con aguas termales**
- Saavedra-Martínez, M. 2006. **Manejo de Cultivo de Tilapia**. Managua, Nicaragua.

- SAGARPA-CONAPESCA. 2004. **Anuario estadístico de acuacultura y pesca**. Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 408 pp.
- SAGARPA-CONAPESCA. 2005. **Anuario estadístico de pesca**. Dirección General de Acuacultura y Dirección General de Estadística y Registros Pesqueros. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Base de datos general.
- Secretaría de la Reforma Agraria. **Manual del participante acuacultura**.
- Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. 2000. **Guía para el cultivo de tilapia**. Pg. 51-53.
- Secretaría de Pesca. 1998. **Manual técnico para el cultivo de tilapia en los Centros Acuícolas de la Secretaría de Pesca**.
- Valenzuela-Maldonado I. 2010. **Estudio de viabilidad, de una granja para el cultivo de tilapia en la Colonia Álvaro Obregón, Cumpas, Sonora**. Memoria de estadía, Universidad de la Sierra, Moctezuma, Sonora, México.
- Wee, K.L. y Tuan, N.A. 1988. **Effects of dietary protein level on growth and reproduction in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)**. In: R.S.V. Pullin; T. Bhukaswan; K. Tonguthai and J.L. Maclean (Editors). The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Department of Fisheries, Bangkok, Tailandia and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Filipinas. p. 401-410.

## AGRADECIMIENTOS

A la comunidad de San Clemente de Térapa por las facilidades brindadas para el desarrollo del proyecto y a las autoridades de la Universidad de la Sierra por permitir el uso de sus instalaciones, equipo y menaje del Centro Acuícola UNISIERRA durante gran parte desarrollo del proyecto.

### Diana Vázquez-Soto

Egresada del programa de Licenciatura en Biología en Producción Acuícola de la División de Ciencias Biológicas de la Universidad de la Sierra. Correo electrónico: [dianaunisiera@hotmail.com](mailto:dianaunisiera@hotmail.com)

### Hugo Silva-Kurumiya

Profesor de Tiempo Completo, División de Ciencias Biológicas de la Universidad de la Sierra, carretera Moctezuma – Cumpas km 2.5, CP 84561 Moctezuma, Sonora, México. Correos electrónicos: [hskurumiya@yahoo.com](mailto:hskurumiya@yahoo.com) y [www.unisierra.edu.mx](http://www.unisierra.edu.mx)

### Uriel Angulo-Corrales

Profesor de Tiempo Completo, División de Ciencias Biológicas de la Universidad de la Sierra, carretera Moctezuma – Cumpas km 2.5, CP 84561 Moctezuma, Sonora, México. Correo electrónico: [urielangulo@hotmail.com](mailto:urielangulo@hotmail.com)

### María de la Paz Montañez-Armenta

Profesora de Tiempo Completo, División de Ciencias Biológicas de la Universidad de la Sierra, carretera Moctezuma – Cumpas km 2.5, CP 84561 Moctezuma, Sonora, México. Correo electrónico: [mariafriede@hotmail.com](mailto:mariafriede@hotmail.com).