



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES-ZARAGOZA

Crecimiento de Tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo

semi-intensivo en la Ciudad de México.

**TESIS COMO ALTERNATIVA DE TITULACIÓN DE LABORATORIO
DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA VII Y VIII**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGA

PRESENTA

ARELI MARGARITA GARCÍA GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ

Realizada con el apoyo del proyecto PAPIME PE208816 y proyecto
PAPIME PE213718



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.**



Ciudad de México, 2019

Este trabajo fue desarrollado con el apoyo de la Dirección General de Asuntos de Personal Académico (DGAPA), proyecto PAPIME PE208816, bajo la dirección del M en C. Armando Cervantes Sandoval en la “Realidad en una comunidad virtual. Aplicaciones de enseñanza-aprendizaje de la ecología estadística y la sustentabilidad en zonas urbanas”. También al proyecto PAPIME PE213718.



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por brindarme la oportunidad de poder crecer académica, intelectual y personalmente.

Al proyecto DGAPA-PAPIME PE208816, titulado “Realidad en una comunidad virtual. Aplicaciones de enseñanza-aprendizaje de la ecología estadística y la sustentabilidad en zonas urbanas” y proyecto PAPIME PE213718, gracias por el apoyo recibido para la realización de esta tesis.

Al Dr. José Luis Gómez Márquez, le agradezco primeramente por aceptarme en el laboratorio de Limnología, por transmitirme sus conocimientos, por ser exigente, por su paciencia, realmente he aprendido mucho de usted y aunque en un inicio quería tirar la toalla, por fin logré concluir la tesis, gracias de todo corazón por todo su apoyo y confiar en mí.

A la Dra. Bertha Peña Mendoza, gracias Doctora por su apoyo desde la primera vez que la conocí, por enseñarme de una manera sencilla las cosas, por ser tan detallista en la revisión de esta tesis y por ser una gran mujer, que me ha inspirado a seguir avanzando.

Al Biol. José Luis Guzmán Santiago mi querido profe, gracias por escucharme en mis peores momentos, por apoyarme en cada una de mis decisiones, por sus sugerencias y sus jalones de orejas jeje, no solo ha sido uno de mis mejores profesores sino también un gran amigo, lo quiero mucho profe, le estaré eternamente agradecida.

Al M. en. C. Armando Cervantes Sandoval, le agradezco por su paciencia, su motivación y sus clases interesantes, me declaro una admiradora de usted, realmente me quedo con esa pasión que trasmite de la estadística, la manera en



**Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.**



cómo ve los números y que realmente cuando uno hace lo que le gusta se refleja, gracias por su apoyo en la realización de esta tesis.

A la M. en C. Gabriela Selene Ortiz Burgos, por ser parte de mi comité, darme herramientas para mejorar mi trabajo y por compartir sus conocimientos de la mejor manera, ser tan amable y accesible.

Al Profesor Ramiro Gómez Ríos, de todo corazón le agradezco por su tiempo, apoyo, por esa honestidad que lo caracteriza, por ser un profesor ejemplar, gracias por escucharme y sus palabras, sin duda me hicieron más fuerte.

A la profesora Elvia, sin duda usted fue un gran reto, todos los alumnos le temen, sin embargo, detrás de todo eso tuve la oportunidad de aprender y trabajar en equipo, gracias por esa exigencia, por ese compromiso, por esas palabras de chamaca échele ganas, ha sido una de mis mejores experiencias en laboratorio.

A la profesora Yolanda, gracias por ser tan amable y orientarme con todos los trámites.



DEDICATORIAS

A mi querido padre Luis García, pa quiero darte las gracias por dar lo mejor de ti como padre, ahora que estoy en tus zapatos veo que no es una tarea nada sencilla, sin embargo, el resultado fue bueno después de todo jeje, me has enseñado a ser fuerte a pesar de las circunstancias, ser responsable, honesta, trabajadora, cada que algo se me complicaba y sentía que no podía, recordaba tú frase “no hay no se puede, claro que se puede”, gracias por ser mi amigo y estar en esos momentos que más los he necesitado, por ser la figura paterna de Antuan, te amo papi, hemos llegado a la meta, después de tanto valió la pena.

A mi hermosa madre, sabes que te amo con todo mi corazón. Te agradezco infinitamente por estar en cada momento de alegría, tristeza, enojo e inclusive de querer tirar la toalla, gracias por decirme que le echara ganas en esas situaciones que ya no quería continuar, por ser mi mejor amiga, escucharme, motivarme, brindarme esa confianza que un hijo necesita, por ser mi refugio cuando las cosas no van bien, por la oportunidad de terminar una profesión ayudándome al cuidado de Antuan y sobre todo por darme ese ejemplo de una mujer guerrera, que aun con un millón de cosas por hacer siempre logras tus metas, con una sonrisa y la mejor actitud.

Al hombre de mi vida, mi amado hijo Antuan, que es la luz que me ilumina cada día y hace sacar lo mejor de mí en todo momento, gracias por existir, por aparecer a la mitad de la licenciatura, eres el más bello regalo de la vida, me impulsaste con mayor fuerza a concluir esto, me siento tan afortunada de compartir mis logros contigo, gracias pequeñito hermoso por tus palabras de “mami todo estará bien” cuando se me salían mis lágrimas de sentir que ya no podía, por tolerar mis peores momentos estrés, por sacarme esas hermosas sonrisas con tú espontaneidad que hacen que mi corazón se llene de alegría, hoy más que nunca seguiré



**Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.**



esforzándome, aún nos queda un gran camino por recorrer, estoy segura que al igual que yo, tú lograras tus metas, siempre estaré ahí para apoyarte ,motivarte e impulsarte, por ahora a tus cuatro años, dices que quieres ser biólogo marino, te encantan los peces y nadas como un pececito.

A mis queridos hermanos Giovanni y Miguel, saben que los quiero mucho y aunque cada quien tomo su camino han sido fundamental en mi vida, que han estado ahí para molestarme, sin embargo, se los agradezco muchachos rebeldes jeje.

A mi amiga Lorena, gracias por ser mi amiga, aunque lo confieso jamás imagine que llegaríamos tan lejos con esta linda amistad, soy tan afortunada de tenerte, te agradezco por escucharme cada vez que lo necesito y decirme esas las palabras mágicas que me hacen reaccionar, por ser sincera, atenta y prepáreme desayunos deliciosos, toda linda siempre apoyándome, sabes que te quiero muchísimo, espero que esta amistad continúe hasta que nos hagamos viejitas.

A mi querida amiga Paula, es curioso cómo llegamos a coincidir, la vida te pone en tu camino a las personas precisas que necesitas en ese momento, a pesar que solo tomamos algunas materias en un semestre, fue suficiente para continuar con nuestra amistad, sabes que te quiero mucho y te admiró, sé que tú también pronto llegaras a la meta, gracias por ser parte de esto.

A mi gran amigo Esau, sabes eres un gran hombre con un hermoso corazón, de ante mano debes saber que te quiero mucho, aunque a veces soy muy poco expresiva contigo, gracias por toda la ayuda recibida de tu parte, por estar al pendiente de mí, por motivarme cuando retome la escuela de verdad mil gracias, sin ti me hubiera costado el doble del trabajo y bueno aún nos quedan proyectos por realizar.

A mi querida terapeuta Leticia Márquez, aquí está el resultado detrás de un gran trabajo, llegamos a la meta con altas y bajas, gracias por haberme sacado de situaciones muy complicadas, por haber estado ahí y trabajar en conjunto, lo



**Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.**



logramos y vamos por más, eres una excelente profesionista y sobre todo una gran mujer, que la vida te siga bendiciendo.

A Armando Martínez Gómez, por el apoyo brindado en todo momento y por ser un gran amigo.

A mis compañeros del inicio de la licenciatura Yazmin, Lore, Omar, Chucho, Pocho, Ivan, Alejandra, Ulises, Vicky, gracias por el tiempo que convivimos han sido mi grupo favorito con el cual disfrute al máximo en esta etapa, son excelentes personas y muchos de ustedes ya titulados y me siento orgullosos de ustedes, gracias chicos por todos esos agradables momentos.

A mi compañera Yalid, mil gracias por haber hecho el servicio social en este proyecto, fue poco fácil yo lo sé, trabajar en equipo tiene sus cualidades, pero de verdad muchas gracias por todo el apoyo y haber estado ahí, sin ti hubiera estado lo triple de estresada.

A mis compañeros del laboratorio, Ismael, Richi, Magali, Carlos, Wendy, Victoria, gracias chicos por hacer del laboratorio un ambiente más relajado y de cada uno de ustedes me llevo experiencias valiosas.

A mí, por ser fuerte, persistente, por darme esa confianza a mí misma y a pesar de todas las circunstancias logre salir a delante, la vida está constituida por experiencias buenas y malas, lo importante es la actitud con la que decidas tomar la cosas.

Finamente a todos aquellos con los que me cruce en el camino, gracias por todo el apoyo brindado de una manera directa e indirecta.



**Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.**



“Haz sólo lo que amas y serás feliz, y el que hace lo que ama, está benditamente condenado al éxito, que llegará cuando deba llegar, porque lo que debe ser será, y llegará naturalmente”

Facundo Cabral



ÍNDICE

1. Resumen	11
2. Introducción	13
2.1 Crecimiento en peces.....	14
2.1.1. Nutrición en peces	15
2.2. Elementos básicos de la nutrición	16
2.3. Cultivo semi-intensivo	19
2.4. Fitoplancton	20
2.5. Diagnóstico de la especie	21
3. Antecedentes	23
4. Planteamiento del problema	29
5. Justificación	30
6. Objetivo General	31
6.1. Objetivos particulares.....	31
7. Zona de Estudio	32
7.1. Unidad Acuícola Experimental “Zaragoza”	32
8. Materiales y métodos	33
8.1. Trabajo de campo.....	33
8.2. Parámetros Físicos y Químicos.....	34
8.3. Análisis biológico	37
8.4. Trabajo de gabinete.....	39
8.5. Factor de conversión de fertilización.....	40



Crecimiento de tilapia *Oreochomis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.



8.6. Indicadores de Crecimiento.....	42
8.7. Supervivencia.....	42
8.8. Factor de condición.....	43.
8.9. Análisis estadístico.....	44
9. Resultados.....	45
9.1. Parámetros Físicos y Químicos.....	45
9.2. Supervivencia.....	49
9.3. Factor de conversión del Fertilizante.....	50
9.4. Composición Fitoplanctónica.....	51
9.5. Indicadores de Crecimiento.....	55
9.6. Comportamiento de talla y peso.....	59
9.7. Relación Peso-Longitud total.....	61
9.8. Correlaciones.....	65
10. Discusión.....	67
11. Conclusiones.....	83
12.-Sugerencias.....	84
13. Referencias.....	85



1. Resumen

Se comparó el crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio del suministro de tres dietas con diferentes porcentajes de proteína y suplementando la alimentación con fertilizante orgánico, mediante un cultivo semi-intensivo, bajo condiciones climáticas de la Ciudad de México, el estudio se realizó dentro de las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, en la Unidad Acuícola Experimental, ubicada en el Oriente de la Ciudad de México, en el periodo de febrero - agosto del 2018.

Se utilizaron tres estanques (sistemas) de concreto de 60 cm x 100 cm x 40 cm, con 15 organismos por sistema, los cuales se seleccionaron al azar. El peso total promedio para el sistema 1 fue de 0.54 g con un final de 34.52 g; para los organismos del sistema 2 el peso promedio inicial fue de 0.58 g con un final de 30.03 g y para el sistema 3 con un peso inicial promedio de 0.61 g con un final de 29.79 g.

Los peces fueron alimentados tres veces al día por 6 días a la semana, durante 7 meses. La cantidad de alimento balanceado se basó en el 6% de la biomasa de los organismos. En cada sistema se suministró aireación constante con el fin de mantener una adecuada oxigenación del agua y se colocaron calentadores para mantener una temperatura adecuada de $26\pm 1^{\circ}\text{C}$. Mensualmente se realizó la biometría de los organismos tomando la longitud total (Lt), longitud patrón (Lp), Altura (Alt) y peso (P). Semanalmente se realizaron pruebas de alcalinidad y dureza y cada tercer día de oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad y visibilidad al disco de Secchi.

Los resultados muestran que el crecimiento para *O. niloticus* en el sistema 1 y 2, fue alométrico positivo (mayor crecimiento en peso) mientras que para el sistema 3, fue isométrico. En cuanto al Factor de Condición relativo (Kr) en promedio, los



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



organismos se mantuvieron por encima de 1, indicando un adecuado crecimiento. Respecto a los indicadores de crecimiento, el estanque 1, fue el en un inicio ganó mayor porcentaje de Ganancia en peso total (% PG) respecto a los otros dos, la Tasa específica de crecimiento (TEC) que se obtuvo en promedio para el sistema 1 fue 2.92, sistema 2 de 2.81 y sistema 3 de 3.01, el Factor de Conversión alimenticia (FCA), para el sistema 2 se obtuvo un valor promedio de 2.85 y sistema 3 de 1.95. En cuanto a los parámetros físicos-químicos solo hubo diferencias significativas, en la conductividad ($H=6.5215$; $p<0.05$), la visibilidad al disco de Secchi ($H= 61.4352$; $p<0.05$) y alcalinidad ($H=6.97453$; $p<0.05$). Con respecto al fitoplancton se registraron 4 divisiones Heterokontophyta, Cyanobacteria, Cryptophyta y Chlorophyta la cual predominó por arriba del 86% en los tres sistemas. Los géneros más representativos fueron *Monoraphidium*, *Chlorella*, *Actinastrum*, *Oocystis* y *Rhodomonas*.



2. Introducción

La acuicultura en la actualidad es una fuente importante de producción de alimento para satisfacer la creciente demanda mundial. En muchas partes del mundo, especialmente en los países en vías de desarrollo, se están realizando proyectos de acuicultura, por lo que el cultivo de organismos acuáticos puede ser una contribución importante para la nutrición, en virtud de su gran productividad y de que las cosechas que se realizan son principalmente de proteínas lo que la hace una alternativa alimenticia, debido a que la cantidad de alimentos obtenidos por la agricultura y ganadería es insuficiente para satisfacer a la población humana (FAO, 2011).

Entre los factores más importantes a considerar en el desarrollo de proyectos productivos de acuicultura son el definir las especies, la talla comercial, la producción pesquera de estas para que puedan competir en los mercados, las facilidades de infraestructura, la calidad del agua, el alimento y su disponibilidad, la demanda comercial, así como los limitantes en el manejo y la transportación de organismos e insumos básicos de la producción, los cuales también deben ser considerados para desarrollar un cultivo productivo rentable (Arredondo y Lozano, 2003). En México en mayor proporción se cultiva camarón, tilapia, trucha, bagre y carpa (Ruiz, 2013).

La tilapia se cultiva en 31 estados del país, siendo los mejores sitios para su desarrollo las zonas tropicales de los estados de Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Michoacán, Veracruz y Sinaloa (INAPESCA, 2003). Es un pez teleosteo, del orden Perciformes perteneciente a la familia Cichlidae, es originario de África, habita la mayor parte de las regiones tropicales del mundo, donde las condiciones son propicias para su crecimiento y reproducción.



La tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), es una de las especies tropicales importantes en la acuicultura de agua dulce. Actualmente es la especie más importante ecológica y comercialmente en México (Peña-Mendoza *et al.*, 2005).

2.1 Crecimiento en peces

El crecimiento se entiende por cambio de tamaño (longitud y peso) con relación al tiempo, en los peces depende del estado fisiológico (edad, peso y madurez), factores ambientales (temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto), además del estado nutricional, que es uno de los factores más determinantes para el crecimiento teniendo en cuenta que cada especie tiene distintos hábitos alimentarios y requerimientos nutricionales específicos, de los cuales la calidad de la proteína (nivel y disponibilidad de aminoácidos esenciales) es uno de los macronutrientes más importantes, además de la tasa de alimentación (D'Abramo *et al.*, 1997; El-Sayed, 2003; Anónimo, 2011).

Por lo tanto, para la alimentación de los peces en sus diferentes estadios, se debe tener en cuenta el nivel de proteína con el que se obtiene el máximo crecimiento. Así mismo, a medida que avanza el cultivo, este nivel de proteínas que produce el máximo crecimiento disminuye con el incremento del peso del pez. También se debe considerar que, en la elaboración de alimentos balanceados para el cultivo intensivo o semi-intensivo de tilapia, el suplemento de proteína puede llegar a representar el 60% del costo total del alimento (Charo-Karisa *et al.*, 2006).

El crecimiento de los peces depende en gran parte de la calidad del agua, por lo que, para lograr una buena producción, es necesario mantener las condiciones físico-químicas del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie a cultivar (García, 2010). Uno de los factores que pueden modificar la condición del agua es



la sobrealimentación, ya que puede afectar la calidad del sistema del cultivo y por ende el crecimiento. Por lo tanto, el manejo de las cantidades y los tipos de alimento a suministrar deben ser controlados y evaluados periódicamente para evitar los costos excesivos y de esta manera lograr una buena producción (Nicovita, 2001).

2.1.1. Nutrición en peces

Las diferentes especies ícticas tiene distintos hábitos alimentarios y requerimientos nutricionales específicos determinantes en el crecimiento. La energía es obtenida a partir de los macronutrientes (proteínas, lípidos y carbohidratos); los aminoácidos que forman las proteínas son esencialmente utilizados por los organismos para la formación de tejidos y hormonas. Los lípidos y carbohidratos en cambio, son utilizados principalmente para la obtención de energía (Lehninger, 2002). Si la calidad de los lípidos y carbohidratos no es la óptima, las células tomarán energía de los aminoácidos destinados al crecimiento (Fuller *et al.*, 1977). Además de macronutrientes, también existe un requerimiento por micronutrientes como vitaminas y minerales; la dieta deficiente en determinados minerales esenciales tendrá un efecto negativo sobre el crecimiento, al igual que una inadecuada proporción entre distintas vitaminas y minerales (D'abramo *et al.*, 1997)

La cantidad y calidad de los nutrimentos ingeridos (los señalados anteriormente), tienen un efecto directo sobre el crecimiento. Si el alimento tiene alta cantidad de energía y poca proteína, el organismo cubrirá sus necesidades energéticas, pero no tendrá sustrato suficiente para formar tejido y estructuras. Por otro lado, si hay una gran cantidad de proteína y poca energía el organismo no tendrá suficiente energía para realizar sus funciones fundamentales (crecimiento, reproducción o mantenimiento) y la obtendrá a partir de los aminoácidos, lo cual es menos



redituable en términos costo-beneficio, ya que se necesita una mayor cantidad de ATP para obtener energía de estos compuestos (Dokken, 1987).

La tilapia muestra un patrón de alimentación diurno y la digestión principalmente en la noche. Los peces jóvenes son omnívoros, alimentándose principalmente de zooplancton y zoobentos, aunque también ingieren desechos y se alimentan de material coloidal en suspensión y fitoplancton. Cerca de los 6 cm de longitud, la especie se vuelve casi completamente herbívora, alimentándose principalmente de fitoplancton y utilizando el mecanismo mucoso y sus dientes faríngeos. El pH del estómago varía con el grado de saciedad y cuando están totalmente saciadas, el pH puede descender incluso a 1.4, de manera que se facilite la lisis de las algas azul-verdes, las algas verdes y las diatomeas (Jauncey, 2000).

2.2. Elementos básicos de la nutrición.

- Proteínas

Todas las células vivas contienen proteínas que están íntimamente relacionadas con los procesos activos que constituyen la vida de las células (Soler, 1996). Las proteínas componen aproximadamente del 70% del peso seco de la materia orgánica que se encuentra en el tejido del pez; por lo tanto, el contenido de proteína es uno de los compuestos nutricionales más importantes de los alimentos balanceados para peces (El-Sayed, 2003). Una vez que la proteína es digerida o hidrolizada se liberan aminoácidos, los cuales son absorbidos por el tracto intestinal y distribuidos a través de la sangre a todos los órganos y tejidos del animal. Los aminoácidos son utilizados por los tejidos para formar nueva proteína ya sea para crecimiento, reproducción o mantenimiento (Soler, 1996).

Según Hopher (1993), el pez requiere proteína para reponer los tejidos desgastados y productos proteínicos como células del epitelio intestinal, enzimas y hormonas



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



esenciales para el funcionamiento correcto del organismo, las cuales recirculan con bastante rapidez. Los niveles óptimos en la ración para tilapias dependen de la talla o edad, además del sistema de cultivo, ya sea extensivo, semi-intensivo o intensivo. En los estanques pueden tener acceso al alimento natural que se genera a base de fertilización orgánica o química que es rico en proteínas. Los aminoácidos son fundamentales en la formación del tejido muscular (Llanes *et al.*, 2006).

- Aminoácidos

Cubrir los requerimientos proteicos de un animal supone, realmente, que puede disponer de un conjunto de aminoácidos, en cantidades y proporciones adecuadas para la fabricación de sus propias proteínas funcionales y estructurales, lo que equivale a mantener su estado fisiológico, la formación y regeneración de tejidos tales como músculo, hueso, piel, células sanguíneas, enzimas, productos sexuales y sustentar un crecimiento óptimo. Después de la digestión de la proteína ingerida, los aminoácidos se liberan y se absorben para constituir una fuente endógena, a partir del cual se utilizan con distintos fines. El patrón de aminoácidos endógenos a disposición metabólica en el animal, este compuesto por dos categorías nutritivas de aminoácidos: los esenciales y los no esenciales (Higuera, 1987). Los primeros se sintetizan en pequeñas cantidades por el organismo y no logra satisfacer todas sus necesidades metabólicas, por lo tanto, deben adquirirlos a partir de la dieta. Para los peces, se consideran esenciales los siguientes aminoácidos: arginina, histidina, fenilalanina, triptofano, valina, leucina, isoleucina, metionina, treonina y lisina; y los aminoácidos no esenciales: glicina, prolina, tiroxina, serina, cisteína, cistina, alanina, glutamina, ácido aspártico y ácido glutámico, los cuales son igualmente importantes en la estructura proteica; sin embargo, si hay deficiencia en la ingestión de uno o varios de ellos, estos pueden ser sintetizados a nivel celular a partir de aminoácidos esenciales o de precursores conteniendo carbono y nitrógeno; por lo tanto, no representan problema desde el punto de vista nutricional (Vásquez, 2004).



- Lípidos

Los lípidos en el alimento para tilapias tienen dos funciones principales: sustrato para la obtención de energía metabólica y como fuente de ácidos grasos esenciales. Aportan hasta 2.25 veces más energía que la proteína y tienen un efecto ahorrador de proteína dietética. Para un crecimiento idóneo y una utilización de proteínas eficiente, se ha establecido un porcentaje de inclusión de lípidos óptimo de 10-15% en la dieta de la tilapia nilótica, mejorando el crecimiento y el uso de proteínas. Los ácidos grasos esenciales son los que no se sintetizan por el organismo y precisan de un ácido graso o cualquier otro precursor en la dieta o el alimento natural disponible. Las exigencias de estos nutrientes son diferentes para los peces de aguas frías y templadas (Ng *et al.*, 2004; Llanes *et al.*, 2006).

- Carbohidratos

Después de las proteínas y lípidos, los carbohidratos representan el tercer grupo de compuestos orgánicos más abundantes en el cuerpo animal, los carbohidratos constituyen los nutrientes principales del tejido vegetal (Hernández-Valencia, 2014) y son fuente de energía para realizar las actividades de mantenimiento y supervivencia.

Los carbohidratos son considerados en general fuente importante de energía en la dieta, debido a su bajo costo; sin embargo, es necesario considerar cuidadosamente la inclusión en estos, ya que en los peces presentan una baja utilización y metabolización limitada de carbohidratos (Guevara, 2003).

Una mala utilización digestiva de los glúcidos se suma el aumento de volumen que provoca una aceleración de la velocidad de tránsito intestinal (Spannhof y Plantikow, 1983). Por lo tanto, el tiempo para la absorción de los distintos nutrientes disminuye. De este modo, altos niveles de glúcidos en la dieta no sólo afectan a su propia digestibilidad, sino que podrían disminuir la de los otros macronutrientes.



Como consecuencia de estas peculiaridades, altos niveles de carbohidratos digeribles en las dietas mantienen elevada glucemia del pez, con la posibilidad de que actúe de forma prolongada sobre los centros de la saciedad, disminuyendo así el apetito y, lógicamente, la tasa de ingesta. En los peces, el control del apetito parece estar más ligado al nivel de aminoácidos circulantes que a la glucemia. Por otra parte, un exceso de energía dietaria proveniente de glúcidos usualmente produce cúmulos de grasa y glucógeno en el hígado (Bergot, 1979, Furuichi y Yone, 1980, Refstie y Austreng, 1981; Hilton y Atkinson, 1982), provocando disfunciones hepáticas y retrasos en el crecimiento de los animales.

- Vitaminas y minerales

Las vitaminas y minerales desempeñan un papel importante en la formación de tejido óseo y sanguíneo, el crecimiento muscular y en procesos fisiológicos y metabólicos esenciales que aseguran un crecimiento, salud y reproducción adecuada (Hernández-Valencia, 2014).

2.3. Cultivo semi-intensivo

Los sistemas semi-intensivos, son una modificación significativa sobre el ambiente, en donde se tiene control de la calidad del agua, las especies cultivadas y las especies que se cosechan. Se utilizan fertilizantes para lograr una máxima producción; también puede usarse un alimento suplementario, para complementar la productividad primaria sin necesidad de utilizar aireación mecánica (Saavedra, 2006).

Este es el nivel más común de manejo para productores pequeños y medianos que no tienen recursos económicos para grandes inversiones y que cuentan con capital limitado y donde alimentos de buena calidad no son disponibles. Generalmente es un estanque de tierra que se puede llenar y drenar al gusto del productor; los insumos incluyen fertilizantes orgánicos e inorgánicos (o químicos), alimentos



suplementarios, sub-productos agrícolas (afrecho de trigo, semolina de arroz), maíz o algún alimento fabricado localmente (Saavedra, 2006).

El cultivo de la mojarra tilapia es uno de los más rentables dentro de la acuicultura, debido principalmente a que su curva de crecimiento es rápida, sus hábitos alimentarios pueden ser adaptados a dietas suplementarias, obteniendo un incremento en el rendimiento, poseen tolerancia a condiciones y factores extremos (baja concentración de oxígeno, pH, manejo, transferencias, cosecha, etc.), facilidad de reproducción y excelentes características de producción (Olvera *et al.*, 2005).

2.4. Fitoplancton

El término fitoplancton proviene del griego $\phi\iota\tau\omicron\nu$ (phyton - planta) y $\pi\lambda\alpha\gamma\kappa\tau\omicron\varsigma$ (planktos - errante). Es una comunidad de organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica de la columna de agua. El fitoplancton juega un papel muy importante como base de las redes tróficas y como indicadores de la calidad del agua. El efecto del tamaño sobre la tasa de sedimentación es una adaptación de las células para permanecer en la zona fótica. Células esféricas o elipsoidales se hunden más lentamente, mientras las formas grandes, elongadas o complejas, reducen esta capacidad (Oliva *et al.*, 2014).

Bajo condiciones naturales el fitoplancton se desarrolla de acuerdo a los nutrientes presentes en el sistema, la densidad y abundancia dependerá los factores limitantes, a diferencia de un sistema de cultivo el cual se manipula para aumentar la comunidad fitoplanctónica. En estanques fertilizados, el incremento fitoplanctónico es provocado por su intensidad y tipo, ya que su productividad se incrementa con un manejo cuidadoso, con una continua y controlada adición de fertilizantes inorgánicos químicos y/o abonos orgánicos para la producción de organismos autótrofos. Los estanques piscícolas que presentan una alta abundancia se caracterizan como sistemas eutróficos y de elevada productividad



primaria, además de proporcionar oxígeno disuelto al agua, sirven de alimento para los peces, particularmente los filtradores (Hepher y Pruginin, 1981).

2.5. Diagnóstico de la especie

Oreochromis niloticus Linnaeus, 1758, pertenece a la familia Cichlidae inicialmente en estado de cría se alimenta principalmente de fitoplancton (Fattah *et al.*, 2015), ya como individuos adultos son omnívoros, se alimentan de fitoplancton, zooplancton, insectos en el medio natural, pero en cultivos controlados toleran la alimentación artificial, alimentos secos balanceados con un bajo porcentaje de proteínas (Ctaqua, 2017); se caracteriza por presentar peces de coloraciones muy atractivas, se diferencia de la gran mayoría de los peces dulceacuícolas por la presencia de un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal (Morales, 1991).

O. niloticus se caracteriza notoriamente por presentar una aleta dorsal con 16 a 18 espinas y de 29 a 31 radios; la aleta caudal presenta bandas negras, el número de microbranquiespinas varía de 14 a 27, esto refleja que la dieta en los adultos predomina el fitoplancton incluyendo las cianobacterias. Las branquiespinas están ubicadas sobre el arco branquial protegiendo los filamentos branquiales de la abrasión que producen los materiales con textura tosca que son ingeridos; en conjunto con las branquias actúan como filtros que dejan pasar el agua y retienen al mismo tiempo partículas de alimento, canalizando hacia el estómago (Espejo, 2001). La especie tiene la característica de tener una boca terminal donde se ubican de una a cinco filas de dientes mandibulares uniformemente pequeños (Olivera, 2002).

En México la tilapia fue introducida en julio de 1964, precedente de Alabama, las cuales fueron depositadas en la estación Piscícola de Temascal, Oaxaca. Su



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



adopción en el país ha sido amplia, principalmente en las zonas tropicales como sucede en los estados de Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Michoacán, Veracruz y Sinaloa (Morales, 1991). Posteriormente, en 1978 se importaron de Panamá, las crías de *Oreochromis niloticus* y en 1981 los primeros organismos de *O. hornorum* y una línea albina de *O. mossambicus* para la producción de híbridos de tilapia (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

La importancia de la tilapia en cultivos radica en que son tolerantes al agua salobre, algunas incluso resisten al agua de mar y son capaces de desarrollarse adecuadamente en un amplio rango de calidades físico-químicas del agua. Para el consumidor es un producto de gran calidad (de carne blanca, sólida, de buen sabor y muy nutritiva) y se ha convertido en el segundo grupo de pescado acuícola cultivado en consumo y producción, tan solo detrás de las carpas (Ctaqua, 2017).



3. Antecedentes

La tilapia ha sido fuente de múltiples estudios sobre el aumento de su producción, así como para conocer su biología. Entre los estudios que se han realizado incluye alimentación, reproducción, crecimiento entre otros aspectos relacionados con esta especie, de los cuales se puede mencionar los siguientes para apoyo del presente estudio:

Hepher en 1993, publicó un libro acerca de la nutrición de los peces y crustáceos, en donde se abarcan temas como todos los requerimientos nutricionales desde el balance de energía, la ingestión, digestión y absorción de alimento, las vías energéticas, mantenimiento, crecimiento, requerimiento de proteína, nutrientes esenciales, así como las fuentes de alimento y su aprovechamiento.

Flores (1994), realizó un estudio utilizando dos estanques de concreto, uno fertilizado con fertilizante orgánico (vacaza) y el otro con fertilizante químico para determinar el crecimiento de la tilapia bajo condiciones ambientales de la ciudad de México. Registró que el máximo crecimiento alcanzado por *O. niloticus* es de 20.4 cm con temperaturas entre 20 y 26 °C, con buenas condiciones de oxigenación y adecuado florecimiento de algas clorofitas, las cuales dominaron durante casi todo el estudio.

Ben y Shi (1996) determinaron la proporción óptima de lípidos en la dieta isocalórica e isonitrogenada en híbridos de *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* en condiciones ambientales controladas. Reportan que para que exista una mayor conversión de biomasa, la cantidad de lípidos influye de una manera determinante; la proporción de lípidos óptima se encuentra entre el 5% y 15%, ya que las concentraciones mayores el crecimiento disminuye.



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



Toledo-Pérez y García-Capote en el 2000, ofrecen una visión general de la tilapia en la América Latina y el Caribe, haciendo hincapié en la nutrición y alimentación. Analizan los problemas que se bien confrontado, entre los que destacan: la falta de metodología correcta en cuanto a las técnicas de alimentación, la necesidad de contar con la fabricación de alimentos de calidad dentro de la región, el empleo de los alimentos no convencionales, la profundización de las investigaciones en el área, evidenciándose la urgencia de crear un centro regional de investigaciones sobre nutrición e información y poder contar con una revista de calidad que refleje todos los logros alcanzados en Latinoamérica sobre el cultivo de tilapia.

Lu y Takeuchi (2004) realizaron un análisis del efecto que existe al alimentar a organismos de *Oreochromis* a base de *Spirullina platensis* a lo largo de tres generaciones, en función de su reproducción y bajo condiciones de laboratorio. Evaluaron la frecuencia de desove, así como la fecundidad de los mismos y la calidad de los alevines. La alimentación únicamente a base de *Spirullina* no conlleva a efectos adversos; sin embargo, se presenta una conversión alimenticia más pobre y un desarrollo gonadal menor. El desove fue ligeramente menor, no así la fecundidad de estos que mantuvo la misma proporción que el grupo control. Así, demostraron que la alimentación a base de *Spirullina* no afecta la reproducción a lo largo de tres generaciones.

En el 2004, Lu *et al.*, evaluaron la aceptación y asimilación de tres diferentes algas: *Spirullina platensis*, *Euglena gracilis* y *Clorella vulgaris* desde la primera alimentación exógena hasta alcanzar la talla de 3.5 cm. En cuanto a la asimilación las tres presentaron bajos porcentajes en los primeros días de vida, incrementando conforme el organismo crecía. Dentro de las tres dietas la más aceptada fue *Spirullina*, además de tener el porcentaje más alto de asimilación con un 61.4%.



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



Charo *et al.* (2005) estudiaron los efectos del ambiente y la variabilidad con el crecimiento temprano en alevines. Encontraron que el factor herencia tiene un peso mayor en el crecimiento temprano, además este actúa en conjunto con el oxígeno disuelto, pues aquellos alevines resistentes a las bajas concentraciones de esta condición son menos propensos al estrés.

Charo *et al.* (2006) estudiaron la herencia a temperaturas bajas comprobando que la mortalidad comienza a temperaturas de 16.6°C y la mortalidad total de la población es de 8.6°C. También se encontró una relación entre el tamaño del pez y su resistencia a la temperatura, siendo los peces de menor tamaño los más susceptibles a temperaturas bajas.

Tran *et al.* (2008) evaluaron los efectos de los niveles de oxígeno en el crecimiento e ingestión de alimento. Los resultados indican que en menor concentración de oxígeno hay menor ingesta de alimento, además existe relación entre el tamaño corporal y la demanda de oxígeno, siendo los organismos más pequeños los que consumen más oxígeno. Además, aquellos organismos con menor nivel de oxígeno (3 mg/L) consumían más alimento en la mañana, mientras que aquellos que tenían niveles más altos de oxígeno (5.6 mg/L) consumían más alimento por la tarde.

Tran *et al.* (2008) investigaron la forma en que la tilapia regula su alimentación y el consumo de energía bajo elevados contenidos de celulosa y almidón. Se encontró que el almidón por sus propiedades produce una sensación de saciedad de manera rápida inhibiendo el apetito y provocando que los peces consuman menos alimento. Además, el almidón por su volumen genera en el estómago la sensación de estar lleno, así como la cantidad de glucosa en sangre



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



produce la sensación de saciedad. Sin embargo, el almidón no es del todo digestible, exceptuando cuando se le acompaña con celulosa.

Quiroz-Castelán *et al.* (2010), desarrollaron el trabajo durante un ciclo anual (Mayo 2008 a Mayo 2009), y efectuaron los análisis del pH, conductividad, transparencia, total de sólidos disueltos, alcalinidad total, dureza total, bióxido de carbono, oxígeno disuelto, temperatura y cloruros. Estos parámetros presentaron diferencias significativas entre los muestreos. La temperatura fue adecuada para el desarrollo de los organismos acuáticos, y para el crecimiento de la tilapia. Los valores de pH fueron alcalinos, la conductividad presentó incrementos relacionados con la dinámica del cuerpo acuático referida a las etapas de concentración y dilución. La variación de los sólidos disueltos está directamente relacionada con la conductividad y su tendencia anual fue constante. Los valores de transparencia estuvieron relacionados con la presencia de material orgánico e inorgánico. El oxígeno disuelto mostró concentraciones adecuadas para los peces en cultivo, con ausencia de bióxido de carbono la mayor parte del año. Los valores de alcalinidad total, dureza total y cloruros indican que fueron aguas duras, con un mayor grado de mineralización al final del ciclo de muestreo.

Azaza *et al.* (2010) estudiaron la influencia del tamaño de las partículas de alimento en el crecimiento de juveniles de Tilapia del Nilo, se evaluaron cuatro diferentes tamaños de alimento, reportando finalmente que las partículas más grandes (3.5 cm) provocan un menor desarrollo en los organismos; además, el tamaño óptimo de la partícula varía con respecto al tamaño de la boca. Sin embargo, la ingesta y la digestión son mayores cuando las partículas son más pequeñas, además de generar una heterogeneidad menor en el tamaño de los alevines de la población.



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



Llanes y Toledo en el 2011, trabajaron con alevines de *Oreochromis niloticus* de 12.82 ± 0.03 g de peso medio inicial, los que se distribuyeron según el modelo de clasificación simple en tres tratamientos por triplicados, para evaluar la posibilidad de utilizar altos porcentajes de harina de soya en la alimentación de tilapias durante 60 días. Los tratamientos consistieron en una dieta control de 50% de harina de soya y dos experimentales, con 55 % de harina de soya con respecto al control no presentó diferencias significativas para el peso final (63.3 y 66.4 g), la conversión de alimento (2.1) y la eficiencia proteica (1.7). La supervivencia fue alta en todos los tratamientos (mayor que 93%), lo que evidenció que altos niveles de esta fuente proteica no son responsables de la mortalidad.

Torres-Novoa y Hurtado Nery en el 2012, publicaron los requerimientos nutricionales para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), por lo que se realizó una recopilación de información reciente sobre los avances de los requerimientos de algunos nutrimentos para este organismo, observando que los requerimiento de proteína bruta, están siendo substituidos por el requerimiento específico de aminoácidos, como el caso de la lisina y metionina, aplicando el concepto de la proteína ideal y hacer que el suministro de raciones se atendido por la exigencias de nutrientes para las diferentes fases de vida de la tilapia, con el fin de obtener óptimos rendimientos de ganancia en peso y conversión alimenticia, garantizando un status sanitario alto en la producción de esta especie.

Camargo y Cruz en el 2013, estudiaron la reproducción y crecimiento de *Oreochromis niloticus* mediante un cultivo intensivo en la Ciudad de México durante ocho meses, en el cual el crecimiento de los organismos se realizó dentro de 2 estanques de concreto de 1x.60x.5 m con capacidad de 300 litros, con una densidad de 50 organismos por estanque y también se contó con un grupo control en condiciones controladas en laboratorio. El tipo de crecimiento de los organismos para ambos estanques fue de tipo alométrico negativo ($t= 1.96$ $p>0.05$; $b=2.82$)



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



estanque 1 ($t= 1.96$ $p>0.05$; $b=2.89$) estanque 2, el peso total promedio inicial para los organismos del estanque 1 fue de 5.81g con un final de 32.38 g; para los organismos del estanque 2 el peso promedio inicial fue de 6.29 g con un final de 32.38. En ambos sistemas el porcentaje de ganancia en peso es aceptable a excepción del sexto mes de tratamiento donde se presentó el porcentaje mínimo de ganancia en peso. En cuanto al factor de conversión de Fulton, los sistemas mantuvieron valores por encima de la unidad, indicando un buen desarrollo de los organismos.

Santamaría-Mercha en el 2014, publicó el trabajo Nutrición y alimentación de peces nativos, en ese trabajo se presenta de manera general las exigencias de nutrientes en las dietas, además trata la parte fisiológica y morfología de los organismos para lograr que tengan un buen desarrollo para el fin que se busquen.

En el 2015, Gómez-Márquez *et al.*, estudiaron el crecimiento de machos revertidos y en sexo mixto de *Oreochromis niloticus* en la Unidad Acuícola experimental de la Facultad de estudios superiores Zaragoza de la UNAM, bajo condiciones naturales. El estudio se llevó acabo de mayo a noviembre en dos estanques de concreto de 50 m². Se midieron diferentes factores de crecimiento como factor de conversión alimenticia, tasa específica de crecimiento, índice de Fulton, entre otros. La calidad de agua de los estanques fue monitoreada a lo largo del experimento. Basado en los resultados existen diferencias estadísticas significativas en la talla y en peso en los estanques, sin embargo, se recomendó el cultivo de la tilapia en la Ciudad de México.

En 2016 Beltrán reportó que el crecimiento, en el periodo de un año, de *Oreochromis niloticus* en estanques de 50 m² en la Ciudad de México los cuales fueron fertilizados artificialmente con vacaza con el objetivo de comparar el crecimiento, en talla y peso, suministrando a los organismos de uno de los sistemas



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



alimento balanceado, mientras que el otro solo la alimentación fue sujeta al producido a la fertilización artificial. Se llevó a cabo en estanques de concreto dividido en tres secciones con malla de pesca y fertilizando con vacaza a razón de 2 ton/ ha. En cada división se introdujeron 100 organismos ($6/m^2$) y se realizaron biometrías mensuales. Entre cada una de las divisiones no se registraron diferencias estadísticas significativas ($F=0.181826$: $p>0.05$).

Pérez en 2018 realizó un estudio acerca de la alimentación y crecimiento de *Oreochromis niloticus* en condiciones de laboratorio en la Ciudad de México dentro de las instalaciones de la Facultad de estudios superiores Zaragoza de la UNAM. Se comparó el crecimiento de la especie administrando 3 dietas con diferentes porcentajes de proteína, se utilizaron 60 organismos distribuidos en 6 peceras de 30 litros, con 10 organismos por peceras distribuidos al azar. Los peces se alimentaron 2 veces al día, mensualmente se realizaron biometrías, los resultados mostraron que en la mayoría de los tratamientos el crecimiento fue alométrico negativo, con mejor crecimiento con el alimento con el mayor nivel de proteína.

4. Planteamiento del problema

La acuicultura es una de las actividades con mayor potencial y desarrollo en los últimos años en México, la cual arroja beneficios sociales y económicos que se traducen en una fuente de alimentación para la población con un elevado valor nutricional y costos accesibles. Aproximadamente el 80% de los cultivos que se desarrollan en el país son de tipo extensivo y con rendimiento bajo, ya que los organismos se alimentan solo de lo que existe en medio natural (Campos *et al.*, 2016). Por lo tanto, en este trabajo se busca realizar un cultivo semi-intensivo de tilapia, fertilizado con vacaza y complementado independientemente con tres alimentos comerciales con diferente porcentaje de proteína, para conocer que alimento permite el mejor crecimiento, con la intención de sugerir técnicas sencillas de producción que puedan desarrollarse en zonas urbanas de México.



5. Justificación

Actualmente la tilapia (*O. niloticus*) es importante desde el punto de vista comercial, ya que es una especie que se adapta muy fácilmente a los factores ambientales bajo los cuales se desarrolla, al igual que es demandada para consumo. La producción de peces en sistemas intensivos y semi-intensivos se basa en gran medida en el empleo de alimentos comerciales que originen un crecimiento rápido y rentable. La existencia de buenos alimentos comerciales ha permitido el incremento en la producción de la especie, al menos hasta hace 3-4 años por motivos de la crisis mundial. La importancia de las proteínas en los alimentos balanceados se debe a que son nutrientes indispensables para la estructura y función del tejido muscular. Por lo tanto, interesa conocer la manera en la que *O. niloticus* responde en su crecimiento ante los alimentos con diferente porcentaje de proteína en un cultivo semi-intensivo.



6. Objetivo General

- Comparar el crecimiento de *O. niloticus* alimentada mediante tres dietas comerciales con diferente porcentaje de proteína, en un sistema semi-intensivo.

6.1. Objetivos particulares

- Evaluar el crecimiento mensual en longitud y peso de *O. niloticus* alimentada con tres alimentos de diferente porcentaje de proteína (27,36 y 45%).
- Obtener la relación peso-longitud y factor de condición relativo de Le Cren durante el cultivo.
- Cuantificar y evaluar la abundancia del fitoplancton como fuente alimentaria de los peces en los tres sistemas.
- Evaluar las tasas de desarrollo por medio de indicadores de crecimiento mediante, porcentaje de ganancia en peso (% PG), Tasa específica de crecimiento (TCE), Eficiencia Alimenticia (EA), Factor de conversión alimenticia (FCA).
- Evaluar los parámetros físicos, químicos y biológicos de los tres sistemas acuáticos, para conocer el comportamiento de crecimiento de los organismos

7. Zona de Estudio

- 7.1. Unidad Acuícola Experimental “Zaragoza”

Se encuentra ubicada en la Delegación Iztapalapa al Oriente de la Ciudad de México, entre los 19° 21´ latitud norte y 99° 06´ longitud oeste, a 2240 msnm (Ánonimo, 2002a), presenta clima templado subhúmedo con lluvias en verano (C(Wo) BS1 K), de menor humedad 82,42% , temperatura media anual de 16.6° y precipitación mínima menor al 1 % en febrero y máxima de 164 mm en junio, con lluvias y vientos dominantes del suroeste la mayor parte del año y del norte y noroeste en otoño (Ánonimo, 2002b).

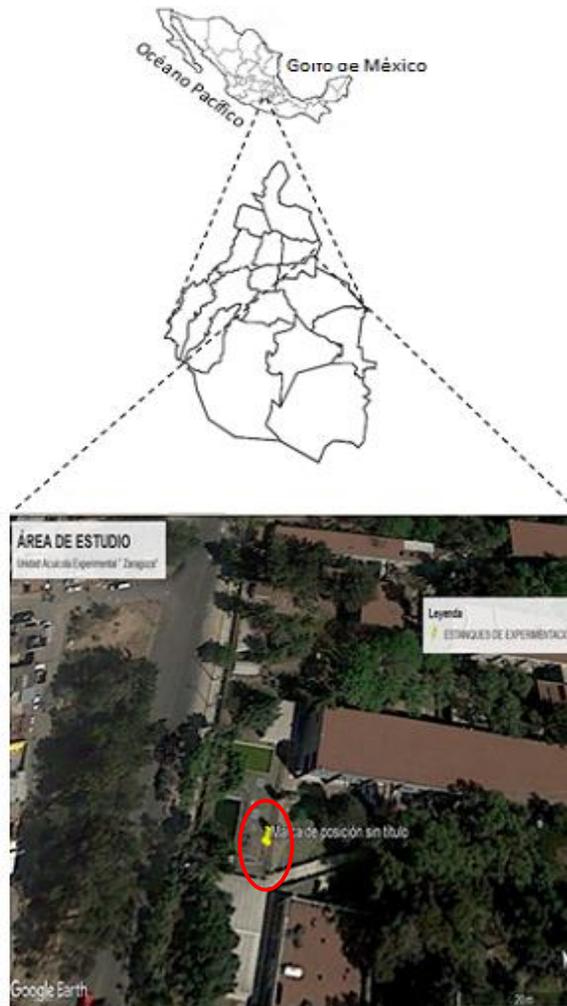


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.



8. Material y Métodos

• 8.1. Trabajo de campo

El estudio, se realizó de febrero-agosto del 2018. Se utilizaron tres estanques de concreto de 60 cm x 100 cm x 40 cm, los cuales se ubican en la parte suroeste de la FES Zaragoza, Campus II, UNAM.

Los sistemas primeramente se lavaron, desinfectaron y se fertilizaron de la siguiente manera:

- Se lavaron perfectamente con agua corriente.
- Como medida profiláctica, se distribuyó cal viva en cada uno de los estanques, uniformemente sobre la superficie y se dejaron secar durante 2 días.
- Después se enjuagaron con agua retirando la mayor cantidad de cal.
- Se agregó agua a un nivel de 15 cm.
- Se procedió a fertilizarlos con vacaza (100 g por estanque/ 1 m²) (Bocek, 2010).
- La primera aplicación de vacaza se realizó inmediatamente después del primer volumen agregado, dejándolo fermentar por un periodo de una semana (Fig.2).
- Una vez fermentados los estanques, se les aumentó el volumen hasta 50 cm, los cuales se mantuvieron constantes durante el estudio, se les suministró aireación mediante un blower y se les colocó un calentador de 200 W.
- Cada mes se realizó la fertilización para mantener buena producción de fitoplancton.



Figura 2. Estanque en donde se llevó a cabo la experimentación, con los 3 diferentes tipos de tratamientos.

Se procedió a observar la coloración de cada estanque, tomar parámetros físicos, químicos y biológicos, hasta obtener las condiciones adecuadas para la introducción de las crías de peces:

8.2. Parámetros Físicos y Químicos

Cada tercer día de 12:00 – 13:00 horas, se evaluó:

- Temperatura del agua, con un termómetro de - 20 a 120 °C

La temperatura es una de las primeras determinaciones que se debe realizar, ya que esta tiene un efecto sobre la dinámica física, química del sistema y en el metabolismo y la fisiología de los organismos que en él habitan (Arredondo y Ponce, 1998) que, en conjunto con la luz, son dos de los factores que determinan los procesos de fotosíntesis y que dependen a su vez de la latitud y la regionalidad del sistema acuático.



- Visibilidad al disco de Secchi

La transparencia es la medida de la profundidad hasta la cual se puede ver un objeto a través del agua. Se mide su atenuación y ésta se verá modificada por la cantidad de los materiales disueltos y en suspensión (Wetzel y Likens, 1991; Contreras, 1994; Arredondo y Ponce, 1998; Gómez-Márquez *et al.*, 2014).

- pH con un potenciómetro (CONDUCTRONIC PC18)

La medición de pH del agua es una medida importante para muchos tipos de muestra. Los valores altos y bajos son tóxicos para organismos acuáticos, ya sea directamente o indirectamente (Arredondo, 1986; Romero, 1999).

El pH del agua se debe a la naturaleza de los terrenos atravesados en la cuenca y varía entre 7.2 y 7.6. Aguas calcáreas tienen un pH elevado y las que provienen de un terreno pobre en calizas o silicatos su pH es próximo a 7.0. El pH de las aguas estancadas (lagos pantanos, estanques y embalses) están influenciados por la vegetación y naturaleza química de los fondos (De la Lanza, 1990; Gómez-Márquez *et al.*, 2014).

- Oxígeno disuelto, mediante un oxímetro (HANNA HI 9146)

La determinación de oxígeno disuelto es otra de las mediciones importantes ya que este gas interviene en la respiración de los organismos acuáticos y en diversas reacciones de óxido-reducción. La concentración del oxígeno en el agua depende principalmente del proceso fotosintético de las plantas acuáticas y de su difusión con la atmósfera. Su solubilidad obedece a tres factores que son: la temperatura, la presión atmosférica y el contenido de sales disueltas. La concentración del oxígeno disuelto muestra variaciones estacionales resultado de las condiciones ambientales y biológicas. El límite mínimo ecológicamente hablando está en función del medio (dulceacuícola, salobre o marino) (Thurston *et al.*, 1979: citado en: De la Lanza, 1990; Gómez-Márquez *et al.*, 2014).



- Conductividad eléctrica (CONDUCTRONIC PC18)

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar o conducir una corriente eléctrica. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se realice la determinación. Por lo tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas en la movilidad de los iones disueltos y su valencia, implica un cambio en la conductividad. Por ello, el valor de la conductividad es muy usado en análisis de aguas para obtener un estimado rápido del contenido de sólidos disueltos (Arredondo, 1986; Romero, 1999; Gómez-Márquez *et al.*, 2014).

Semanalmente se evaluó:

- Alcalinidad (método volumétrico)

El término alcalinidad de las aguas, se refiere generalmente a la cantidad de ácido que se requiere para titular las bases contenidas en una muestra de agua. Existen numerosas bases en el agua; sin embargo, las predominantes en las aguas naturales son: bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos y con menor frecuencia los boratos, silicatos y fosfatos (Arredondo y Ponce, 1998).

Principio. Este método se basa en el manejo de pH utilizando la fenolftaleína y el anaranjado de metilo como indicadores. Si las muestras se tornan rojizas al agregarles fenolftaleína (pH sobre 8.3) estas contienen cantidades considerables de iones carbonatos (Gómez-Márquez *et al.*, 2014).

- Dureza (método complejométrico)



Se refiere a la concentración de iones metálicos divalentes en el agua, expresados como miligramos por litro (mg/L) de equivalentes de carbonato de calcio. Generalmente la dureza total se relaciona con la alcalinidad total, porque los aniones de la alcalinidad y los cationes de la dureza se derivan normalmente de carbonatos de minerales (Arredondo, 1986).

Principio. La dureza total es la medida del calcio y el magnesio expresados como equivalentes de carbonato de calcio (CaCO_3). Los iones de calcio y magnesio son valorados con la sal disódica del ácido etilendiamintetracético (EDTA) para formar el complejo estable $\text{Ca}^{++}\text{-EDTA}$ y $\text{Mg}^{++}\text{-EDTA}$ (Gómez-Márquez *et al.*, 2014).

8.3. Análisis biológico

Quincenalmente se tomaron de los estanques 100 mL de agua en botellas de polietileno blancas de 250 mL, para el análisis de fitoplancton, las muestras se fijaron con acetato de lugol, siguiendo el método de Utermöl (Schwoërbel, 1975); se obtuvo una submuestra de un mililitro y se colocó en una cámara de sedimentación por 24 horas para su posterior identificación y cuantificación de grupos fitoplanctónicos, con un microscopio invertido, apoyados en las claves Edmonson (1959), Ortega (1984) y Bellinger y Sigeo (2010).

Una vez que los estanques se encontraron en las condiciones óptimas (Oxígeno disuelto $> 4 \text{ mg L}^{-1}$, Temperatura de 20-30 °C, pH de 6.5-9.0, Dureza 50 -350 ppm CaCO_3 y Alcalinidad $> 175 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$) de calidad de agua para el cultivo de *O. niloticus* (Hernández, 2010), se introdujeron en cada estanque 15 organismos, los cuales se obtuvieron de la “Unidad Acuícola Experimental Zaragoza”, con un intervalo de talla de 2 a 4 cm y peso de 0.5 a 0.9 g.

Se eligieron tres alimentos comerciales, altamente utilizados para la alimentación de los peces, con diferente porcentaje de proteína (Tabla 1 y 2).



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



Tabla 1. Alimentos con diferente porcentaje de proteína.

ESTANQUE	ALIMENTO	PORCENTAJE DE PROTEÍNA
1	WARDLEY	36%
2	PEDREGAL	45%
3	TETRAPEREZ	27%

Los organismos se alimentaron en tres raciones al día, de la siguiente manera:

Tabla 2. Porcentaje de ración de alimento recomendada para tilapia

Peso en gramos	% Ración de alimentación
< 10	6.00
> 10	5.00
50-150	3.00

(Saavedra, 2006).

Se realizaron arrastres mensualmente en cada estanque con una red elaborada expofeso de 1m² y con una abertura de malla de 0.3 cm, para sacar a los 15 peces de cada estanque. A los que se les realizó la siguiente biometría: longitud total (LT), longitud Patrón (LP), Altura (A) con una regla de 30 cm (Fig.3) y peso total (PT) utilizando una báscula analítica de 0.01 g de precisión.

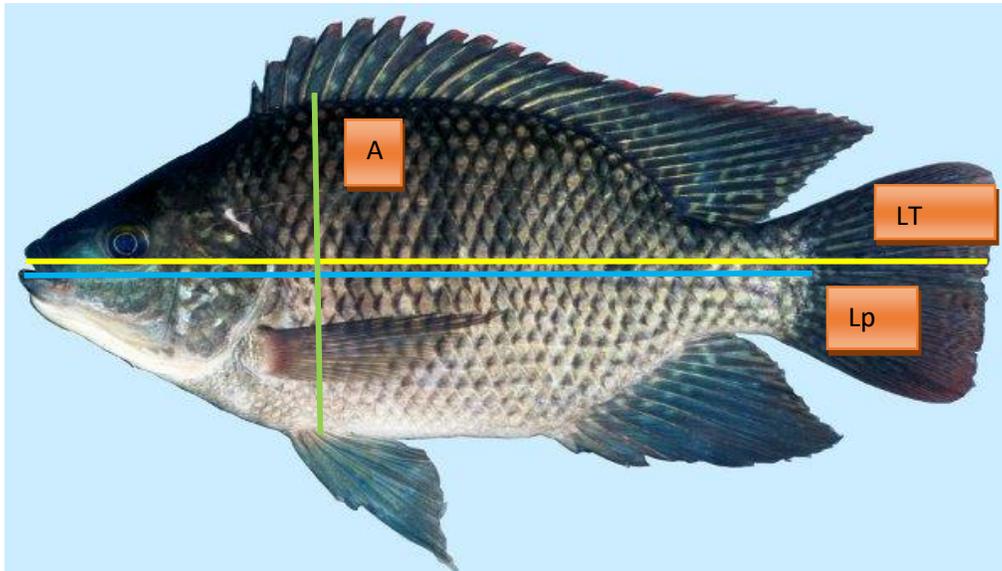


Figura 3. Mediciones que se realizados mensualmente.

8.4. Trabajo de gabinete

- Relación Peso Total- Longitud Total

El tamaño de los peces es indeterminado y continuo, entendiendo por crecimiento el cambio de tamaño (longitud y peso) con relación al tiempo. El crecimiento de los organismos se puede representar por medio de un modelo de tipo potencial y se expresa de la siguiente manera (Froese, 2006):

$$P=a L^b$$

Donde:

P= Peso total (g)

L= longitud patrón de los organismos (cm)

a y b = son constantes



Esta expresión se puede linearizar mediante el uso de logaritmos, obteniéndose:

$$\log P = \log a + b \log L$$

Donde:

$\log a$ = ordenada al origen

b = pendiente de la recta

(Marqués, 2004)

Los valores de las constantes de la relación peso-longitud, se obtendrán por medio del método de mínimos cuadrados. Debido a que la talla es una magnitud lineal y el peso proporcional al cubo de la talla, si el pez al crecer mantiene la forma, se dice que el crecimiento es isométrico y b es igual a 3. Cuando esto no ocurre, se dice que el crecimiento es alométrico y el valor es distinto de 3 (Pauly, 1984), para lo cual se le aplicará una prueba de t- student y comprobar dicho valor, lo que se realizará mensualmente.

8.5. Factor de conversión de fertilización

El factor de conversión de fertilización (F.C.F.) se evaluó para conocer la eficiencia de la producción de la tilapia y se define como el crecimiento en peso o longitud ganado por el organismo en un tiempo determinado y se expresa de la siguiente manera:

$$FCF = \frac{\text{cantidad de fertilizante suministrado (Kg)}}{\text{Peso total obtenido (kg)}}$$

(Kury-Nivón, 1979)



8.6. Indicadores de Crecimiento

Para evaluar el crecimiento en la tilapia, se utilizaron los siguientes indicadores de desempeño y de eficiencia alimenticia:

- Porcentaje de ganancia en peso total (% PG)

El porcentaje de ganancia en peso total (%PG) se refiere a cuanto peso se ganó en cada biometría a lo largo de la experimentación y se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ PG} = (100) \frac{(pf - pi)}{pi}$$

Donde

P_f = peso final

P_i = peso inicial

(Ergün *et al.*, 2010)

- Tasa específica de crecimiento (TEC)

La tasa específica de crecimiento (TEC) es utilizada por muchos investigadores para evaluar el crecimiento de los peces en función del logaritmo natural del peso final, peso inicial y días de crecimiento, empleando la siguiente expresión:

$$\text{TEC} = (100) \frac{\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}}{\text{días del experimento}}$$

(Ergün *et al.*, 2010; Gómez- Márquez *et al.*, 2015)



- Eficiencia Alimenticia (EA)

La Eficiencia Alimenticia (EA), es el peso que se ganó a través de la alimentación, es lo inverso al Factor de Conversión Alimenticia

$$EA = \frac{\text{Peso ganado (g)}}{\text{Alimento consumido (g)}}$$

(Ergün *et al.*, 2010; Gómez- Márquez *et al.*, 2015)

- Factor de conversión alimenticia (FCA)

El Factor de Conversión Alimenticia (FCA), es el alimento ingerido /ganancia de peso, es la medida más usual para la utilización del alimento, depende de la calidad de la dieta, de las condiciones de manejo y de la ración (Guerrero, 2011).

$$FCA = \frac{\text{Alimento ingerido (g)}}{\text{peso ganado(g)}}$$

(Ergün *et al.*, 2010; Gómez- Márquez *et al.*, 2015)

8.7. Supervivencia

Supervivencia indica el porcentaje de los organismos vivos durante toda la experimentación.

$$S = 100 (Nf/Ni)$$

Donde:

Ni= número inicial de organismos

Nf= número final de organismos



(Ergün *et al.*,2010)

8.8. Factor de condición

Conocido también como índice de gordura, es un indicador del bienestar fisiológico de una determinada población de peces. Provee la manera de evaluar indirectamente las condiciones ecológicas de un determinado ambiente por medio de la respuesta en crecimiento y engorda de las especies ante las condiciones ambientales específicas en que se desarrollan. Este índice permite observar las desviaciones del peso para una talla dada con respecto al peso esperado, según la regresión talla-peso de la especie (Ciechomski *et al.*, 1986).

$$K = \frac{P}{aL^b} \quad \Longrightarrow \quad Kr = P_{\text{obs}} / P_{\text{cal}}$$

Donde:

P= peso total

L=Longitud total promedio

a = intercepto de la relación peso-longitud

b = pendiente de relación peso-longitud

Kr = Factor de condición relativo

P_{obs} = Peso observado

P_{cal} = Peso calculado



8.9. Análisis estadístico

Con el empleo de la herramienta de diagramas de cajas (Salgado, 1992), se analizó el crecimiento de los peces en peso total y longitud total a través del tiempo. Posteriormente se analizaron los datos para comprobar si tenían comportamiento normal y se realizó la prueba estadística de Levene para demostrar la homocedasticidad (Sokal y Rohlf, 1981).

Se aplicaron pruebas no paramétricas ya que no todos los datos tenían un comportamiento normal y no cumplían con la homocedasticidad, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar los tratamientos entre sí. También, se realizó el análisis de correlación de Spearman para establecer la relación entre los factores ambientales y los indicadores de crecimiento (Marqués, 2004).

9. Resultados

9.1. Parámetros Físicos y Químicos

La temperatura del agua en los estanques en donde se probaron los tres tratamientos no mostraron diferencias significativas de acuerdo al análisis de Kruskal-Wallis ($H=3.0113$; $p=0.2218$), en donde los valores más bajos se registraron durante los primeros meses de tratamiento con una temperatura de 19°C correspondiente al mes de febrero y una máxima de 29°C en el mes de julio, temperatura promedio de 25°C (Fig. 4).

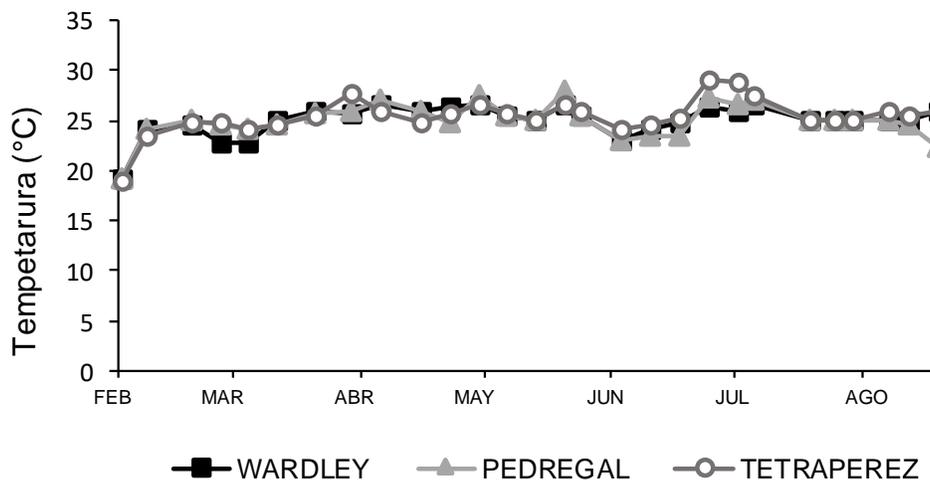


Figura 4. Variación de la temperatura del agua en los tres sistemas de cultivo.

La concentración de oxígeno disuelto mostró valores de 13 mg L^{-1} en el mes de mayo y mínimo de 4.2 mg L^{-1} en el mes de junio con promedio de 7.9 mg L^{-1} , estadísticamente no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($H=1.3272$; $p=0.5149$) sin afectar el cultivo de los organismos (Fig 5.).

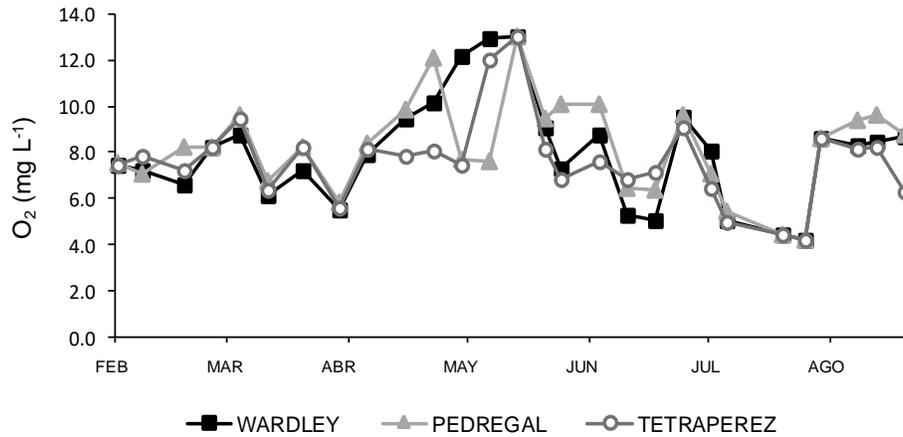


Figura 5. Comportamiento temporal Oxígeno disuelto para los tres sistemas.

El pH presentó valores fluctuantes durante los meses de tratamiento (Fig.6), con promedio de 8.9, mínimo de 8.5 correspondiente al mes de junio y máximo de 10.1 en marzo. No hubo diferencias significativas ($H=0.5069$; $p=0.7760$).

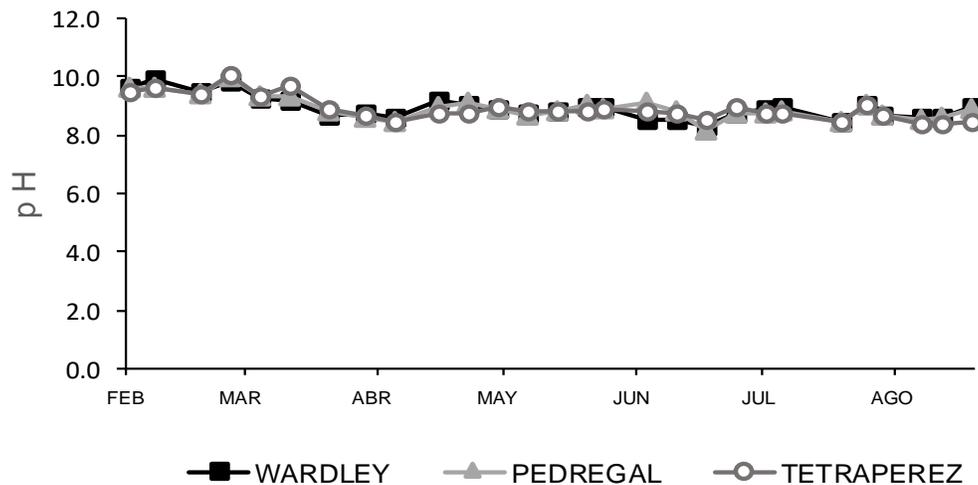


Figura 6. Variación temporal del pH en los tres sistemas de cultivo.

Los valores de conductividad no tuvieron un comportamiento constante durante toda la fase experimental; por lo que, hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($H=6.5215$; $p=0.0383$). En el mes de julio se registró mayor variabilidad entre los valores de conductividad, además de registrarse un valor máximo de $2429 \mu\text{S cm}^{-1}$ y en el último mes se presentó un decremento para los tres tratamientos (Fig.7).

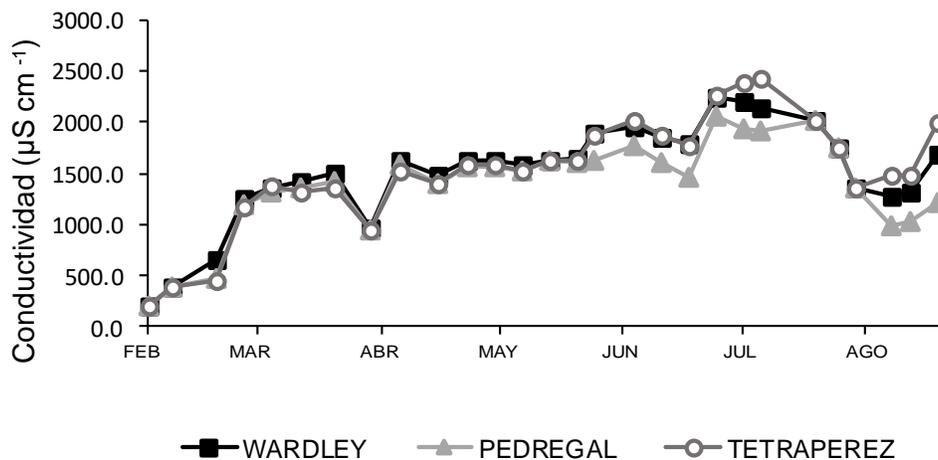


Figura 7. Comportamiento temporal de la conductividad en los tres sistemas.

Respecto a la visibilidad al disco de Secchi, mostró diferencias significativas de acuerdo al análisis de Kruskal-Wallis ($H= 61.4352$; $p=0.01$). El sistema en el que se presentó mayor visibilidad fue al que se le adicionó alimento TETRAPEREZ a lo largo del estudio, respecto con los otros dos, debido a la cantidad de sólidos en suspensión presentes (Fig.8).

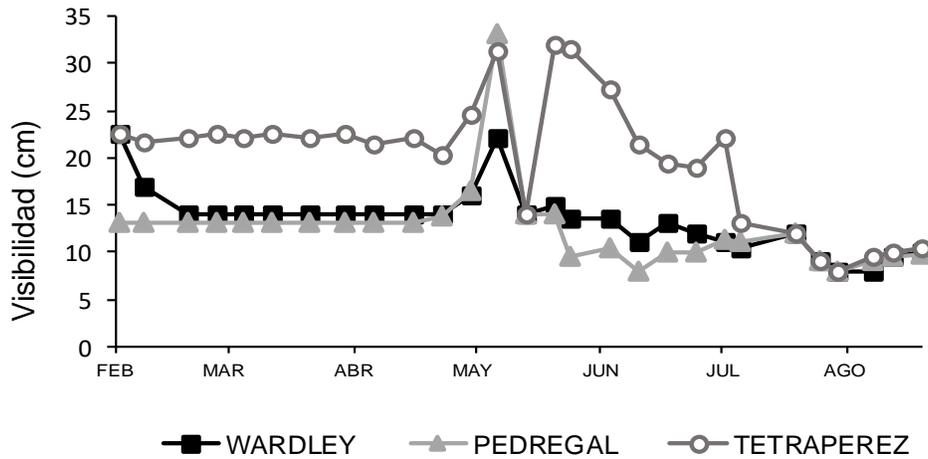


Figura 8. Variación temporal de la transparencia en los tres sistemas de cultivo

La alcalinidad total del agua en los diferentes tratamientos, también presentó diferencias significativas de acuerdo al estadístico de Kruskal-Wallis ($H=6.97453$; $p=0.0305$), el mínimo fue de $242 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ en el mes de abril y el máximo de $702 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ en el mes de julio, la tendencia del parámetro fue la de incrementar hacia el final del estudio como se observa en la Figura 9.

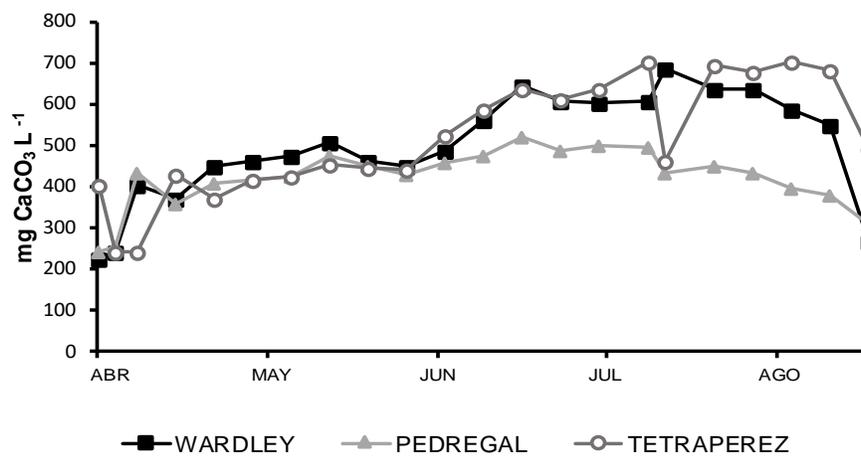


Figura 9. Comportamiento de la alcalinidad durante el cultivo

La Dureza total presentó un mínimo de 51 mg CaCO₃ L⁻¹ en el mes de febrero y un máximo de 318 mg CaCO₃ L⁻¹ en el mes de agosto, en el sistema donde se suministraba alimento WARDLEY (Fig.10). Se observaron variaciones en los tres tratamientos a lo largo del estudio; sin embargo, estadísticamente no hubo diferencias significativas (H=1.3633; p=0.5057). A partir de junio fue incrementando la dureza total.

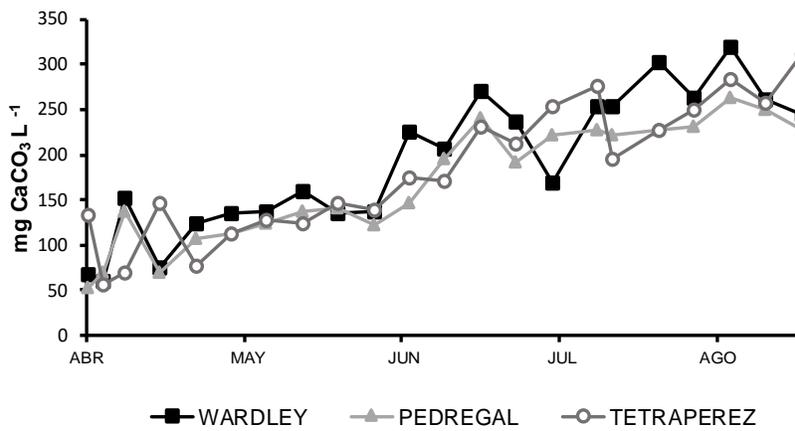


Figura 10. Variabilidad temporal de la dureza total durante el cultivo

9.2. Supervivencia

El tratamiento que presentó el 100 % de supervivencia fue el TETRAPEREZ, seguido del WARDLEY y PEDREGAL (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje de sobrevivencia.

Tratamiento	%
WARDLEY	100
PEDREGAL	67
TETRAPEREZ	67



9.3. Factor de conversión del Fertilizante

Respecto al factor de conversión de fertilizante, se observó que la mayor producción de biomasa generada (kg/m^2), correspondió en orden decreciente al tratamiento TETRAPEREZ, WARDLEY y PEDREGAL (Tabla 4).

Tabla 4. Factor de fertilizante para cada sistema.

	WARDLEY	PEDREGAL	TETRAPEREZ
Cantidad de Fertilizante Adicionado ($\text{Kg}/1\text{ m}^2$)	0.7	0.7	0.7
Producción ($\text{Kg}/1\text{ m}^2$) de peces.	0.3452	0.3003	0.4469
F.C.F	2.02	2.33	1.56

9.4. Composición Fitoplanctónica

En la identificación del fitoplancton se registraron 14 géneros, incluidas en cuatro divisiones: Chlorophyta, 11 géneros (*Monoraphidium*, *Scenedesmus*, *Chlorella*, *Oocystis*, *Pediastrum*, *Ankistrodesmus*, *Actinastrum*, *Chlorococcum*, *Crucigenia*, *Tetraspora*, *Kirchneriella*); Cianobacteria, 1 género (*Anabaenopsis*); Heterokontophyta, 1 género (*Navicula*) y Cryptophyta, con 1 género (*Rhodomonas*) (Tabla 5). Para el tratamiento con WARDLEY predominando los géneros *Monoraphidium*, *Chlorella*, *Actinastrum*, y *Oocystis*, para PEDREGAL, *Chlorella*, *Monoraphidium* y *Actinastrum*; finalmente para TETRAPEREZ *Monoraphidium*, *Chlorella*, *Actinastrum*, *Kirchneriella* y *Rhodomonas*. En los tres tratamientos se observaron en común los géneros *Monoraphidium* y *Chlorella* (Figura.11).

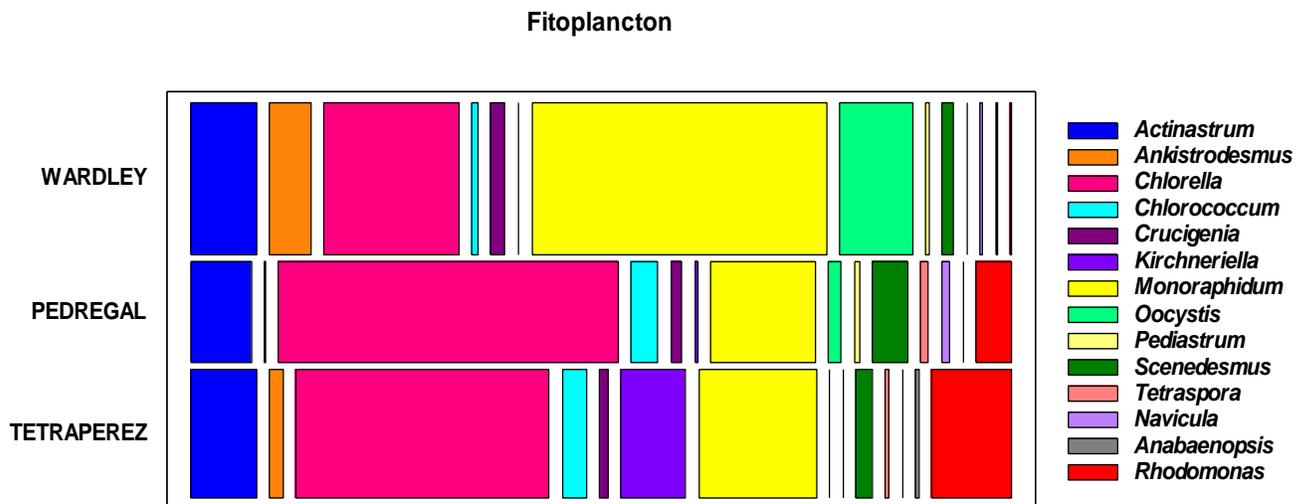


Figura 11. Composición comparativa del fitoplancton en los tres sistemas.



Crecimiento de tilapia *Oreochomis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.



Tabla 5. Clasificación taxonómica de los organismos fitoplanctónicos registrados.

División	Orden	Género
Chlorophyta	Chlorococcales	<i>Actinastrum</i> (Lagerheim 1882)
	Chlorococcales	<i>Ankistrodesmus</i> (Corda, 1838)
	Chlorococcales	<i>Chlorella</i> (Beijerinck, 1890)
	Chlorococcales	<i>Chlorococcum</i> (Meneghini, 1842)
	Chlorococcales	<i>Crucigenia</i> (Morren, 1830)
	Chlorococcales	<i>Kirchneriella</i> (Schmidle 1893)
	Chlorococcales	<i>Monoraphidium</i> (Komárkoyá-Legnerová 1969)
	Chlorococcales	<i>Oocystis</i> (A. Braun 1855)
	Chlorococcales	<i>Pediastrum</i> (Meyen 1829)
	Chlorococcales	<i>Scenedesmus</i> (Meyen 1829)
	Tetrasporales	<i>Tetraspora</i> (Link 1809)
Heterokontophyta		<i>Navicula</i> (Bory 1822)
Cyanobacteria	Nostocales	<i>Anabaenopsis</i> (V.V. Miller 1923)
Cryptophyta		<i>Rhodomonas</i> (G. Karsten 1898)

Tabla 6. Células por mililitro de cada uno de los géneros en los tres sistemas, en un cultivo semi-intensivo.

Género	WARDLEY (Cél/mL)	PEDREGAL (Cél/mL)	TETRAPEREZ (Cél/mL)
<i>Actinastrum</i>	261581	160243	219398
<i>Ankistrodesmus</i>	166234	1747	45677
<i>Chlorella</i>	542131	901306	858874
<i>Chlorococcum</i>	24211	70637	82368
<i>Crucigenia</i>	57158	28454	29203
<i>Kirchneriella</i>	3245	8486	217901
<i>Monoraphidum</i>	1183603	275808	399360
<i>Oocystis</i>	295776	34944	998
<i>Pediastrum</i>	13478	14227	2246
<i>Scenedesmus</i>	46675	92102	53165
<i>Tetraspora</i>	499	21965	13978
<i>Navicula</i>	11731	22214	1747
<i>Anabaenopsis</i>	6242	1747	11481
<i>Rhodomonas</i>	1999	91104	266573
TOTAL	2 614 563	1 724 985	2 202 969

No hubo diferencias significativas de acuerdo al análisis de Kruskal-Wallis ($H=0.0529$; $p=9738$) respecto al número de organismos de cada género identificados en los tres sistemas (Tabla 6).

De las divisiones presentes en el fitoplancton, se registró para el sistema con WARDLEY un total de 2 614 563 cél/mL, de las cuales el 98.88% fueron Chlorophytas, el 0.94% fueron Heterokontophyta, 0.25 % Cyanobacteria y el 0.11 % Cryptophyta (Fig.12).

WARDLEY

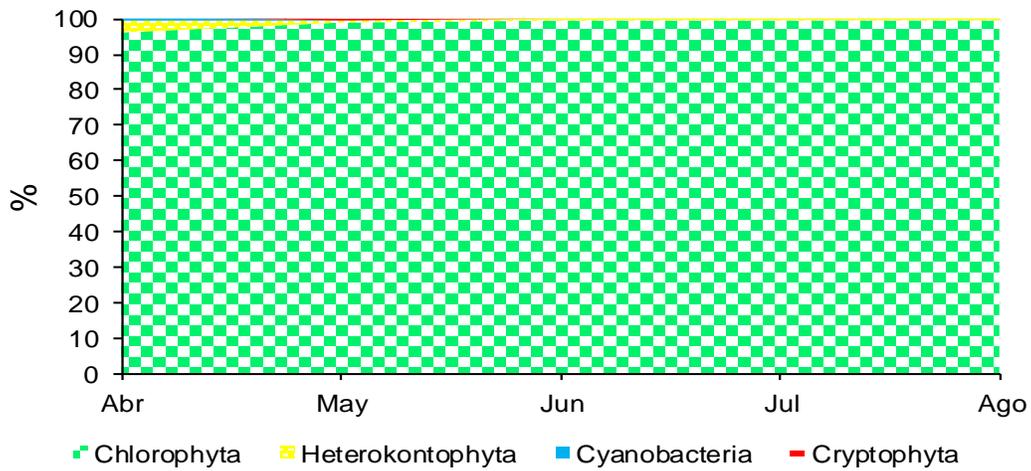


Figura 12. Composición del fitoplancton en el sistema con 36% de proteína

Para el sistema con PEDREGAL, se obtuvo 1 724 985 cél/mL, de las cuales el 91.29% fueron Chlorophytas, el 2.02 % fueron Heterokontophyta, 0.15 Cyanobacteria y el 6.52 % Cryptophyta (Fig.13).

PEDREGAL

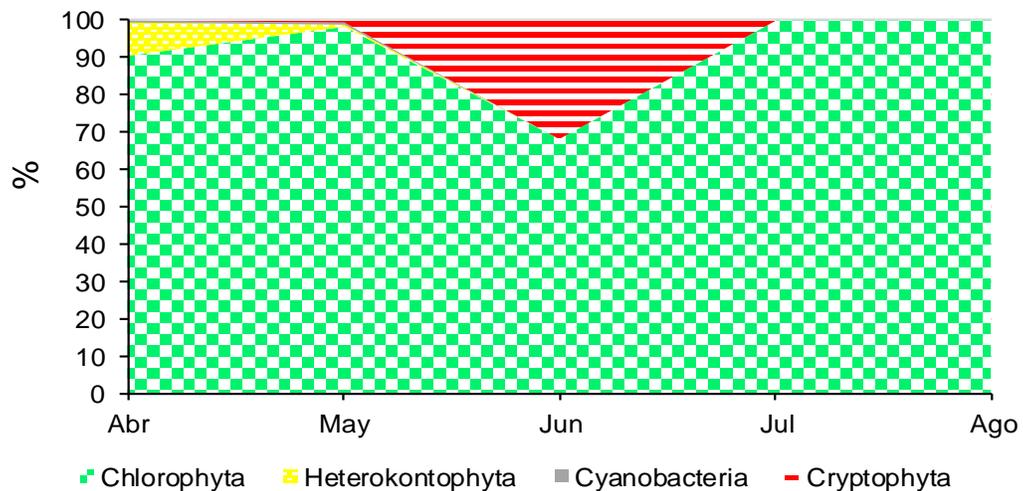


Fig 13. Composición del fitoplancton en el sistema con 45% de proteína

Para el sistema con TETRAPEREZ, se registró 2 202 969 cél/mL de las cuales el 86.73% fueron Chlorophyta, el 0.09% fueron Heterokontophyta, 0.84 Cyanobacteria y el 12.32% Cryptophyta (Fig.14).

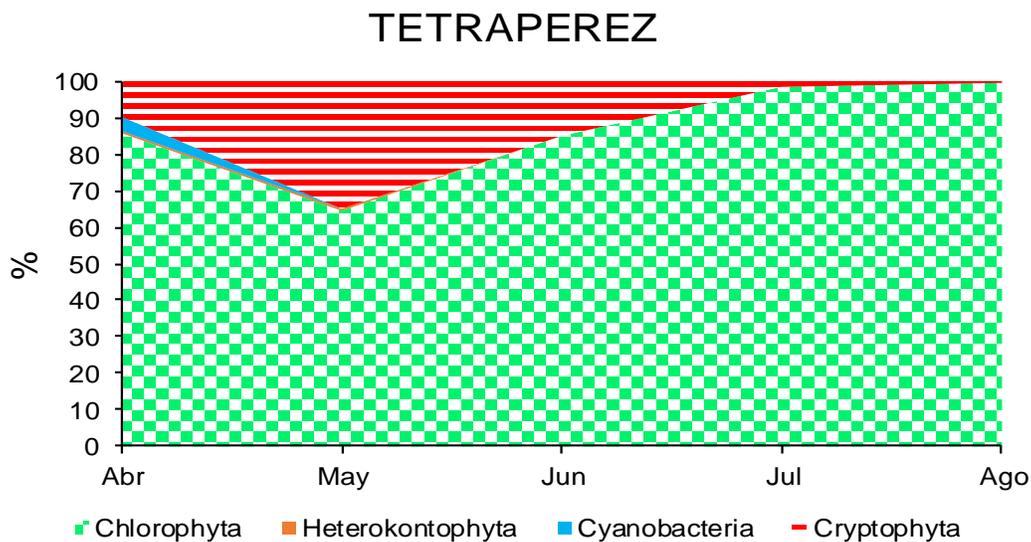


Fig 14. Composición del fitoplancton en el sistema con 27% de proteína

9.5. Indicadores de Crecimiento

Se observa que, al inicio del estudio, un alto porcentaje en peso ganado de los organismos principalmente para aquellos a los que se le suministro alimento el PEDREGAL, para los meses de mayo - junio se observa un decremento para los tratamientos con WARDLEY y PEDREGAL (Fig.15), debido a que en estos meses hubo pérdidas de organismos, pero al final se registró una pequeña recuperación.

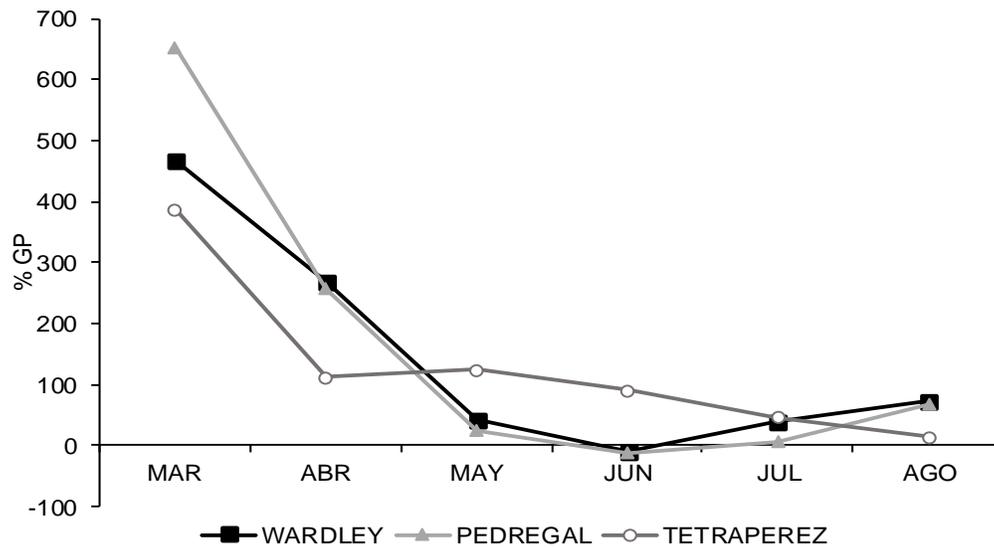


Figura 15. Variación temporal de Porcentaje de ganancia en peso para los tres sistemas.

La Tasa de crecimiento específica (TCE) para los organismos que se les proporciono alimento PEDREGAL Y WARDLEY se comportan de manera similar, en un inicio ambos fueron mayores, en mayo-junio se observa un decremento; sin embargo, al final vuelven a incrementar a diferencia del tratamiento con TETRAPEREZ, que presenta un comportamiento inverso (Fig.16).

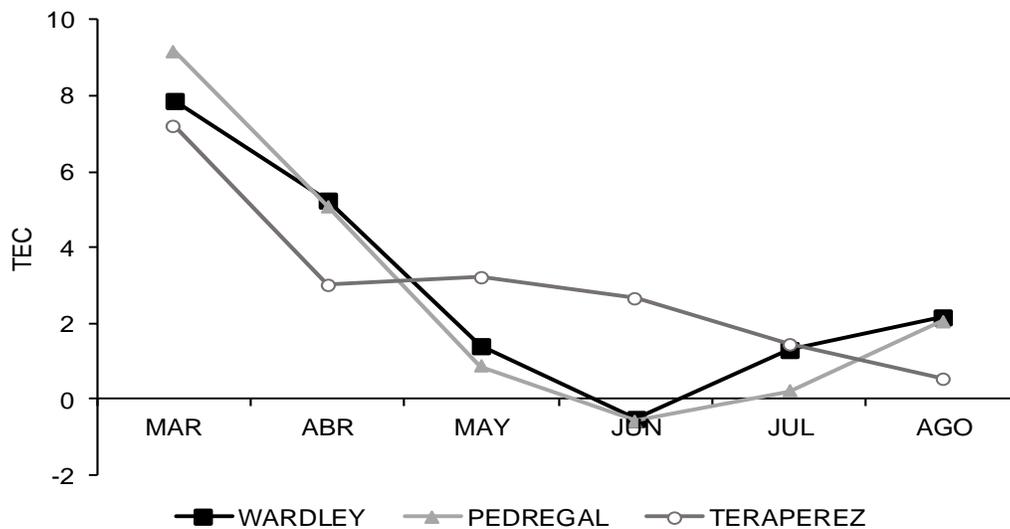


Figura 16. Tasa de crecimiento específica en los organismos en cada uno de los sistemas.

La Eficiencia alimenticia fue mayor con el tratamiento con TETRAPEREZ respecto a los otros dos que tuvieron un comportamiento similar a lo largo del estudio (Fig.17).

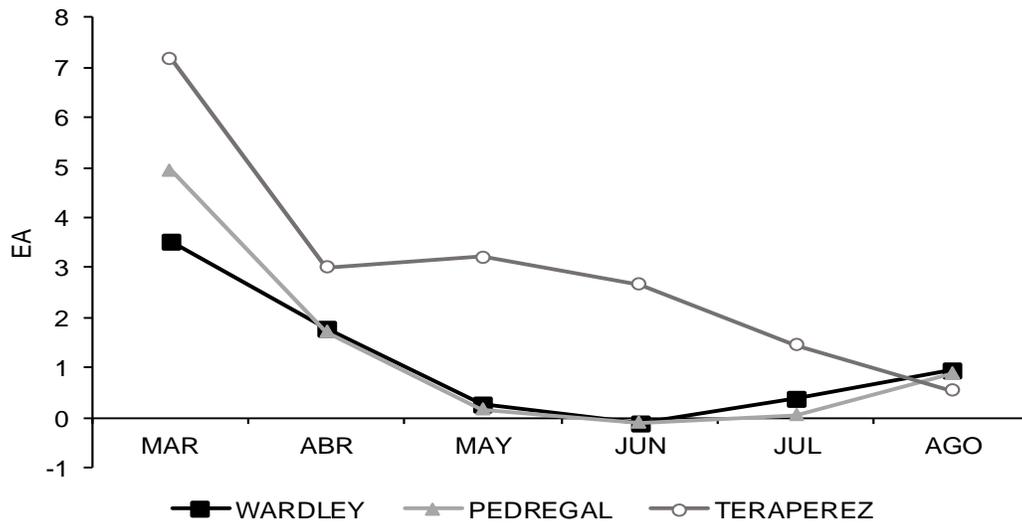


Figura 17. Eficiencia alimenticia en los organismos en cada uno de los sistemas.

El Factor de conversión alimenticia (FCA) para los meses de marzo-abril tienden a tener un comportamiento similar en los tres sistemas, en junio se observa que hay un fuerte decremento en los sistemas que se les suministro alimento WARDLEY y PEDREGAL, siendo el sistema con el alimento TETRAPEREZ más constante, es decir, con baja fluctuación (Fig.18).

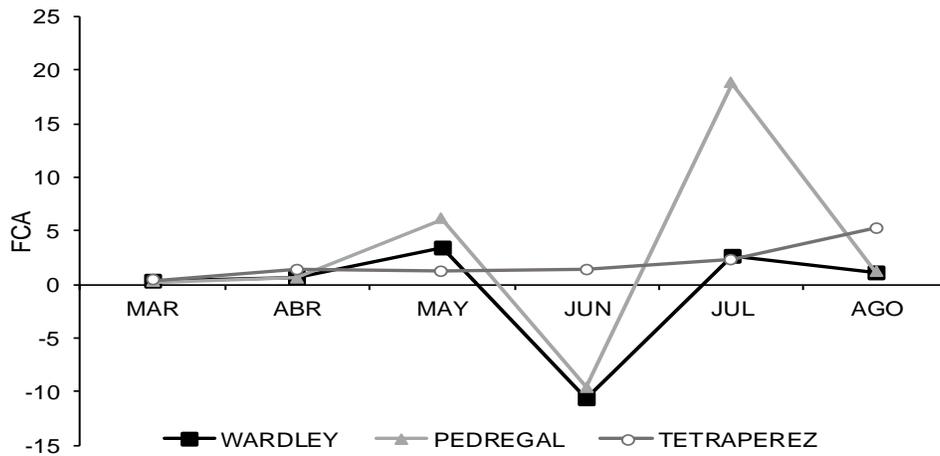


Figura 18. Variación temporal del Factor de conversión alimenticia para los tres sistemas.

El factor de condición relativo o de Le Creen, se mantuvo alrededor de 1, para los tres tratamientos, solo en el mes de abril con el WARDLEY estuvo por debajo y EL PEDREGAL por arriba, lo que indica que los peces tuvieron buena condición después de la adaptación al sistema y al alimento (Fig.19).

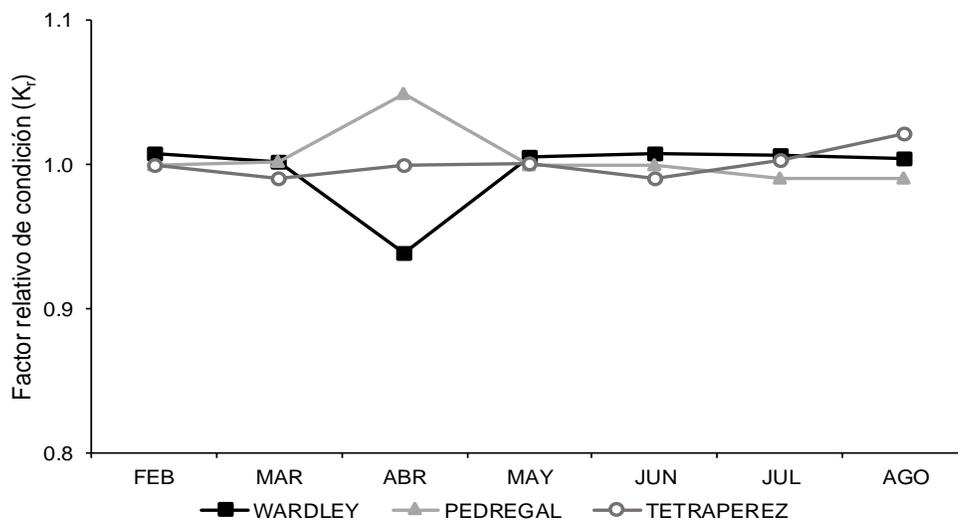


Figura 19. Variación temporal del factor de condición para los tres sistemas.

9.6. Comportamiento de talla y peso

Se realizó un diagrama de cajas y bigote, para talla y peso (Fig.20 y 21), en donde se puede observar que en los meses marzo, abril y mayo, hay un incremento en los sistemas con los alimentos WARDLEY y PEDREGAL, en comparación con el sistema con TETRAPEREZ donde el mayor crecimiento ocurrió en los meses junio y julio.

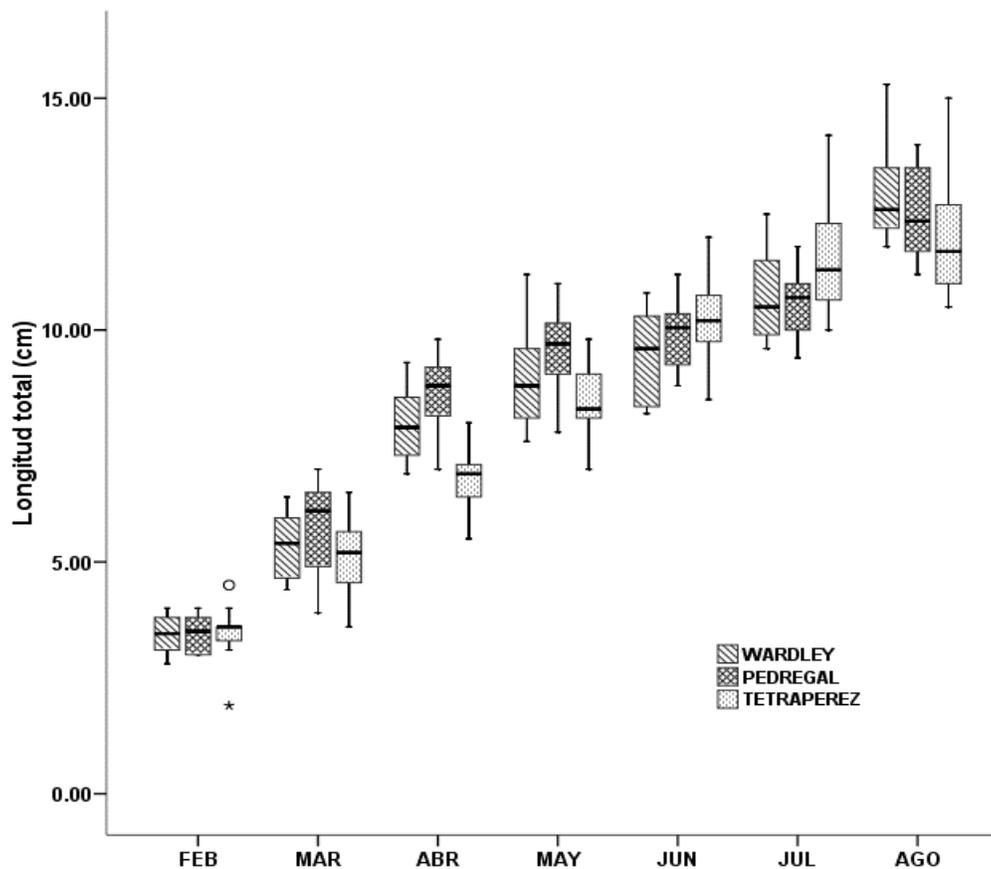


Figura 20. Comportamiento temporal de la talla para los tres sistemas.

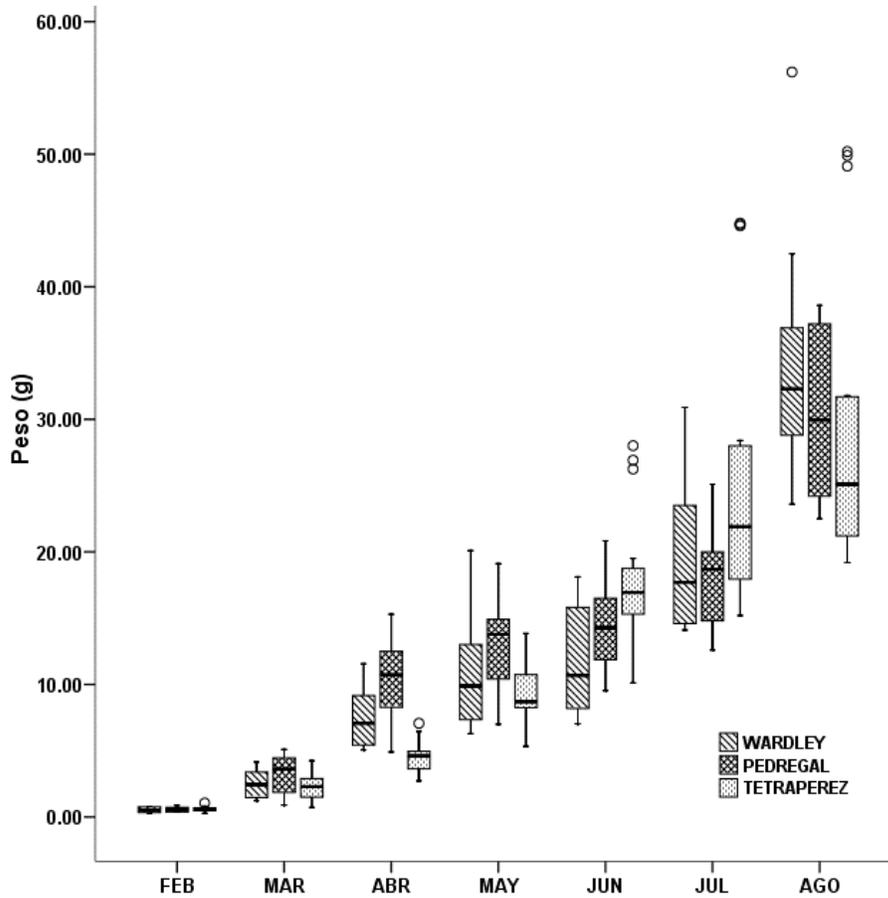


Figura 21. Comportamiento temporal del peso para los tres sistemas.

En la Figura 21, se observan círculos indicando casos extraordinarios que se presentaron en el estudio, sin embargo, son atípicos moderados.

9.7. Relación Peso-Longitud total

Para el sistema con alimento WARDLEY se obtuvo una pendiente de 3.09, con lo cual se puede decir que los organismos presentaron un crecimiento alométrico positivo (lo que indica, mayor crecimiento en peso) y se verificó con la prueba t-student (Fig.22).

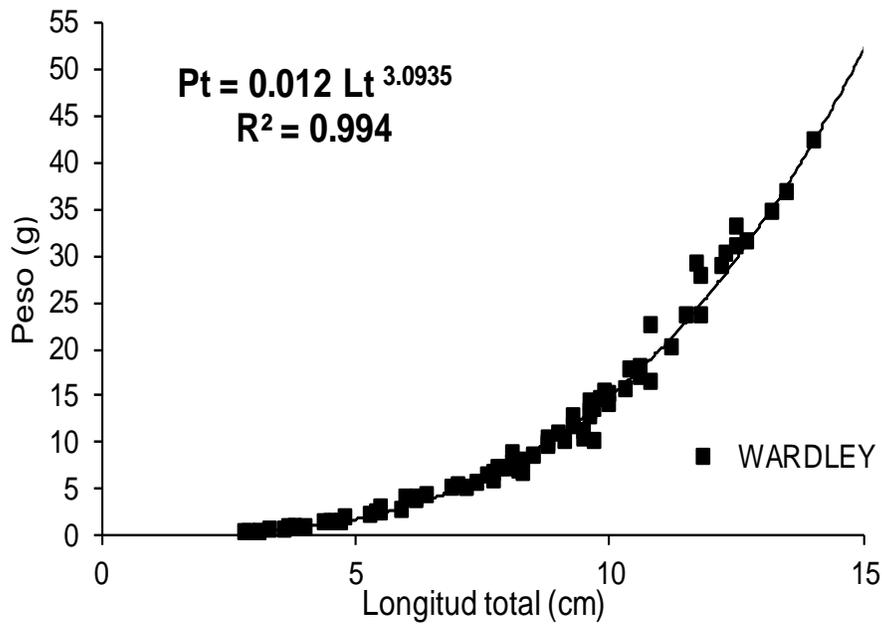


Figura 22. Relación de peso -longitud para el tratamiento con 36 % de proteína.

Para el sistema con alimento PEDREGAL se obtuvo un valor de una pendiente de 3.04 (Fig. 23), similar al de WARDLEY, que también mostró un crecimiento alométrico positivo.

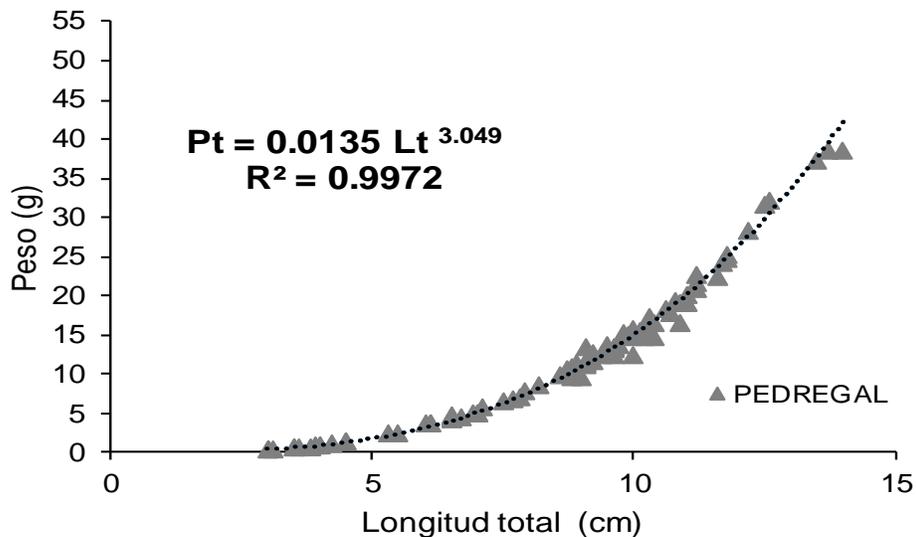


Figura 23. Relación de peso -longitud para el tratamiento con 45 % de proteína.

Con el alimento TETRAPEREZ se obtuvo una pendiente de 2.98, indicando aparentemente un crecimiento alométrico negativo (Fig.24), pero mediante la prueba t-student ($p > 0.05$) se determinó que no era significativamente diferente de 3 por lo tanto se considera el crecimiento con tendencia a la isometría.

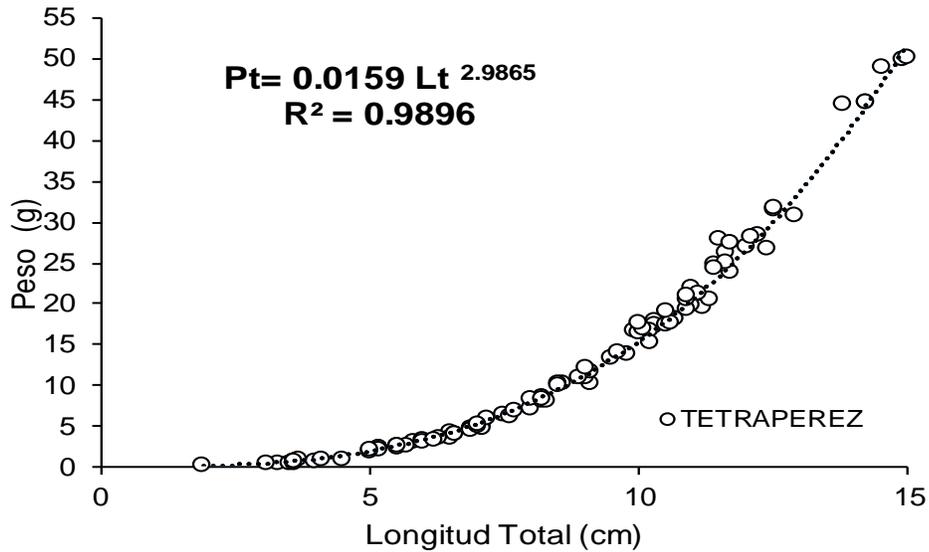


Figura 24. Relación de peso -longitud para el tratamiento con 27% de proteína

Para comprobar que el tipo de crecimiento fuera isométrico o alométrico se realizó una prueba de t-student, obteniendo los siguientes resultados (Tabla 7).

Tabla 7. Valores de las constantes de la regresión entre la Longitud total y el peso total para *O.niloticus*.

Tratamiento	a	B	r ²	t _{cal}	P value
WARDLEY	0.012	3.0935	0.994	13.8546	P< 0.05
PEDREGAL	0.0135	3.049	0.9972	2.8927	P<0.05
TETRAPEREZ	0.0159	2.9865	0.9896	0.1293	P>0.05



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



La tabla 8 muestra un resumen de los diferentes alimentos suministrados a los organismos *Oreochromis niloticus*, con los valores finales e iniciales de la longitud total y el peso.

Tabla 8. Resumen de talla y peso para los diferentes tratamientos

	WARDLEY		PEDREGAL		TETRAPEREZ	
	Lt(cm)	Peso (g)	Lt(cm)	Peso (g)	Lt(cm)	Peso (g)
Inicio	2.8	0.27	3	0.38	1.9	0.29
Final	15.3	56.2	14	38.6	15	50.2

Para comprobar si existieron diferencias significativas entre los diferentes grupos se realizó una prueba de Kruskal-Wallis. Este análisis determinó que no existen diferencias significativas entre los 3 tratamientos para Longitud total ($H= 0.9346$; $p=0.6266$), ni en el peso ($H=1.2790$; $p=0.5275$).



9.8. Correlaciones

Se realizó una correlación de Spearman para todos los índices de crecimiento y los parámetros físico-químicos en cada uno de los tratamientos y se encontraron las siguientes correlaciones significativas:

En el tratamiento con WARDLEY, las variables que presentaron relación significativa fueron (Tabla 9):

Tabla 9: Correlaciones significativas para el tratamiento con WARDLEY.

	TEC	FCA	EA	FAC. CONDICIÓN	% Gp
Conductividad	-0.8857	0.2571	-	0.2857	-0.8857
	(6)	(6)	0.7714	(7)	(6)
	0.0476	0.5653	0.0845	0.4840	0.0476
Tem.	-0.0580	0.5798	-	-0.4505	
	(6)	(6)	0.0580	(7)	
	0.8968	0.1948	0.8968	0.2698	
% Gp	1.0000	-0.0857	0.9429	-0.9429	
	(6)	(6)	(6)	(6)	
	0.00001	0.8480	0.0350	0.0350	
TEC		-0.0857	0.9429	-0.9429	
		(6)	(6)	(6)	
		0.8480	0.0350	0.0350	
FCA	-0.0857		-	0.0286	
	(6)		0.1429	(6)	
	0.8480		0.7494	0.9491	
EA	0.9429	-0.1429		-0.8857	
	(6)	(6)		(6)	
	0.0350	0.7494		0.0476	

Para el tratamiento con PEDREGAL (Tabla 10):

Tabla 10: Correlaciones significativas para el tratamiento con PEDREGAL.

	TEC	FCA	EA	FAC. CONDICIÓN	% Gp
Alcalinidad	-1.0000	0.0000	-1.0000	-0.3162	-1.0000
	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)
	0.00001	1.0000	0.00001	0.5271	0.00001
% Gp	1.0000	-0.1429	1.0000	0.5591	
	(6)	(6)	(6)	(6)	
	0.00001	0.7494	0.0000	0.2113	
TEC		-0.1429	1.0000	0.5591	
		(6)	(6)	(6)	
		0.7494	0.0000	0.2113	
EA	1.0000	-0.1429		0.5591	
	(6)	(6)		(6)	
	0.00001	0.7494		0.2113	

Finalmente, para el tratamiento con TETRAPEREZ (Tabla 11):

Tabla 11: Correlaciones significativas para el tratamiento con TETRAPEREZ.

	% Gp	TEC	FCA	EA	Conductividad	Temperatura
PH	0.8286	0.8286	-0.9429	0.9429		
	(6)	(6)	(6)	(6)		
	0.0639	0.0639	0.0350	0.0350		
% Gp		1.0000	-0.9429	0.9429		
		(6)	(6)	(6)		
		0.00001	0.0350	0.0350		
TEC	1.0000		-0.9429	0.9429		
	(6)		(6)	(6)		
	0.00001		0.0350	0.0350		
FCA	-0.9429	-0.9429		-1.0000		
	(6)	(6)		(6)		
	0.0350	0.0350		0.00001		
EA	0.9429	0.9429	-1.0000			
	(6)	(6)	(6)			
	0.0350	0.0350	0.00001			
Conductividad						0.8108
						(7)
						0.0470
Temperatura					0.8108	
					(7)	
					0.0470	



10. Discusión

En la producción acuícola es importante tomar en cuenta la calidad del agua, ya que de esta manera la especie cultivada tendrá un adecuado crecimiento, maduración y reproducción. Los factores de mayor importancia son la concentración de compuestos químicos, temperatura, alimento y el fotoperiodo (El-Sayed, 2003). Por lo tanto, es de suma importancia evaluar, conocer y relacionar los parámetros físicos, químicos y biológicos que interactúan en un sistema acuático, ya que esto permitirá conocer el crecimiento de los organismos, saber cómo inciden y hasta cierto punto modificar aquellos que se puedan hacer y que no son adecuados para la especie.

La temperatura del agua es uno de principales factores ambientales que afectan los procesos fisiológicos de los organismos, entre ellos el crecimiento y la reproducción; asimismo, afecta la densidad y viscosidad el agua (desplazamiento y flotación) y disminuye la solubilidad de los gases tales como el oxígeno y dióxido de carbono, por lo mismo debe estar adecuada a las necesidades biológicas de la especie (Chapman, 1996).

Los peces son animales poiquiloterms (su temperatura corporal depende de la temperatura del medio), altamente termófilos (dependientes y sensibles a los cambios de la temperatura) y los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, ya que mientras mayor sea la temperatura, mayor la tasa metabólica y por lo tanto, mayor consumo de oxígeno (Iturra, 2008).

Para fines de piscicultura y en particular para *Oreochromis niloticus*, el intervalo térmico óptimo es de 25 a 30°C dando un buen desarrollo y una alta tasa reproductiva (Morales, 1991; Arredondo y Ponce, 1998; Xie *et al.*, 2011).



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



Xie *et al.* (2011), probaron en 5 diferentes gradientes de temperatura (21, 25, 28, 34 y 37°C), evaluar el crecimiento, constatando que, a temperaturas mayores de 34°C, la mortandad aumenta a más del 40%. También se puede ver alterado el crecimiento a estas temperaturas, por lo que enmarcan como intervalo de 25 a 34°C. En el presente estudio las fluctuaciones de temperatura no superaron los 29°C, no obstante, se dieron fluctuaciones que son motivo de estrés en los organismos. El rango óptimo establecido fluctúa 25°C-32° C (Saavedra, 2006).

El oxígeno disuelto, es otro de los parámetros fundamentales en los sistemas acuáticos, ya que condiciona la distribución, el comportamiento y el crecimiento de los organismos. La dinámica de este elemento está determinada por un balance entre la fotosíntesis, el oxígeno atmosférico disuelto en el agua y los procesos oxidativos de la comunidad biótica (Wetzel, 2001). La pérdida del oxígeno ocurre principalmente por la respiración de todos los organismos aeróbicos del estanque y la producción en el estanque se lleva a cabo por las algas en el momento de la fotosíntesis, los niveles altos de fitoplancton en las aguas en cultivo tienen como consecuencia bajas concentraciones de Oxígeno Disuelto por la mañana. Herrera (1999) señala que la concentración de oxígeno disuelto va en depender de la cantidad y tipo de microalgas, de las densidades de organismos en cultivo y del incremento de la biomasa en estanque.

En general las especies de peces epicontinentales se pueden clasificar en función de su tolerancia a los bajos niveles de oxígeno, siendo la mayoría de cíclidos y ciprínidos los que admiten una concentración baja de oxígeno. Esta es una ventaja al contemplar un cultivo de *Oreochromis niloticus*, pues su sangre es capaz de saturarse de oxígeno y aún de reducir su consumo si la concentración es inferior a 3 mg/L para tal efecto, usa un metabolismo semi-anaeróbico que le permite soportar niveles de 1 mg/L e incluso menor por periodos cortos (Cabañas, 1995; Granado, 2002).



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



Wedemeyer (1996) señala que el nivel de oxígeno disuelto para los peces de climas cálidos debe de encontrarse por arriba de los 4 mg/L, mientras que Morales (1991), tiene como consideración valores por encima de los 5 mg/L, para que los procesos naturales de reproducción y crecimiento se lleven a cabo de manera óptima. Sin embargo, Kolding *et al.* (2008) señalan que cuando las concentraciones de oxígeno disuelto se encuentran por debajo de 1.5 mg/L hay una conducta alterada de los organismos como falta de apetito o boquear en la superficie buscando una mejor oxigenación.

Los valores obtenidos de la concentración de oxígeno disuelto para los tres sistemas, registro un promedio de 7.9 mg/L, el cual es un valor adecuado, ya que se encuentra dentro del intervalo óptimo para esta especie que es de 5.0-9.0 mg/L (Saavedra,2006). Por lo tanto, el oxígeno disuelto no fue un limitante durante el estudio a pesar que hubo un mínimo de 4.2 mg/L y de acuerdo con Granado (2002), la concentración mínima de oxígeno disuelto requerida para fines de la acuicultura es de 2 mg/L.

Dentro de los cuerpos de agua se considera una relación directa entre los parámetros de la conductividad, alcalinidad, dureza y pH, ya que la presencia o ausencia de iones afecta directamente estas características del agua. La mayoría de aguas epicontinentales tienen valores de pH que fluctúa entre 6.5-9.0, aunque puede haber factores que afecten este parámetro en un estanque. De manera general, los sistemas que presentan estos intervalos de pH son los más apropiados para producción de peces, ya que por encima o debajo de estos valores habría complicaciones en los peces, principalmente en órganos como las branquias y los valores extremos de pH, cercanos a 5 o 10 disminuyen el crecimiento, apetito, reduce la eficiencia en la reproducción, aumenta el estrés y como consecuencia aumenta la exposición a enfermedades, lo que con lleva a una baja producción de peces (Arredondo y Ponce,1998; Cabañas, 1995 y Saavedra, 2006). El pH mostró un comportamiento similar en los tres sistemas y los valores quedaron dentro del intervalo óptimo 8.1-10.6 reportado por Gómez-Márquez *et al.* (2015), en



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



condiciones de la Ciudad de México. Por lo cual, el pH, tampoco fue un factor que afectara el crecimiento de los organismos.

Respecto a la conductividad eléctrica, ésta se incrementa con el contenido de sales electrolizables disueltas; aumenta también con la movilidad de los iones, o lo que es lo mismo con la temperatura; en general la conductividad está relacionada con la fertilidad del agua, con base en los diferentes iones que se encuentran presentes en el sistema (Arredondo, 1998), también muestra información acerca de la contaminación orgánica que puede estar presente en un sistema, como lo menciona Abdel *et al.* (2007), en donde los valores de la conductividad aumentan cuando en el cultivo hay presencia de fitoplancton y se adiciona alimento balanceado. En el estudio realizado se puede observar que al inicio fue baja, pero conforme avanzaban los meses la conductividad incremento debido a la fertilización orgánica(vacaza) que se le proporcionó y a la complementación del alimento balanceado, con un promedio de $1477\mu\text{S cm}^{-1}$ quedando fuera del intervalo óptimo reportado por Gómez-Márquez *et al.* (2015). También cabe mencionar que hubo una correlación significativa entre la conductividad y temperatura, para el tratamiento con TETRAPEREZ, ya que en este sistema se registraron las mayores temperaturas a lo largo del estudio.

La transparencia es la medida de la cantidad de luz que penetra en la columna de agua. En muchos sistemas acuáticos existe una relación directa entre la visibilidad al disco de Secchi y la abundancia del plancton, cuando ésta última aumenta, la visibilidad disminuye. Sin embargo, a veces la turbidez es causada por partículas suspendidas de arcilla o detritus y no por la cantidad del fitoplancton (Herrera, 2012; Akunga *et al.*, 2018). La disminución en la transparencia puede tener consecuencias positivas y negativas para la vida acuática, dependiendo de la fuente y cantidad de partículas suspendidas. Al aumentar la producción de fitoplancton debido a la eutrofización, se disminuye la transparencia del agua y por tanto la penetración de la luz solar, que las plantas acuáticas necesitan para la fotosíntesis y que como producto de desecho produce oxígeno. La reducción de la fotosíntesis resulta en



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



bajas concentraciones de oxígeno y altas concentraciones de dióxido de carbono (Cano, 2003). Por lo que, si ocurre esto, las especies cultivadas se verán en peligro al no haber disponibilidad de oxígeno.

A lo largo del estudio los sistemas presentaron diferencias significativas y el sistema en donde fueron alimentados los peces con alimento TETRAPEREZ fue el que presentó mayor visibilidad respecto con los otros dos, esto se debió posiblemente a la composición del tipo de alimento suministrado ya que los tres sistemas se fertilizaron de la misma forma, lo que a su vez dio diferente abundancia de fitoplancton entre ellos.

En cuanto a la alcalinidad y dureza total; en promedio la primera registrada fue de $475 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$, la cual supera el intervalo establecido para este tipo de cultivo semi-intensivo; sin embargo, de acuerdo a Arredondo (1996; citado en Gómez-Márquez *et al.*, 2014) en aguas naturales los niveles de agua pueden ir de menos 5 mgL^{-1} hasta más de 500 mg L^{-1} , pero en estanques acuícolas la alcalinidad varía entre 200 y 300 mgL^{-1} , por lo tanto, en este estudio se superó los límites establecidos, pero se puede decir que el sistema es productivo.

Para la dureza total los valores oscilaron entre 51 y $318 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$, éstos valores se encuentran dentro del rango establecido por el Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Tilapia para la Inocuidad Alimentaria publicado por SENASICA en el 2008, el cual menciona que el nivel óptimo de dureza total para estos organismos es de $50\text{-}350 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$. Se puede decir que el agua se considera dentro del nivel de muy dura, debido a la cantidad de cationes presentes, a pesar de los valores registrados de los parámetros físicos y químicos, el crecimiento de los organismos no se vio afectado, ya que estos se encuentran dentro de los parámetros adecuados para el cultivo de la tilapia.

En el presente estudio, los tratamientos tenían un régimen de alimento balanceado más fitoplancton (cultivo semi-intensivo). Uno de los métodos muy difundidos en acuicultura es el uso de fertilizantes, capaces de incrementar la producción acuícola,



Crecimiento de tilapia *Oreochomis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



lo que deriva en un decremento de los costos de producción (Arredondo, 1993). Lo anterior es altamente benéfico, ya que los costos por alimentación representan más del 50% del costo total de operación de una granja de peces (Garduño *et al.*, 1998).

En lo que respecta a la producción y calidad del agua de los sistemas someros, Quiroz *et al.* (2004) citan que el fitoplancton es un excelente indicador de la calidad del agua y el principal productor primario, ya que es la base de la cadena trófica y propicia una elevada disponibilidad de alimento a los demás niveles tróficos; además, de que es el principal productor de oxígeno disuelto y por ello se consideró como indicador de la calidad del agua, ya que algunas especies son muy sensibles a ciertos nutrimentos o sustancias y dependiendo de la abundancia y composición, va a dar buena calidad al agua y poder soportar altas poblaciones de peces (Akunga *et al.*, 2018).

Por lo tanto, Moreno (2003) menciona que es un requisito indispensable que en las investigaciones hidrobiológicas se integre el estudio de las comunidades microalgales para determinar la calidad del agua y en este caso los organismos más representativos del fitoplancton (géneros con más abundancia y frecuencia durante el periodo de estudio) que fueron registrados en estos sistemas, fue la división Chlorophyta, con los géneros *Actinastrum*, *Chlorella*, *Oocystis* y *Monoraphidium*; siguiendo en orden descendente las Cryptophyta con el género *Rhodomonas* presentándose en mayor abundancia en los sistemas con los alimentos PEDREGAL y TETRAPEREZ, posteriormente se observó la división Heterokontophyta destacando *Navicula* y finalmente, Cyanobacteria con el género *Anabaenopsis*.

La presencia de *Chlorella* que es considerada como un organismo oportunista, indica una presencia de fertilización del sistema (Margalef, 1983), registrándose a lo largo del estudio en los tres sistemas. Los géneros *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus* y *Monoraphidium* son representativos de los sistemas someros eutróficos, muchas de sus especies aparecen en lugares hipereutróficos por ser



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



organismos oportunistas y pueden aparecer en cualquier época del año, que en el caso de *Monoraphidium*, se hizo presente a lo largo del estudio, pero en mayor proporción en el tratamiento con WARDLEY (Krammer y Lange-Bertalot, 1986).

Respecto a las criptofitas pueden ser dominantes y están representadas principalmente por especies de pequeño tamaño, con alta relación superficie/volumen, son buenas competidoras y tolerantes a una amplia variedad de condiciones ambientales (De León y Chalar, 2003). El género *Rhodomonas* se hizo presente, el cual fue abundante para los sistemas con los alimentos PEDREGAL y TETRAPEREZ. La especie representada por la división Heterokontophyta fue *Navicula*, la cual se caracteriza por tener un buen desarrollo a temperaturas bajas y a cualquier concentración de nitrógeno y fósforo (Harper, 1992), siendo más abundante para los sistemas con alimentos WARDLEY y PEDREGAL.

Las Cyanobacterias fueron representadas por *Anabaenopsis*, las cuales se presentaron en baja proporción respecto a las demás divisiones, lo que es bueno, ya que como lo menciona Sournia (1978), las cianobacterias producen una gran variedad de metabolitos secundarios, algunos de los cuales son tóxicos para los peces y se conocen con el nombre genérico de cianotoxinas. Este tipo de algas, cuenta con registros de toxicidad y mortandad de animales, como consecuencia de estas toxinas; incluso existen antecedentes de toxicidad en seres humanos y según Haws *et al.* (2001), algunas especies de *Oscillatoria*, *Anabaena* y algunos otros géneros de algas azul-verdosas, son notorias por producir compuestos malolientes, que, al ser absorbidos por peces y camarones, causan mal sabor en su carne.

Se encontraron 14 géneros, distribuidos en los tres tratamientos, Peña-Mendoza y Gómez-Márquez (1977) reportan para un cultivo en la Unidad Acuícola Experimental Zaragoza en dos diferentes estanques una abundancia de 588 553 y 2 312 582 cél/mL. El estanque fue fertilizado químicamente, alcanzando una dominancia del 80% por clorofíceas y un 13% por bacilariofíceas, con menos del 1% de cianobacterias, parecido respecto al porcentaje de clorofíceas que se encontró en



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



el presente estudio, ya que fue por arriba del 86% y con menos del 1% de cianofíceas.

En el mismo lugar, Garrido (2005), trabajo en dos estanques de concreto con *Oreochromis niloticus* y reporta una abundancia de fitoplancton 586 560 y 1 894 470 cél/mL, dominando de igual forma la división Chlorophyta con el 98.62% y Cyanophyta con el 1.29%. De acuerdo a los estudios mencionados anteriormente la cantidad de células por mililitro reportadas para el presente estudio, estuvo por arriba reportado por este autor; sin embargo, la división Chlorophyta para el sistema con el alimento suministrado WARDLEY fue del 98.88%. Arredondo (1993) menciona que la composición del fitoplancton en estanques que son fertilizados química u orgánicamente, se encuentra dominada por clorofitas, situación que observaron también Peña-Mendoza y Gómez-Márquez (1977), así como en este estudio.

Akunga *et al.* (2018) mencionan que la abundancia y estructura de la población de fitoplancton, son mayormente reguladas por los nutrimentos inorgánicos, los cuales incluyen, pero no limitan al nitrógeno, fósforo, silicatos y que las formas de nitrógeno disponible se registran como nitratos, nitritos y amonio, para el fósforo se presenta como ortofosfatos solubles (fósforo reactivo soluble) y el silicio como silicatos.

Cuando la tilapia se encuentra expuesta a grandes concentraciones de fertilización orgánica, presenta tasas de crecimiento más elevadas (Diana, 2012), ya que por una parte hay una mayor cantidad de fitoplancton y por otra, los hábitos alimentarios de estos peces les permite aprovechar los detritos que se encuentran en suspensión en la columna de agua, lo cual genera una amplia cantidad de alimento que puede estar disponible para estos organismos (Diana *et al.*, 1991; Ming y William, 1992; Abdel, 2011). Estos resultados son apoyados por Springborn *et al.* (1992), quienes realizaron una comparación entre fertilización orgánica e inorgánica, reportando crecimiento más elevado y menores tasas de mortalidad en estanque con fertilización orgánica.



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



El fitoplancton tiene la característica de tener proteína de excelente calidad; sin embargo, es deficiente en el contenido de carbohidratos. Estas limitantes pueden ser superadas cuando a la dieta se adiciona alimento balanceado, el cual tiene una cantidad óptima de carbohidratos (Arredondo y Lozano, 2003; Morales, 1991; Waidbacher *et al.*, 2006). Waidbacher *et al.* (2006), reportan un óptimo desarrollo de los organismos cuando estos son cultivados con alimento balanceado, en estanques fertilizados, ya que se da un equilibrio de las biomoléculas que son esenciales para la formación de tejidos y biomasa, asimismo Al-Shamsel *et al.* (2006), reportan tasas de crecimiento más elevadas al hacer una combinación de plancton y alimento balanceado. Sin embargo, al hacer una combinación de alimento balanceado y alimento natural, el primero no debe exceder el 3% del peso corporal, ya que como lo reporta El-Saidy y Gaber (2003), un sobre exceso en la proporción de alimento balanceado es más perjudicial que benéfico, porque deteriora la calidad del agua. De igual forma Waidbacher *et al.* (2006), al estimar diferentes raciones de alimento balanceado, obtienen un óptimo del 3% del peso corporal, siendo que el peso ya no tiene un incremento al aumentar la dosis de alimentación en estanques fertilizados.

Abdel *et al.* (2007), reportó que una dieta complementaria es más eficiente en una proporción del 3% del peso corporal, además de que la dieta balanceada favorece a la comunidad de fitoplancton, al haber una mayor cantidad de nutrientes disponibles en la columna de agua.

Para las especies de cultivo que se someten a cautiverio ya sea en condiciones semi-intensivas o intensivas, los factores del medio natural cambian y se corre el riesgo de que la producción de crías o el crecimiento de estas se vean afectados, por lo que es necesario recrear en la medida de lo posible las condiciones necesarias para lograr artificialmente la máxima producción (Hernández y Benítez, 1991).



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



Respecto a la productividad, los criterios para considerar el nivel trófico de un ambiente dependen de los autores, respecto a las abundancias fitoplanctónicas, Margalef (1977), menciona que en resumen se podrían aceptar estos límites: lagos oligotróficos $10-10^2$ cel/mL, lagos eutróficos 10^2-10^4 cel/mL, aguas muy eutróficas y cultivos 10^4-10^6 cel/mL y cultivos en condiciones especiales 10^6-10^8 cel/mL; de acuerdo con lo establecido por el autor, se puede considerar a los sistemas del presente estudio como eutróficos, pero además también productivos con base en la cantidad de cationes asociados a los carbonatos y bicarbonatos presentes en el sistema, la abundancia del fitoplancton y a los valores de oxígeno disuelto como lo mencionan Arredondo y Ponce (1998), los cuales indican que las aguas que contienen 40 mg/L o más de alcalinidad total son consideradas muy productivas, por lo cual se podría decir que el estanque donde se llevó a cabo el cultivo de *O. niloticus* es muy productivo.

Como ya se mencionó anteriormente, en la visibilidad hubo diferencias significativas de acuerdo al análisis de Kruskal-Wallis ($H= 61.4352$; $p<0.05$) entre los sistemas, teniendo relación con la abundancia del fitoplancton el cual a simple vista por la coloración que presentaba el agua, se podía intuir que los sistemas a los que se les suministro alimento WARDLEY y PEDREGAL (con un color verde, característico de presencia de clorofitas), presentarían mayor abundancia; sin embargo, no fue así, ya que los que presentaron mayor abundancia fue el sistema con alimento WARDLEY y TETRAPEREZ (con un color café), cabe mencionar que el tratamiento con el PEDREGAL presentó organismos fitopláctónicos de mayor tamaño, respecto a los otros dos, lo cual se pudo deber a la composición nutricional que este tipo de alimento contenía; resultados que fueron similares a los reportados por Akunga *et al.* (2018).

Otro factor importante que se necesita considerar para cualquier cultivo es la densidad de siembra, ya que la cantidad de organismos presentes afecta directamente el crecimiento y la eficiencia alimenticia, de acuerdo a lo descrito por Ming y William (1992) y Vera Cruz y Mairb (1994), en la experimentación se



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



utilizaron 15 organismos por tratamiento, teniendo entonces 15 orgs/0.06 m². De acuerdo a Beltrán (2016) y Gómez-Márquez *et al.* (2015), la densidad de siembra para esta especie debe de ser de 6 orgs/m², en función a lo mencionado, se introdujo una densidad de siembra mayor a la recomendada. Esta situación causó en los organismos una posible competencia en espacio y tal vez en alimento balanceado, ya que el alimento natural siempre estuvo disponible.

Ming y William (1992) así como Vera Cruz y Mairb (1994), mencionan que la densidad de siembra es un factor fundamental que afecta directamente al crecimiento de la tilapia, ya que cuando hay una mayor densidad, los organismos presentan menores tasas de crecimiento, lo cual se traduce en el deficiente crecimiento de los peces en estanques a pesar de tener una mejor alimentación. Es un hecho que a cierta talla cuando el organismo madura e inicia su etapa reproductiva, el macho marca su territorio y se vuelve agresivo, mientras que las crías utilizan su energía para completar los cambios morfológicos y, por lo tanto, son menos agresivas. Geaves y Tuenen (2001) citan que en los cultivos a densidades elevadas se pueden incrementar la tensión y generar interacciones agresivas en los organismos.

En general, existen estudios que mencionan que los mejores rendimientos en los cultivos dependen de que haya una menor densidad, pues hay una menor competencia por espacio, alimento y menor estrés de los organismos (Siddiqui *et al.* 1989; Liti *et al.* 2005; Florence y Harrison, 2012).

Asimismo, el que el cultivo no fuera monosexo (machos revertidos sexualmente), afectó el crecimiento en las hembras, ya que el sistema con el alimento PEDREGAL y TETRAPEREZ, se observaron hembras en etapa reproductiva, lo cual no permitía que la ingesta de proteínas se destinara exclusivamente al crecimiento, si no parte de ella también se ocupará en el desarrollo, maduración de óvulos, mucho gasto energético y en los machos en rituales de apareamiento, Lahav y Lahav (1990) y El-Greisy y El-Gamal (2012), citan que cuando se realiza un cultivo de machos



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



monosexo, estos crecen más, ya que la energía metabólica es canalizada hacia un mayor crecimiento y más uniforme en talla que las hembras, porque las hembras asignan una mayor energía metabólica hacia la reproducción.

El crecimiento puede interpretarse mediante la relación de los procesos anabólicos y catabólicos, el individuo crece a medida que los procesos anabólicos sobrepasan a los procesos catabólicos y se detiene cuando ambos se equilibran. Por consiguiente, el crecimiento del pez es el resultado de su alimentación, su asimilación y la capacidad de construir tejidos en su cuerpo (Voet y Voet, 2006).

Una forma de poder determinar si una población está creciendo de manera óptima es evaluando su curva de crecimiento y se puede utilizar la relación de peso-longitud, de esta manera se puede observar el crecimiento que están teniendo los organismos, lo adecuado sería que el organismo incremente su peso y longitud en proporciones similares, lo cual no sucede todo el tiempo debido a que suele haber factores estresantes que hacen que presenten un crecimiento no proporcional (Pauly 1984).

Una forma de saber el tipo de crecimiento que tienen los organismos es aplicando una prueba t-Student, en donde con los resultados obtenidos previamente se obtuvo un crecimiento alométrico positivo para los sistemas que se les proporciono alimento WARDLEY y PEDREGAL, no así para el sistema con alimento TETRAPEREZ que presentó un crecimiento con tendencia a la isometría.

El crecimiento de tipo alométrico positivo registrados en los primeros tratamientos indica que los cambios en talla y peso no son uniformes a través del tiempo, que los organismos tendieron a ganar más peso que talla, contrario lo que sucedió con el tratamiento TETRAPEREZ lo que se asume que la gravedad específica del pez no cambia y que el crecimiento se ve afectado principalmente por la disponibilidad del alimento, la competencia intra-específica, así como las variaciones en la calidad de agua, que se ha registrado en los sistemas de cultivo como lo ha reportado Gómez (2002).



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



SEPESCA (1982) menciona que el crecimiento de *O. niloticus* es de tipo isométrico registrando una buena tasa de crecimiento en buenas condiciones ambientales y de alimentación, así como en condiciones óptimas de temperatura y densidad de individuo, en contraste Gómez (2002), reporta crecimiento alométrico negativo para esta misma especie, con pH promedio de 8.99 unidades, temperatura entre 21 y 31°C y oxigenación promedio de 5.8mg/L. Desde el punto de vista ecológico los peces crecen en forma alométrica negativa en las primeras etapas de desarrollo debido a la competencia por espacio y alimento, además de tener un mayor crecimiento en longitud, debido a que tienen que alcanzar mayor tallas para evitar ser depredados en condiciones naturales; asimismo, al alcanzar la madurez sexual el tipo de crecimiento que se presenta posteriormente es alométrico positivo o con tendencia a la isometría, ya que la energía que se requería para el crecimiento en longitud, ahora es dirigida a los órganos reproductores, con lo cual los organismos incrementan más en peso por la madurez de las gónadas (ovarios y testículos), disminuyendo así el crecimiento en talla (Nikolsky, 1963; Fryer e Iles, 1972; Weatherley *et al.*, 1987; Granado, 2002; Gómez, 2002; Gómez *et al.*, 2003; Peña *et al.*, 2011; El-Greisy y El-Gamal (2012).

Con respecto a los indicadores de crecimiento el porcentaje de ganancia en peso en un inicio se obtuvo un valor muy alto debido a que en esta etapa los alevines tienden a ganar mayor peso y conforme van creciendo el porcentaje va disminuyendo hasta un punto que las fluctuaciones sean mínimas, el tratamiento que presentó una mayor porcentaje de ganancia en peso en orden decreciente fue PEDREGAL, WARDLEY y TETRAPEREZ, observándose que en una etapa inicial es muy importante la alimentación con un alto contenido proteico, ya que participa a la formación de tejido y ayuda al crecimiento, los resultados obtenidos fueron altos respecto a los que obtuvo Camargo y Cruz en el 2013, por lo que suministrar alimento balanceado en conjunto con una fertilización orgánica se obtienen altos valores de ganancia en peso, que es lo que se busca en acuicultura, un mayor y mejor crecimiento en un corto tiempo.



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



El crecimiento específico tuvo un comportamiento similar al porcentaje de ganancia en peso, en el mes de junio se obtuvieron valores negativos para los sistemas con alimento WARDLEY y PEDREGAL, esto se debió a que en ese mes se murieron los organismos con mayor talla y peso. Los valores obtenidos para los tres tratamientos estuvieron por arriba a los de Siddiqui *et al.* (1989), quienes reportan valores de 1.81 para el crecimiento específico, Gibtan *et al.* (2008), encuentran valores de 1.035. Ibrahim y Naggar (2010), obtienen valores para el crecimiento específico de 1.65, en condiciones de policultivo. En general se ha visto que *Oreochromis niloticus* responde favorablemente a la interacción con otras especies de peces, incrementando su tasa metabólica y, por lo tanto, el crecimiento.

El FCA depende por supuesto al igual que el crecimiento, de la calidad de la dieta, de las condiciones de manejo, de la ración y también de la edad del pez. Los mejores valores se encuentran en peces jóvenes y el FCA aumenta lentamente con la edad del pez, cuando el pez alcanza su peso máximo y deja de crecer siendo esto realizado en un sistema de producción semi-intensivo (Guerrero, 2011). Los valores promedios obtenidos en el presente estudio en el sistema con PEDREGAL fueron de 2.85 parecido a lo reportado por Gibtan *et al.* (2008), encontrando valor de 2.48. Para el sistema con TETRAPEREZ se registró un valor de 1.95 similar a lo reportado por Siddiqui *et al.* (1989). Sin embargo, estos valores reportados en este estudio, son más altos a los mencionados por Dagne *et al.* (2013).

El factor de condición ayuda a estimar las modificaciones temporales del buen estado de los peces bajo las influencias de factores externos (ambiente) e internos (fisiológicos), independientemente de la edad. Este índice ayuda a determinar el nivel de gordura o de bienestar de los integrantes de una población, siendo de gran utilidad al comparar poblaciones de una misma especie (Granado, 2002). En general los organismos de este estudio tuvieron un factor de condición aceptable sobrepasando la unidad lo cual refleja un estado de bienestar en los organismos, excepto para el sistema con WARDLEY para el mes de abril, que estuvo por debajo.



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



Los peces en condiciones naturales, se alimentan de alimentos ricos en proteína y pobres en glúcidos y grasas. De ahí que hayan adaptado su metabolismo, en el sentido de que la fuente preferencial para la obtención de la energía sean las proteínas y no los glúcidos. Al ser animales acuáticos presentan un catabolismo “barato” de las proteínas, cuyo producto final es, básicamente el amoniaco reportado por Castelló (2000).

Las exigencias nutricionales de *O. niloticus* son diferentes en cada etapa de su vida, las mayores se presentan en peces jóvenes que en adultos (Torres-Novoa y Hurtado-Nery, 2012). Por lo que en este estudio se tomó la decisión de realizar el estudio con alimento natural y alimento balanceado (con diferentes porcentajes de proteínas), para de esta manera obtener mayor información acerca del crecimiento.

El sistema en donde fueron alimentados los peces con alimento WARDLEY (36% de proteína), se registró peso como mínimo de 23.6 g y un máximo de 56.2 g, lo cual fue adecuada ya que cantidad requerida de proteína oscila de 30-40%; por lo tanto, lo ubica en un buen crecimiento (FAO, 2017; Ctaqua, 2017). En este tratamiento se suministró una cantidad correcta de proteína y como resultado un crecimiento alométrico positivo; sin embargo, presento una supervivencia del 67%, relacionado con la abundancia de fitoplancton que fue mayor en este tratamiento y las clorofitas predominaron en mayor porcentaje respecto a los otros dos.

El sistema en donde fueron alimentados los peces con alimento PEDREGAL (45% de proteína), de acuerdo a FAO (2017) y Ctaqua (2017), estuvo por arriba del intervalo requerido; sin embargo, fue el que obtuvo mayor ganancia en peso en un inicio, registrándose un mínimo de 22.5 y un máximo de 38.6, con una supervivencia del 67%, en el cual los organismo que habían ganado mayor peso y talla murieron, obteniéndose un crecimiento alométrico positivo, fue el que presentó menor abundancia pero se observaron organismos de mayor tamaño de fitoplancton.

Finalmente, el sistema en donde fueron alimentados los peces con el alimento TETRAPEREZ (27% de proteína) por debajo del intervalo requerido de proteína fue



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo semi-intensivo en la Ciudad de México.



el que obtuvo el 100% de supervivencia, con un peso mínimo de 19.2 g y máximo de 50.2 g, con un tipo de crecimiento con tendencia a la isometría lo que significa que crecieron en talla y peso equitativamente, lo cual coincide con Pérez (2017) en donde su experimentación se llevó en condiciones de laboratorio. Fue el segundo sistema en cuestión de abundancia, pero con el menor porcentaje de clorofitas, por lo que posiblemente tuvo incidencia el tipo de alimento balanceado proporcionado ya que los tres tratamientos fueron fertilizados de la misma manera.



11. Conclusiones

- El desarrollo de los peces que se les suministro los alimentos balanceados WARDLEY y PEDREGAL, presentaron crecimiento alométrico positivo, mientras que el sistema con alimento TETRAPEREZ tuvo crecimiento tendencia a la isometría.
- El comportamiento para talla y peso para los meses marzo, abril y mayo, fue mayor en los sistemas con WARDLEY y PEDREGAL, para los meses junio y julio con TETRAPEREZ.
- El porcentaje de Ganancia en peso fue mayor en los meses de marzo y abril, habiendo un decremento en mayo, junio y julio e incrementando en agosto.
- El Factor de condición fue mejor en el sistema con alimento TETRAPEREZ, ya que se mantuvo alrededor de 1, con respecto a los otros dos tratamientos.
- La división Chlorophyta predominó en los tres tratamientos.
- Los géneros en mayor proporción fueron *Monoraphidium*, *Chlorella*, *Actinastrum*.
- El porcentaje mayor de sobrevivencia lo presentó el sistema con el alimento TETRAPEREZ.
- El sistema con mejor rendimiento en crecimiento en talla y peso fue el obtenido con el alimento PEDREGAL.
- Los únicos parámetros que presentaron diferencias significativas fue la visibilidad, conductividad y alcalinidad total.
- En cuanto a costos del alimento por kg, el más rentable fue el alimento PEDREGAL, posteriormente TETRAPEREZ y al final WARDLEY.



12. Recomendaciones

- Se recomienda que para cada etapa se le suministre la proteína adecuada. En las etapas alevines y juveniles, se les administre el alimento con mayor porcentaje de proteína en conjunto con el alimento natural producido por la fertilización química u orgánica, posteriormente se podría complementar con el alimento TETRAPEREZ, sin embargo, en cuanto costos el alimento más económico es el PEDREGAL, el cual se podría utilizar a lo largo del cultivo, pero en menor proporción o buscar otras alternativas con diferentes alimentos de menor costo con un porcentaje de 30-40 % de proteína .
- Sugiero elaborar un alimento alterno tratando de aprovechar como materia prima algunos peces que se encuentran en ciertos cuerpos de agua y no son muy comerciales para el consumo humano.
- Otra recomendación es llevar este tipo de estudio hasta que alcance la talla comercial, pero ahora con un cultivo monosexado y de esta manera conocer cuánto tiempo se requiere con este tipo de alimentación para alcanzar la máxima talla y también tomar en cuenta la densidad de siembra que al parecer afecto el crecimiento de los peces.



13. Referencias

- .
- Abdel, T. M., A. E. Abdelghany y M. H. Ahmad.** 2007. Effect of diet supplementation on water quality, phytoplankton community structure, and the growth of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.), common carp *Ciprinus carpio* (L.), and silver carp *Hypophthalmichthys molitrix* (V.), polycultured in fertilized Earthen ponds. *Journal of Applied Aquaculture*, 19(1): 1-24.
- Akunga, G. A. Getabu y J. Njiru.** 2018. Effect of pond type on physicochemical parameters, phytoplankton diversity and primary production in, Kisii, Kenya. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 2018; 6(6): 125-130.
- Al-Shams, L., W. Hamza y A.F. El-Sayed.** 2006. Effects of food sources on growth rates and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 9(4): 447-455.
- Ánonimo.** 2002 a. Anuario estadístico del Distrito Federal. INEGI. 413 p.
- Ánonimo.** 2002 b. Cuaderno estadístico delegacional. Iztalapa.D.F.Ed.2001.INEGI. 140 p.
- Anónimo.** 2011. Guía Empresarial para el cultivo, engorda y comercialización de la Tilapia (Mojarra). México DF. 17 p.
- Arredondo, F. J. L.** 1986. Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de la calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. SEPESCA, México .182 p.
- Arredondo, F.J. L y J.P.T. Ponce.** 1988. Calidad de agua en acuicultura. Conceptos y aplicaciones. Ed. AGT EDITOR. México. 181 p.
- Arredondo, F.J.L.** 1993. Fertilización y fertilizantes: Su uso y manejo en la acuicultura. UAM-Iztapalapa. 202 p.



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.



- Arredondo, F.J.L.** 1998. Piscicultura. Secretaría de Pesca. México. 181 p
- Arredondo, F.J.L., y G.S. Lozano.** 2003. La acuicultura en México. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. UAM. 315 p.
- Arredondo-Figueroa, J.L y Guzmán-Arroyo.M.**1986. Actual situación taxonómica de las especies de la Tribu Tilapinni (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. An. Ins. Biól. U.N.A.M., 56, Ser.Zool. (2): 555-572.
- Azaza, M.S., M.N. Dhraief., M. M. Kraiem y E. Baras.** 2010. Influences of food particle size on growth, size heterogeneity, food intake and gastric evacuation in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. 1758. Aquaculture, 309: 193–202.
- Ben, S.C y S. Shi.** 1996. Optima Dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. Aquaculture, 143: 185-195.
- Béltrán, F.M.** 2016. Crecimiento de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en estanques con fertilización artificial. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza. UNAM, México. 53 p.
- Bellinger, E.G y D.C. Sigge,** 2010. Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators. First edition. Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex, UK, 265 p.
- Bergot, F.** 1979. Carbohydrate in rainbow trout diets: effect of the level and source of carbohydrate and the number of meals on growth and body composition. Aquaculture. 18: 157-167.
- Blancas, A. G. A** 2007. Criterio para establecer estaciones de monitoreo y análisis de parámetros fisicoquímicos. En: Arredondo-Figueroa, J. L., Díaz Zavaleta, G. y Ponce-Palafox, J. T. Compiladores. Limnología de presas mexicanas. Aspectos teóricos y prácticos. AGT S. A. y UAM Editores. México, Capítulo 2: 87-123.



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.



- Blé, C.M, L.Y. Alla, A.A. Adingra, S. Niamké, J.K. Diopoh.** 2011. Effect of stocking density on nutritive value of natural food and growth performance of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) reared in extensive aquaculture ponds. International Journal of Fisheries and Aquaculture, 3(12): 218-224.
- Bocek, A.** 2010. Acuicultura y aprovechamiento del agua para el desarrollo rural. Fertilizantes Orgánicos para estanques piscícolas, EE. UU. 4 p.
- Cabañas, L.P.** 1995. Diseño y operación de un sistema intensivo de cultivo de crías de tilapia (*Oreochromis sp.*). Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. México. 66 p.
- Camargo, S. A. A y S. D.S. Cruz.** 2013. Reproducción y crecimiento (*Oreochromis niloticus*) mediante un cultivo intensivo en la Ciudad de México. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza. UNAM, México .63p.
- Campos, M. N., Sevilla, P. M., Velasco, L. S., Filograsso, L. C. y Cárdenas, O. L.** 2016. Acuicultura: estado actual y retos de la investigación en México. Revista AquaTIC, (37)2-5.
- Cano S. Scarlette.** 2003. Fitoplancton y coliformes como indicadores de la calidad del agua en el parque nacional laguna del tigre, Petén. Universidad de San Carlos. Guatemala.12 p.
- Castelló, O. F.** 2000. Alimentos y estrategias de alimentación para reproductores y juveniles de peces marinos. Pp. 550-569. En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.). Avances en nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.
- Chapman, D.** 1996. Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring, (2nd ed.) London.11 p.



- Charo, KH., M.A. Rezk y H. B. K. Hans.** 2005. Heritability of cold tolerance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* juveniles. *Aquaculture*, 249: 115–123.
- Charo-Karisa, H., Komen, H., Rezk, M. A., Ponzoni, R. W., van Arendonk, J. A., y Bovenhuis, H.** 2006. Heritability estimates and response to selection for growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in low-input earthen ponds. *Aquaculture*, 261(2), 479-486.
- Charo, K.H. , H. Komen, S. Reynolds, M.A. Rezk, R.W. Ponzoni y H. Bovenhuis.** 2006. Genetic and environmental factors affecting growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles: Modeling spatial correlations between hapas. *Aquaculture* 255: 586–596.
- Ciechomski, J. D., Sánchez, R. P., Alespeiti, G. y Regidor, H.** 1986. Estudio sobre el crecimiento en peso y factor de condición en larvas de anchoíta, *Engraulis anchoita* Hubbs y Marini. Variaciones regionales, estacionales y anuales. *Rev. Invest. Des Pes.No.5.183-193*. Disponible en: [http://marabierto.inidep.edu.ar/bitstream/handle/inidep/227/RevINIDEP5_183.pdf? sequence=1](http://marabierto.inidep.edu.ar/bitstream/handle/inidep/227/RevINIDEP5_183.pdf?sequence=1)
- Contreras, E. F.** 1994. Manual de técnicas hidrobiológicas. UAM Iztapalapa. Ed. Trillas. México 87 p.
- Ctaqua. 2017.** Centro Tecnológico de acuicultura. Informe de Vigencia Tecnológica. Alimentación optimizada para tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) de Senegal. [en línea] 48 p. Disponible en: [https:// www.ong-aida.org/wpcontent/uploads/2017/06/Informe-Alimentaci%C3%B3n-Tilapia-v2.pdf](https://www.ong-aida.org/wpcontent/uploads/2017/06/Informe-Alimentaci%C3%B3n-Tilapia-v2.pdf)
- Dagne, A., F. Degefu y A. Lakew.** 2013. Comparative growth performance of mono-sex and mixed-sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in pond culture system at Sebeta, Ethiopian. *International Journal of Aquaculture*, 3(7): 30-34.



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.



- De la Lanza, E. G.** 1990. Algunos conceptos sobre hidrología y calidad del agua. Pp. 181-199. En: Arredondo F. J. L. y Compiladores. La acuicultura en México: de los conceptos a la producción. Instituto de Biología y Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F.
- De León, L. y Chalar, G.** 2003. Abundancia y diversidad del fitoplancton en el Embalse de Salto Grande (Argentina – Uruguay). Ciclo estacional y distribución espacial. *Limnetica*, 22 (1-2): 103-113.
- D’Abramo, L., Conklin, D. y D.L. Akiyama.** 1997. Crustacean nutrition. *Advances in World Aquaculture*, California. 76 p.
- Diana, S.J., C. K. Lin y P.J. Schneeberger.** 1991. Relationships among nutrient inputs, water nutrient concentrations, primary production, and yield of *Oreochromis niloticus* in ponds. *Aquaculture*, 92: 323-341.
- Diana, S.J.** 2012. Some principles of pond fertilization for Nile tilapia using organic and inorganic inputs. Pp. 163-177. Chapter 12. En: Charles C. Mischke (Edited) *Aquaculture Pond Fertilization: Impacts of Nutrient Input on Production*, First Edition. John Wiley & Sons, Inc.
- Dokken, Q.R.** 1987. Effects of varying macronutrients and energy ratio on growth and survival of *P. vannamei* and *P. setiferus*. Texas A&M University, College Station, Texas, USA. Unpublished.
- Edmonson, W.** 1959. *Fresh Water Biology*. 2ª Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. 1248 p.
- El-Greisy, Z.A. y A. E. El-Gamal.** 2012. Monosex production of tilapia, *Oreochromis niloticus* using different doses of 17 α -methyltestosterone with respect to the degree of sex stability after one year of treatment. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 38(1): 59–6.



- El-Sayed, F.M.A.** 2003. Protein Nutrition of Farmed Tilapia: Searching for Unconventional Sources. Faculty of Science University of Alexandria, 364-378
- El-Saidy, D.M.S. D. y M.M.A. Gaber.** 2003. Effect of dietary protein levels and feeding rates on growth performance, production traits and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) cultured in concrete tanks. Aquaculture Research, 36: 162-171.
- Ergün, S., D. Guroy, H. Tekesoglu, B. Guroy, I. Celic, A, A. Tekinay y M. Bulut.** 2010. Optimum dietary protein level for Blue Streak Hap, *Labidochromis caeruleus*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 10: 27-31.
- Espejo González, C y Torres Quevedo, E.** 2001. Cultivo de las tilapias roja (*Oreochromis spp.*) y plateada (*Oreochromis nilotus*) (No. Doc. 20684) CO-BAC, Bogotá). 283-299.
- FAO.** 2011. Desarrollo de la acuicultura, enfoque sistémico a la acuicultura. Roma ISSN 1020-5314.
- FAO.** 2017. Tabla 2. Resumen de los requerimientos y utilización de nutrientes en la dieta de la tilapia Nilo, *Oreochromis niloticus* [en línea]. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/affris/docs/NileTilapiaSpanishTables/NileTilapiaTabSp2.pdf
- Fattah, A.Castillo, M. y W, Valenti.** 2015. Zooplankton capturing by Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Teleosti: Cichlidae) throughout post-larval development. Zoolia (Curitiba), 32(6): 469-475.
- Florence O.N. y T.O. Harrison.** 2012. Impact of stoking density on the polyculture of *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus*. Journal of Agricultural Science and Technology N°2: 1018-1023.



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.



- Flores, M.O. 1994.** Crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques con diferente fertilización, en un clima templado. Tesis de Licenciatura, FEZ Zaragoza, UNAM, México, 56 p.
- Froese, R. 2006.** Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22:241-253.
- Fryer, G. y T.D. Iles. 1972.** The Cichlid Fishes of the Great Lakes of Africa. Their Biology and Evolution. Oliver and Boyd, Edinburgh. 641p.
- Fuller, M.F., Weekes, T.E.C., Cadenhead, A. y J.B. Bruce. 1977.** The proteins paring effect of carbohydrate. *British Journal of Nutrition* 38: 489-496.
- Furuichi, M, y Yone, Y. 1980.** Effect of dietary dextrin levels on the growth and feed efficiency, the chemical composition of liver and dorsal muscle and the absorption of dietary protein and dextrin in fishes. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46: 225-229.
- García, M. 2010.** Estudio y análisis del pescado tilapia y propuesta gastronómica. Universidad tecnológica equinoccial. Quito–Ecuador. 38 p. Disponible en: repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/15906/1/40740_1.pdf
- Garduño, L.M., R.R. Acosta, V.A. Ramos, D.B. Fernández y C.G. Muñoz. 1998.** Engorda del langostino Malasico y Pargo Cerezo o Tilapia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de México. 70p.
- Garrido, A.O. 2005.** Crecimiento de *Oreochromis niloticus* bajo condiciones de la Ciudad de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 59 p.
- Gibtan, A., A. Getahun y S. Mengistov. 2008.** Effects of stocking density on the growth performance and yield of Nile tilapia [*Oreochromis niloticus* (L. 1758)] in



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.



- a cage culture system in Lake Kuriftu, Ethiopia. *Aquaculture Research*, 38: 1450-1460.
- Gómez, M.J.L.** 2002. Estudio limnológico pesquero del lago Coatetelco, Morelos, México. Tesis Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. 181 p.
- Gómez, M.J.L., B.M. Peña, I.H.U. Salgado y M.A. Guzmán.** 2003. Reproductive aspect of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelco lake, Morelos, México. *Revista de Biología Tropical*, 51(1): 221-228.
- Gómez- Márquez, J.L., Blancas, A.G., Constanzo, C.E., y Cervantes,S.A.** 2014. Análisis de la calidad de aguas naturales y residuales con aplicación a la microescala. FES Zaragoza, UNAM.29 p.
- Gómez-Márquez, J.L., Peña-Mendoza, B., Alejo-Plata. M. y Guzmán-Santiago, J.L.** 2015. Culture Mixed-Sex and Monosex of Tilapia in ponds in Mexico City. *Agricultural Sciences*, 6: 187-19.
- Granado, L.C.** 2002. Ecología de peces. Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla. España. Serie: Ciencias. Núm. 45. 353
- Greaves, K. y Tuene, S.** 2001. The form and context of aggressive behavior in farmed Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture* 193: 139-147.
- Guevara, W.** 2003. Formulación y elaboración de dietas para peces y crustáceos. *Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú*.15 p.
- Guerrero R.** 2011. Manual de inducción al cultivo de tilapias. Instituto Nicaragüense de la pesca y acuicultura. Managua, Nicaragua. 35 p
- Harper, D.** 1992. Eutrophication of freshwater. Principles, problems and retraction. Chapman and Hall, 327 p.



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.



- Haws, M.C. C.E. Boyd, B.W. Green** .2001. Buenas prácticas de manejo en el cultivo de camarón en Honduras. Una guía para incrementar la eficiencia y reducir los impactos ambientales de acuicultura del camarón. Coastal Resources Center, University of Rhode Island. Rhode Island, EE. UU 96 p.
- Hepher, B. y Pruginin, Y.**1981. Comercial fish farming with special reference to fish culture in Israel. John Wiley and Sons, New York.261 p.
- Hepher, B y Pruginin, Y.** 1993. Nutrición de peces comerciales en estanques. Editorial Noriega. 12 p.
- Hernández, B.S. y F.J.C. Benítez** .1991. Uso de las hormonas en la reproducción de peces. Fideicomiso Fondo Nacional para el Desarrollo Pesquero. 115 p.
- Hernández-Valencia, J.** 2014. Manual: Elaboración de alimento alternativo para la producción de tilapia, SAGARPA. En Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Disponible en: http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/20/2013/anuales/anu_706-25-2014-05-7.pdf.
- Hernández, C.** 2010. Nicovita. Manual de Crianza Tilapia. 15 p. Disponible en: <http://www.industriaacuiola.com/biblioteca/>.
- Herrera, C.** 1999 Crecimiento de camarones *Litopenaeus vannamei* en estanques, manejados con sistema semi-intensivo. Estero real, Nicaragua. Periodo transitorio seco-lluvioso. Tesis de licenciatura, Nicaragua. Unan-León. 18 p.
- Herrera, Sirias C.** 2012. Factores físicos y químicos de los estanques camaroneros. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, Facultad de Ciencias y Tecnología, Departamento de Biología. Leon, Nicaragua. 58 p.
- Higuera, M.** 1987. Requerimientos de proteína y aminoácidos en peces. *nutrición en acuicultura*, 2, 53-98.



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.



- Hilton, J.W. y J. L. Atkinson**, 1982. Response of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to increased levels of available carbohydrate in practical trout diets. Br. J. Nutr. 47: 597- 607.
- Ibrahim, N. y G.E. Nagggar**. 2010. Water quality, fish production and economics of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus*, monoculture and policultures. Journal of the World Aquaculture Society 41(4): 574-582
- INAPESCA**.2003. Instituto Nacional de Pesca. Memorias de la reunión nacional de tilapia. Primer Foro Internacional de Acuicultura, un encuentro con el mercado. Disponible en :
<http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/1memoriastilapia1.pdf>.
- Iturra, J**. 2008. Manual de crianza de tilapia. Editorial, Nicovita. Perú. 49 p.
- Jauncey, K**. 2000. Nutritional requirements. In *Tilapias: biology and exploitation* (pp. 327-375). Springer, Dordrecht.
- Disponible en: <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/niletalapia/references/es/>
- Kolding, J., L. Haugy y S. Stefansson**. 2008. Effect of ambient oxygen on growth and reproduction in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). NCR Research Press Web, 65: 1413-1424.
- Krammer, K. y H. Lange-Bertalot**. 1986. "Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae". Gustav Fischer Verlag: Stuttgart. Germany. 874 p.
- Kuri-Nivón, E**. 1979. Instructivo para la Determinación del Factor de Conversión de Alimento (F.C.A.). Manuales Técnicos de Acuicultura, Departamento de Pesca. México, 1(1): 23-34.



- Lahav, M. and E. Lahav.** 1990. The development of all-male tilapia hybrids in Nir David. *Bamidgeh*, 42(2): 58–61
- Llanes, J., Toledo, J., Fernández, I., y Lazo de la Vega, J. M.** 2006. Nutrición y alimentación de tilapias. *Revista de la Asociación Cubana de Producción Animal*, 4, 51-54.
- Llanes J., Toledo, J.** 2011. Desempeño productivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con la inclusión de altos niveles de harina de soya en la dieta. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2), 183-186.
- Lehninger, A. L.** 2002. Principios de bioquímica. Sarvier. 18 p.
- Liti D.M., B. Fulanda, J.M. Mungusti, M. Straif, A. Waidbacher y G. Winkler.** 2005. Effects of open-pond density and caged biomass of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) on growth, feed utilization, economic returns and water quality in fertilized ponds. *Aquaculture Research* N°36: 1535-1543.
- Lu J., T. Takeuchi y H. Satoh.** 2004. Ingestion and assimilation of three species of freshwater algae by larval tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 238: 437-449.
- Lu, J. y T. Takeuchi.** 2004. Spawning and egg quality of the tilapia *Oreochromis niloticus* fed solely on raw *Spirulina* throughout three generations. *Aquaculture*, 234: 625– 640.
- Margalef, R.,** 1977. Ecología. Cátedra ecología. Universidad de Barcelona, Omega, S.A. Barcelona, España. 951 p.
- Margalef, R.** 1983. Limnología. Editorial Omega. Barcelona España, 1010 p.
- Marqués, D.S.Ma.J.** 2004. Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico biológicas. FES Zaragoza, U.N.A.M., México. 626 p.



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.



- Ming, L.K. y Y.B.C. William.** 1992. Bioenergetic modeling of effects of fertilization, stocking density, and spawning of growth of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (L). *Aquaculture and Fisheries Management*, 23:298-301.
- Morales, D.A.** 1991. La tilapia en México, Biología, cultivo y pesquerías. A.G.T. Editor, S.A., México. 190 p.
- Moreno, J.L.** 2003. Fitoplancton. Pp.13-40. En: De la Lanza, E.G. (editor). Manual para la colecta, el manejo y las observaciones de campo para bioindicadores de calidad del agua, AGT Editores, México.
- Nikolsky, G. V.** 1963. The ecology of fishes. Academic Press. New York. 352 p.
- Ng, W.K. y Chong C.Y.** 2004. An overview of lipid nutrition with emphasis on alternative lipid sources in tilapia feeds. *Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, 241-248.
- Noel-Guevara, W.** 2003. Formulación y elaboración de dietas para peces y crustáceos. Tesis doctoral, Universidad Nacional Jorge Basadre Groghmann. Perú. 25 p.
- Oliva-Martínez, M. G., Godínez-Ortega, J. L., y Zuñiga-Ramos, C. A.** 2014. Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 54-61.
- Olivera, M.** 2002. Curso lance en producción acuícola. Nutrición y alimentación de tilapia. Laboratorio de nutrición acuícola; Centro de Investigación y Estudios. Monterrey Nuevo León México.
- Olvera N.M., Carmona O.C., Gasca L.E., Gil T.E., Rivas S.R. y Rodríguez S.M.** 2005. Programa Maestro de Tilapia Yucatán. CONAPESCA-CINVESTAV. México. 108 p.
- Ortega, M.M** 1984. Catálogo de las algas continentales recientes en México. UNAM: México. 562 p.



- Pauly, D.** 1984. Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programable calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management. Studies and Reviews 8, Manila, Philippines. 325 p.
- Peña M.B. y Gómez M.J.L.** 1977. Variación del fitoplancton en estanques de concreto, utilizado como alimento para especies en experimentación. Tópicos de Investigación y Posgrado, 3: 139-143.
- Peña-Mendoza, B., Gómez-Márquez, J. L., Salgado-Ugarte, I. H., & Ramírez-Noguera, D.** 2005. Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Emiliano Zapata dam, Morelos, México. *Revista de biología tropical*, sx, 53(3-4): 515-522.
- Peña-Mendoza, B., J.L. Gómez-Márquez y G. García-Alberto.** 2011. Ciclo reproductor e histología de las gónadas de tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes:Ciclidae). *Ciencia Pesquera*, 19(2): 23-36.
- Pérez-Castañeda. I. D.** 2018. Alimentación y crecimiento (*Oreochromis niloticus*) en condiciones de laboratorio. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza. UNAM, México. 23 p.
- Quiroz-Castelán, H., L. Mora-Zúñiga, I. Molina-Astudillo y J. García Rodríguez.** 2004. Variación de los organismos fitoplanctónicos y la calidad del agua en el Lago de Chapala, Jalisco, México, *Acta Universitaria*, 14, número 001: 47-58.
- Quiroz-Castelán, H., J. García-Rodríguez, F. Molina-Astudillo, M. Díaz Vargas y P. Trujillo-Jiménez.** 2010. Condiciones abióticas de la presa “El Abrevadero”, utilizada para el cultivo extensivo de *Oreochromis niloticus* en Morelos, México, *Revista Electrónica de Veterinaria*, Volumen 11 Número 07. 19 p.
- Refstie, T. y Austreng, E.** 1981. Carbohydrates in rainbow trout diets. III. Growth and chemical composition of fish from different families fed four levels of carbohydrates in the diet. *Aquaculture*, 25: 35-49.



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.



- Romero, R.J.A.** 1999. Calidad de agua. 2ª. Edición. Alfa-Omega Grupo Editorial, S.A. de C.V. y Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. México, D.F. 273 p.
- Ruiz, L.A.** 2013. Importancia de la Acuicultura en México. Disponible en: http://www.cib.uaem.mx/pdf/Importancia_de_la_acuicultura_en_mexico.pdf.
- Saavedra, M.A.** 2006. Texto de Asignatura Producción Agropecuaria y Acuícola Carrera Ingeniería Industrial Departamento de tecnología y Ambiente. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua. 68 p.
- Salgado, U.I.H.** 1992. El análisis Exploratorio de Datos Biológicos. Fundamentos y Aplicaciones. Marc Ediciones y U.N.A.M. 243 p.
- Santamaría-Merchán S.C.** 2014. Monografía. Nutrición y alimentación en peces nativos. Universidad Nacional abierta y a distancia “UNAD” ECAPMA, ZOOTECNIA.
- Schwoërbel, J.** 1975. Métodos de hidrobiología. H. Blume, España. 262 p.
- SEPESCA**, 1982. Curso programado para el cultivo de tilapia. SEPESCA, México. 29 p.
- Siddiqui, A.Q., M.S. Howlader, A.B. Adam.** 1989. Culture of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*(L.), at three stocking densities in outdoor concrete tanks, using drainage water. *Aquaculture and Fisheries Management*, 20: 49-57.
- Soler-Jaramillo, M., Rodríguez Gómez, H., y Daza, P. V.** 1996. Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura. *Capítulo II: Sistema digestivo de los peces, camarones y su fisiología. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. INPA. Bogota, Colombia.* 55-78 p.
- Spannhof, L., Plantikow, H.** 1983. Studies on carbohydrate digestion in rainbow trout. *Aquaculture*, 30: 95-108.



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.



- Soler-Jaramillo, M., Rodríguez Gómez, H., y Daza, P. V.** 1996. Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura. *Capítulo II: Sistema digestivo de los peces, camarones y su fisiología. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. INPA. Bogota, Colombia. 55-78 p.*
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf.** 1981. Biometry. W. Hoo. Freeman and Co. Publ. San Francisco, CA. 776 p.
- Spirngborn, R.R., A.L. Jensen, W.Y.B. Chang y C. Engle.** 1992. Optimum harvest time in aquaculture an application of economic principles to a Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), growth model. *Aquaculture and Fisheries Management*, 23: 639-647.
- Tran, D.A., S. Ben, A.A.V. Dam. y W.J. Schrama.** 2008. Effects of dietary starch and energy levels on maximum feed intake, growth and metabolism of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 277: 213–219.
- Tran-Duy, A., W.S. Johan, A.A.V. Dam. y A.J.V. Johan.** 2008. Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 275: 152–162.
- Toledo-Pérez, S.J y M. C. García-Capote.** 2000. Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América Latina y el Caribe. Pp. 83-137. En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.). *Avances en nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.*
- Torres-Novoa D.M y V.L. Hurtado-Nery.** 2012. Requerimientos nutricionales para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Orinoquia [S.I]*, v.16, n. 1:63-68.
- Vásquez-Torres, W.** 2004. Principios de la Nutrición aplicada al cultivo de peces. Universidad de los Llanos. Colombia. 22-41 p.



Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en un cultivo
semi-intensivo en la Ciudad de México.



- Vera Cruz, E.M. y G.C. Mairb.** 1994. Conditions for effective androgen sex reversal in *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 122: 237-248.
- Voet, D. y J.G. Voet.** 2006. *Bioquímica* 3^o edición. Editorial Panamericana. Argentina. 1776 p.
- Xie, S., K. Zheng , J. Chen, X. Zhu y Y. Yang.** 2011. Effect of water temperature on energy budget of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Nutrition*, 17: e683-e690.
- Waidbacher, H., D.M. Liti, M. Fungomeli, R.K. Mbaluka, J.M. Munguti y M. Straic.** 2006. Influence of pond fertilization and feeding rate on growth performance, economic returns and water quality in small-scale cage-cum-pond integrated system for production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 37: 594-608.
- Weatherley, A.H., H.S. Grill, y J.M. Casselman.** 1987. *The biology of fish growth*. Academic Press. USA. 443 p.
- Wedemeyer, G.A.** 1996. *Physiology of fish in intensive culture systems*. Chapman & Hall, U.S.A. 232 p.
- Wetzel, R.G.** 2001. *Limnología, Ecología de lagos y ríos*. Tercera edición. Ed. Academic Press. EUA. 1006 p.
- Wetzel, R.G. y G.E. Likens** .1991. *Limnological analyses*. W.B. Saunders Company, Philadelphia, 391 p.

www.auda.org.uy. 1995

www.nicovita.com.pe. 2001