



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

Aspectos Reproductivos de *Oreochromis niloticus*
L. en Dos Bordos del Estado de Morelos.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A N:

ALCALÁ PAVIA ÁNGEL

ALVARADO SUÁREZ GABRIELA BEATRIZ

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. BERTHA PEÑA MENDOZA



JUNIO, 2014

Dedicatoria

A mi madre, Pilar Alvarado Suárez por su apoyo, cariño, comprensión, la vida nos permitió compartir hermosos momentos, que llevare por siempre en mi corazón, esta es una de las metas con las que soñamos, una de las tantas que planeamos, no me rendiré, es el principio de un camino lleno de éxitos. Te amo mamá.

A mi hermano, Diego Meléndez Alvarado, por ser mi motor, por tus locuras, tu gran imaginación, los juegos, las peleas, no siento que nos llevemos 10 años, gracias por cuidarme, hare lo mismo desde donde este, Te amo Púber.

A mis abuelitos, Natividad y Ángel, por todo su cariño, apoyo, palabras de aliento, por cuidarme siempre, mi infancia fue extremadamente feliz, gracias por enseñarme tanto, este logro es también suyo los amo.

A mi papá, Alfonso Meléndez Torres, ya que no imagino mi vida sin tu apoyo, tus regaños, tus caras, sin tu enorme familia, gracias por regalarme un lugar en tu corazón, este logro hay que celebrarlo. Te amo papá.

A mi tía Alicia Alvarado, por ser un ejemplo, por aquellos viajes divertidos, por los buenos momentos de nuestra juventud, por tu enorme apoyo, tener siempre las palabras correctas para solucionar un problema, sin tus recordatorios todas las mañanas no hubiera terminado esta tesis. Te ily Chucks.

A mi tía Leticia Alvarado, por las mañanitas tan especiales cada cumpleaños, por ser mi confidente, adoptarme, por tus abrazos rompe huesos, por tu cariño y por regalarme dos hermanos, muchas gracias.

A mi tía Blanca Alvarado, por cuidar de mí aunque estuvieras panzona, por llevarme a pasear, por compartir a tu pedrito sola conmigo. Guardo muy buenos recuerdos de mi pequeños, mi reinita. Te quiero.

A mi tía Marta y a la tía Yolita por sus palabras en esos días difíciles, cariño y apoyo muchas gracias.

A mi primo Toño, por cuidarme siempre aunque estuviera lejos, defenderme de los niños malos en la primaria, las aventuras en nuestra púber-adolescencia, los bailes universitarios, gracias por ser mi hermano mayor, por estar ahí en los buenos y malos momentos, sabes que te quiero con todo mi corazón.

A mi primo Daniel, por ser la persona más boba del mundo, por las canciones de Selena que me enseñaste, aquellos momentos guanajuatenses y comprobar científicamente muchas cosas, créeme nunca lo olvidare, por las palabras de aliento y por tu ejemplo de disfrutar a la familia, así tenga muchísima tarea, porque "la hago mañana". Te quiero mucho.

A mi prima Sony, porque juntando tu imaginación y la mía, podíamos crear mundos maravillosos, así como destruir otros, por ser mi confidente, mi hermana menor, sabes que te amo y aunque a veces no te soporte más de tres días, te llevo siempre en mi corazón.

A mi prima Fer, mi otra hermana pequeña, goldy han sido tantas aventuras desde que eras una bola en la panza de tu mamá, cuando eras púber y ahora toda una adulta (casi universitaria), te quiero mucho, gracias por los abrazos y las aventuras inflables-nocturnas.

A mis primas Angélica, Mónica, Laura, por aquellas fiestas tan divertidas en su casa y por los malos consejos.

A mi primo Wicho, por ser un gran ejemplo para todos nosotros, haz influido en mi más de lo que piensas y ya que el alumno debe superar al maestro pues aquí voy. Te quiero mucho.

A mi prima Lilian, es muy poco el tiempo convivido pero merecías una dedicatoria ya que gracias a ti tenemos a papacho más cerca, menos huraño y mucho más feliz, eres una gran mujer, te quiero Lili toda la familia te lo agradece.

A Paty, Fermín, Abraham, Beto, Lina, Sandy, Alfredo, Ofelia, Flaco, Nancy, Alicia, Manuel, Jorge, Elena, Javier, Miguel, Fabiola, Chuchin, Miguelito, Kevin, Richard, por brindarme un lugar en su familia, su apoyo y cariño.

A Cami, Alondra, y Ximena ya que con su alegría han transformado mis días, en conclusión las quiero princesas han llenado de alegría mi vida, las quiero.

A mis amigas, Eunice, Diana, Gaby, Nataly, porque hay momentos en la vida que no se olvidan, como mi etapa con ustedes, desde mi púberes hasta mi adultez, las quiero infinitamente y aunque estemos lejos, la diversión siempre es igual, gracias por su apoyo en las buenas y en las malas así como la realización de este proyecto

A Bagy, Don Cadete, Jazmín, Mauricio, Pollita, Radio, Stuart, V. Thalía, porque el cch sin su presencia seguro hubiese sido el promedio más alto de nuestra generación jajaja, siempre me levantan el ánimo con sus juegos, sus chistes, lo criticones que son, por las aventuras, los chismes no terminan, gracias por permanecer a mi lado aunque la situación no lo amerite, gracias por ser mis amigos siempre fieles aun en la distancia. Gracias engendros por su apoyo en aquellos momentos difíciles y ahora con sus palabras de aliento (era obvio que estuvieran aquí los quiero).

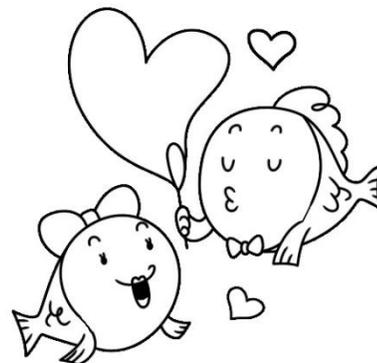
A Mitzi, Cesar y Miroslava, con ustedes he hecho cada cosa que ni yo me la creo, he aprendido tanto en toda la universidad, cada practica de campo a su lado, guardo momentos felices, chistosos, tristes, en fin gracias por acompañarme en este momento de mi vida, por los consejos, y todo lo vivido. Los quiero muchachos.

A Nacho, Orlando, Víctor, al primero por ser la persona más amargada del mundo y aun así brindarme su amistad incondicional, al segundo porque siempre está dispuesto a salir de fiesta aunque sea lunes, al tercero por ser mi socio y juntos convencer a “alguien” que salga con nosotros a divertirse. Los quiero muchachos.

Por último y no menos importante:

Ángel Alcalá Pavia, mi compañero, por regalarme la mitad de su cerebro para que este trabajo se realizara, porque entiendes perfectamente lo mucho que costo llegar hasta aquí, mi amigo, que siempre tenía una palabra de aliento para no morir en el intento, convencerme de no ser una vagabunda y seguir escribiendo, mi amor, por ser mi confidente, soportarme aquellos días difíciles, las alegrías, obstáculos y patoaventuras a lo largo del camino. Gracias por amarme aunque el 99% del tiempo juntos sea insoportable. Recuerda que este es el principio y vamos por más. Te amo.

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber” - Albert Einstein



Gabriela B. Alvarado Suárez

Dedicatoria

A mis padres por su cariño y comprensión incondicional desde mi primer día de vida, por el esfuerzo que hacen día a día para que realice mis estudios y metas, por sus consejos y enseñanzas para ser mejor cada día.

A mis hermanos mayores Alberto y Arturo, por su apoyo y consejos para mi superación, por sorprenderme con sus ocurrencias y porque a pesar de la distancia siempre están ahí para mí.

A mi hermano menor Josué, por compartir tantos momentos de la infancia, por ser mi compañero de travesuras y por estar ahí en todo momento que lo necesite.

A toda mi familia, por sus comentarios y consejos que me impulsan a seguir mis metas.

A Gabriela por ser mi novia, mi amiga, compañera de tesis, por permitirme estar a tu lado en esta etapa de la vida haciéndola más divertida, y por llenar mi vida de esperanza.

A mis amigos, Ricardo, Jonathan y Julio Cesar, por su amistad incondicional.

A todos los amigos que hice en la facultad, pero en especial a Víctor, Orlando, Cesar, Fidel, Abel, Erick, e Ignacio por su compañía en las prácticas de campo, por todas las experiencias vividas y por compartir buenos momentos dentro y fuera de la facultad.

Ángel Alcalá Pavia

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, que nos abrió las puertas a través del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente y nos brindo la oportunidad de ser parte de ella, permitiéndonos alcanzar mis metas profesionales y poderme desarrollar intelectualmente, gracias.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por apoyarnos en cuanto al inmobiliario, biblioteca, laboratorios, equipo, reactivos, y materiales que se me otorgaron para concluir satisfactoriamente esta investigación, gracias.

A todos los profesores de la facultad que sin duda nos han enseñado tanto, pero en especial a:

A nuestra directora de tesis la Dra. Bertha Peña Mendoza quien desde el primer día de clases en la carrera mostro con sus conocimientos y manera de ser, que elegimos la mejor carrera, por brindarnos su apoyo incondicional, amistad, consejos, alegría, comentarios, dedicación, enseñanzas dentro y fuera de la facultad, muchas gracias.

Al Dr. José Luis Gómez Márquez por darnos la oportunidad de formar parte del laboratorio de Limnología, por brindarnos su amistad, sentido del humor, conocimientos, paciencia, tiempo, comentarios, dedicación, enseñanzas dentro y fuera de la facultad, muchas gracias.

Al Biol. José Luis Guzmán Santiago, quien siempre estaba ahí, apoyándonos, regalarnos su tiempo de descanso para mejorar este proyecto, por sus comentarios, bromas, sugerencias y su apoyo en la realización de este trabajo, muchas gracias.

A las cooperativas de los bordos “Amate Amarillo” y “Huitchila” en el estado de Morelos por que sin su apoyo el trabajo de campo no se hubiera podido llevar a cabo, gracias.

A nuestros compañeros de laboratorio, Denisse, Jake, y Daniel, bueno no solo han sido nuestros compañeros de laboratorio, ya que siempre tuvimos que ir al menos en una clase con ustedes a lo largo de la carrera (no es reclamo), entre fiestas, practicas, aventuras, esta experiencia no hubiera sido lo mismo, sin ayudarnos a sobrevivir a ese laboratorio tan exigente donde somos explotados libérense lo más pronto que puedan, (jaja) gracias por ser nuestros amigos, los queremos bffs.

Contenido

| | |
|------------------------------|-----|
| Resumen..... | 7 |
| Introducción | 8 |
| Antecedentes | 11 |
| Justificación | 16 |
| Área de estudio | 17 |
| Objetivo general..... | 22 |
| Objetivos particulares | 22 |
| Material y Método | 23 |
| Resultados | 30 |
| Discusión | 88 |
| Conclusiones | 106 |
| Anexo 1..... | 108 |
| Bibliografía | 109 |

Resumen

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es una especie que se explota en los bordos “Amate Amarillo” (AA) y “Huitchila” (HUI) en el estado de Morelos, México. Se encontraron en un intervalo de tallas para machos entre 15.4-29.6 cm de longitud total y 64.7 a más de 300 g de peso total y de 15-30.6 cm de longitud total y 60.9 a más de 300 g de peso total para las hembras de AA. Para HUI con un intervalo de tallas para machos entre 12.3-31.8 cm de longitud total y 38.8-582 g de peso total y de 12.2-19.4 cm y 30.3-116.8 g de peso total para las hembras. La proporción sexual para los organismos de AA fue de 1.65:1 macho:hembra ($\chi^2 1.9608$ $p < 0.05$) y de 13.88:1 $\chi^2 = 5.5486$ $p < 0.05$) para HUI favoreciendo en ambos casos a los machos. El tipo de crecimiento para esta especie en los bordos es alométrico negativo ($b < 3$) apoyado por la aplicación de la prueba *t-student* (AA: hembras $t = 3.9736$ y machos $t = 4.8678$; $p < 0.05$) (HUI: hembras $t = 1.9554$ y machos $t = 10.2759$ $p < 0.05$). La talla de primera madurez para machos como para hembras es de 15.33 cm en AA y para HUI en hembras es de 14.3 cm y para machos de 14.0 cm. Los valores del factor de condición de Clark mostraron que las hembras presentan cierta variabilidad a lo largo del estudio, mientras que los machos se mantienen constantes, esto para los dos sistemas. Respecto al índice gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS) se puede observar que la especie presenta dos periodos de reproducción para AA, en octubre, mayo a agosto 2013; en el caso de HUI de abril a junio. La fecundidad media fue de 262 ovocitos/pez con diámetros de ovocitos que van de 300-2500 μm para AA y para HUI de 389 ovocitos/pez con diámetros de ovocitos que van de 400-1300 μm . Con base en las observaciones macroscópicas, se realizó la descripción morfológica e histológica de testículos y ovarios de los peces. Con la finalidad de apoyar las tendencias que se observaron con los indicadores de la reproducción se realizó el análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA). Se calculó la frecuencia porcentual de las fases de madurez gonádica para hembras y para machos de manera mensual, para analizar su comportamiento temporal y su relación con los indicadores biológicos de la reproducción. Con respecto a los parámetros físicos y químicos se obtuvo que se pueden considerar cuerpos de agua productivos, con aguas cálidas, bien oxigenadas, duras, por lo cual se puede decir que la calidad del agua es adecuada para el cultivo de la especie en estudio.

Introducción

La globalización es un factor primordial para el intercambio comercial mundial, en los últimos años, ha influido de forma directa en el mercado, provocando que cada vez sea mayor la competencia que surge para que un producto logre un posicionamiento importante dentro del comercio nacional e internacional, lo que tiene como consecuencia que las industrias, principalmente la alimentaria, deban cumplir con estándares cada vez más altos de calidad y de inocuidad y mantenerse siempre actualizados sobre los cambios en las legislaciones internacionales (Ortega, 2011).

En las últimas décadas la pesca en aguas epicontinentales se ha incrementado debido a la construcción de embalses artificiales que además de ser útiles para la agricultura y generar energía eléctrica, también han servido para que se desarrollen diversas pesquerías con especies icticas de interés comercial. En los países del tercer mundo es necesario contar con alimentos baratos y en cantidades suficientes para resolver sus necesidades y evitar que su población siga presentando una alimentación deficiente, lo que ha venido ocurriendo desde hace muchos años (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997).

En 2011 la acuicultura alcanzó las 263 mil toneladas, cultivándose en 107 mil hectáreas y poco más de 9,000 unidades de producción. El camarón y la tilapia contribuyeron con el 69% de la producción acuícola nacional, significando el 42% y 27%, respectivamente (SAGARPA, 2013).

Para el año 2012 el volumen de producción pesquera nacional de mojarra fue de 77,547 toneladas de peso vivo, de las cuales 778 toneladas fueron extraídas del estado de Morelos; estado que ocupa el 5to lugar de producción pesquera en las entidades sin litoral, mientras que Hidalgo ocupa el primer lugar en la producción de mojarra en las entidades sin litoral. En los últimos cinco años se ha visto que la producción del estado de Morelos disminuyó, ya que para el año 2007 se produjo solo 161 toneladas; sin embargo, del 2010 al 2011 incremento un 5% (INEGI, 2013).

La tilapia pertenece a la familia Cichlidae, está representada por cerca de 100 especies aptas para el cultivo en zonas tropicales y subtropicales del país. Se encuentran en aguas lénticas así como en lólicas a orillas de ríos, entre las piedras y plantas acuáticas (Nirchio y Pérez, 2002; Baltazar, 2007; García, 2011). Son especies omnívoras, principalmente de fitoplancton del cual las diatomeas son un importante componente (Abdulrahman, 1996-1997).

Su crecimiento es en longitud, esto es para todas las etapas de su desarrollo a partir del alevín. El crecimiento también va a depender de varios factores como son: temperatura, densidad y tipo de alimentación principalmente. La mayor tasa de crecimiento promedio es de 18 a 25 cm, con un peso de 150 a 300 g. (Hepher y Prugini, 1991; Baltazar, 2007).

Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) es importante tanto ecológica como económicamente. Sus atributos hacen que sea fácil para reproducir por su resistencia a enfermedades, elevada productividad, tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, capacidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno y diferentes salinidades, así como la habilidad de nutrirse a partir de una amplia gama de alimentos naturales y artificiales (Basurto, 1984; Castillo, 1989; Morales, 1991; Alamilla, 2001; Bocek, 2003, Bayuelo y Sanz, 2005), rápida tasa de crecimiento, capacidad de convertir de manera eficiente los residuos orgánicos y domésticos en proteínas de alta calidad (Yi *et al.*, 1996, De Graaf *et al.*, 1999, Peña-Mendoza *et al.*, 2005); sin embargo, se reproduce a los pocos meses de edad y bajo peso, su madurez a temprana edad puede tener influencia negativa en el crecimiento (Morales, 1991; Peña-Mendoza *et al.*, 2005).

Los hábitos reproductivos y la organización social de *Oreochromis niloticus* tiene grandes implicaciones en su cultivo, pues estos factores guardan estrecha relación con su madurez sexual. El tipo de reproducción es dioica y el sistema endócrino juega un papel importante en la regulación de la reproducción, la diferenciación de las gónadas ocurre en etapas tempranas, entre los 16 y 20 días de edad (tomando como referencia el primer día que deja de ser alevín). Posteriormente, las gónadas empiezan a definirse como masculinas o femeninas, éstas últimas se desarrollan entre los 7 y 10 días antes que las masculinas. Alcanza la madurez sexual a partir de 2 o 3 meses de edad con una longitud entre 8 y 18 cm. El fotoperiodo, la temperatura (la cual debe permanecer arriba de 24°C durante el periodo de maduración) y al presencia del sexo opuesto son factores que influyen en la maduración sexual (Cantor, 2007).

El macho desarrolla una coloración muy marcada en la época de reproducción y fija su territorio, tiene un periodo prenupcial corto, el macho es polígamo y usa el nido como un sitio temporal para el cortejo y la fertilización de los óvulos, los nidos tienen la forma de cráteres circulares ligeramente más grandes que la longitud de la hembra (Morales, 1991; Baltazar, 2007).

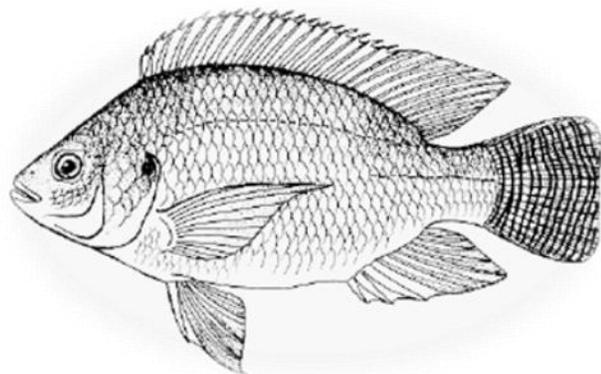
Los huevos son cuidados por la madre manteniéndolos en su boca por 20 a 30 días en función de la temperatura. Las hembras desovan en repetidas ocasiones, normalmente una hembra realiza de 4 a 5 puestas en un año en condiciones favorables de temperatura. Cada puesta puede contener entre 200 y 2000 óvulos que son de color amarillo naranja (2.2 a 3 mm), no presentan una cubierta adherente (Morales, 1991; Baltazar, 2007; García 2011).

Otro factor importante es la fecundidad, la cual aporta los datos necesarios para conocer el potencial reproductivo, ya que la fecundidad es el número de óvulos maduros en los ovarios de la hembra justo antes del desove y se puede cuantificar de tres formas diferentes: la primera es la fecundidad absoluta, que es el número de óvulos que se encuentran en el ovario y se aplica a nivel individuo; la segunda es la fecundidad relativa, se obtiene del número de óvulos por unidad de peso y la tercera, es la fecundidad de población, que es la suma de las fecundidades absolutas y relativas; por lo tanto el número de óvulos desovados en una temporada (Rodríguez, 1992).

La precocidad y la frecuencia de reproducción, hacen que la tilapia prolifere en gran cantidad; sin embargo, con las investigaciones recientes se han desarrollado técnicas que permiten obtener excelentes resultados, obteniéndose rendimientos cada vez mayores de talla comercial (Morales, 1991). La evaluación gonádica de hembras y machos tiene implicaciones tanto desde el punto de vista ecológico como de cultivo (Rodríguez, 1992).

De acuerdo con Berg y modificado por Trewavas (1983), las tilapias existentes en México se clasificaron de la siguiente forma (SEPESCA, 1988):

| | |
|------------|-----------------------------------------------|
| PHYLUM | CHORDATA |
| SUBPHYLUM | VERTEBRATA |
| SUPERCLASE | GNATHOSTOMATA |
| SERIE | PISCES |
| CLASE | ACTINOPTERYGI |
| ORDEN | PERCIFORMES |
| SUBORDEN | PERCOIDEI |
| FAMILIA | CICHLIDAE |
| TRIBU | TILAPIINI |
| GENERO | Oreochromis |
| ESPECIE | <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758) |



Antecedentes

Los primeros registros en relación con las tilapias provienen de una tumba egipcia construida hace 4000 años y representa a un hombre noble y a su esposa tomando peces de un estanque doméstico. Con respecto a esto, ninguna tradición en cultivo de peces ha sido mantenida en África hasta épocas recientes (Morales, 1991).

La tilapia o mojarra africana fue introducida a México el 10 de julio de 1964 procedente de Auburn, Alabama, EUA (Morales, 1974) las cuales fueron depositadas en la Estación Piscícola de Temascal, Oax. Las especies que se incluyeron en esta introducción, fueron en aquel tiempo *Tilapia aurea* = *Oreochromis aureus*, *T. menopleura* = *T. zilli*, *T. nilotica* = *O. niloticus* y *T. mossambica* = *O. mossambicus*. Posteriormente en 1978 se introdujo la *T. nilotica* en el mismo sitio procedente de Panamá (Morales, 1991).

En México, en 1964 la Dirección General de Pesca por conducto del entonces Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras, vio la posibilidad de integrar en sus programas de trabajo, el aprovechamiento de la presa Miguel Alemán en Temascal, Oax., para lo cual se proyectó de acuerdo con las entonces Comisión del Papaloapan la instalación de la primera estación piscícola de especies tropicales en México. Los trabajos fueron enfocados hacia la adaptación, cultivo y propagación de cíclidos que incluyeron tres especies de tilapias africanas, importadas de EUA y posteriormente tres especies de mojarras nativas del sureste del país (Morales, 1991).

En 1967 el programa de repoblaciones se hizo extensivo a embalses del trópico mexicano, de manera tal que en la actualidad la distribución de tilapia en México está casi totalmente difundida; lo que permitió en su oportunidad el envío de gran número de ejemplares a Centroamérica, El Caribe y Sudamérica. El cultivo de Tilapias, ha tenido un gran incremento, especialmente en climas calurosos tropicales (Morales, 1991).

Desde su introducción hasta la actualidad se han realizado múltiples trabajos enfocados a la proporción de sexos (D’Cotta *et al.*, 2001; Desprez *et al.*, 2006; Bezault *et al.*, 2007; Peña-Mendoza *et al.*, 2011), reproducción (Bern y Avtalion, 1990; Admassu, 1996; Babiker e Ibrahim, 1979; Barbieri *et al.*, 2000; Gómez-Márquez *et al.*, 2003; Peterson *et al.*, 2004; Peña-Mendoza *et al.*, 2005; Peña-Mendoza *et al.*, 2011), desarrollo de ovocitos (Wallace y Selman, 1981; Stewart, 1988; Selman y Wallace, 1989; Coward y Bromage, 1998; De Graaf *et al.*, 1999; Coward y Bromage, 2000; Peña-Mendoza *et al.*, 2011) y hormonas para inducir la ovulación (Babiker e Ibrahim, 1979; Hines *et al.*, 1999; Ortiz *et al.*, 2000; Peña-Mendoza *et al.*, 2011). Asimismo, se han desarrollado trabajos en donde se evalúa la madurez sexual de la tilapia, haciendo la comparación macroscópica con diferentes tablas de maduración, como la de Nikolsky (1963) y la propuesta para *Rastrelliger* (Holden y Raitt, 1975) y Peña-Mendoza *et al.*, (2011).

La mayor producción de tilapias en estanques deriva de las tres especies que son *Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus* y *O. aureus* (Morales, 1991).

O. niloticus y *O. mossambicus* son especies micrófagas aceptan con facilidad los alimentos artificiales. Su desarrollo es rápido e interrumpido, en localidades donde la temperatura en invierno no sea menor de 18 °C, se puede acelerar su crecimiento administrando fertilizantes y alimento artificial (granos y harinas de segunda) en cultivos de estanques (Morales, 1991).

Trewavas en 1973 en forma radical creó dos géneros distintos *Tilapia* y *Sarotherodon* basando sus diferencias fundamentales en los hábitos reproductivos y alimenticios de las especies de estos géneros. Trewavas (1982), decidió separar la tribu Tilapiini en cuatro géneros: *Tilapia*, *Sarotherodon*, *Oreochromis* y *Dankilia* partiendo de los nuevos conocimientos sobre la conducta y el desarrollo de los incubadores bucales maternos, nombre que fue asignación prioritariamente a *Oreochromis hunterii* por Günther en 1889 (Arredondo-Figueroa, 1986; García, 2011).

Las crías incontroladas de tilapia en estanques, que condujo a un excesivo reclutamiento, enanismo y un bajo porcentaje de peces de talla comercial, empañó el entusiasmo inicial que se había generado por la tilapia como un pez para alimentar a vastos sectores de la población. El desarrollo de técnicas de reversión sexual mediante hormonas, en los años 1970's representó un triunfo importante que permitió el cultivo de poblaciones monosexadas hasta tallas comerciales uniformes. Adicionalmente, la investigación en nutrición y sistemas de cultivo, junto con el desarrollo del mercado y avances de procesamiento, condujeron a una rápida expansión de la industria desde mediados de los años 80. Se cultivan diversas especies de tilapia a nivel comercial, pero la tilapia del Nilo es la predominante mundialmente (FAO, 2008-2012).

Babiker e Ibrahim (1979) al efectuar un estudio sobre la biología de la reproducción de la Tilapia nilotica = *Oreochromis niloticus* de diferentes edades, reportan que la proporción sexual fue de 2.81:1 y 0.47:1 (hembras: machos) en poblaciones de peces jóvenes y viejos respectivamente. Además observaron que la fecundidad estaba más relacionada con la longitud ($r=0.860$) y peso corporal ($r=0.0806$) que con la edad ($r=0.604$) (García, 2006).

Gómez-Márquez *et al.* (1993), describen algunos aspectos de la reproducción de *O. mossambicus* en la laguna de El Rodeo, Mor. Mencionan que la longitud de primera madurez gonádica fue de 6.4 cm para las hembras y de 6.8 para los machos; el número de óvulos por desove individual fue menor a 500 y se registraron tres épocas de reproducción con máxima intensidad de verano.

Peña y Domínguez (1999), estudiaron el efecto de tres condiciones de fotoperiodo (12:12 luz/oscuridad, 24/0 luz/oscuridad y 0/24 luz/oscuridad) sobre el crecimiento en longitud patrón, peso total, desarrollo gonadal y concentración de monoaminas en el hipotálamo de *O. niloticus*. Los resultados muestran que no existe diferencia en el crecimiento de la tilapia cuando se somete a diferentes fotoperiodos. El IGS

de las hembras expuestas a condiciones de oscuridad continua fue mejor para aquellas que se encontraban en fotoperiodo de 12 h luz/ 12 h oscuridad. Los resultados apoyan que existe diferencia sexual y por exposición a los diferentes fotoperiodos en el mecanismo neuroendocrino que regula la maduración sexual de tilapia.

Arul (2000), realizó una investigación donde demostró que existen problemas productivos en el manejo de la reproducción. Encontró que los reproductores más jóvenes son de 1-2 años y la relación hembras:machos de 2:1, sin embargo, se ha probado que la proporción 3:1 son más productivas que los reproductores más viejos. También se ha demostrado claramente que el desteto o separación de los huevos y alevines con saco vitelino que las hembras mantienen en su boca, tiene como resultado una enorme mejora en la productividad de la semilla. Se han realizado numerosos avances tecnológicos que pueden aplicarse en la acuicultura práctica dependiente o de la viabilidad económica de las soluciones derivadas de dichos avances.

Barbieri *et al.* (2000), investigaron aspectos de reproducción de *O. niloticus* a través de ejemplares colectados en el presa Guarapiranga (Sao Paulo), en el periodo de agosto 1966 a julio de 1997. El periodo reproductivo se extiende de septiembre a diciembre y el desove es de tipo fraccionado. El tamaño de la primera maduración gonadal fue estimado en 76 mm correspondiendo al primer año de vida (García, 2006).

Gómez- Márquez *et al.* (2003) investigaron aspectos reproductivos de *O. niloticus* en el lago Coatetelco, Morelos, México. En el periodo de enero a diciembre de 1993 las hembras (161) representaron el 51% y los machos (158) el 49% del total de la población. La proporción de sexo fue de 1:1.02 ($\chi^2 = 0.02$, $p < 0.05$). Los peces alcanzan la primera madurez sexual de los 117 mm y 120 mm de longitud total (hembras y machos respectivamente). El número de óvulos presentes en las gónadas osciló entre 104 y 709 con diámetro de 1 000 a 3 000 μm , lo cual explica que la especie tenga baja fecundidad pero alta fertilidad por los hábitos de reproducción que presenta la especie. Se aplicó el índice gonadosomático, hepatosomático con los cuales detectaron dos períodos (verano e invierno) de máxima actividad reproductiva.

Khallaf *et al.* (2003), estudiaron para *O. niloticus* la relación longitud-peso, factor de condición, edad, crecimiento, mortalidad, índice gonadosomático y fecundidad en el canal Shanawan en Egipto. Colectaron 152 organismos en abril de 1992. Se encontró una madurez sexual temprana (8-9 cm), fecundidad (1,234-3,893 ovocitos) y alta mortandad (91% para machos y 94% para hembras). Los resultados obtenidos se discutieron y encontraron una atribución de efecto de eutrofización y contaminación afectan el crecimiento, edad y otros aspectos biológicos. El análisis múltiple de correlación mostró que el IGS en las hembras esta correlacionado con pesticidas y contaminación con metales pesados.

Kolding (2006), evaluó los aspectos dinámicos de la población de tilapia del Nilo en el lago de Turkana, con respecto a la temporalidad, las variaciones interanuales en la abundancia y los cambios en el tamaño según la talla de la primera madurez. Con esto se logró una comprensión clara de los mecanismos de regulación de los cambios estacionales en la hidrología de los refugios de *O. niloticus*, ya que parecen desempeñar un papel importante por tomar en cuenta los impactos y las correlaciones de la productividad primaria de los depredadores.

Getinet y Amrit (2007), caracterizaron la variabilidad en la reproducción de hembras de *O. niloticus* de una población de 68 individuos durante 12 meses en un estanque. Las hembras se agruparon de dos maneras; en un grupo de alta procreación (HSF) y de baja procreación (LSF), de esta manera ellos sugirieron que la actividad de procreación en las hembras es consistente dentro de las poblaciones donde predomina un ambiente común, y que el peso corporal no influye en el número de ovocitos producidos por las hembras. Con este estudio se llegó a la conclusión de que la separación entre grupos podría ser una importante estrategia para improvisar la producción comercial de la tilapia.

Komolafe y Arawomo (2007), realizaron un estudio con 1430 organismos de *O. niloticus* en el embalse Opa en Nigeria, en donde obtuvieron los siguientes resultados; diámetro promedio de ovocitos de 2.47 ± 0.02 mm, la proporción sexual fue de 1:1 H:M; la fecundidad fue de 73 a 1810 ovocitos por hembra, con una media de 815 ovocitos

Sastré (2008), analizó algunos aspectos poblacionales y pesqueros que permitieron evaluar el estado de la producción de tilapia en la presa Emiliano Zapata en el estado de Morelos, con base en los resultados la proporción sexual macho: hembra fue de 8.77:1 ($\chi^2 = 501.136, p < 0.05$), el tipo de crecimiento fue alométrico negativo, el valor del factor de condición mostró una adecuada condición para hembras y machos. Respecto al índice gonadosomático y hepatosomático se encontró que se reproducen de dos épocas: julio a septiembre y de enero a marzo. La longitud de primera madurez de machos osciló entre 15.07 y 17.9 cm y para hembras de 16.6 a 17.9 cm. Utilizó el análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA) para reforzar los resultados obtenidos a partir de los índices gonadosomático y hepatosomático.

García (2011), realizó un estudio sobre aspectos reproductivos de *O. niloticus* en el embalse La Palapa en el estado de Morelos, donde determinó que existe una proporción sexual de 3.9:1 (macho: hembra), debido a factores reproductivos de la especie así como la influencia antropogénica de la especie, la talla de primera madurez sexual para machos se registró a los 16.8 cm y para las hembras 17.2 cm, dos periodos de reproducción uno corto en julio–septiembre y uno más largo en febrero-mayo con un desarrollo ovárico sincrónico.

Aguilar (2011), realizó un estudio sobre aspectos reproductivos de la tilapia en el bordo Amate Amarillo, obteniendo la primera talla de madurez sexual para machos de 15.84 cm y para hembras de 16.03 cm de longitud total; la fecundidad media que se estimó fue de 489 ovocitos. El crecimiento de los organismos fue de tipo alométrico negativo. Con base en la madurez gonádica, factor de condición, índice gonadosomático y hepatosomático se establecieron dos periodos de desove: el primero responde a la época de secas (febrero a marzo), mientras que el segundo corresponde a la época de lluvias y es de julio a septiembre.

García-Ulloa *et al.* (2012), evaluaron el crecimiento de crías de *Oreochromis niloticus* comparando una inclusión dietética del 10% de quistes descapsulados de *Artemia sp.* (QDA) y una dieta comercial (DC) por 30 días. El peso promedio de los peces al inicio del experimento fue 0.0173 ± 0.005 g. Las crías alimentadas con la dieta 90% DC+10% QDA fueron 0.6 g más pesadas, comparadas con DC; registrando un peso final de 1.3 ± 0.15 g. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la ganancia diaria de peso, el crecimiento específico y la conversión alimenticia entre las dietas.

Esquivel y García (2012), compararon la producción de crías de tilapia del Nilo *O. niloticus* con densidades de siembra de 4 y 8 kg de hembras/hapa en pilas de concreto. Los peces machos acompañando a las hembras sembradas a 8 kg/hapa lograron un ritmo de ganancia de peso 194% mayor ($p = 0.05$) que los machos acompañando a las hembras sembradas a 4 kg. Las hembras manejadas a 4 kg/hapa lograron aumentar su peso 25% más que las hembras a 8 kg ($p = 0.05$). Se logró duplicar la producción de crías al duplicar la densidad de siembra de las hembras/hapa. Las hembras manejadas a la densidad de 8 kg por hapa presentaron un mayor número promedio de posturas y mayor producción promedio de crías por semana, que las hembras sembradas a 4 kg/hapa ($p = 0.05$). Con base en los resultados obtenidos, se recomienda manejar la densidad de 8 kg hembra/hapa ya que hay una mayor producción de crías y un menor costo de producción.

Orozco (2013), estudio la edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* en el bordo "La Palapa", Morelos de marzo de 2011 a marzo del 2012, por medio de la lectura de marcas en escamas, para ello colectaron 368 peces, de los cuales 110 fueron hembras y 258 machos obteniendo una proporción sexual de 2:1 (macho: hembra), las tallas y pesos variaron de 15.2 a 33.2 cm y de 66.6 a 438.9 g respectivamente. La población presentó un crecimiento de tipo alométrico negativo, con respecto a la edad, dicho autor registró 7 marcas de crecimiento, lo que corresponde a 3.5 años de edad.

Paredes (2013), realizó un estudio en el bordo Huitchila Morelos, de septiembre de 2010 a agosto 2011, en donde los machos presentaron tallas de 13.7 a 24 cm de longitud total y peso total de 35.8 a 168g. Para las hembras las tallas se registraron de 13.3 a 18.6 cm, un peso total de 34.3 a 102.3 g. La proporción sexual fue de 6.2:1 (macho: hembra) ($\chi^2 = 180.63$; $p < 0.05$). Registro una época de reproducción de mayo a agosto.

Cedano-Castro *et al.*, (2013) evaluaron el crecimiento en peso y longitud así como los índices de producción de *O. niloticus* variedad chitralada en sistema de bio-floc. Se utilizó un tanque de 80 m y se sembró a la densidad de 16 peces/m³ con peso promedio de 110.2 g y 17.8 cm de longitud promedio, proporcionó alimento balanceado con 24 % de proteína tres veces diarias; durante 6 meses y medio. Como fuente de carbono se utilizó melaza, que fue adicionada para obtener una relación C:N de 15. Utilizó un aireador a paletas de 1 Hp para mantener el bio-floc suspendido. El cultivo se desarrolló con concentración de oxígeno promedio de 7 ± 0.4 mg/l, el nitrógeno amoniacal total fue 0.03 ± 0.035 mg/l y el pH promedio fue 8 ± 0.1. Se obtuvo un peso promedio de 826.5 g y 32.7 cm de longitud promedio, la ganancia en peso fue de 3.8 g/día, el factor de conversión alimenticia obtenido fue de 1.85 y la supervivencia fue del 86.5 %.

Justificación

La pesca de la mojarra-tilapia es la segunda pesquería más importante de México, siendo *Oreochromis niloticus* una de las tres especies de mojarra que contribuyen en la alimentación de la población humana del país, particularmente en el estado de Morelos, ya que se encuentran en la mayoría de los embalses tanto naturales como artificiales, siendo una fuente accesible de proteína animal y así evitar que la población presente una alimentación deficiente, además de ser una fuente de empleo para la población aledaña a estos sistemas.

Razón por lo que es importante conocer más sobre la biología reproductiva de la especie en estos sistemas y con ello aportar información sobre la época reproductiva, la estructura de tallas y la condición que presentan los organismos analizando la composición de los organismos en la captura mensual a la que se ve sometido el recurso y así establecer un adecuado manejo y conservación del mismo de una manera sustentable para beneficio de la población cercana a los sistemas.

Área de estudio

El Estado de Morelos, se encuentra ubicado en la parte central del República Mexicana, en la vertiente de la serranía del Ajusco y dentro de la cuenca del río Balsas. Variadas son las altitudes de este estado, van desde los 3,000 msnm, en los límites con el Distrito Federal hasta los 850 msnm en la región de Huaxtla. Se ubica entre las coordenadas geográficas de 19° 08' y 18° 20' de latitud norte y entre los 98°38' y 99°30' de longitud oeste. Colinda al norte con el Distrito Federal y el Estado de México; al sur con Guerrero; al este con Puebla y al oeste con el Estado de México y Guerrero. Está formado por 33 municipios y su extensión es de 4,892.73 km², representando el 0.249% de la superficie del país (INEGI, 2000).

El municipio de Ayala donde se encuentran el cuerpo de agua Amate Amarillo, se localiza entre los paralelos 18° 34' y 18° 50' de latitud norte; los meridianos 98° 50' y 99° 06' de longitud oeste; entre los 900 y 1 800 msnm, colinda al norte con los municipios de Yautepec, Cuautla y Yecapixtla; al este con los municipios de Yecapixtla, Temoac, Jantetelco, Jonacatepec y Tepalcingo; al sur con los municipios de Tepalcingo, Tlaquiltenango y Tlaltizapán; al oeste con los municipios Tlaltizapán y Yautepec. Ocupa el 7.74% de la superficie del estado. Cuenta con 106 localidades y una población total de 70 023 habitantes (INEGI, 2009).

Clima

De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificado por García (2004), el clima predominante del municipio es cálido subhúmedo (Awo (w) (i) gw) que es característico de los lugares que se localizan en altitudes menores de 1400 msnm, tiene una precipitación media anual de 900 mm y una temperatura media anual de 24 °C, el periodo de lluvias se presenta durante los meses de junio a octubre y el viento tiene una dirección de norte a sur (INEGI, 2009).

Fisiografía

Forma parte de la provincia del Eje Neovolcánico (67.77%) y Sierra Madre del Sur (32.23%) (INEGI, 2009).

Edafología

La geología permite conocer cómo se encuentran conformados los suelos y de acuerdo con ello el municipio de Ayala pertenece al periodo Neógeno (29.45%), Paleógeno (23.14%), Cretácico (22.19%), Cuaternario (19.67%) y Terciario (1.81%) del territorio municipal está conformado por roca sedimentaria: arenisca-conglomerado (20.72%), caliza (19.8%), conglomerado (18.29%) y lutita-arenisca (2.39%) ígnea extrusiva: andesita-toba intermedia (8.11%), toba ácida (4.85%),

toba básica-brecha volcánica básica (1.75%), volcanoclástico (0.62%) y brecha volcánica básica (0.29%) ígnea intrusiva: pórfido andesítico (0.49%) Metamórfica: skarn (1.32%). Los tipos de suelo presentes en el área son: aluvial (17.63%) con un suelo dominante Vertisol (34.55%), Leptosol (33.45%), Kastañozem (12.15%), Phaeozem (10.03%), Chernozem (4.8%) y Regosol (1.28%) (INEGI, 2009).

Vegetación

El tipo de vegetación es selva baja caducifolia entre la que se encuentra las siguientes especies: *Lysiloma acapulcensis*, *Ipomoea* sp, *Ceiba pentandra*, *Ficus* sp, *Vitex mollis*, *Bursera* sp, *Guazuma ulmifolia*, *Bursera fagaroides*, *Bursera copallifera*, *Ipomoea* sp, *Acacia* sp, *Boconá arbórea*, *Lysiloma* sp, *Ipomoea wolcottiana*, *Bursera polystachya*, *Gliricida sepium*, *Ipomoea murocoides*, *Dodonaea viscosa*, *Opuntia* sp, *Bocconia arbórea*, *Acacia cymbispina*, *Acacia farnesiana*, *Acacia pennatula*, *Cnidioscolus* sp, *Mimosa* sp, *Agave* sp, *Thevetia ovata*, *Haematoxylum* sp, *Lysiloma* sp, *Ptelea* sp, *Salvia* sp, *Bursera coallifera*, *Acacia berlandieri*, *Tecota stans*, *Guazuma* sp, *Acacia bilimekii*, *Ipomoea murocoides*, *Croton* sp, *Lantana involucrata*, *Asistida adscensionis*, *Randia* sp, *Verbesina* sp, *Lantana cámara*, *Mimosa biuncifera*, *Mimosa albida*, *Asistida ternipes*, *Indigofera suffruticosa*, *Verbesina virgata* (Anónimo, 1981).

Hidrografía

Este municipio se encuentra dentro de la región hidrográfica del Balsas (100%), Cuenca R. Grande de Amacuzac (100%), Subcuencas R. Cuautla (68.98%), R. Yautepec (30.89%) y R. Bajo Amacuzac (0.13%) (INEGI, 2009).

La fuente de abastecimiento de mayor importancia que tiene el municipio es el Río Ayala que nace en el ojo de agua de Casasano y la Barranca de Xochimilcatzingo, además de alimentarse de los escurrimientos de otras barrancas y posteriormente unirse al Río Cuautla. De igual manera cuenta con algunos manantiales como el Axocoche, El Colibrí, El Platanal, así como vasos de agua en Aneneuilco, Xalostoc, Moyotepec y la presa Palo Blanco (INEGI, 2009).

El municipio de Tepalcingo: donde se localizar el cuerpo de agua Huitchila, se encuentra entre los paralelos 18° 27' y 18° 41' de latitud norte; los meridianos 98° 46' y 99° 01' longitud oeste; altitud entre 1 000 y 1 900 m. De esta manera colinda al norte con los municipios de Ayala y Jonacatepec; al este con los municipios de Jonacatepec, Axochiapan y el Estado de Puebla; al sur con el Estado de Puebla y el municipio de Tlaquiltenango; al oeste con los municipios de Tlaquiltenango y Ayala. Ocupa el 7.53% de la superficie del estado. Cuenta con 28 localidades y una población total de 23 209 habitantes (INEGI, 2009).

Edafología

La geología permite conocer cómo se encuentran conformados los suelos y de acuerdo con ello el municipio de Ayala pertenece al periodo Neógeno (90.20%), Paleógeno (4.14%), Terciario (2.06%), Cretácico (0.96%) y Cuaternario (0.81%) Los tipos de suelo presentes en esta área son: aluvial (0.81%) Leptosol (64.47%), Vertisol (18.21%), Phaeozem (7.91%) y Durisol (7.58%) (INEGI, 2009).

Hidrografía

Este municipio se encuentra en la región hidrológica Balsas (100%) la cuenca R. Atoyac (58.56%) y R. Grande de Amacuzac (41.44%), Subcuencas R. Nexapa (58.56%), R. Cuautla (24.34%) y R. Bajo Amacuzac (17.1%) (INEGI, 2009).

Vegetación

Está constituida principalmente por Selva Baja Caducifolia (54.51%), de clima cálido representada por jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*), tabachin (*Caesalpinia pulcherrima*), cazaguante (*Ipomoea arborea*), ceiba (*Ceiba pentandra*) y bugambilia (*Bougainvillea spectabilis*), *Neobuxbaumia mezcalensis*, *Bursera morolensis*, *Bursera áptera*, *Bursera longipes*, *Comocladia engleriana*, *Ceiba aesculifolia*, *Haematoxylon brasiletto*, *Lippia graveolens* *Lysiloma tergemina*, *Euphorbia schlechterdalii*, *Acacia cymbipina*, *Pithecellobium acatlense*, *Cassia pringlei*, *Acacia farnesiana*, *A. cochliacantha*, *A. bilimekii*, *Willardia parviflora*, *Ipomoea intrapilosa*, pastizal (3.5%) y bosque (0.13%) (INEGI, 2000).

Bordo Amate Amarillo

Se ubica en las siguientes coordenadas $18^{\circ}44'06.4''$ LN y $98^{\circ}4'53''$ LO a 1276 msnm (figura 1). El clima de la zona es Awo (w) (i) gw, cálido subhúmedo con temperatura media anual mayor de 22° C y temperatura del mes más frío mayor de 18° C. Precipitación media anual 800 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60mm; con lluvias de verano e índice P/T menor de 43.2; porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual (INEGI, 2009).

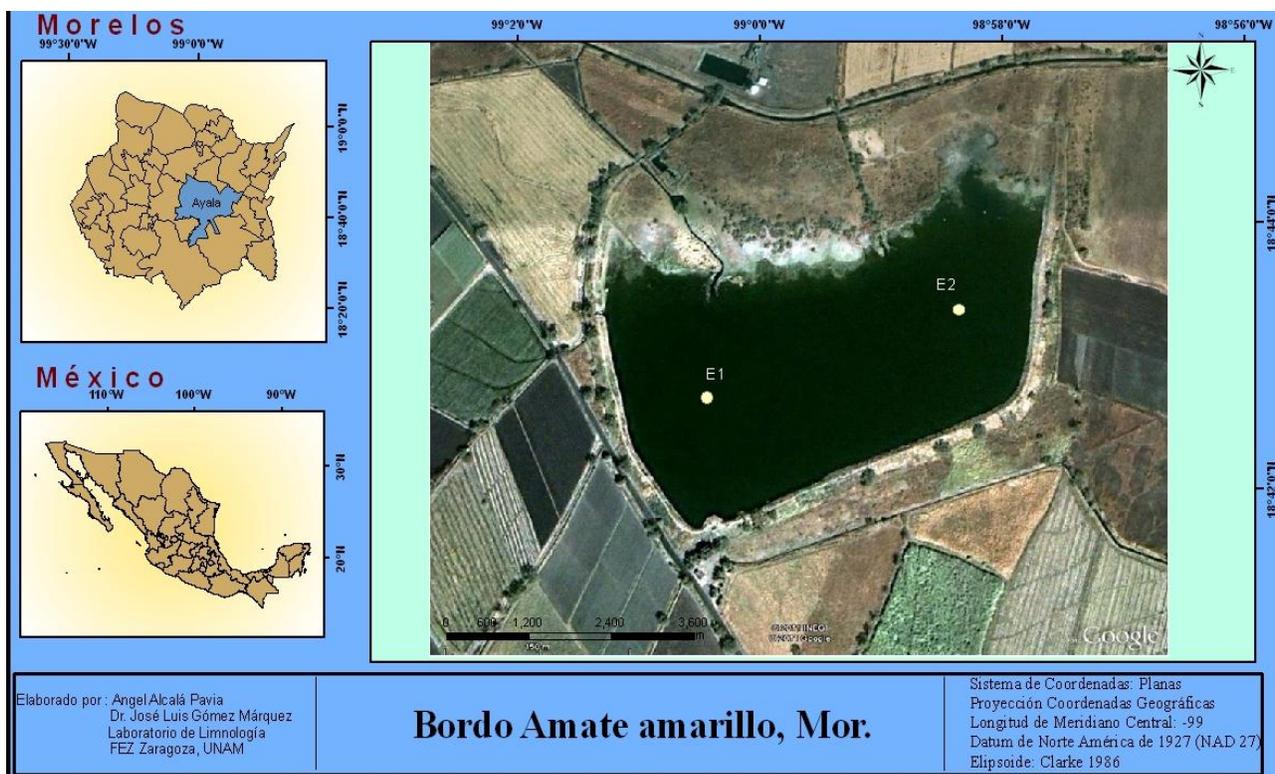


Figura.1 Ubicación de la zona de estudio bordo “Amate Amarillo” donde se marca la estación de monitoreo 1 (E1) y la estación de monitoreo 2 (E2)

Bordo Huitchila

Se ubica en las siguientes coordenadas $18^{\circ}39'15.6$ LN y $98^{\circ}55'26.4$ " a 1158 msnm (figura 2) (Rosas, 2009). La zona tiene un clima cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos (Awo (w) (i') gw"), con una temperatura anual de 24.3°C y precipitación promedio anual de 800-1000 mm (INEGI, 2000).

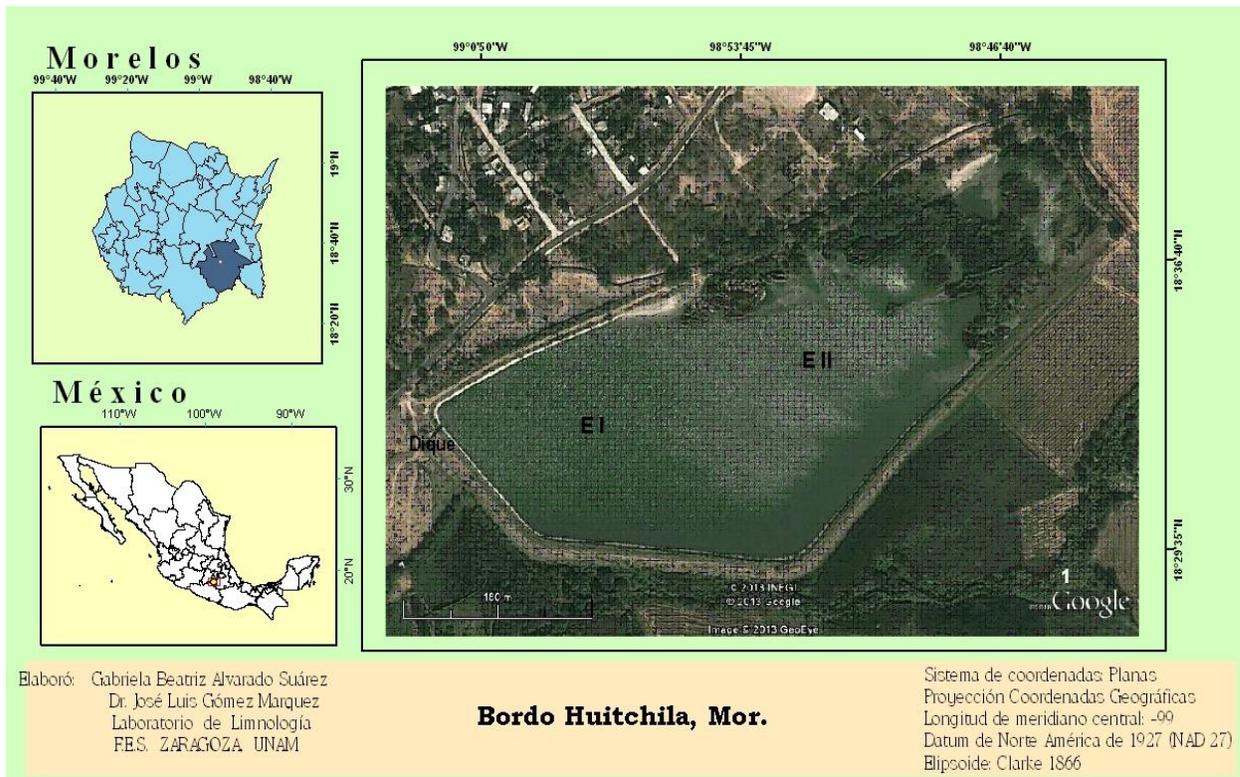


Figura. 2 Ubicación de la zona de estudio bordo "Huitchila" donde se marca la estación de monitoreo 1 (E1) y la estación de monitoreo 2 (E2)

Objetivo general

Conocer el comportamiento del ciclo reproductivo de *Oreochromis niloticus* en los bordos de Amate Amarillo y Huitchila.

Objetivos particulares

- Analizar la proporción sexual que presenta la especie en los sistemas de manera temporal.
- Determinar la época o estación de reproducción por medio del índice gonadosomático (IGS), índice hepatosomático (IHS) y la madurez gonádica.
- Determinar la talla de madurez sexual, así como la fecundidad relativa como índices de reproducción.
- Analizar la relación peso-longitud y fecundidad-talla-peso para la población y por sexo, así como la condición de los organismos en el sistema.
- Realizar el análisis histológico de las gónadas de la tilapia y reconocer las estructuras a nivel microscópico.
- Emplear el análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA) como método alternativo de los índices tradicionales (índice gonadosomático e índice hepatosomático) para estudiar el ciclo reproductivo.
- Realizar el análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua y relacionarlas con las características reproductivas de *O. niloticus*.

Material y Método

- ❖ Campo
- ❖ Laboratorio
- ❖ Gabinete

Campo

En cada uno de los sistemas, se registró la hora del día, porcentaje de nubosidad y se georreferenció, se tomaron muestras mensuales de agua de agosto 2012 a agosto del 2013 en dos puntos del sistema a dos niveles de profundidad tanto en Amate Amarillo como Huitchila (0.30 y 1.0 m), con una botella Van Dorn de dos litros de capacidad; las muestras se almacenaron en botellas de polietileno de un litro de capacidad a una temperatura aproximada de 4°C y se transportaron al laboratorio para su posterior procesamiento. Se determinó la profundidad máxima del sistema con el disco de Secchi, la temperatura ambiental y del agua con un termómetro de $\pm 1^\circ\text{C}$, el oxígeno disuelto por medio de un oxímetro (HANNA HI9146), pH, sólidos totales disueltos y conductividad con un multiparámetros (HANNA modelo HI 991300), alcalinidad por el método de indicadores, dureza total por el método complejométrico (Wetzel y Likens, 1991; APHA, AWWA Y WPCF, 1992).

Se colectaron 30 organismos mensuales por sistema obtenidos de la captura comercial con una atarraya de 6.5 cm de luz de malla y a cada uno de los organismos se les realizó la siguiente biometría: longitud total (Lt), longitud patrón (Lp) y altura (A) con un ictiómetro con precisión de $\pm 1\text{mm}$, peso total con una balanza digital (marca Ohaus Triple Beam, peso máximo de 300 g, precisión de $\pm 0.1\text{ g}$) y el sexo por medio de la exposición directa de las gónadas, lo cual se hizo mediante un corte ventral desde la apertura anal hasta la cintura escapular del organismo, asimismo se obtuvo el peso de las gónadas, el hígado, el tracto digestivo, el peso eviscerado con una balanza digital y se determinó el estado gonádico con base en la escala de madurez propuesta por Peña-Mendoza *et al.* (2011). Las gónadas se almacenaron en frascos de plástico con formol neutro amortiguado (Estrada *et al.*, 1982).

Laboratorio

A cada uno de los ovarios y testículos se le registró la longitud total y diámetro con un vernier (Marca Mitutoyo modelo 006130 precisión de ± 0.1 mm); además, al ovario izquierdo se le realizó el conteo manual de ovocitos, así como la medición de los mismos con ayuda de un estereoscopio y ocular micrométrico, para determinar la fecundidad relativa y fecundidad media la cual se basó en las células que se observaron dentro de los ovarios.

Los ovarios y testículos derechos en diferentes estadios se incluyeron en parafina (Anexo 1), se realizaron cortes de $7\mu\text{m}$ de espesor con un micrótopo (marca American Optical y Reichert modelo 820). Se utilizó la técnica de Hematoxilina-Eosina para la coloración histológica (Estrada *et al.*, 1982). Las muestras se observaron con ayuda de un microscopio y se tomaron fotografías digitales para reconocer las estructuras con las tablas en Jamienson, (2009). A las muestras de agua se les determinó la concentración de: amonio por el método del azul de indofenol (fenato) (Blancas *et al.*, 2011).

Para la determinación de clorofilas se filtraron 0.050 L de agua al vacío con un filtro de vidrio de $0.42\mu\text{m}$, se depositó el filtro en un tubo de centrifuga, para la extracción, se añadió 2 a 3 ml de acetona al 90%, se maceró el filtro y se completó el volumen a 10 ml con acetona. Se dejaron los tubos en la oscuridad durante 24 horas a temperatura ambiente. Posteriormente se centrifugaron durante 10 minutos a 4000 rpm. Se extrajo el sobrenadante con una pipeta Pasteur y se colocó en una celda para llevar a cabo su lectura en espectrofotómetro. Las longitudes de onda a las cuales se leyó la muestra son: 665, 645 y 630 nm, que son las máximas absorbencias para la clorofila a, b y c, respectivamente y 750 nm para correcciones por error de turbidez en las celdas. Estas lecturas se leyeron contra un blanco de acetona al 90%. La concentración para cada clorofila en $\mu\text{g/L}$ ($=\text{mg/m}^3$) se obtuvo a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\text{Clorofila a} = 11.64 E_{665} - 2.16 E_{645} + 0.10 E_{630}$$

$$\text{Clorofila b} = 20.97 E_{645} - 3.94 E_{665} - 3.66 E_{630}$$

$$\text{Clorofila c} = 54.22 E_{630} - 14.81 E_{645} - 5.53 E_{665}$$

Los valores obtenidos se multiplicaron por el volumen de la extracción en mililitros (10 mL) y se dividieron por el volumen de la muestra de agua en litros. (SCOR/UNESCO, 1980: Badillo *et al.*, 2010).

Gabinete

Los datos de los peces capturados se procesaron a los siguientes análisis estadísticos:

Antes de aplicar la relación peso-longitud se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA, $p < 0.05$) para determinar si existían diferencias estadísticas entre el peso y la longitud entre los sexos.

Relación peso-longitud: Es importante para el estudio del ciclo de vida de una especie, conocer su crecimiento en longitud y peso, puesto que poblaciones de una misma especie pueden presentar tasas diferentes de crecimiento ponderal (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

$$P = aL^b$$

Dónde:

P= Peso del individuo

L= Longitud del organismo patrón ó total

a y b = constante

La ecuación se transformó en forma lineal mediante el uso de logaritmos (base 10 o neperianos), por lo que se tiene:

$$\text{Log } P = \log a + b \log L$$

Dónde:

Si $b=3$ el crecimiento es isométrico

Si $b \neq 3$ el crecimiento es alométrico.

Y los valores de las constantes a y b, se obtuvieron mediante el método de mínimos cuadrados.

Se usó una prueba de *t-student* para probar si un valor de b calculado por medio de la relación peso-longitud es significativamente diferente de 3. La ecuación utilizada para obtener el estadístico de t es:

$$t \text{ student} = \frac{e.s_x}{e.s_y} * \frac{b - 3}{\sqrt{1 - r^2}} * \sqrt{n - 2}$$

Dónde:

$e.s_x$ = desviación estándar de log de Longitud

$e.s_y$ = desviación estándar de log de Peso

n = número de organismos

r^2 = coeficiente de determinación

(Pauly, 1984)

El valor de b es diferente de 3 si el valor de “t” calculado es más grande que el valor de tablas con n-2 grados de libertad.

Proporción de sexos: Este se determinó con el número total de los individuos y calculando el porcentaje de hembras y macho. Para comprobar que no existe diferencia significativa se realizó una prueba de bondad de ajuste de chi-cuadrada χ^2 ($p < 0.05$) de manera mensual y anual.

Talla de primera madurez sexual: Se entiende por madurez sexual, a la capacidad que tienen los peces para reproducirse. Se les considera sexualmente maduros, cuando las gónadas salen de su latencia y empiezan a desarrollarse, lo cual es evidente con la aparición de los ovocitos y espermatocitos en diferentes fases de desarrollo, así como cambios morfológicos de las gónadas; ésta representa la longitud a la cual el 50% de todos los individuos son sexualmente maduros (Cailliet *et al.*, 1986; King, 1995).

$$P = \frac{1}{(1 + \exp^{-r(L-Lm)})}$$

Dónde:

P = proporción de peces maduros
r = pendiente de la relación
L = longitud patrón ó total
Lm = longitud media

Factor de condición (K): Es una herramienta importante indicadora del bienestar o robustez de la población de peces. El factor de condición fue expresado matemáticamente por Clark (1928) el cual sugiere el cálculo a partir del peso eviscerado (Nikolsky, 1963).

$$K = \left(\frac{Pe}{L^b} \right) * 100$$

Dónde:

K = Factor de condición
Pe = peso eviscerado
L = longitud patrón ó total
b = pendiente de relación peso-longitud

El valor del factor de condición de Clark define la verdadera condición del pez sin el efecto del peso de la gónada y el contenido intestinal que puedan enmascarar la

verdadera dinámica de la condición del pez, de ahí que se recomienda utilizar este factor de condición (Nikolsky, 1963)

Índice gonadosomático (IGS o IG): Se utilizó para seguir el ciclo reproductivo de una especie en un año a intervalos mensuales o de menor tiempo. Este índice asume que el ovario incrementa en tamaño conforme aumenta el desarrollo y compara la masa o peso de la gónada (PG) con la masa total del animal (PE) (King, 1995; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005)

$$IGS = 100 \left(\frac{PG}{PE} \right)$$

Dónde:

IGS = Índice gonadosomático

PG = Peso de la gónada

PE = Peso eviscerado

El Índice hepatosomático (IHS ó IH): Es la relación que existe entre el peso del hígado (PH) y el peso eviscerado del pez. Es específico para hembras, ya que el hígado segrega vitelogeninas exógenas que van a ser captadas por el óvulo en desarrollo. Es directamente proporcional al ciclo reproductivo y decae justo antes del desove, siendo un indicador de la puesta (Rodríguez, 1992)

$$IHS = 100 \left(\frac{PH}{PE} \right)$$

Dónde:

IHS = Índice hepatosomático

PH = peso del hígado

PE = peso eviscerado

Estadios de maduración: Se refiere al grado de maduración de los ovarios y testículos, los cuales serán determinados por medio de la escala de madurez propuesta por Peña-Mendoza *et al.* (2011). Se graficará la proporción de estadios gonádicos por mes y por sexo para observar el comportamiento de este proceso.

Fecundidad relativa: Es expresada como el número de ovocitos producidos por unidad de biomasa de hembras; es un parámetro de gran interés no solo característico de la población, sino también como un término fundamental en los

modelos de dinámica poblacional. Para su determinación se realizó una regresión entre los datos de longitud patrón, peso y número de óvulos (Bagenal, 1978; Granado, 2002; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

$$F = aX^b$$

Dónde:

F = número de ovocitos

X = longitud patrón (cm) o peso total (g)

a y b = constantes

Fecundidad media: Es el número promedio de ovocitos en el ovario antes del desove y se determinó por la siguiente expresión (Shoesmith, 1990):

$$\Phi_{DS} = \frac{1}{n \sum_{j=1}^n \hat{A}L_j^b}$$

Dónde:

Φ_{DS} = número promedio de ovocitos

L = longitud patrón

A y b = parámetros estimados de la regresión lineal de mínimos cuadrados del log de fecundidad y el Log de longitud patrón

Análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA). Un paso adicional en la complejidad del análisis reproductivo de las especies acuáticas es el método propuesto por García-Berthou y Moreno-Amich (1993), los cuales proponen que en lugar de tener una sola variable de respuesta lineal, todas las medidas relacionadas con la actividad reproductiva se incluyen simultáneamente en conjunto con factores tales como el sexo y la fecha de muestreo y se ajustan por el uso de una covariada. La propuesta de estos autores es el análisis multivariado de covarianza. Las medidas predichas del modelo describen las variaciones estacionales y de otros factores haciendo innecesario el empleo de índices. Es necesario probar que no existe paralelismo de las pendientes, se usaron la transformación logarítmica del peso total, peso eviscerado, peso del hígado y peso de las gónadas como las variables dependientes y la transformación logarítmica de longitud patrón como variable covariada. Para evitar el uso de valores negativos, se multiplicaron todas las variables previamente por 10^6 . Los factores a considerar serán el sexo (macho y hembra) y la fecha del muestreo. Como primer paso se obtuvo la significancia de la covarianza agrupada por la interacción de los factores para verificar la hipótesis del paralelismo de las pendientes, como segundo paso se realizaron el diseño del ANAMUCOVA estándar y en tercer paso se hará la interpretación. Los cálculos se llevaron a cabo por medio del modelo lineal general (GLM) del módulo del paquete estadístico SPSS-X (SPSS Inc., 1993).

Prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S): Se realizó esta prueba para evaluar la normalidad de los datos en ambos bordos. Al comprobar que no había normalidad en los datos, se aplicó la prueba de U de Mann-Whitney, para determinar si hay diferencias significativas entre los valores obtenidos en las tallas de los organismos.

Parámetros físicos y químicos: Para conocer el comportamiento de los factores ambientales durante el estudio, principalmente en el momento de la reproducción, se realizó un análisis exploratorio de datos (Salgado, 1992), posteriormente se realizaron gráficas de la temperatura ambiental y del agua, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad, dureza total, amonio y clorofilas contra el tiempo. También se realizó un análisis de correlación entre estas variables y los índices biológicos (índice Gonadosomático e índice hepatosomático) para determinar la relación que guardan entre sí.

Resultados

En este estudio se realizaron muestreos mensuales en los bordos Amate Amarillo (AA) y Huitchila (HUI) entre de agosto del 2012 y agosto del 2013, obteniendo 398 y 402 peces respectivamente. Los machos capturados se ubicaron en el intervalo de 15.4 a 29.6 cm de longitud total y de 64.7 a más de 300 g de peso, para las hembras las tallas variaron de 15.0 a 30.6 cm y 60.9 a más de 300 g de peso en el Bordo AA. En Huitchila el intervalo para machos fue de 12.3 a 31.8 cm de longitud total y 38.8 a 582 g peso total y las hembras el intervalo fue de 12.2 a 19.4 cm con un peso que va desde 30.3 a 116.8 g (Tabla 1).

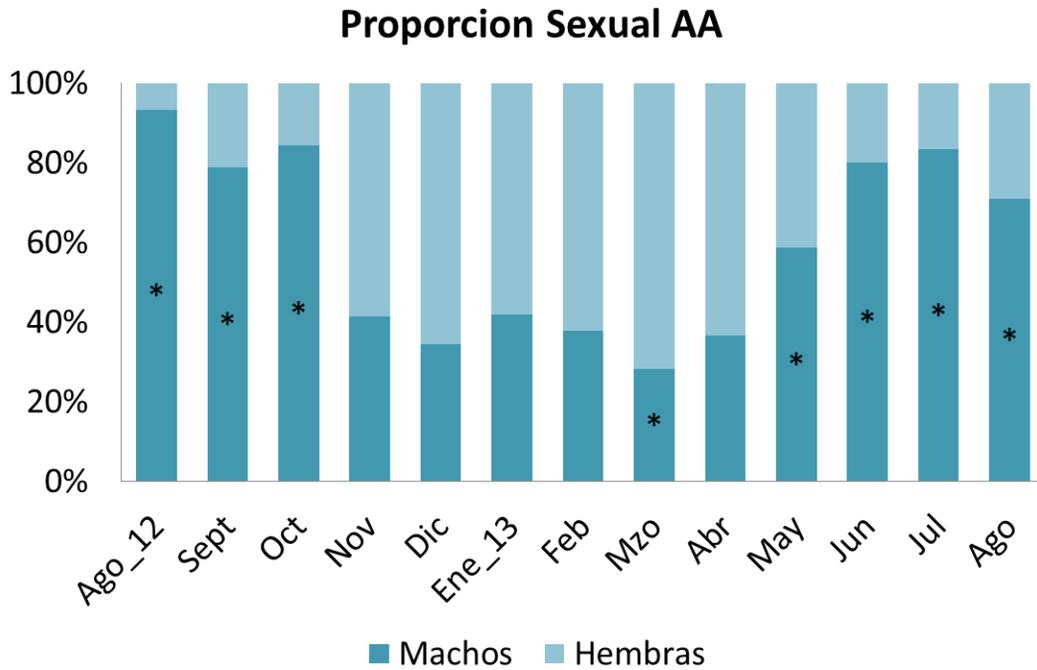
Tabla 1. Resumen de la biometría para machos y hembras de *O. niloticus* en ambos bordos

| Huitchila | MACHOS | | | HEMBRAS | | |
|--------------------|--------|------|-----------|---------|-------|-----------|
| | MIN | MAX | \bar{x} | MIN | MAX | \bar{x} |
| LT (cm) | 12.3 | 31.8 | 17.9 | 12.2 | 19.4 | 16.8 |
| LP (cm) | 9.8 | 24.9 | 14.0 | 9.7 | 15.7 | 13.3 |
| Altura (cm) | 3.9 | 10 | 5.3 | 3.6 | 5.6 | 4.9 |
| PT (g) | 38.8 | 582 | 103.2 | 30.3 | 116.8 | 87.9 |

| Amate Amarillo | MACHOS | | | HEMBRAS | | |
|--------------------|--------|-------|-----------|---------|-------|-----------|
| | MIN | MAX | \bar{x} | MIN | MAX | \bar{x} |
| LT (cm) | 15.4 | 29.6 | 18.4 | 15.0 | 30.6 | 17.4 |
| LP (cm) | 12.2 | 23.8 | 14.4 | 11.8 | 24.6 | 13.8 |
| Altura (cm) | 4.5 | 9.2 | 5.6 | 4.3 | 9.7 | 5.1 |
| PT (g) | 64.7 | 428.2 | 111.9 | 60.9 | 468.9 | 95.6 |

Proporción sexual

De los 398 organismos capturados en AA 248 eran machos (62.3%) y 150 hembras (37.7%); la proporción sexual macho:hembra fue de 1.65 ($\chi^2 = 1.9608$ $p < 0.05$). En la figura 3 se observa que los machos tuvieron una mayor proporción en agosto_12-octubre, mayo-agosto (época de lluvias); y las hembras en el resto de los meses (época de secas).



*diferencia significativa $\alpha=0.05$

Figura 3. Proporción sexual de *O. niloticus* en Amate Amarillo de agosto 2012 - agosto 2013

De los 402 organismos muestreados en el bordo Huitchila, 92.03% (373) fueron machos, 7.97% (29) hembras, la proporción macho:hembra fue de 13.88:1 ($\chi^2 = 5.5486$ $p < 0.05$) (Figura 4).

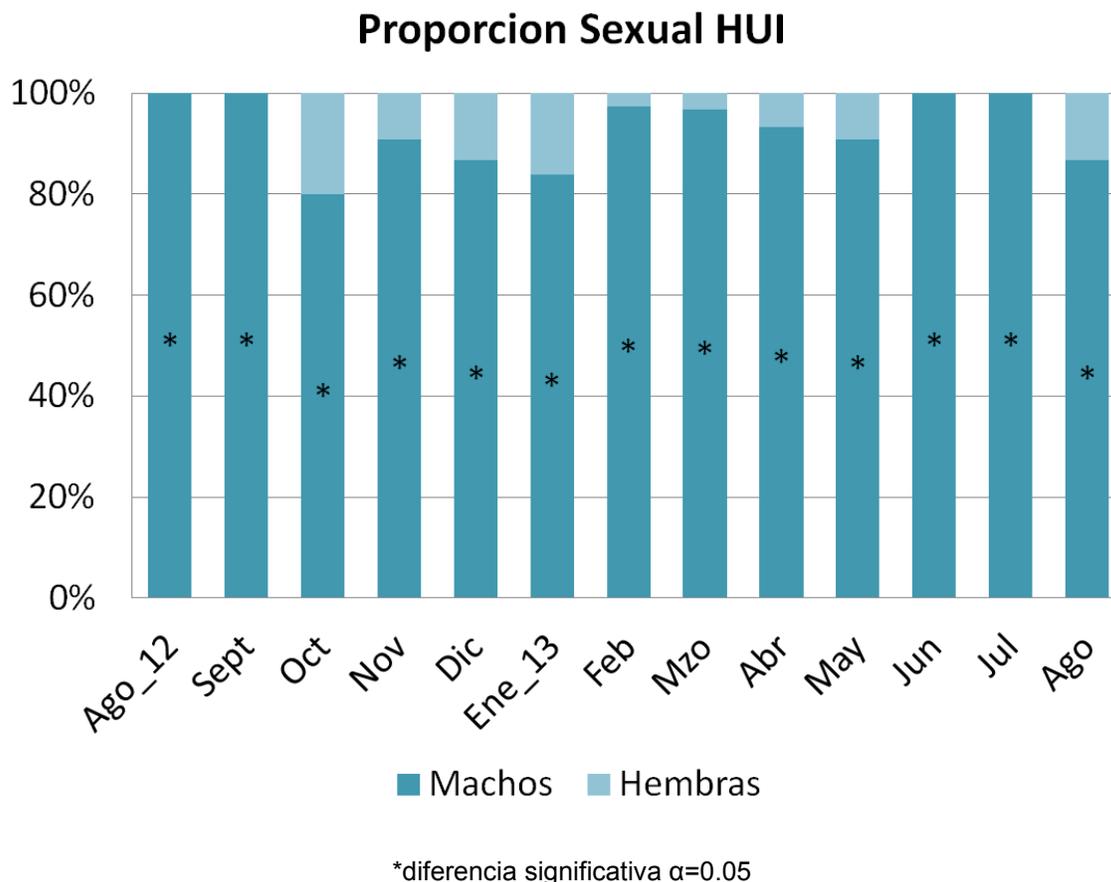


Figura 4. Proporción sexual en Huitchila de *O. niloticus* agosto 2012 – agosto 2013

Relación Peso- Longitud

Se realizó un análisis de correlación entre las variables de longitud patrón (Lp), longitud total (Lt) y peso total (Pt), para determinar cual longitud tenía más relación con el peso. En AA se obtuvo una máxima correlación entre Lp y el Pt ($r^2= 0.94$), mientras que en HUI se obtuvo una mayor correlación entre Lt y Pt ($r^2= 0.87$), por lo que se decidió trabajar con la Longitud patrón, ya que además es una medida que no sufre cambios por el deterioro de la aleta caudal como resultado del maltrato por competencia, pesca o por enfermedad (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de correlación entre las variables de longitud total, longitud patrón y peso total para *O. niloticus* en ambos bordos

| Sistema | Huitchila | | |
|---------|-----------|--------|-------|
| | Lp. | Lt. | Peso. |
| Lp. | | | |
| Lt. | 0.9654 | | |
| | (402) | | |
| | 0.0000 | | |
| Peso. | 0.8637 | 0.8725 | |
| | (402) | (402) | |
| | 0.0000 | 0.0000 | |

| Sistema | Amate Amarillo | | |
|---------|----------------|--------|-------|
| | Lp. | Lt. | Peso. |
| Lp. | | | |
| Lt. | 0.9718 | | |
| | (398) | | |
| | 0.0000 | | |
| Peso. | 0.9457 | 0.9410 | |
| | (398) | (398) | |
| | 0.0000 | 0.0000 | |

Para determinar si existían diferencia significativa entre sexos se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA) con la relación peso total, longitud patrón (Tabla 3 y 4). El análisis nos muestra que existen diferencias significativas entre los organismos del mismo bordo, por lo cual se trabajó por separado machos y hembras y la población total, para conocer su comportamiento.

Tabla 3. Análisis de varianza entre el peso y la longitud de los organismos de *Oreochromis niloticus* para el bordo Amate Amarillo

Número de obs = 398 R-cuadrada = 0.9117

Raíz MSE = 9.23799 R-cuadrada ajust. = 0.9112

| Fuente | Parcial SS | gl | MS | F | Prob > F |
|-----------|------------|-----|------------|---------|----------|
| Modelo | 319061.901 | 2 | 159530.95 | 1869.35 | 0.0000 |
| lpat*sexo | 319061.901 | 2 | 159530.95 | 1869.35 | 0.0000 |
| Residuos | 30893.271 | 362 | 85.3405275 | | |
| Total | 349955.172 | 364 | 961.415307 | | |

Tabla 4. Análisis de varianza entre el peso y la longitud de los organismos de *Oreochromis niloticus* para el bordo Huitchila

Número de obs = 402 R-cuadrada = 0.7465

Raíz MSE = 14.9423 R-cuadrada ajustada = 0.7452

| Fuente | Parcial SS | gl | MS | F | Prob > F |
|----------|------------|-----|------------|--------|----------|
| Modelo | 258329.553 | 2 | 129164.776 | 578.51 | 0.0000 |
| lp*sexo | 258329.553 | 2 | 129164.776 | 578.51 | 0.0000 |
| Residuos | 87745.6213 | 393 | 223.271301 | | |
| Total | 346075.174 | 395 | 876.139681 | | |

Para conocer la relación que existe entre la talla y el peso de los organismos en el sistema, se realizó una regresión lineal entre la longitud patrón (Lp) y la longitud total (Lt). Se obtuvo que para la población de *O. niloticus* existe una relación lineal con alta asociación entre estas variables, 94.44% para Amate Amarillo y 92.96% para Huitchila. La finalidad de esta relación es poder analizar la transformación de ambas variables para fines de comparación con otros estudios (Figura 5).

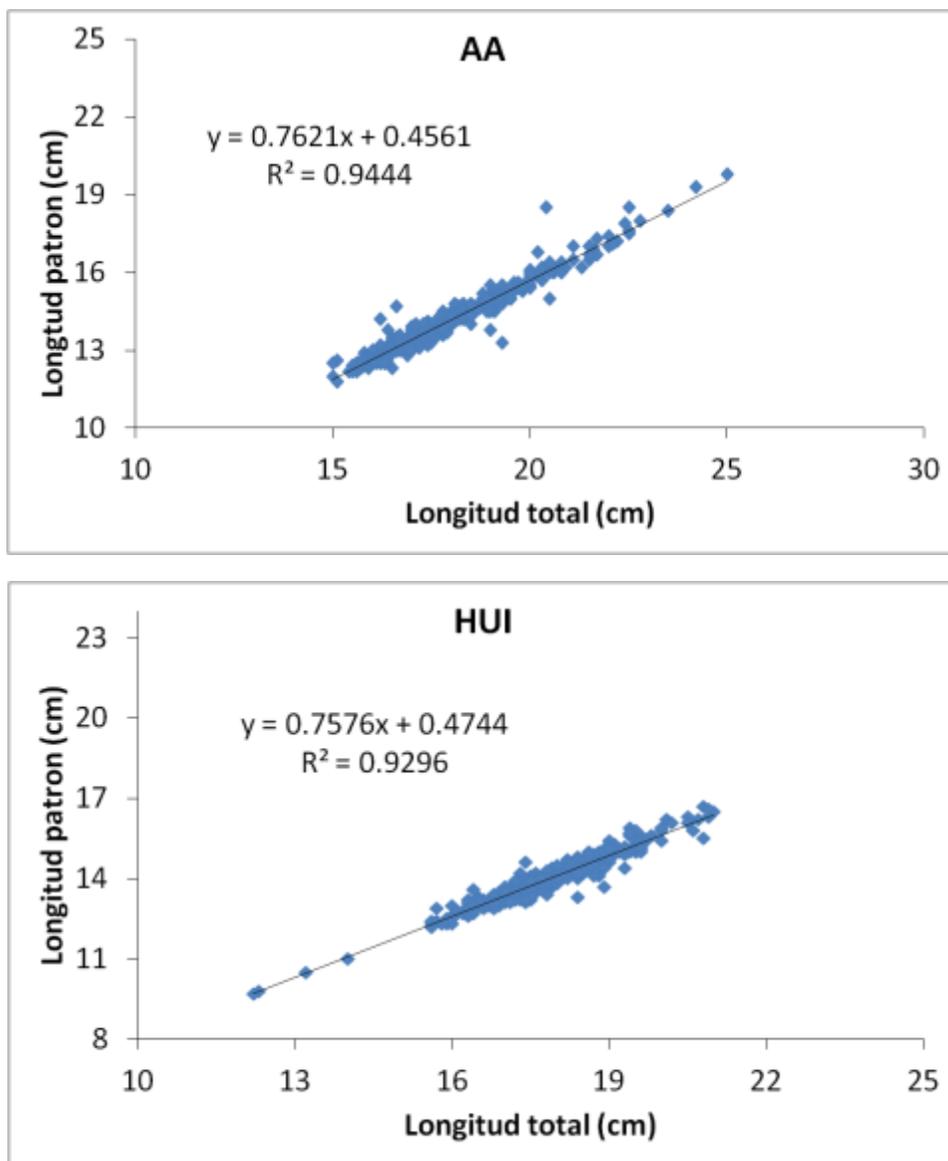


Figura 5. Relación Longitud total- Longitud patrón de *O. niloticus* en ambos bordos

En la figura 6 se puede apreciar que los peces la relación peso- longitud es potencial, durante el tiempo de estudio y resultados similares cuando se hace de manera mensual, como se muestra en las figuras 7 y 8, al tener una pendiente menor de 3, lo que implica un crecimiento alométrico negativo. Esto se confirma al realizar la prueba t-Student en la tabla 3.

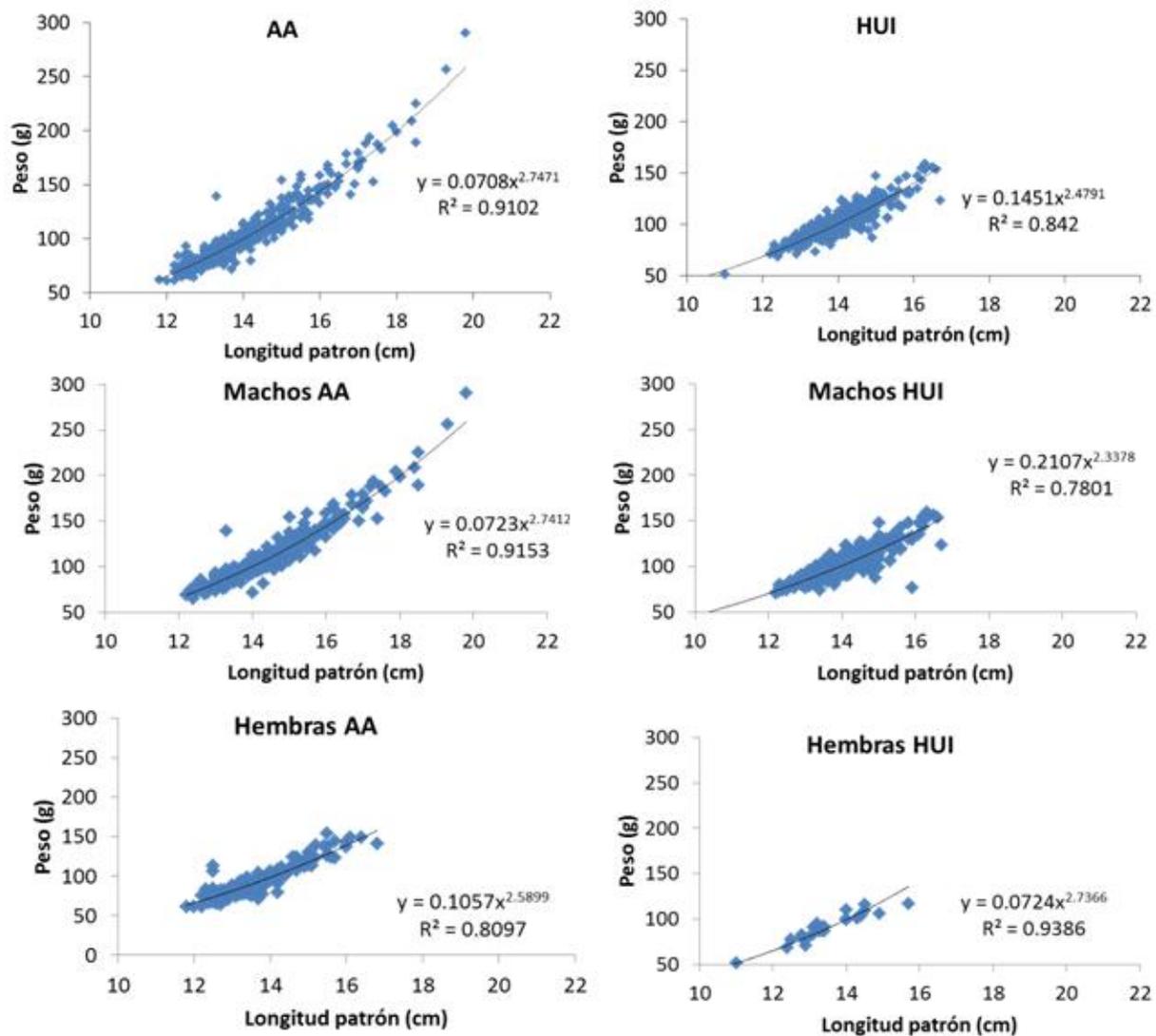
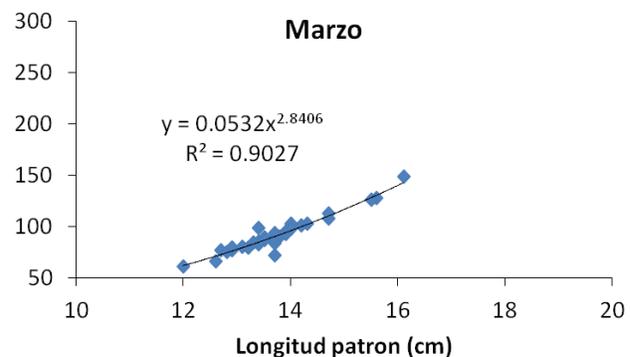
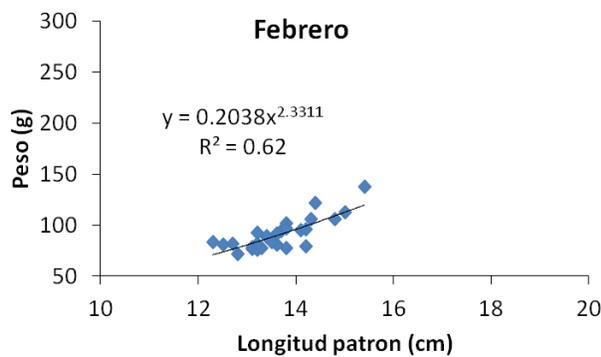
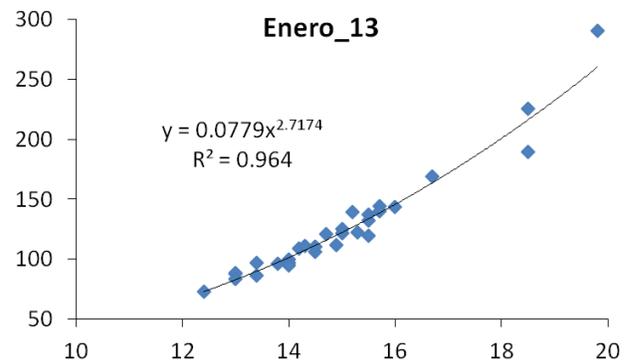
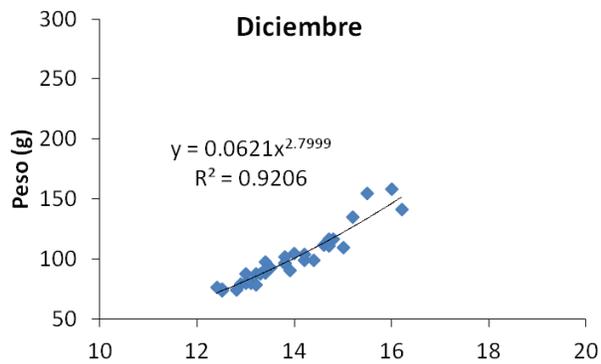
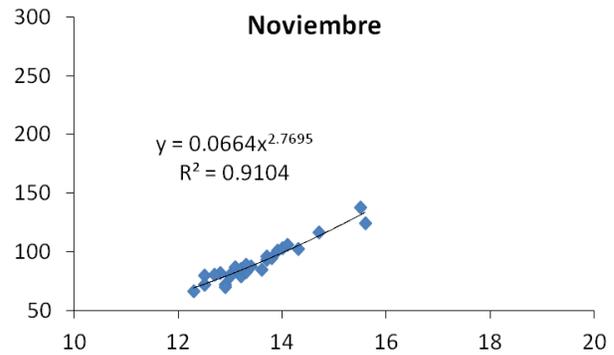
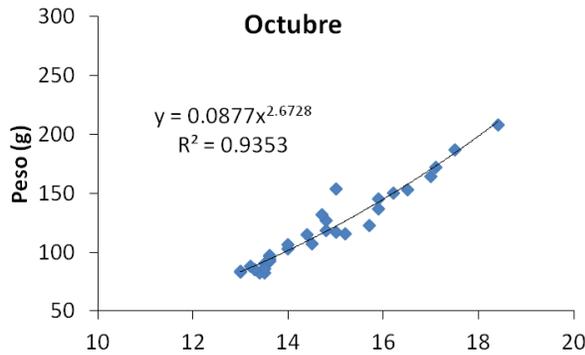
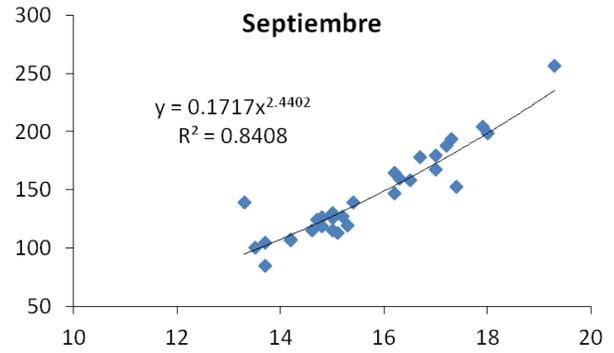
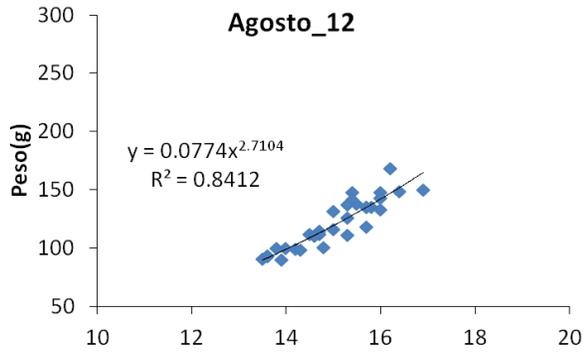


Figura 6. Relación Peso – Longitud patrón de la población *O. niloticus* en el periodo de agosto 2012 - agosto 2013 en los bordos Amate Amarillo y Huitchila



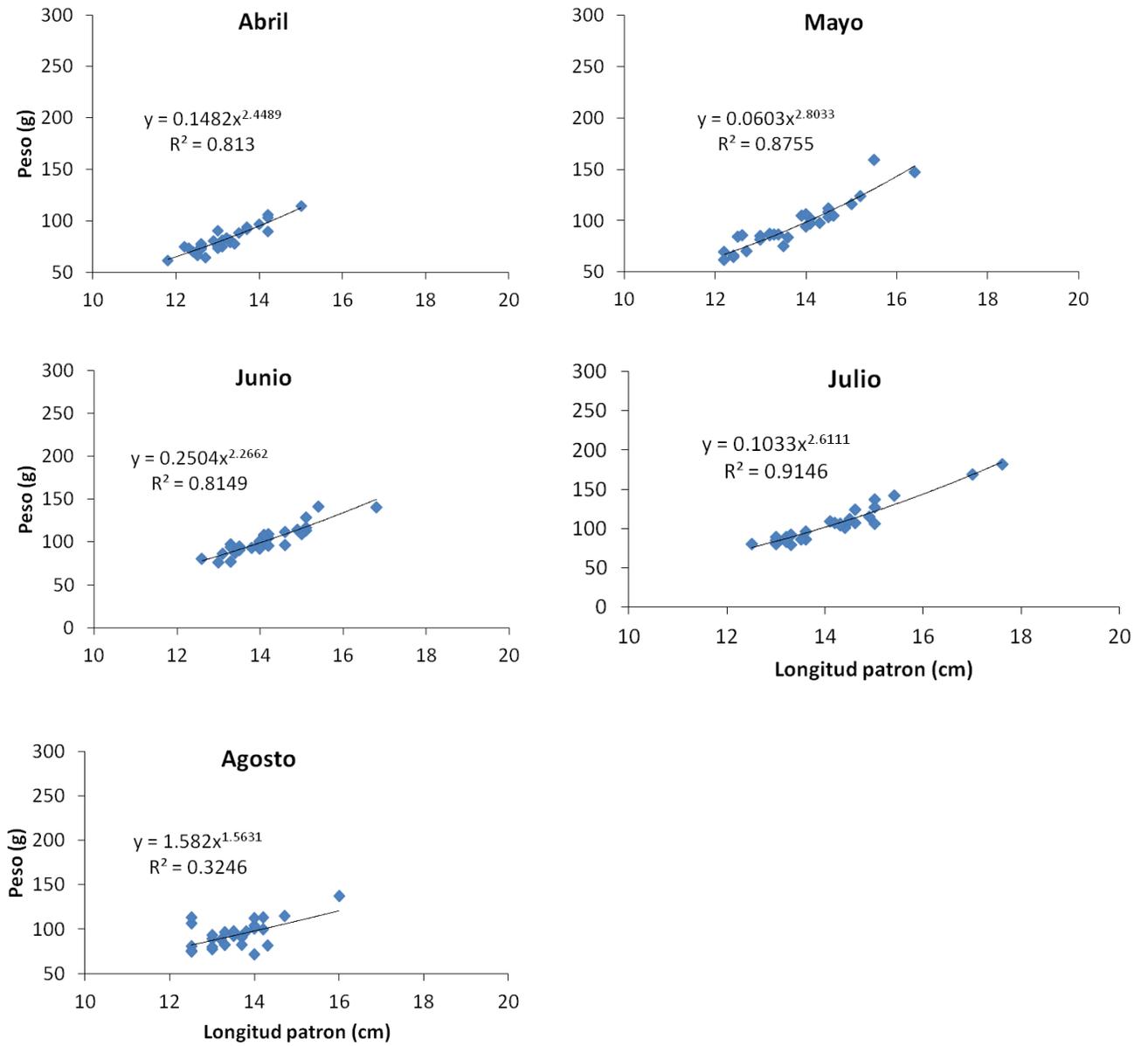
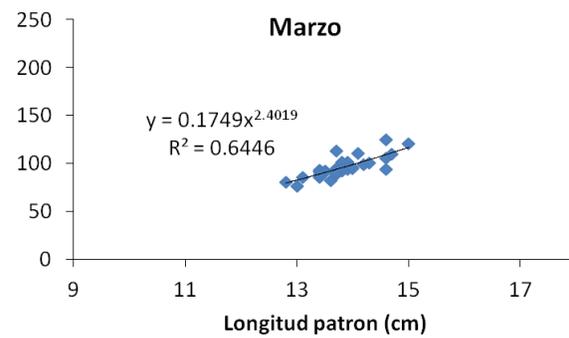
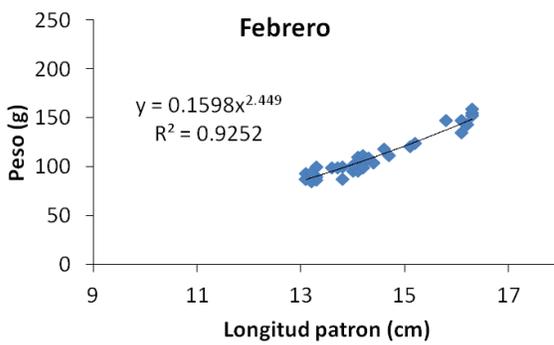
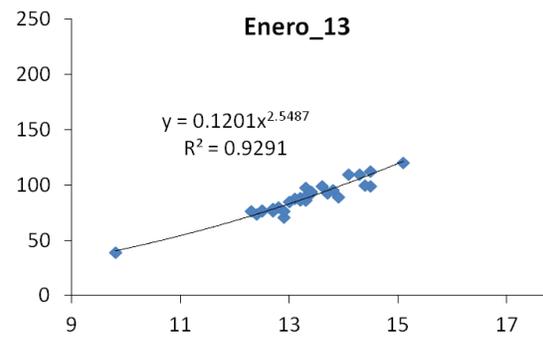
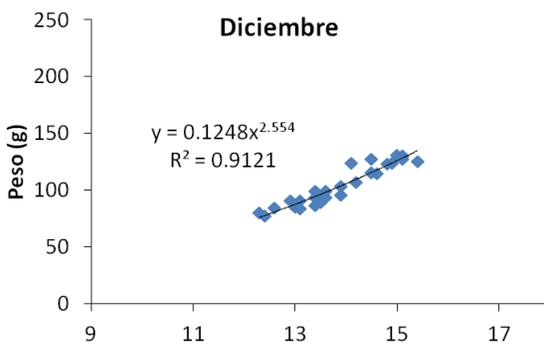
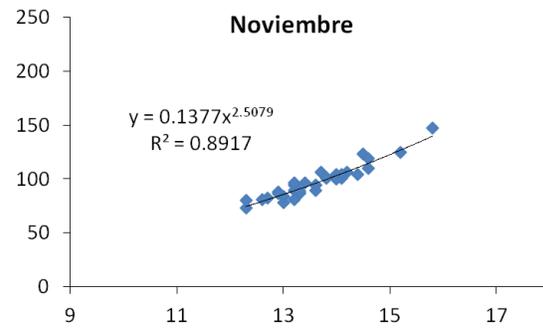
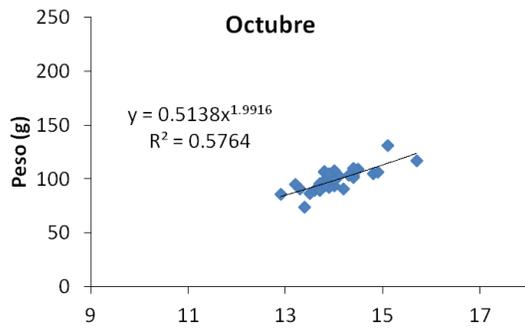
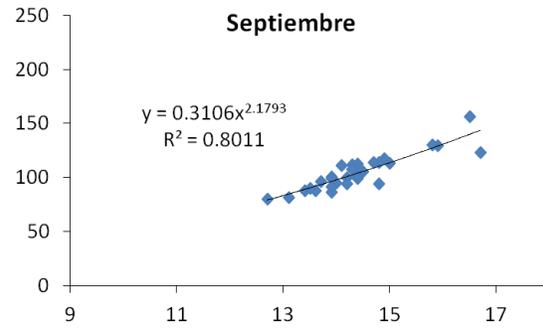
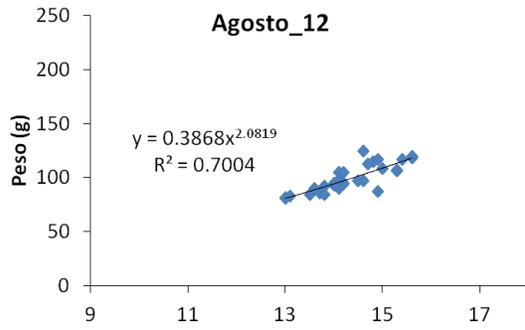


Figura 7. Relación mensual Peso Total – Longitud Total de la población de *O. niloticus* en Amate Amarillo



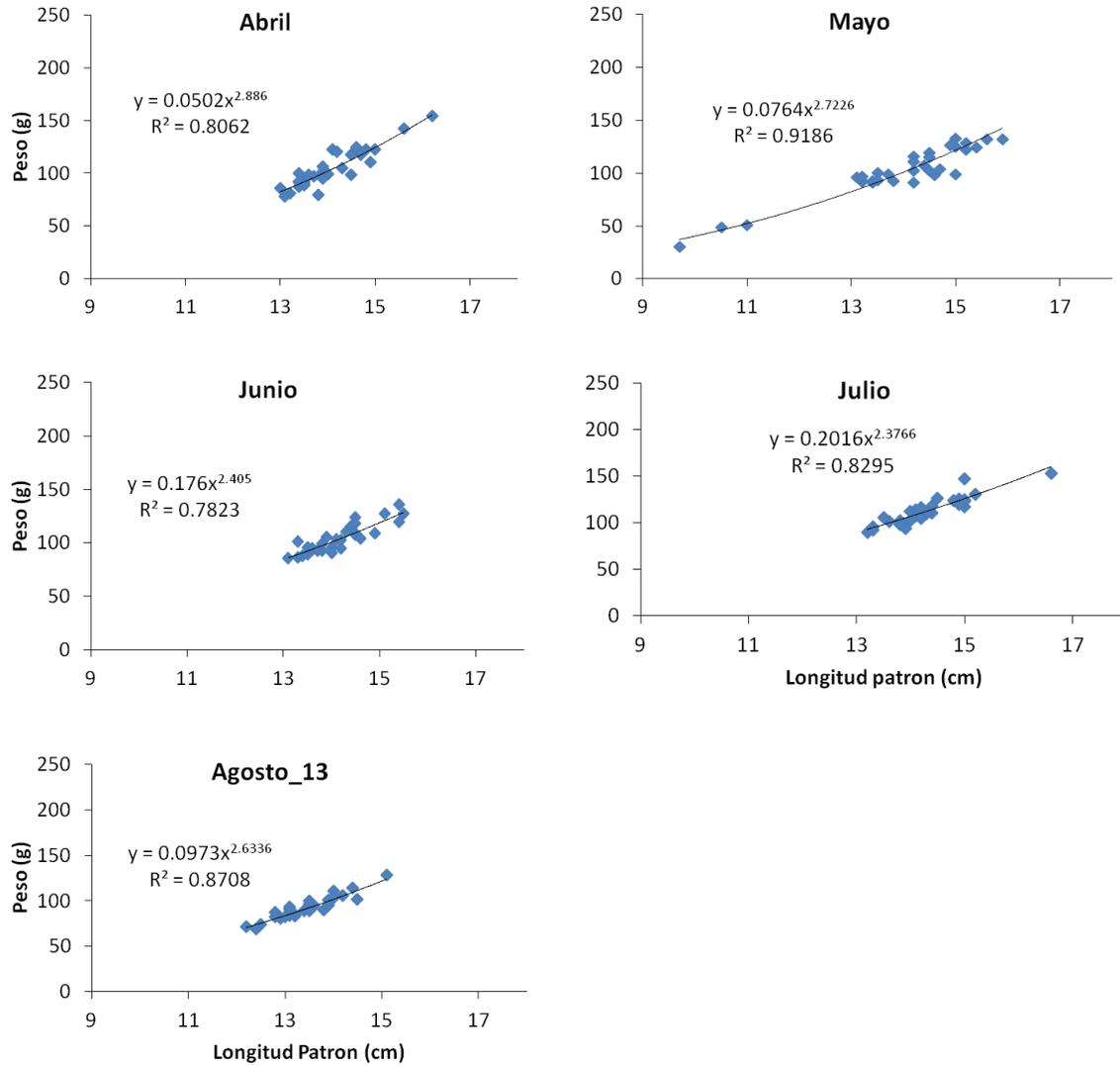


Figura 8. Relación mensual Peso Total – Longitud patrón de la población de *O. niloticus* en Huitchila

Prueba t-student

Tabla 3. Prueba de t-student para las pendientes de la relación peso-longitud de *O. niloticus*

| Amate Amarillo | | | | | |
|----------------|-----------|-------------|-----|---------------|---------------------|
| Mes | Pendiente | t calculada | n | Ho B=3 | Tipo de crecimiento |
| Agosto_12 | 2.7104 | 1.3468 | 32 | No se rechaza | ** |
| Septiembre | 2.4402 | 2.8391 | 31 | Rechaza | * |
| Octubre | 2.6728 | 2.5490 | 32 | Rechaza | * |
| Noviembre | 2.7695 | 1.3781 | 29 | No se rechaza | ** |
| Diciembre | 2.7999 | 1.3329 | 32 | No se rechaza | ** |
| Enero_13 | 2.7174 | 2.8965 | 31 | Rechaza | * |
| Febrero | 2.3311 | 1.9046 | 29 | Rechaza | * |
| Marzo | 2.8406 | 0.9359 | 32 | No se rechaza | ** |
| Abril | 2.4489 | 2.4828 | 30 | Rechaza | * |
| Mayo | 2.8033 | 0.9670 | 29 | No se rechaza | ** |
| Junio | 2.2662 | 3.5950 | 30 | Rechaza | * |
| Julio | 2.611 | 2.5805 | 30 | Rechaza | * |
| Agosto | 2.4472 | 2.2104 | 31 | Rechaza | * |
| Hembras | 2.5899 | 3.9736 | 150 | Rechaza | * |
| Machos | 2.7412 | 4.8678 | 248 | Rechaza | * |
| Total | 2.7471 | 5.8325 | 398 | Rechaza | * |

| Huitchila | | | | | |
|------------|-----------|-------------|-----|---------------|---------------------|
| Mes | Pendiente | t calculada | n | Ho B=3 | Tipo de crecimiento |
| Agosto_12 | 2.0819 | 3.5680 | 30 | Rechaza | * |
| Septiembre | 2.1793 | 3.9991 | 30 | Rechaza | * |
| Octubre | 1.9916 | 3.1251 | 30 | Rechaza | * |
| Noviembre | 2.5079 | 3.1348 | 33 | Rechaza | * |
| Diciembre | 2.5540 | 2.9764 | 30 | Rechaza | * |
| Enero_13 | 2.5487 | 3.4517 | 31 | Rechaza | * |
| Febrero | 2.4490 | 4.6812 | 37 | Rechaza | * |
| Marzo | 2.4019 | 1.7745 | 30 | Rechaza | * |
| Abril | 2.8860 | 0.4263 | 30 | No se rechaza | ** |
| Mayo | 2.7226 | 1.8747 | 32 | Rechaza | * |
| Junio | 2.4050 | 2.4815 | 30 | Rechaza | * |
| Julio | 2.3766 | 3.0615 | 30 | Rechaza | * |
| Agosto | 2.6336 | 1.8768 | 29 | Rechaza | * |
| Hembras | 2.7366 | 1.9554 | 29 | Rechaza | * |
| Machos | 2.3378 | 10.2759 | 373 | Rechaza | * |
| Total | 2.4791 | 9.8223 | 402 | Rechaza | * |

* Alometría negativa

** Tendencia a la isometría

Factor de condición

El factor de condición de Clark (1928) para ambos sexos de *O. niloticus*, en Huitchila muestra que tienen un comportamiento poco variable durante todo el año, con mínimos en descensos en enero y agosto e incrementos en diciembre (época de secas) y julio (época de lluvias) para el caso de los machos, en cambio en las hembras se mantiene aún más constante, con disminuciones en octubre y noviembre e incrementos solo en enero. Los machos registraron mayor condición que las hembras durante el estudio (Figura 9).

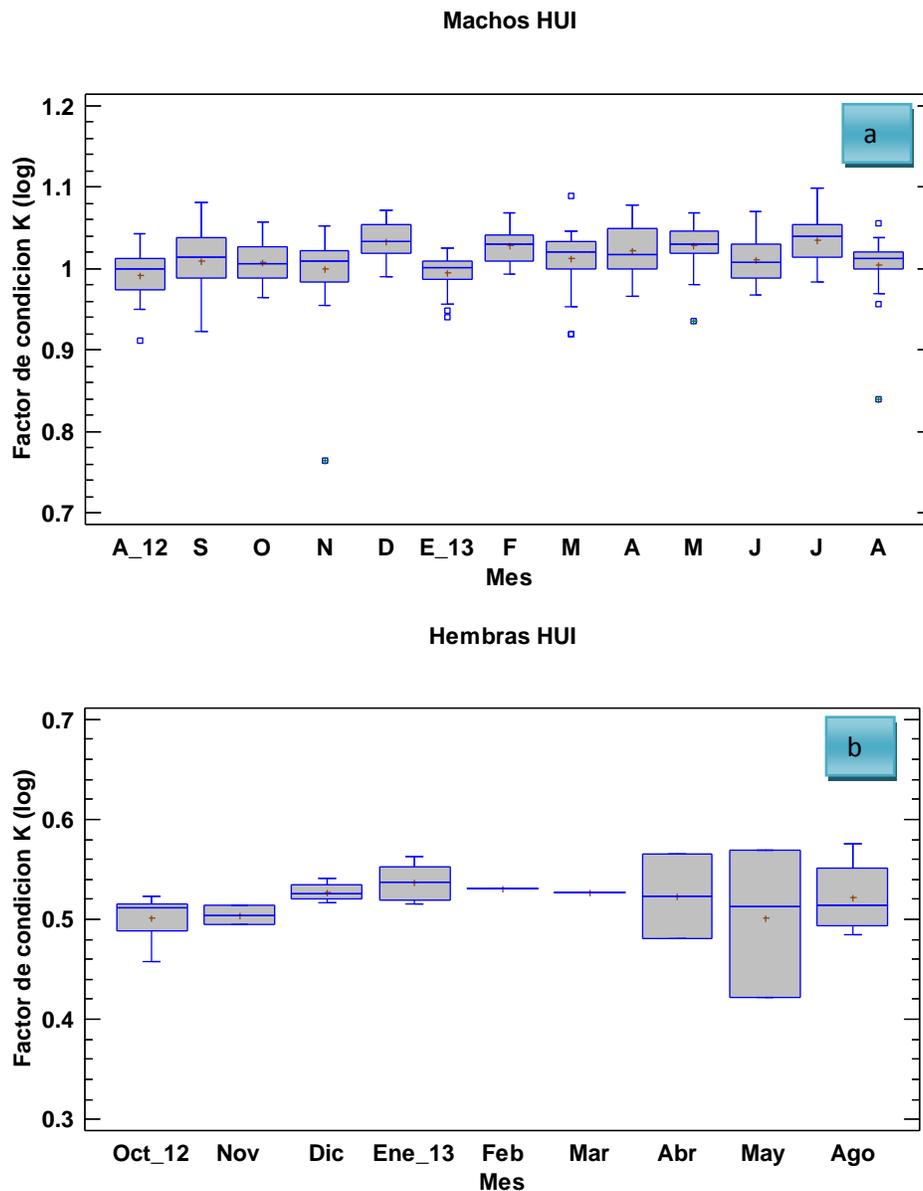


Figura 9. Factor de condición de machos (a) y hembras (b) de *O. niloticus* de Huitchila

En el caso de los organismos de Amate Amarillo tienen un comportamiento mucho más constante durante todo el año, los machos presentan un aumento en septiembre y para las hembras son más notorios los aumentos en agosto (época de lluvias) y en enero (época de secas) seguidos de descensos en los meses consecuentes (Figura 10).

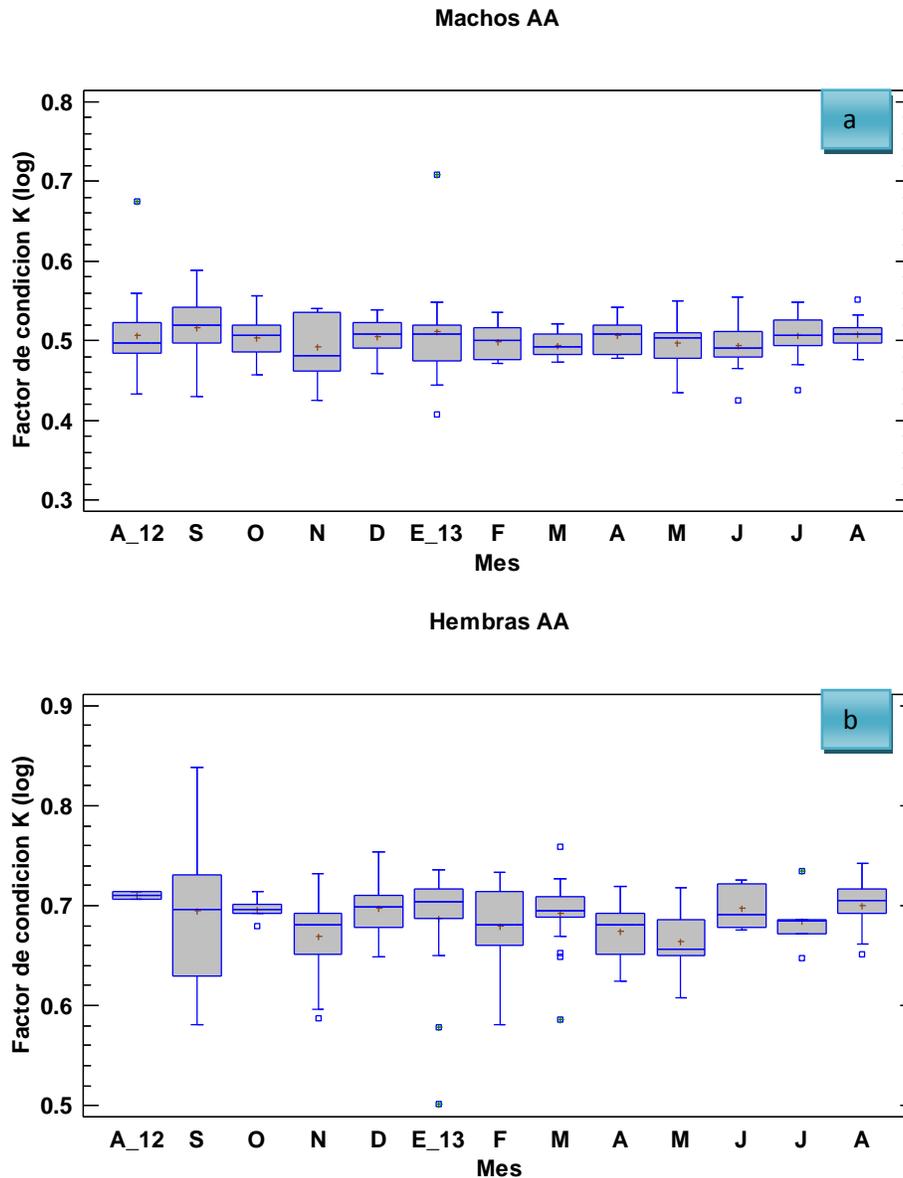


Figura 10. Factor de condición de *O. niloticus* de Amate Amarillo machos (a) y hembras (b)

Talla de primera madurez sexual

Tanto machos como hembras del sistema Amate Amarillo alcanzan la primera madurez a los 15.98 cm de longitud patrón en promedio. La hembra madura más pequeña fue de 12 cm y la más grande de 24.6 cm. El macho maduro más pequeño fue de 12.3 cm y el más grande de 19.8 cm. (Figura 11).

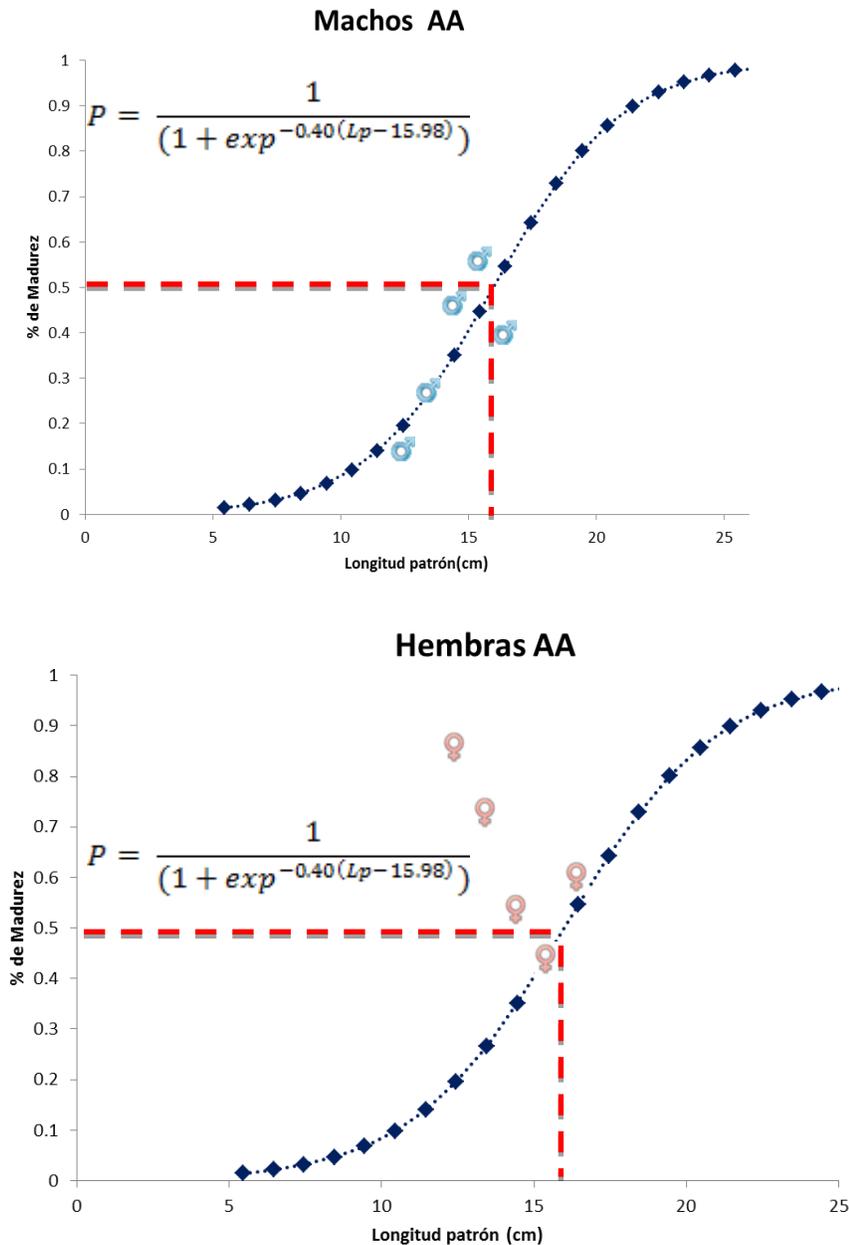


Figura 11. Talla de primera madurez de *Oreochromis niloticus* en Amate Amarillo

Los machos del sistema Huitchila alcanzan la madurez a los 13.31 cm de longitud patrón y las hembras a los 15.48 cm. El macho maduro más pequeño fue de 13.2 cm y el más grande de 16.1 cm. La hembra madura más pequeña era de 12.3 cm y la más grande de 14.3 cm. (Figura 12).

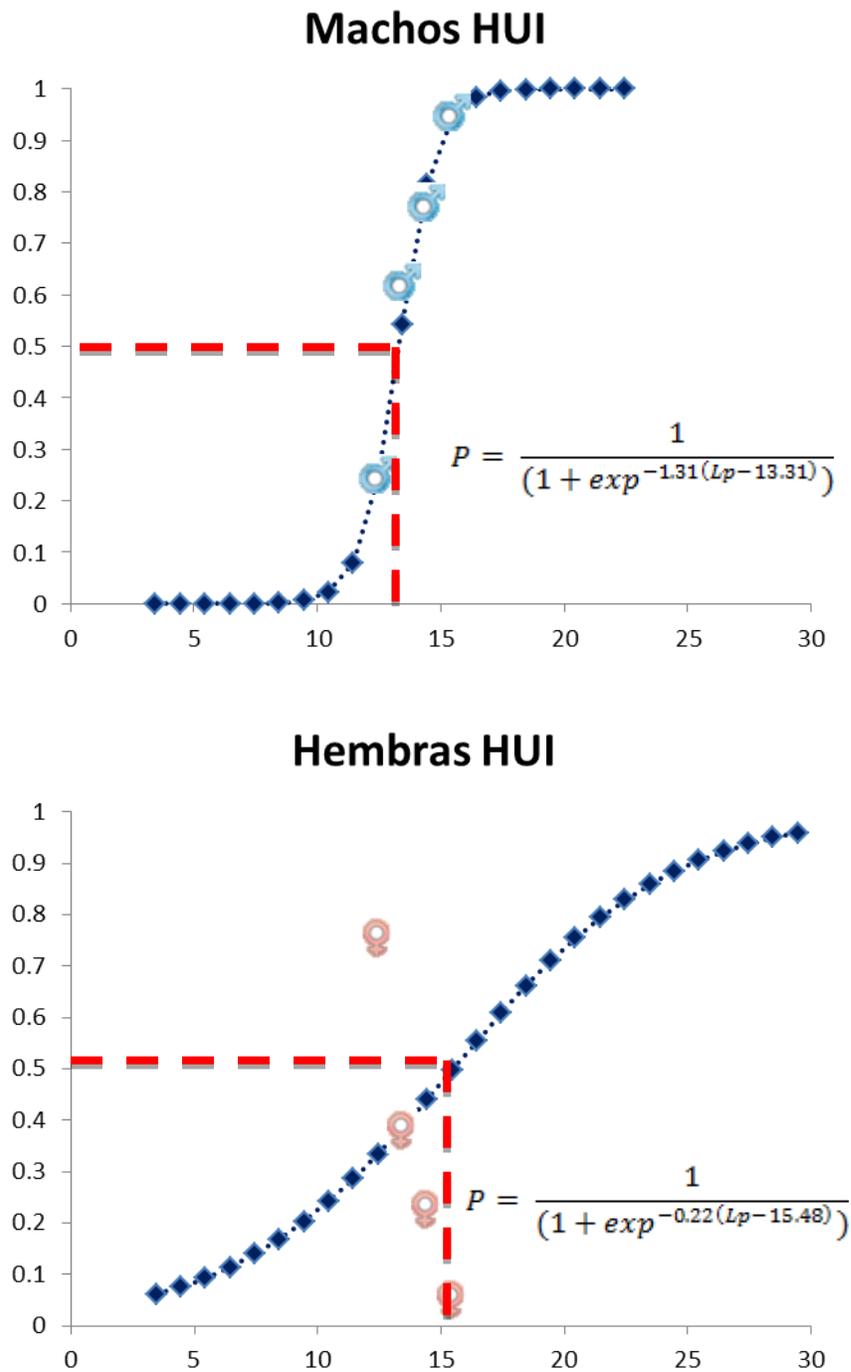


Figura 12. Talla de primera madurez de *Oreochromis niloticus* en Huitchila

Índice gonadosomático

Para determinar la época reproductiva se analizó la variación del índice gonadosomático (IGS), así como del índice hepatosomático (IHS) en hembras. Los resultados mostraron que en el periodo de estudio se mantuvo constante con un ligero aumento en los meses de septiembre (época de lluvias), enero a marzo (época de secas) en el caso de machos de AA; mientras que para los machos de HUI se nota aumento en enero y febrero, mayo (época de secas) y junio (época de lluvias) con lo que se puede establecer una cierta sincronía entre los machos de ambos bordos (Figura 13).

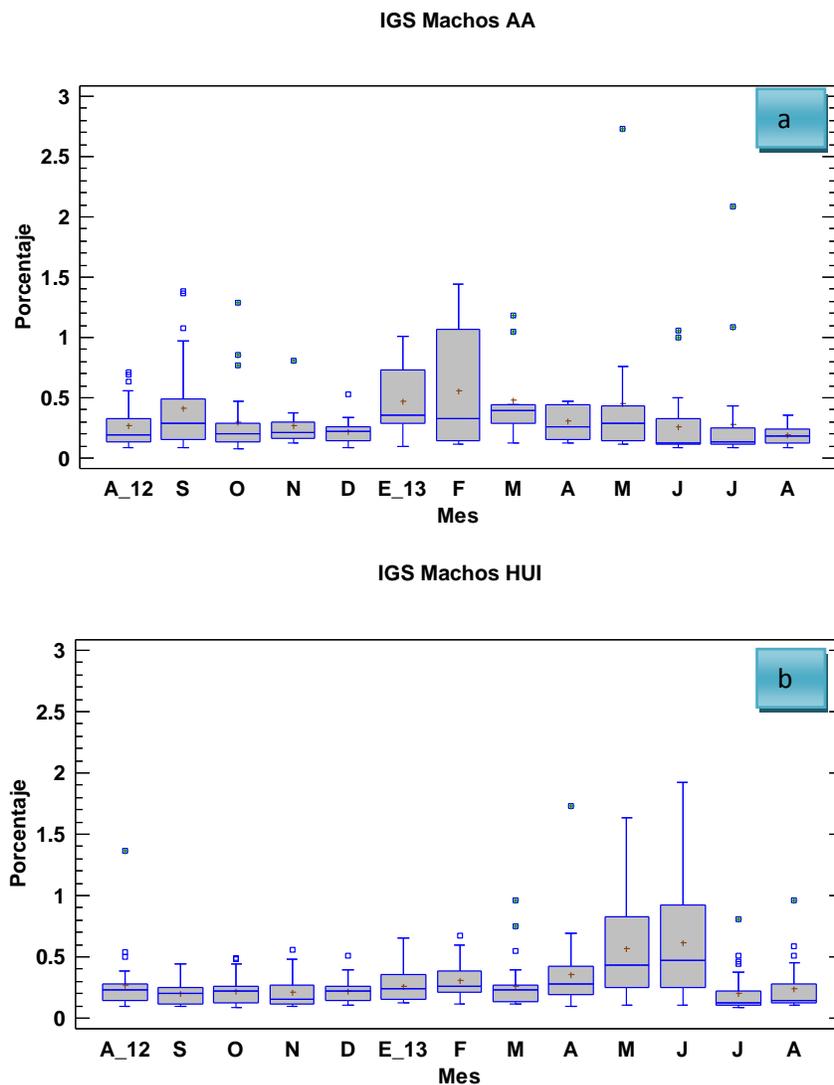


Figura 13. Índice Gonadosomático de machos del bordo Amate Amarillo (a) y Huitchila (b)

En el caso de las hembras de AA se presentan aumentos en los meses de octubre, enero, mayo (época de secas) y agosto (época de lluvias), y para las hembras del sistema de HUI es muy diferente ya que se mantiene constante a lo largo de todo el estudio, con ligeros aumentos en los meses de enero, marzo (época de secas) y agosto (época de lluvias), todos seguidos de disminuciones en su valor en los meses siguientes. El inconveniente para HUI es la cantidad de hembras capturadas, lo cual no permite una mejor apreciación del evento reproductivo. (Figura 14).

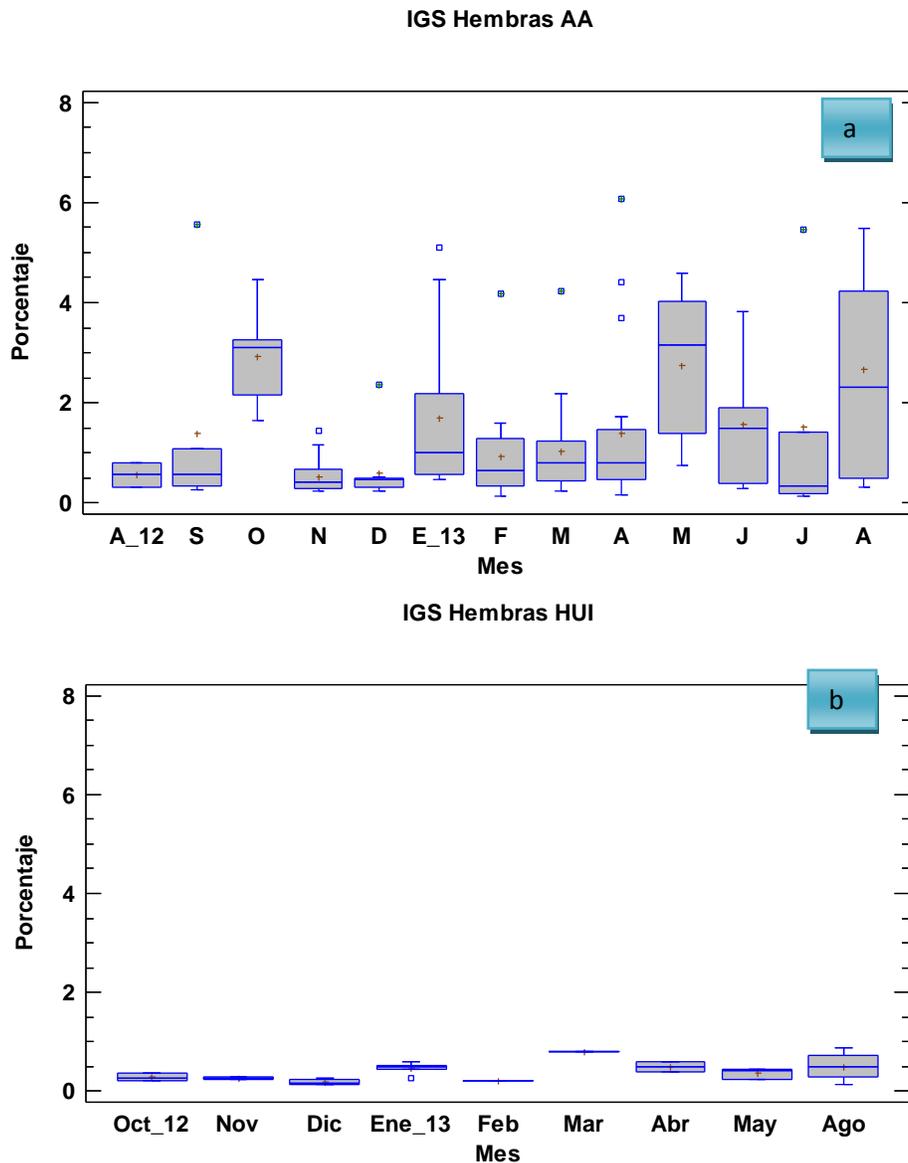


Figura 14. Índice gonadosomático de las hembras del bordo Amate Amarillo (a) y Huitchila (b)

Índice hepatosomático

El índice hepatosomático se muestra constante para las hembras del bordo Huitchila con un aumento perceptible en febrero y mayo (época de secas), en cambio en Amate Amarillo se observa que aumenta en los meses de septiembre (época de lluvias), enero y mayo (época de secas) (Figura 15).

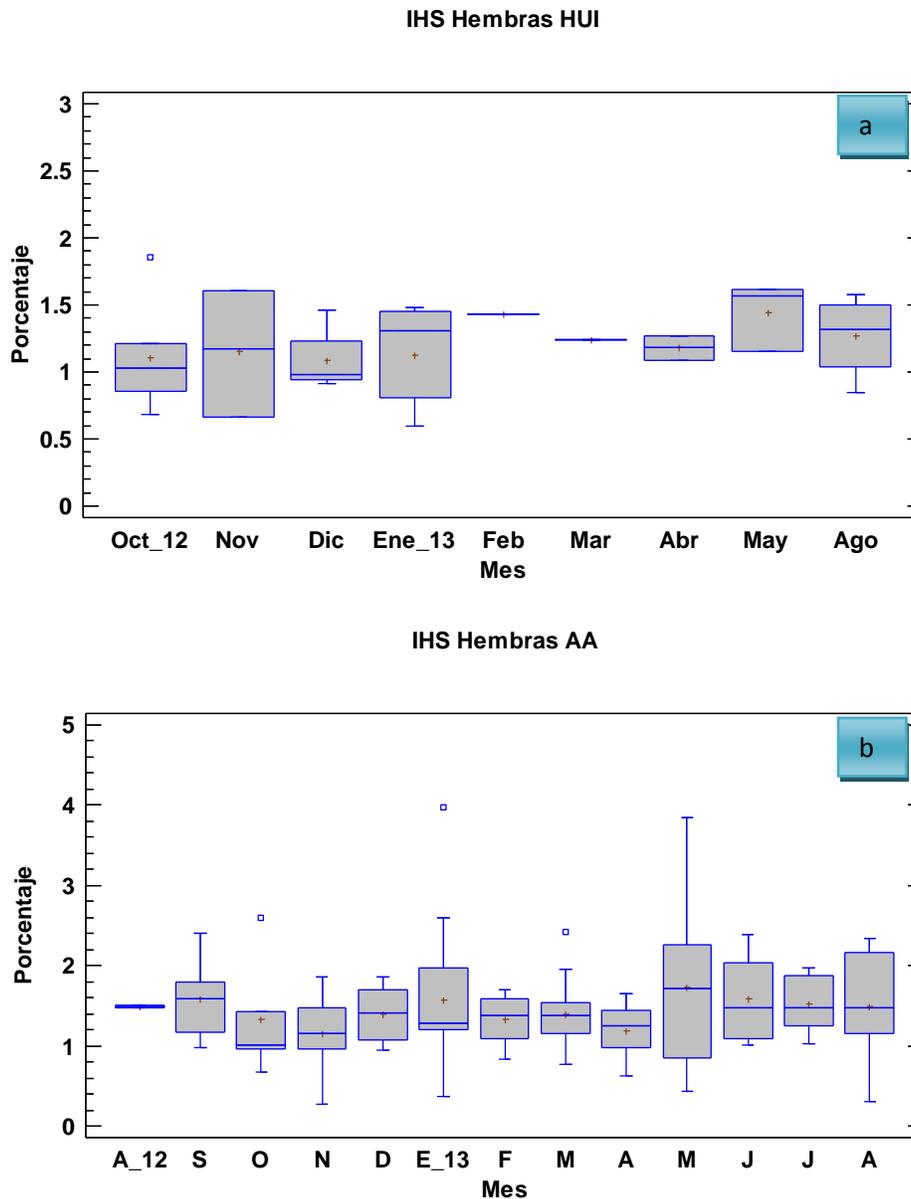


Figura 15. Índice Hepatosomático de hembras de *O. niloticus* de Huitchila (a) y Amate amarilla (b)

Estadios de maduración

En el sistema Amate Amarillo se observó que para los machos se pueden identificar cinco épocas de reproducción uno en septiembre, noviembre, enero, marzo y agosto del 2013. Hembras y machos en estadio II, se pueden encontrar en cualquier época del año. En el caso de las hembras se registraron cuatro épocas de reproducción en octubre, enero, mayo y agosto del 2013. Asimismo, se puede apreciar que el número de organismos en estadio III aumenta al comenzar la época de reproducción (Figura 16).

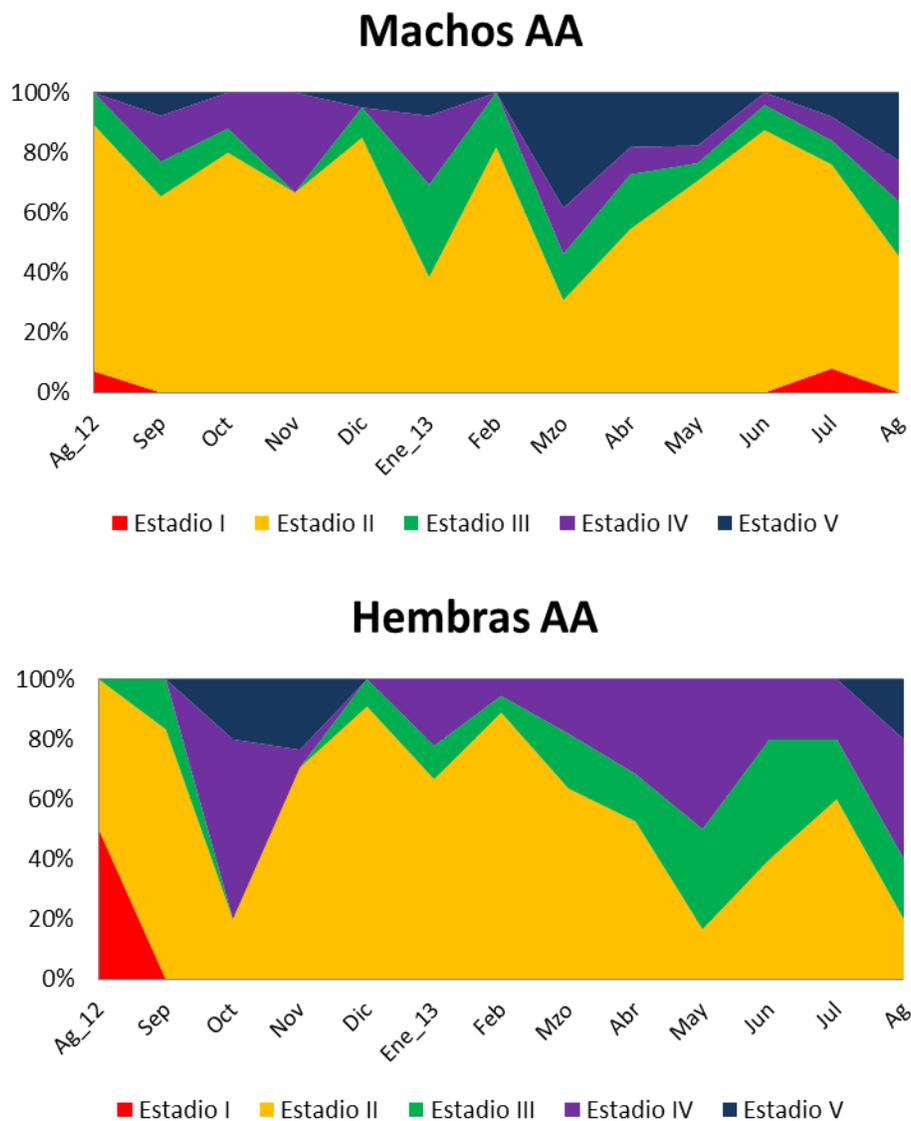


Figura 16. Estadios de maduración de *O. niloticus* en Amate Amarillo

En el caso de Huitchila se registraron hembras en su mayoría en estadio II, solo una hembra en estadio III y una en estadio IV en agosto del 2013. Para los machos el mayor número de organismos se encuentra en Estadio II y se distinguen dos periodos de los organismos en estadio IV, lo que marca dos épocas reproductivas una en febrero y otra de abril-julio (Figura 17).

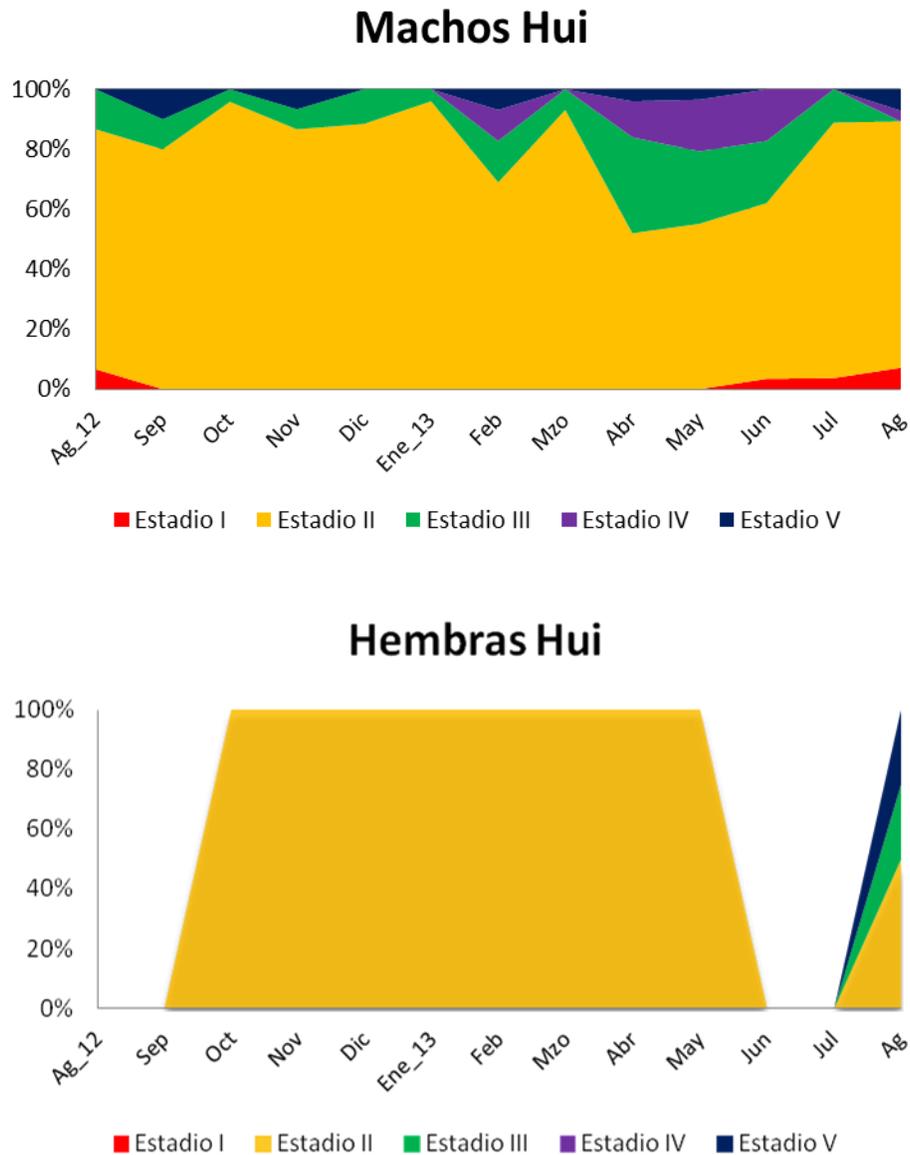


Figura 17. Estadios de maduración de *O. niloticus* en Huitchila

Hembras

En la tabla 5 se muestran los valores obtenidos de la biometría de los ovarios por estadio de los organismos de Amate Amarillo. La longitud mínima del ovario izquierdo fue 14.9 mm que corresponde a un organismo en estadio II mientras que el máximo fue de 34.7 mm para un organismo en estadio V. El diámetro mínimo fue de 0.7 mm para un organismo en estadio II y el máximo de 12.0 mm corresponde a un organismo en estadio IV ambos de ovario izquierdo. En cuanto al peso el mínimo que se registro fue de 0.08 g en estadio II y el máximo 3 g en estadio IV.

Tabla 5. Biometría de ovarios de *Oreochromis niloticus* en Amate Amarillo

| Madurez gonádica | Longitud Ovario Izquierdo (mm) | | | Diámetro Ovario Izquierdo (mm) | | |
|------------------|--------------------------------|------|----------|--------------------------------|------|----------|
| | Min. | Max. | Promedio | Min. | Max. | Promedio |
| II | 14.9 | 34.5 | 22.9 | 0.7 | 7.7 | 3.2 |
| III | 17.9 | 56.4 | 27.3 | 2.3 | 11.2 | 4.9 |
| IV | 16.3 | 43.2 | 31.6 | 3.1 | 12.0 | 6.8 |
| V | 20.6 | 33.8 | 26.5 | 2.8 | 6.9 | 4.1 |

| Madurez gonádica | Longitud Ovario Derecho (mm) | | | Diámetro Ovario Derecho (mm) | | |
|------------------|------------------------------|------|----------|------------------------------|------|----------|
| | Min. | Max. | Promedio | Min. | Max. | Promedio |
| II | 16.6 | 36.8 | 24.6 | 1.1 | 6.8 | 3.4 |
| III | 18.5 | 57.2 | 28.6 | 2.4 | 16.5 | 5.2 |
| IV | 21.1 | 45.9 | 33.2 | 5.1 | 10.3 | 7.6 |
| V | 23.2 | 34.7 | 20.1 | 1.7 | 5.2 | 4.2 |

| Madurez gonádica | Peso Ovario Izquierdo (g) | | | Peso Ovario Derecho (g) | | |
|------------------|---------------------------|------|----------|-------------------------|------|----------|
| | Min. | Max. | Promedio | Min. | Max. | Promedio |
| II | 0.08 | 0.29 | 0.2 | 0.08 | 0.56 | 0.2 |
| III | 0.2 | 1.6 | 0.5 | 0.3 | 1.2 | 0.5 |
| IV | 0.4 | 2.2 | 1.2 | 0.6 | 3.0 | 1.3 |
| V | 0.07 | 0.7 | 0.6 | 0.08 | 0.8 | 0.7 |

Los valores registrados de la biometría de los ovarios de los organismos en Huitchila se presentan en la Tabla 6, en donde se puede apreciar que la longitud mínima del ovario izquierdo fue 13.0 mm y la máxima de 43.7 mm que corresponde a organismos en estadio II. El diámetro mínimo fue de 1.2 mm corresponde a un organismo en estadio II y el máximo de 7.2 mm corresponde a un organismo en estadio III ambos de ovario derecho. En cuanto al peso, el valor mínimo que se registro fue de 0.04 g en estadio II y el máximo 0.33 g también en estadio II.

Tabla 6. Biometría de ovarios de *Oreochromis niloticus* en Huitchila

| Madurez gonádica | Longitud Ovario Izquierdo (mm) | | | Diámetro Ovario Izquierdo (mm) | | |
|------------------|--------------------------------|------|----------|--------------------------------|------|----------|
| | Min. | Max. | Promedio | Min. | Max. | Promedio |
| II | 13.0 | 43.7 | 20.3 | 1.2 | 4.1 | 2.76 |
| III | 23.8 | 24.8 | 24.3 | 3.3 | 4.4 | 3.9 |

| Madurez gonádica | Longitud Ovario Derecho (mm) | | | Diámetro Ovario Derecho (mm) | | |
|------------------|------------------------------|------|----------|------------------------------|------|----------|
| | Min. | Max. | Promedio | Min. | Max. | Promedio |
| II | 15.2 | 43.6 | 20.7 | 1.4 | 4.3 | 2.8 |
| III | 19.1 | 21.5 | 20.3 | 6.1 | 7.2 | 6.7 |

| Madurez gonádica | Peso Ovario Izquierdo (g) | | | Peso Ovario Derecho (g) | | |
|------------------|---------------------------|------|----------|-------------------------|------|----------|
| | Min. | Max. | Promedio | Min. | Max. | Promedio |
| II | 0.10 | 0.33 | 0.14 | 0.04 | 0.13 | 0.12 |
| III | 0.15 | 0.23 | 0.22 | 0.16 | 0.26 | 0.25 |

Fecundidad

El intervalo del número de óvulos fue de 179 a 483 óvulos y 509 a 987 óvulos, para ovarios en estadio II, en donde se registraron dos tipos de óvulos, los primeros con diámetro de 300-500 μm y los segundos con diámetro de 500-1000 μm . En el estadio tres se registraron tres tipos de óvulos con un diámetro de 400 a 900 μm , 1000 a 2000 μm y 2000 a 2800 μm , con promedios de 57, 110 y 67 óvulos respectivamente. En el estadio IV se pueden encontrar los óvulos con mayor diámetro 500 a 800 μm y 1200 a 1500 μm con un intervalo de 7 a 272 óvulos (Tabla 7).

Tabla 7. Variación del número y diámetro de óvulos de *Oreochromis niloticus* en Amate Amarillo

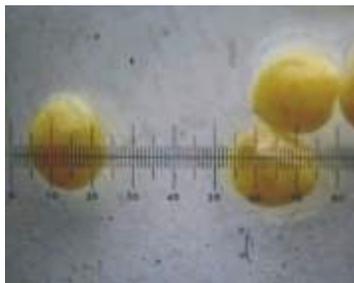
| AMATE AMARILLO | | | | |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Estadio | Intervalo del diámetro de óvulos (μm) | Promedio del diámetro de óvulos (μm) | Intervalo del número de óvulos | Promedio del número de óvulos |
| II | 300-500 | 356 | 179-483 | 343 |
| | 500-1000 | 725 | 509-987 | 659 |
| III | 400-900 | 780 | 33-94 | 57 |
| | 1000-2000 | 1230 | 25-214 | 110 |
| | 2000-2800 | 2300 | 10-122 | 67 |
| IV | 500-800 | 789 | 51-272 | 174 |
| | 1200-2500 | 1850 | 7-256 | 92 |

En el caso de Huitchila para las hembras en estadio II, se registraron dos tipos de óvulos, los cuales se encontraban con diámetro de 400 a 650 μm y 700 a 850 μm , con un promedio de número de óvulos de 169 y 188 respectivamente y en estadio III se observaron tres tipos de óvulos con un diámetro de 400 a 600 μm de 750 a 950 μm y 1100 a 1300 μm con un promedio de número de óvulos de 136, 422 y 2 respectivamente (Tabla 8).

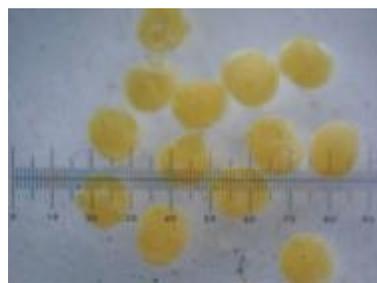
Tabla 8. Variación del número y diámetro de óvulos de *Oreochromis niloticus* en Huitchila

| HUITCHILA | | | | |
|------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Estadio | Intervalo del diámetro de óvulos (μm) | Promedio del diámetro de óvulos (μm) | Intervalo del número de óvulos | Promedio del número de óvulos |
| II | 400-650 | 545 | 101-326 | 169 |
| | 700-850 | 763 | 62-294 | 188 |
| III | 400-600 | 465 | 110-162 | 136 |
| | 750-950 | 874 | 240-603 | 422 |
| | 1100-1300 | 1200 | 2 | 2 |

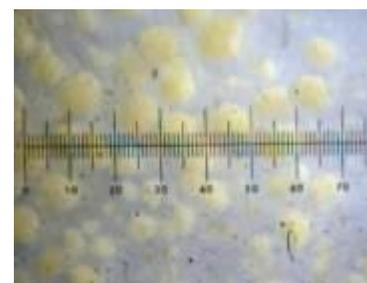
Se observaron tres tipos de óvulos en los diferentes estadios:



2000 - 3000 μm



1000 – 2000 μm



< 1000 μm

Figura 18. Intervalos de tallas de los óvulos observados de *Oreochromis niloticus*.

Fecundidad relativa

La fecundidad relativa mostro mayor relación con el peso total en Amate Amarillo ($R^2= 0.1133$) que la longitud patrón ($R^2=0.0037$). Para Huitchila el peso tuvo mayor correlación con el número de óvulos ($R^2=0.142$), que la longitud patrón ($R^2= 0.003$). Para los organismos de ambos sistemas la regresión indica que a mayor peso de la hembra mayor cantidad de óvulos (Figura 19 y 20).

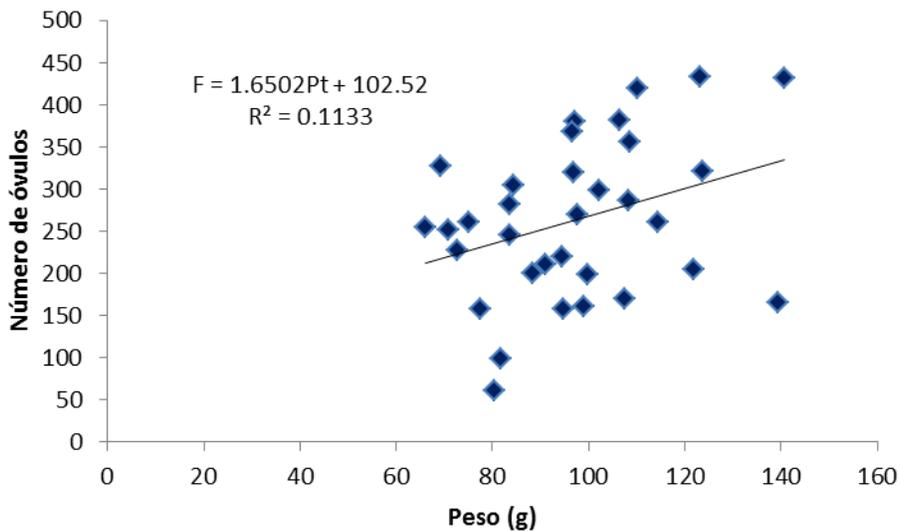


Figura. 19 Comportamiento de la fecundidad relativa para las hembras de *Oreochromis niloticus* en el bordo Amate Amarillo

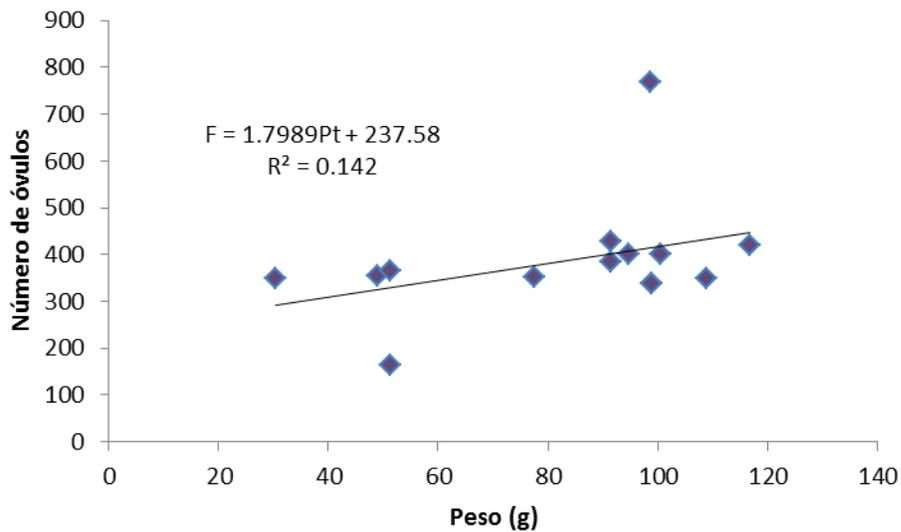


Figura. 20 Comportamiento de la fecundidad relativa para las hembras de *Oreochromis niloticus* en el bordo Huitchila

Fecundidad media

La fecundidad media de Amate Amarillo está dada por la siguiente expresión:

$$\Phi_{DS} = \frac{1}{34 \sum_{j=1}^n 2.099Lp^{1.4476}}$$

La fecundidad media es de 262 óvulos, con un conteo mínimo de 61 óvulos y máximo de 433 óvulos. La longitud de las hembras fue de 12.2 cm a 16.8 cm de longitud patrón.

La fecundidad media de Huitchila está dada por la siguiente expresión:

$$\Phi_{DS} = \frac{1}{12 \sum_{j=1}^n 2.5127Lp^{0.6381}}$$

La fecundidad media es de 389 óvulos, con un conteo mínimo de 163 óvulos y máximo de 767 óvulos. La longitud de las hembras fue de 11 cm a 17.7 cm de longitud patrón.

En la tabla 9 se hace una descripción macroscópica de los diferentes estadios de los ovarios de *Oreochromis niloticus* principalmente para AA, debido a la poca abundancia de hembras en HUI. El tamaño de los ovarios va aumentando si avanza de estadio, así como el tamaño de los óvulos. La longitud máxima se presenta en el estadio IV ya que es antes del desove y todos los óvulos están listos para ser fertilizados, en este estadio también se registra el mayor peso.

Tabla 9. Descripción macroscópica de los ovarios de *Oreochromis niloticus* por estadio

| Estadio | Descripción Macroscópica |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p data-bbox="264 747 282 772">II</p>  | <p data-bbox="708 638 1399 772">Longitud de 13 mm a 43.7 mm, diámetro de 0.7 mm a 7.7 mm, peso de 0.08 g a 0.56 g. Coloración rosácea translúcida. Ocupan un tercio de la longitud de la cavidad abdominal. Se registraron óvulos : > 1000 μm</p> |
| <p data-bbox="264 1066 282 1092">III</p>  | <p data-bbox="708 928 1399 1096">Longitud de 17.9 mm a 57.2 mm, diámetro de 2.3 mm a 16.6 mm, peso de 0.15 g a 1.6 g. Coloración rosácea amarilla. Ocupan un tercio de la cavidad abdominal. Se registraron tres tipos de óvulos : <1000 μm , 1000 a 2000 μm y de 2000 μm a 3000 μm.</p> |
| <p data-bbox="264 1360 282 1386">IV</p>  | <p data-bbox="708 1255 1399 1423">Longitud de 16.3 mm a 45.9 mm, diámetro de 3.1 a 12 mm, peso de 0.4 g a 3 g. Coloración amarilla con vasos sanguíneos superficiales visibles. Ocupa dos tercios de la cavidad abdominal. Se registraron dos tamaños de óvulos: > 1000 μm y de 2000 μm a 3000 μm.</p> |
| <p data-bbox="264 1577 282 1602">V</p>  | <p data-bbox="708 1509 1399 1635">Longitud de 20.6 a 34.7 mm, diámetro de 1.7 a 6.9 mm, peso de 0.07 g a 0.8 g. Coloración blanco translucido. Se registraron óvulos de < 1000μm y uno o dos óvulos de 2000 μm a 3000 μm.</p> |

Machos

La longitud mínima de testículo en Amate Amarillo fue 15.9 mm que corresponde a un organismo en estadio II en testículo izquierdo mientras que el máximo fue de 69.2 mm para un organismo en estadio V en el testículo derecho. El diámetro mínimo fue de 0.1 mm en un organismo en estadio II y el máximo de 7.5 mm que fue de organismo en estadio IV. En cuanto al peso, el mínimo que se registro fue de 0.006 g en estadio II y el máximo 0.63 g en estadio IV (Tabla 10).

Tabla 10. Biometría de testículos de *Oreochromis niloticus* en Amate Amarillo

| Madurez gonádica | Longitud Testículo Izquierdo (mm) | | | Diámetro Testículo Izquierdo (mm) | | |
|------------------|-----------------------------------|------|----------|-----------------------------------|------|----------|
| | Min. | Max. | Promedio | Min. | Max. | Promedio |
| II | 15.9 | 50.2 | 32.9 | 0.1 | 1.5 | 1.39 |
| III | 29.2 | 54.4 | 38.74 | 0.6 | 4.4 | 2.33 |
| IV | 32.6 | 66.1 | 44.7 | 1.2 | 7.5 | 3.34 |
| V | 15.1 | 65.5 | 38.15 | 0.9 | 4.4 | 2.32 |

| Madurez gonádica | Longitud Testículo Derecho (mm) | | | Diámetro Testículo Derecho (mm) | | |
|------------------|---------------------------------|------|----------|---------------------------------|------|----------|
| | Min. | Max. | Promedio | Min. | Max. | Promedio |
| II | 20.6 | 57 | 35.69 | 0.1 | 2.8 | 1.52 |
| III | 28.0 | 55.3 | 42.02 | 0.9 | 4.3 | 0.18 |
| IV | 36.6 | 67 | 47.62 | 1.2 | 6.8 | 3.54 |
| V | 15.2 | 69.2 | 41.11 | 0.5 | 4.2 | 1.71 |

| Madurez gonádica | Peso Testículo Izquierdo (g) | | | Peso Testículo Derecho (g) | | |
|------------------|------------------------------|------|----------|----------------------------|------|----------|
| | Min. | Max. | Promedio | Min. | Max. | Promedio |
| II | 0.06 | 0.17 | 0.07 | 0.006 | 0.16 | 0.08 |
| III | 0.08 | 0.37 | 0.09 | 0.08 | 0.36 | 0.09 |
| IV | 0.06 | 0.54 | 0.33 | 0.05 | 0.63 | 0.30 |
| V | 0.02 | 0.12 | 0.06 | 0.03 | 0.10 | 0.07 |

La longitud mínima de los testículos de la tilapia en Huitchila fue 14.2 mm que corresponde a un organismo en estadio II en testículo izquierdo, mientras que el máximo fue de 64 mm de un organismo en estadio IV en el testículo derecho. El diámetro mínimo fue de 0.1 mm para un organismo en estadio II y el máximo de 5.8 mm para un pez en estadio IV. El peso mínimo que se registro fue de 0.001 g en estadio II y el máximo 0.84 g en estadio IV (Tabla 11).

Tabla 11. Biometría de testículos de *Oreochromis niloticus* en Huitchila

| Madurez gonádica | Longitud Testículo Izquierdo (mm) | | | Diámetro Testículo Izquierdo (mm) | | |
|------------------|-----------------------------------|------|----------|-----------------------------------|------|----------|
| | Min. | Max. | Promedio | Min. | Max. | Promedio |
| II | 14.2 | 49.2 | 31.01 | 0.2 | 4.2 | 1.35 |
| III | 28.0 | 48.7 | 38.23 | 0.7 | 4.9 | 2.44 |
| IV | 27.5 | 59.2 | 40.81 | 0.9 | 4.4 | 2.80 |
| V | 24.3 | 44.6 | 34.15 | 0.7 | 3.4 | 1.65 |

| Madurez gonádica | Longitud Testículo Derecho (mm) | | | Diámetro Testículo Derecho (mm) | | |
|------------------|---------------------------------|------|----------|---------------------------------|------|----------|
| | Min. | Max. | Promedio | Min. | Max. | Promedio |
| II | 15.0 | 54.0 | 32.7 | 0.1 | 5.1 | 1.52 |
| III | 30.8 | 54.3 | 39.02 | 0.7 | 4.6 | 2.45 |
| IV | 30.1 | 64.0 | 41.01 | 0.7 | 5.8 | 2.93 |
| V | 24.8 | 46.0 | 37.15 | 0.4 | 3.9 | 1.8 |

| Madurez gonádica | Peso Testículo Izquierdo (g) | | | Peso Testículo Derecho (g) | | |
|------------------|------------------------------|------|----------|----------------------------|------|----------|
| | Min. | Max. | Promedio | Min. | Max. | Promedio |
| II | 0.001 | 0.48 | 0.08 | 0.006 | 0.44 | 0.12 |
| III | 0.06 | 0.67 | 0.22 | 0.07 | 0.57 | 0.23 |
| IV | 0.02 | 0.80 | 0.30 | 0.02 | 0.84 | 0.30 |
| V | 0.04 | 0.23 | 0.08 | 0.02 | 0.16 | 0.08 |

En la tabla 12 se hace una descripción morfológica macroscópica de los testículos de los organismos de *Oreochromis niloticus*. Estos se alargan si el estadio avanza, incluso llegan a enroscarse en la cavidad abdominal cuando han alcanzado la máxima talla y están listos para la reproducción, el diámetro se incrementa; al llegar al estadio V disminuyen ambas medidas.

Tabla 12. Descripción morfológica macroscópica de los testículos de los organismos de *Oreochromis niloticus*

| Estadio | | Descripción macroscópica |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| II |  | <p>Longitud de 14.2 mm a 57 mm, diámetro de 0.1 mm a 5.1 mm, peso de 0.001 g a 0.44 g. Color blanzuzco a opaco. Ocupan una decima parte de la cavidad abdominal.</p> |
| III |  | <p>Longitud de 28 mm a 54.4 mm, diámetro de 0.6 mm a 4.9 mm, peso de 0.06 g a 0.67 g. Color blanzuzco a crema. Ocupan un tercio de la cavidad abdominal.</p> |
| IV |  | <p>Longitud de 27.5 mm a 67 mm, diámetro de 0.9 mm a 6.5 mm, peso de 0.02 g a 0.84 g. Color blanzuzco a crema, lechosos. Ocupan la mitad de la cavidad abdominal.</p> |
| V |  | <p>Longitud de 15.1 mm a 69.2 mm, diámetro de 0.4 mm a 4.4 mm, peso de 0.02 g a 0.23 g. Color blanzuzco a crema con vasos sanguíneos superficiales, las paredes se encuentran flácidas.</p> |

Análisis Histológico

Ovarios

Estadio II

En este estadio se puede reconocer dos tipos de ovocitos, ovocitos primarios (OP) y ovocitos con alveolo cortical (OPac). Se puede apreciar la lamela ovárica. Ovocitos de 100 μm a 1000 μm y de 1001 μm a 2000 μm . El citoplasma es altamente basófilo (Rocha y Rocha, 2006) (Figura 21A). Ovocito primario en estado perinuclear, se observaron en la periferia del núcleo, numerosos nucléolo, así como cromosomas plumosos. Se observaron las células de la teca y de la granulosa (Figura 21B).

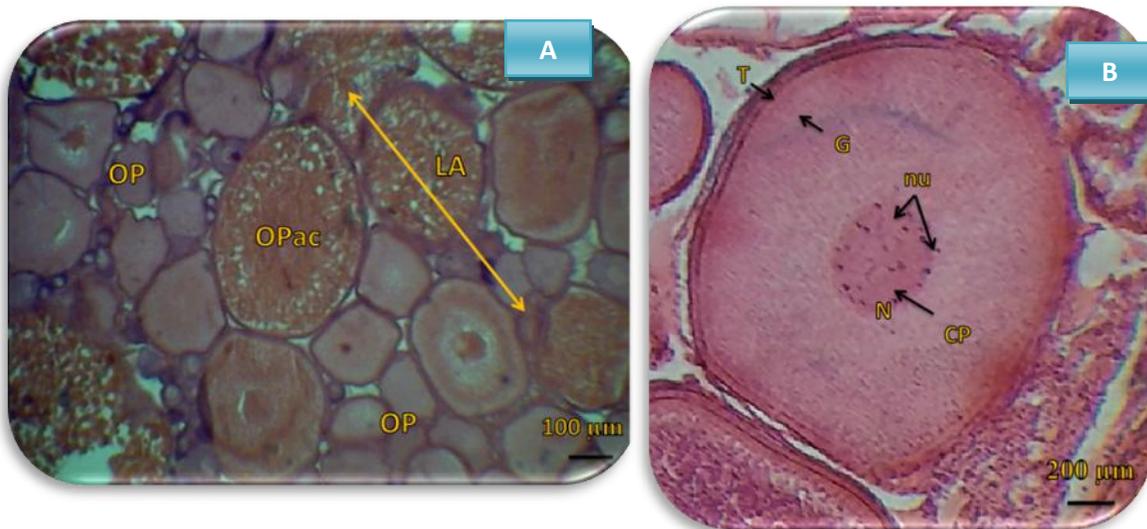


Figura. 21 (A) Fotografía de corte transversal de ovario de *Oreochromis niloticus* en estadio II (OP) ovocito primario, (OPac) ovocito primario con alveolo cortical, (LA) lamela ovárica (10X). (B) ovocito primario de *Oreochromis niloticus*. (CP) cromosomas plumosos, (N) núcleo, (nu) nucléolos, (G) células de la granulosa, (T) células de la teca (40X)

Estadio III

En este estadio se pueden observar tres tipos de ovocitos: ovocito primario con alveolo cortical (OPac), ovocito secundario (OS), ovocito secundario temprano (OSt), y ovocito terciario (OT). En este estadio se duplica el tamaño de los ovocitos. La vesícula germinal se encuentra en el centro (Figura 22).



Figura 22 Micrografía de corte transversal de ovario de *Oreochromis niloticus* en estadio III. (OPac) ovocito primario con alveolo cortical, (OSt) ovocito secundario temprano, (OS) ovocito secundario, (VG) vesícula germinal, (PO) pared del ovario, (OT) ovocito terciario (4X)

En la figura 23 A es un ovocito secundario completamente desarrollado, se observa el desarrollo de la zona pelúcida, los glóbulos de vitelo y las células de la teca. Durante este estadio se visualizan ambas capas, las células de la granulosa y las células de la teca, que están separadas por una membrana basal. En la figura 23B se observa un ovocito terciario, se diferencia la zona pelúcida claramente (ZP), los alveolos corticales (ac), los nucléolos (nu) y cromosomas plumosos (CP). El ovocito continúa creciendo, el citoplasma se vuelve acidófilo y los alveolos corticales comienzan a migrar a la periferia. Las capas del ovocito se desarrollan y se pueden ver fácilmente en bajo aumento.

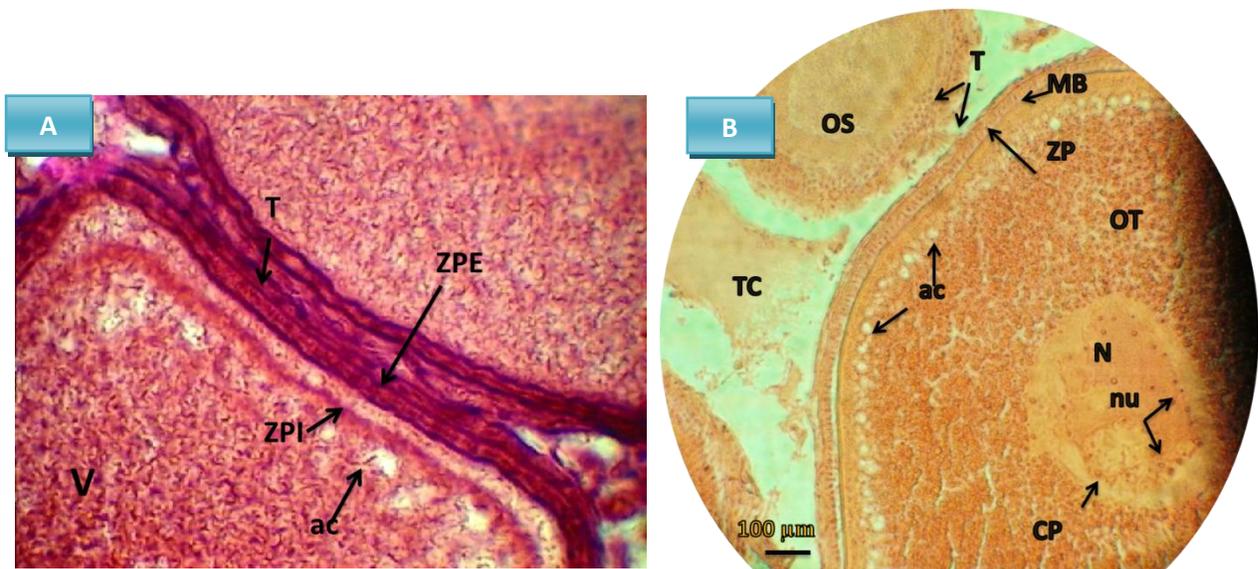


Figura 23. (A) Fotografía de ovocito secundario (40.5x) (B) Ovocito terciario de *Oreochromis niloticus* (40x), (ZPE) zona pelúcida externa, (ZPI) zona pelúcida interna, (T) células de la teca, (V) vitelo, (ac) alveolo cortical. (ZP) zona pelúcida, (OS) ovocito secundario, (OT) ovocito terciario, (N) núcleo, (nu) nucléolo, (CP) cromosomas plumosos, (TC) tejido conjuntivo

En este estadio el ovocito crece y llega a su máximo tamaño. El núcleo (círculo) comienza a migrar hacia el polo animal para después desintegrarse. Los gránulos de vitelo se compactan y terminan por fusionarse, las gotas de lípidos se encuentran en medio de los gránulos de vitelo. Finalmente las capas comienzan a colapsar y dan lugar a la ovulación (Figura 24 A). En la figura 24 B se encuentran los ovocitos maduros listos para ser liberados en el oviducto. En la figura 24 C se reconocen la zona pelúcida, las células de la granulosa, las células de la teca interna y externa.

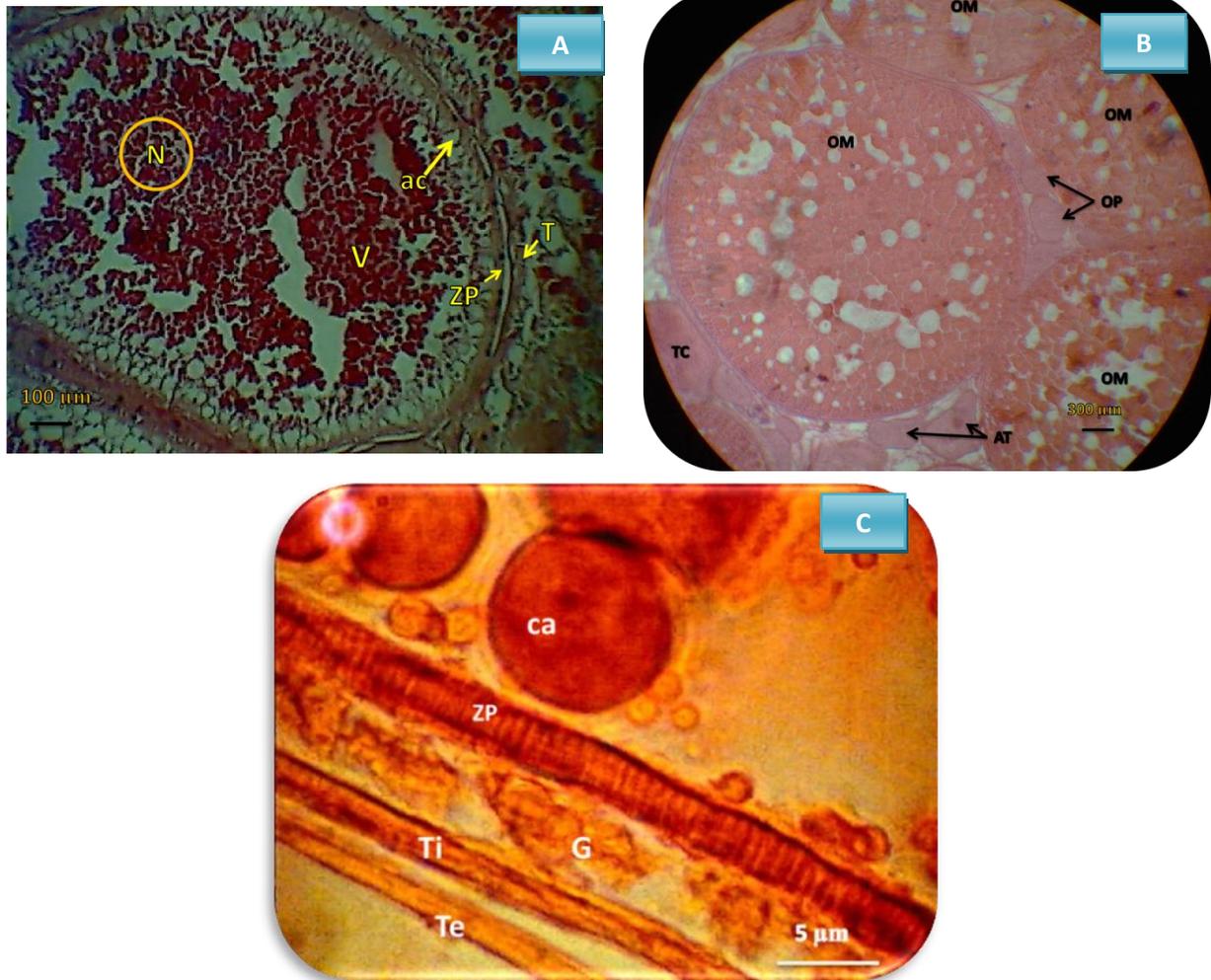


Figura 24 (A) Ovocito en su crecimiento final de *Oreochromis niloticus*. (40.5X) (B) Ovocitos maduros de *O. niloticus* (4X) (C) Capas de un ovocito terciario (100.5X), (OM) ovocito maduro, (AT) ovocito atrésico, (OP) ovocito primario, (N) núcleo, (T) células de la teca, (Ti) células de la teca interna, (Te) células de la teca externa, (V) vitelo, (ac) alveolo cortical, (ZP) zona pelúcida

Testículos

Estadio II

El testículo está rodeado por una membrana también llamada pared testicular, es un testículo de tipo lobular, separados por una delgada capa de fibras de tejido conectivo. La espermatogénesis comienza en la parte basal, donde se encuentran las espermatogonias, posteriormente los espermatocitos y por último las espermátidas que migran hacia el conducto deferente. En la figura 25 (A) se observa un testículo en estadio II con las principales estructuras. En la figura 25 (B) se observan las espermatogonias, los espermatocitos y las espermátidas.

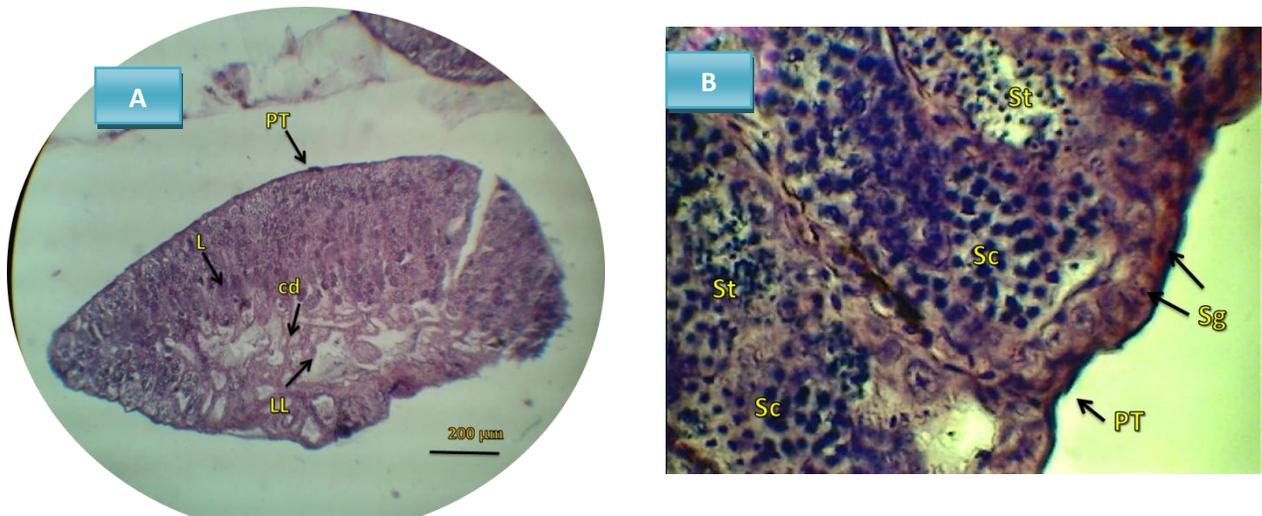


Figura 25 (A) Fotografía de corte transversal de testículo en estadio II de *Oreochromis niloticus* (10X) (B) Principales estructuras de testículo en estadio II de *Oreochromis niloticus*. (PT) pared testicular, (LL) lumen lobular, (L) lóbulos, (St) espermátidas, (Sc) espermatocitos, (Sg) espermatogonias, (cd) conducto deferente (40 X)

Estadio III

Se observa como al ir aumentando las espermátidas avanzan hacia los conductos deferentes para madurar, con el que se transforman a espermatozoides, se observan cúmulos de espermatozoides cuando son liberados y migran hacia el lumen lobular. El conducto deferente ocupa menos del tercio del testículo. Los espermatoцитos y las espermatogonias se han reducido en cantidad (Figura 26).

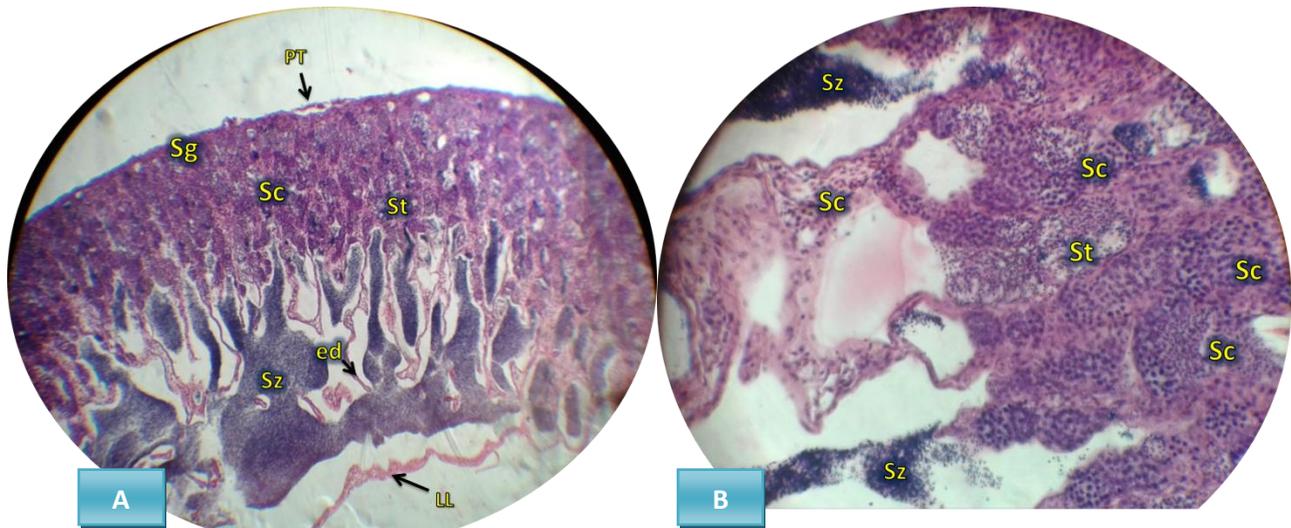


Figura 26. (A) Fotografía de corte transversal de testículo en estadio III de *O. niloticus*. (PT) pared testicular, (LL) lumen lobular, (cd) conducto deferente, (Sg) espermatogonias (10x) (B) se observan (Sc) Espermatoцитos, (St) espermátidas, (Sz) espermatozoides (40X)

Estadio IV

Se observa que el lumen lobular ocupa más de dos terceras partes, esto se debe a que los espermatozoides han aumentado, las espermátidas disminuyen y los espermatozoides se encuentran en la periferia del testículo. En esta etapa los espermatozoides migran al lumen lobular y prepararse para ser expulsados y fertilizar los óvulos (Figura 27).

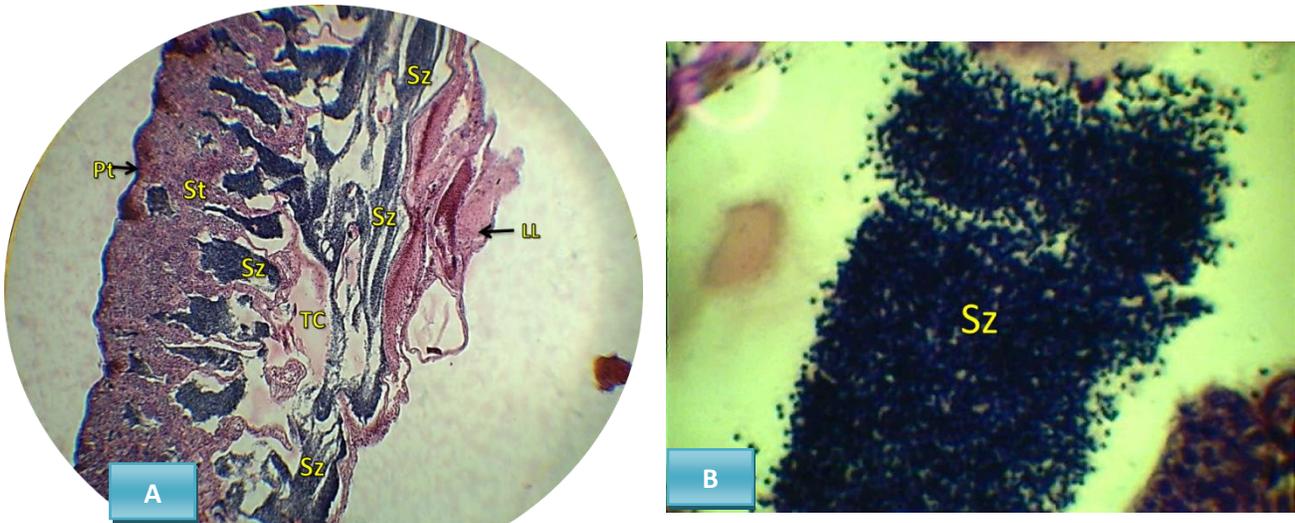


Figura 27. (A) Corte transversal de testículo en estadio IV de *Oreochromis niloticus*, se observa la (PT) pared testicular, (St) espermátidas, (Sz) espermatozoides, (LL) lumen lobular y (TC) tejido conjuntivo (10X). (B) Espermatozoides de *Oreochromis niloticus* (100x)

Parámetros físicos y químicos

Durante el tiempo de muestreo se registró la temperatura ambiental que fluctuó de 23 a 30 °C. La temperatura mínima se registró en el mes de septiembre del 2012 con 24.6 °C en el bordo Amate Amarillo y en Huitchila en agosto del 2012 con 23 °C, mientras que las temperaturas máximas se observaron en abril con 30 °C en Amate Amarillo y Huitchila con 29°C en el mes de marzo. La temperatura del ambiente presento fluctuaciones similares a la temperatura del agua durante la mayor parte del año, ésta oscilo entre 19 y 25 °C en ambos bordos lo que propicia un ambiente adecuado para que la especie crezca y se reproduzca (Figura 28).

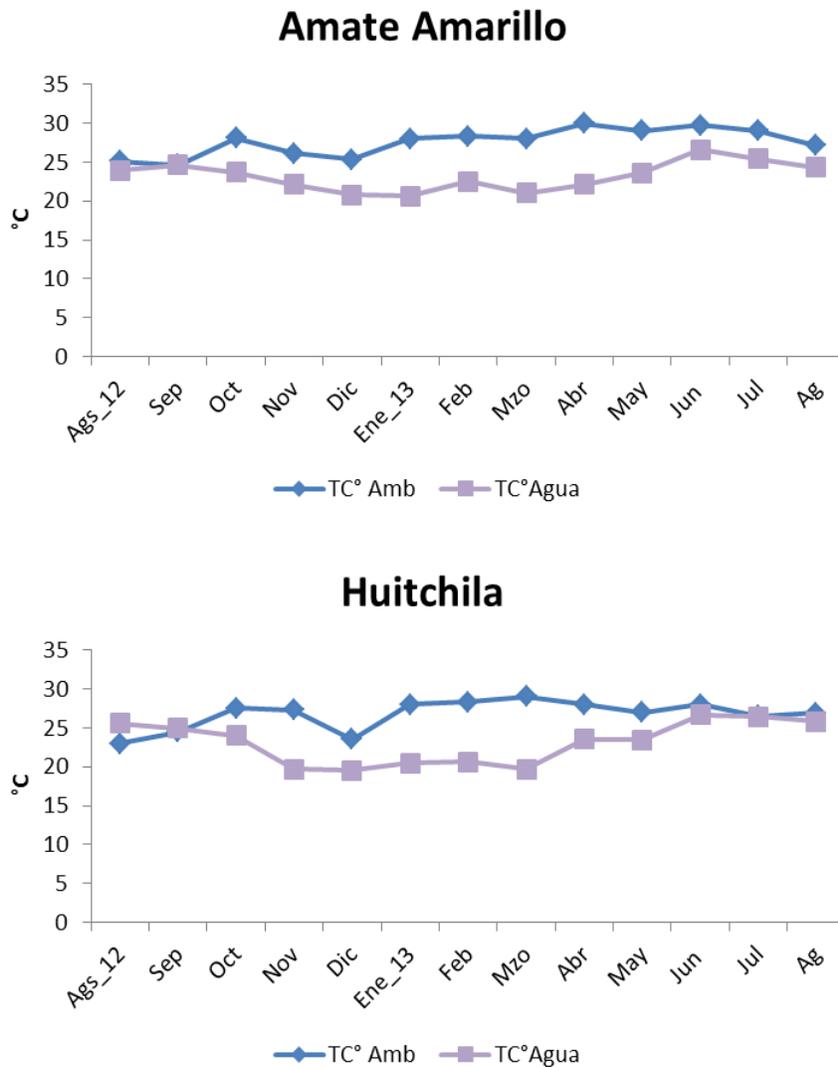


Figura 28. Comportamiento de Temperatura ambiental y la temperatura del agua en ambos bordos

Profundidad y visibilidad

La profundidad máxima del microreservorio Huitchila fue de 4.5 m, aumentando la transparencia conforme disminuye la profundidad, el cambio en la profundidad fue mayor en los meses de abril a junio debido a que se extrajo agua para la agricultura de la comunidad. En Amate Amarillo la profundidad también llegó a los 4.5 m, la transparencia se incrementó en la época se secas, además en los bordos existen otros factores que pueden influir en la disponibilidad del agua como es la infiltración y la tasa de evaporación (Figura 29).

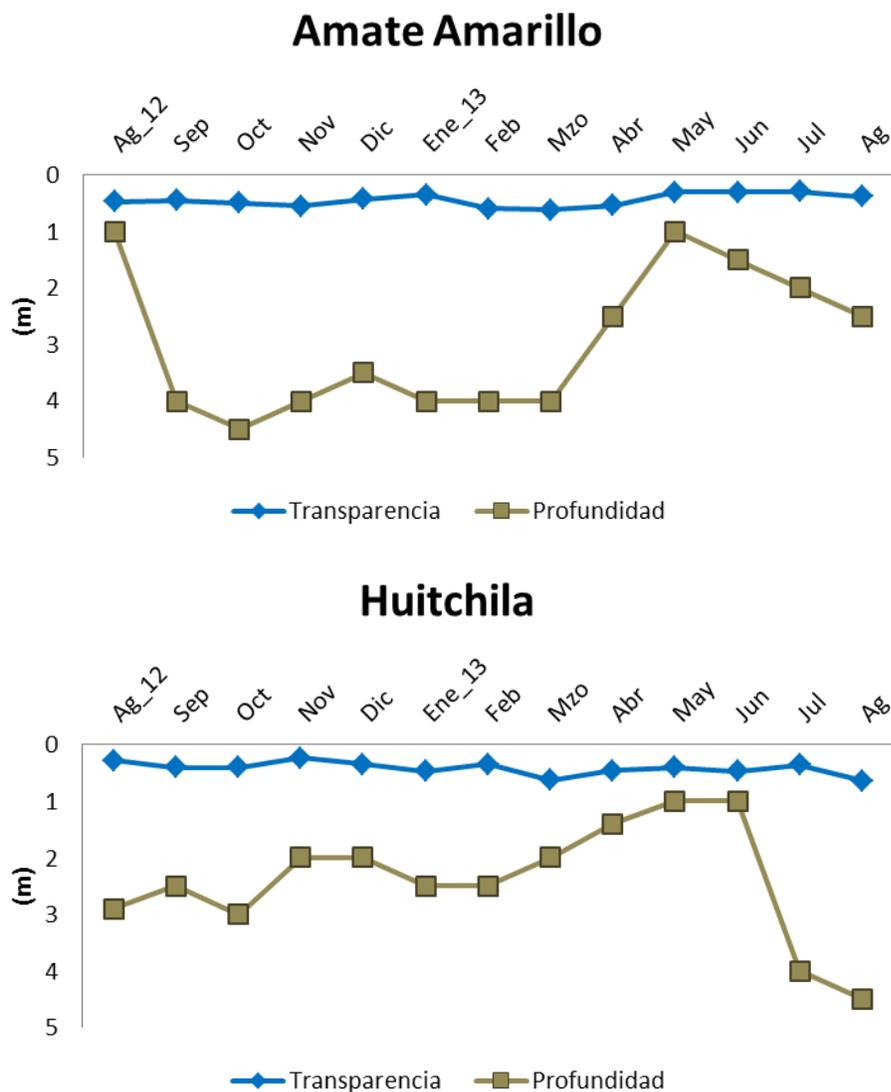


Figura 29. Comportamiento de la transparencia y profundidad en ambos bordos

Dureza, alcalinidad total y pH

Respecto a los valores de dureza total el valor máximo registrado en Huitchila fue de 310.5 mg CaCO₃/L y fue para el mes de noviembre y el mínimo en julio con 96.9 mg CaCO₃/L, se observan dos comportamientos, el primero que corresponde al final de la época de lluvias, la baja en las concentraciones de sales de calcio y magnesio que coincide con la época de secas, así como la disminución del agua en el sistema para actividades agrícolas. En cuanto a la alcalinidad los valores máximos se observaron en diciembre y mayo (205 mg CaCO₃/L) y el valor mínimo en agosto (128.75 mg CaCO₃/L). El pH se mantuvo en los intervalos de 8.33 a 9.12 unidades (Figura 30).

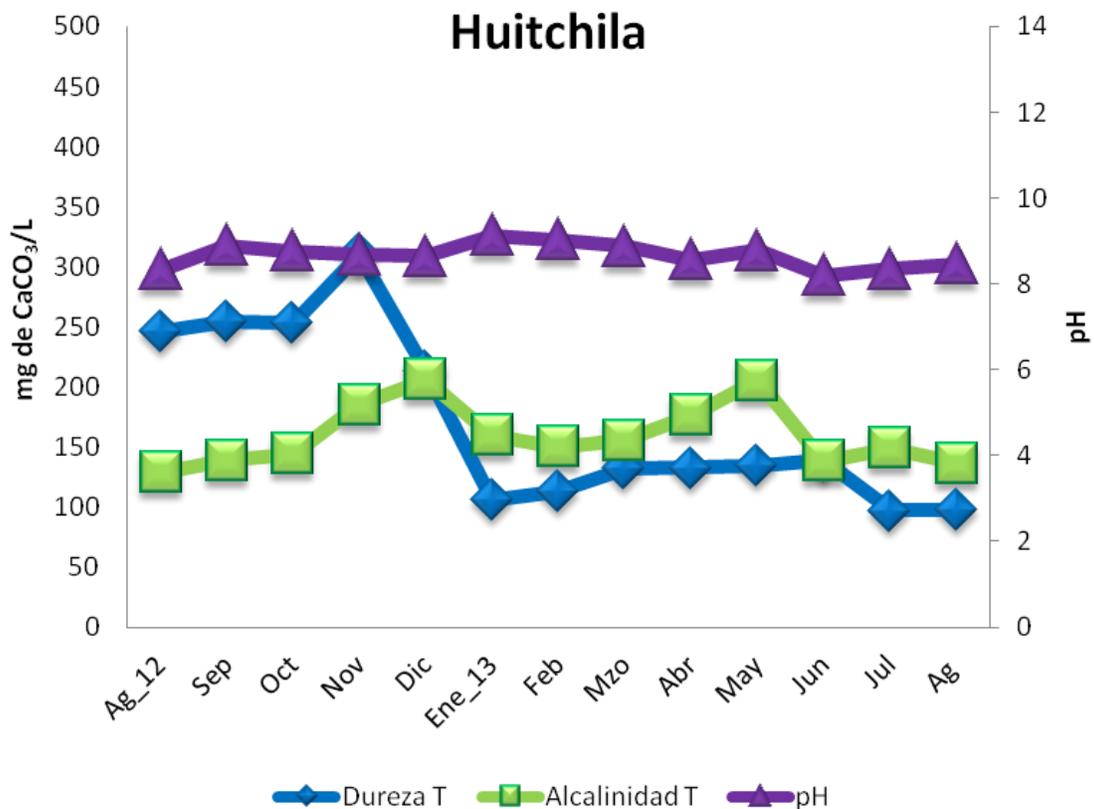


Figura 30. Comportamiento de la dureza total, alcalinidad total y pH en el bordo Huitchila

Los valores de la dureza total del agua de Amate Amarillo registró su valor máximo de 350 mg CaCO₃/L que se observó en el mes de agosto 2013 y el mínimo en febrero y julio con 106 mg CaCO₃/L, los que corresponden a la época de secas y otro a la época de lluvias respectivamente. En cuanto a la alcalinidad los valores máximos se observaron en abril (429 mg CaCO₃/L) y el valor mínimo en junio (41 mg CaCO₃/L). El pH se mantuvo en los intervalos de 7.4 a 8.4 unidades (Figura 31).

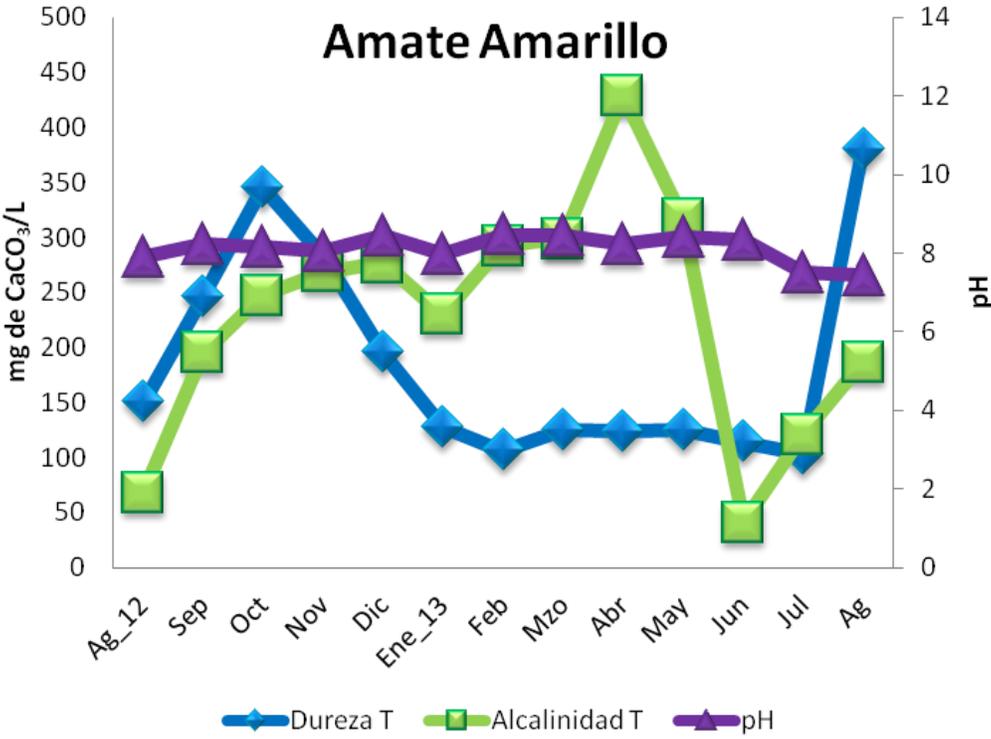


Figura 31. Comportamiento de la dureza total, alcalinidad total y pH en el bordo Amate Amarillo

Conductividad y sólidos disueltos

En cuanto a la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos (figura 32), se observaron los valores máximos en Huitchila en el mes de mayo (1350 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y los mínimos en octubre (898 $\mu\text{S}/\text{cm}$), en Amate Amarillo los valores máximos se encontraron en el mes de agosto (1383 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y los mínimos en el mes de octubre (781 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

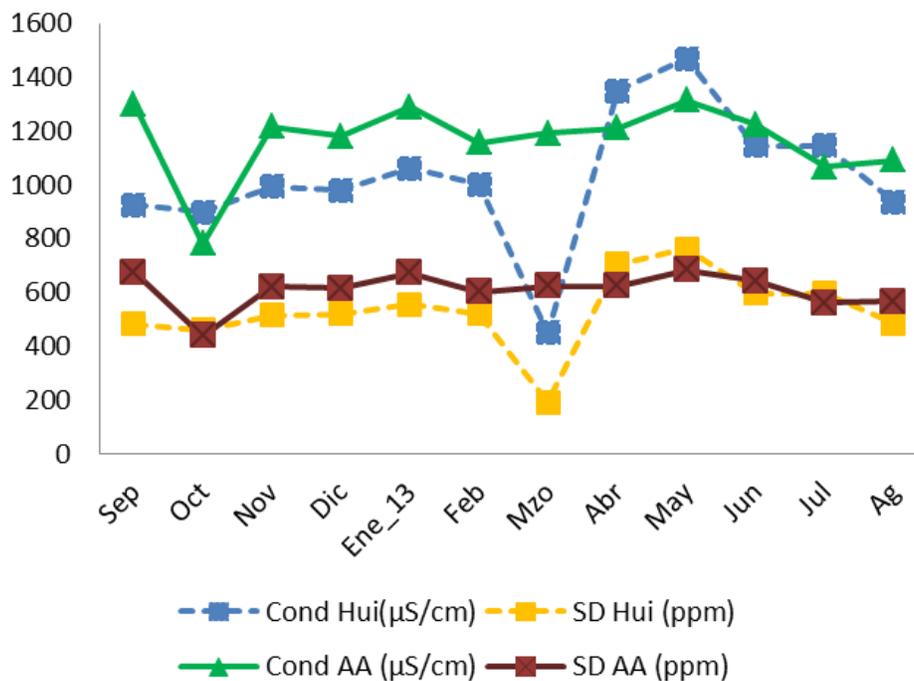


Figura 32. Conductividad y sólidos totales en ambos bordos

Amonio

El amonio en el sistema Huitchila varió de 0.03 a 0.38 mg/L con valores máximos en enero y mayo; en Amate Amarillo la concentración de este compuesto varió de 0.03 a 0.41 mg/L con máximos en octubre y enero. Estos niveles se encuentran por debajo de las concentraciones tóxicas para *O. niloticus* (Figura 33).

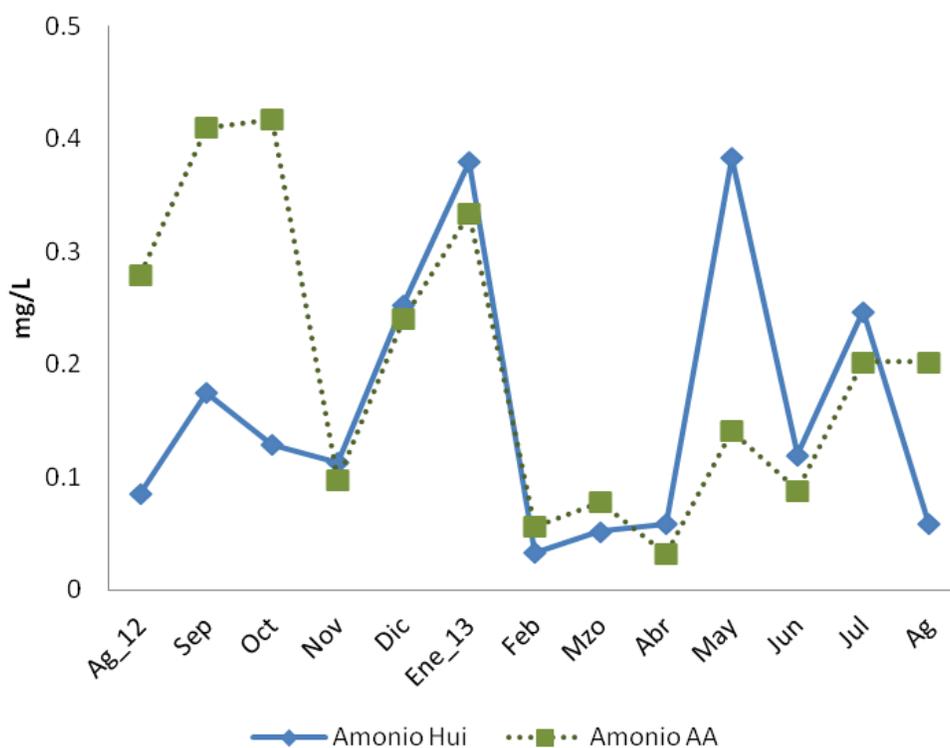


Figura 33. Amonio en ambos bordos periodo agosto de 2012 – agosto 2013

Temperatura del agua y Oxígeno disuelto

La temperatura y el oxígeno disuelto tienen una relación inversa, la concentración de oxígeno disuelto se registró en un intervalo de 5 a 9 mg/L en el sistema Huitchila, en Amate Amarillo osciló entre 8.4 a 14.8 mg/L (Figura 34).

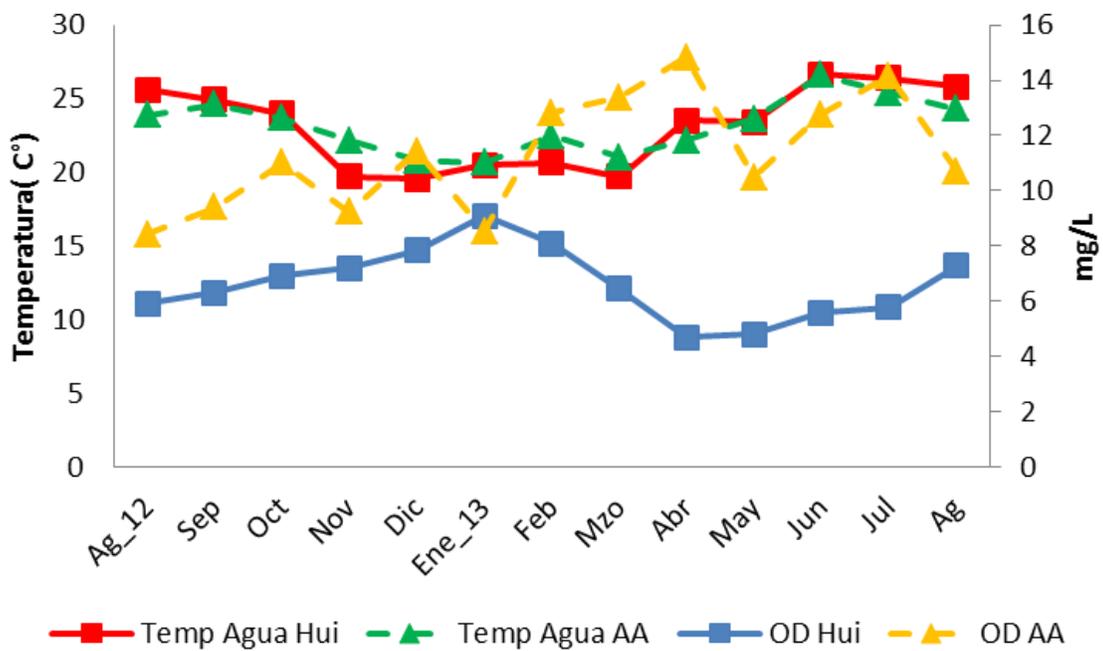


Figura 34. Temperatura del agua y oxígeno disuelto en ambos bordos

Índices biológicos

Se graficaron los índices biológicos contra la temperatura del agua para identificar su relación. Se puede observar que el IGS de las hembras presenta una tendencia al cambio de temperatura, y según este índice se pueden identificar tres épocas de reproducción en octubre, mayo y agosto del 2013 para Amate Amarillo y en Huitchila solo se observa un aumento en el IGS de las hembras en el mes de marzo, lo que concuerda con el IH ya que un mes antes disminuye. El IGS de machos en ambos bordos se observan tres épocas de reproducción (Figura 35).

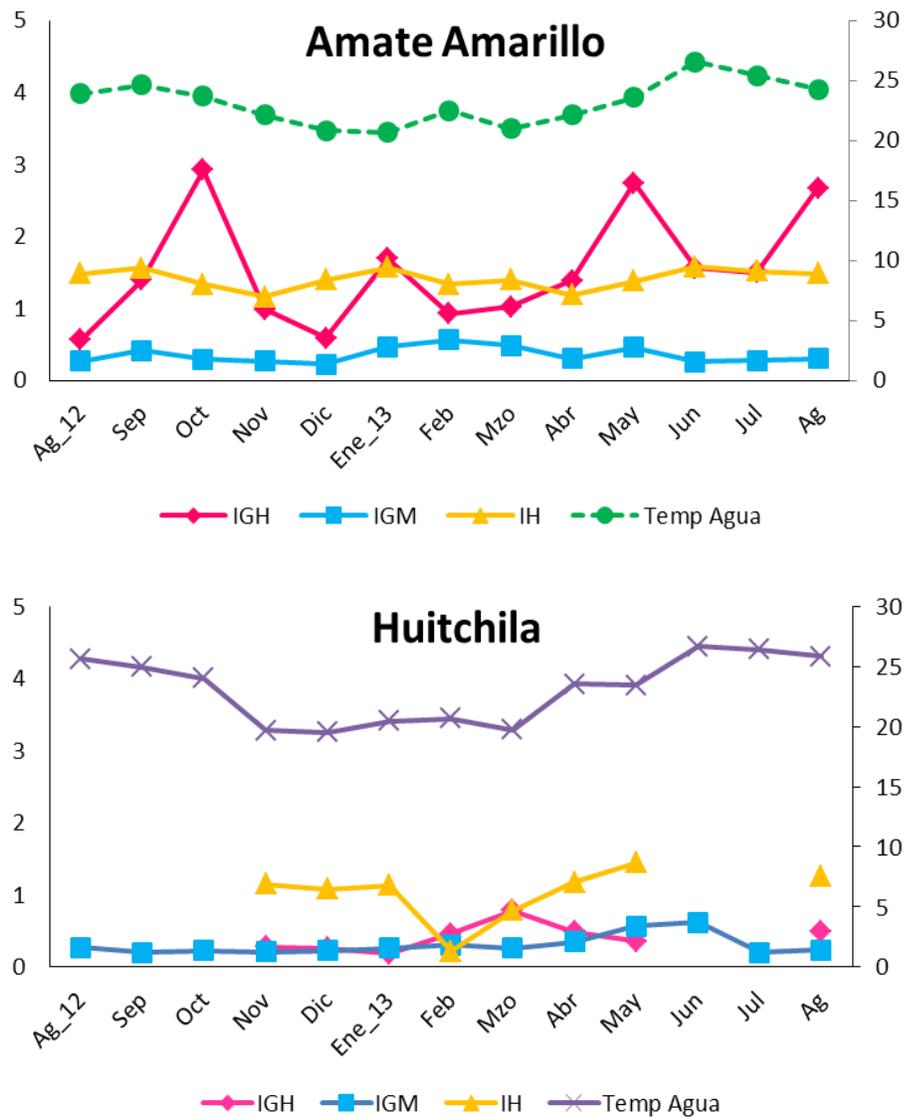


Figura 35. Índices biológicos con temperatura del agua

Índices biológicos y clorofila

Los valores de clorofila "a" se encuentran entre los 5.03 y 36.97 $\mu\text{g/L}$; en febrero se registró la concentración más baja (5.03 $\mu\text{g/L}$) y el valor máximo en agosto 2013 (36.97 $\mu\text{g/L}$) para el bordo Amate Amarillo, en Huitchila los valores se encuentran entre 6.34 y 33.37 $\mu\text{g/L}$, el valor mínimo se registró en octubre (6.34 $\mu\text{g/L}$) y el máximo en mayo (33.37 $\mu\text{g/L}$). Se observa que al haber un aumento en la concentración de la clorofila corresponde a aumentos el índice gonadosomático, lo cual facilita el desarrollo de los peces con alimento durante la temporada de secas (Figura 36).

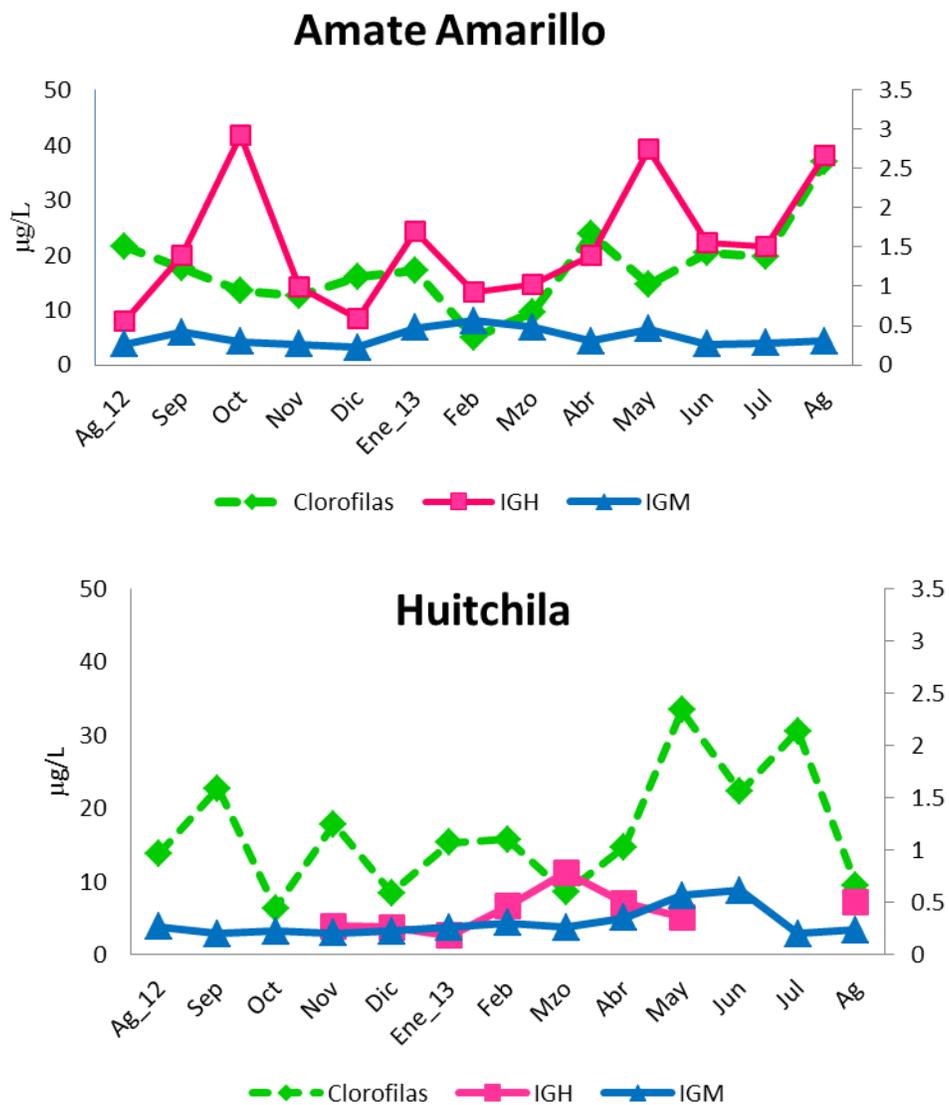


Figura 36. Índices biológicos con clorofilas

Análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA)

Aunque los indicadores de la reproducción (IGS e IHS) representan el comportamiento de la información para la especie, los valores de las medias ajustadas del peso total, peso eviscerado, peso de la gónada y peso del hígado, se obtuvieron con el análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA), con la finalidad de apoyar las tendencias que se observaron con los indicadores de la reproducción.

Como se puede observar en la tabla 12, para los machos del bordo Amate Amarillo la variable en la cual no hay significancia, es peso total (PT), en el caso de los contrastes univariados, en cuanto a los contrastes multivariados todas son significativas; para la prueba de Levene, indica que las variables donde las varianzas no son iguales es el peso de la gónada y el peso del hígado.

Tabla 12. Resultados del análisis multivariado de covarianza para machos de *O. niloticus* en el bordo Amate Amarillo

Contrastes univariados

| Variable dependiente | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Significación |
|----------------------|-----------|-------------------|-----|------------------|-------|---------------|
| PT | Contraste | .085 | 11 | .008 | 1.520 | .126 |
| | Error | 1.065 | 210 | .005 | | |
| PE | Contraste | .117 | 11 | .011 | 1.953 | .035 |
| | Error | 1.139 | 210 | .005 | | |
| PH | Contraste | 13.353 | 11 | 1.214 | 4.481 | .000 |
| | Error | 56.888 | 210 | .271 | | |
| PG | Contraste | 11.354 | 11 | 1.032 | 2.107 | .021 |
| | Error | 102.853 | 210 | .490 | | |

Contrastes multivariados

| Efecto | | Valor | F | Gl de la hipótesis | Gl del error | Significación |
|--------------|-----------------|-------|---------|--------------------|--------------|---------------|
| Intersección | Lambda de Wilks | .224 | 179.516 | 4.000 | 207.000 | .000 |
| LP mes | Lambda de Wilks | .093 | 504.332 | 4.000 | 207.000 | .000 |
| | Lambda de Wilks | .600 | 2.575 | 44.000 | 793.885 | .000 |

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error

| | F | gl 1 | gl 2 | Significación |
|----|-------|------|------|---------------|
| PT | .895 | 11 | 211 | .546 |
| PE | .610 | 11 | 211 | .819 |
| PG | 2.029 | 11 | 211 | .027 |
| PH | 8.183 | 11 | 211 | .000 |

Para el caso de las hembras de Amate Amarillo, la variable que no es significativa es peso eviscerado (PE) para los contrastes univariados; los contrastes multivariados, indican que no hay diferencias entre las variables de peso al controlar la influencia de la Lp. En cuanto a la prueba de Levene, no hay igualdad de varianzas en las variables, peso total (PT), peso del hígado (PH), peso de la gónada (PG) (Tabla 13).

Tabla 13. Resultado del análisis multivariado para hembras de *O. niloticus* en el bordo Amate Amarillo

Contrastes univariados

| Variable dependiente | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Significación |
|----------------------|-----------|-------------------|-----|------------------|-------|---------------|
| PT | Contraste | .167 | 11 | .015 | 2.595 | .005 |
| | Error | .754 | 129 | .006 | | |
| PE | Contraste | .126 | 11 | .011 | 1.376 | .191 |
| | Error | 1.073 | 129 | .008 | | |
| PH | Contraste | 7.722 | 11 | .702 | 3.227 | .001 |
| | Error | 28.067 | 129 | .218 | | |
| PG | Contraste | 33.256 | 11 | 3.023 | 4.678 | .000 |
| | Error | 83.373 | 129 | .646 | | |

Contrastes multivariados

| Efecto | | Valor | F | Gl de la hipótesis | Gl del error | Significación |
|--------------|-----------------|-------|------------|--------------------|--------------|---------------|
| Intersección | Lambda de Wilks | .364 | 55.075(b) | 4.000 | 126.000 | .000 |
| | Lambda de Wilks | .142 | 191.043(b) | 4.000 | 126.000 | .000 |
| Mes | Lambda de Wilks | .455 | 2.517 | 44.000 | 483.999 | .000 |

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error (a)

| | F | gl 1 | gl 2 | Significación |
|----|-------|------|------|---------------|
| PT | 2.073 | 11 | 130 | .027 |
| PE | 1.122 | 11 | 130 | .349 |
| PH | 6.375 | 11 | 130 | .000 |
| PG | 2.550 | 11 | 130 | .006 |

Los resultados obtenidos para las medias ajustadas por la covariada (longitud patrón) para los machos de Amate Amarillo se muestran en la figura 37, en la que se puede observar que en el peso de la gónada se observan dos periodos de reproducción de febrero- abril y otro en septiembre- noviembre. En cuanto al peso del hígado se observa que hay dos periodos noviembre-febrero y abril- junio. Para el peso total y el peso eviscerado tienen un comportamiento similar con una pequeña disminución que va de septiembre a marzo y en junio.

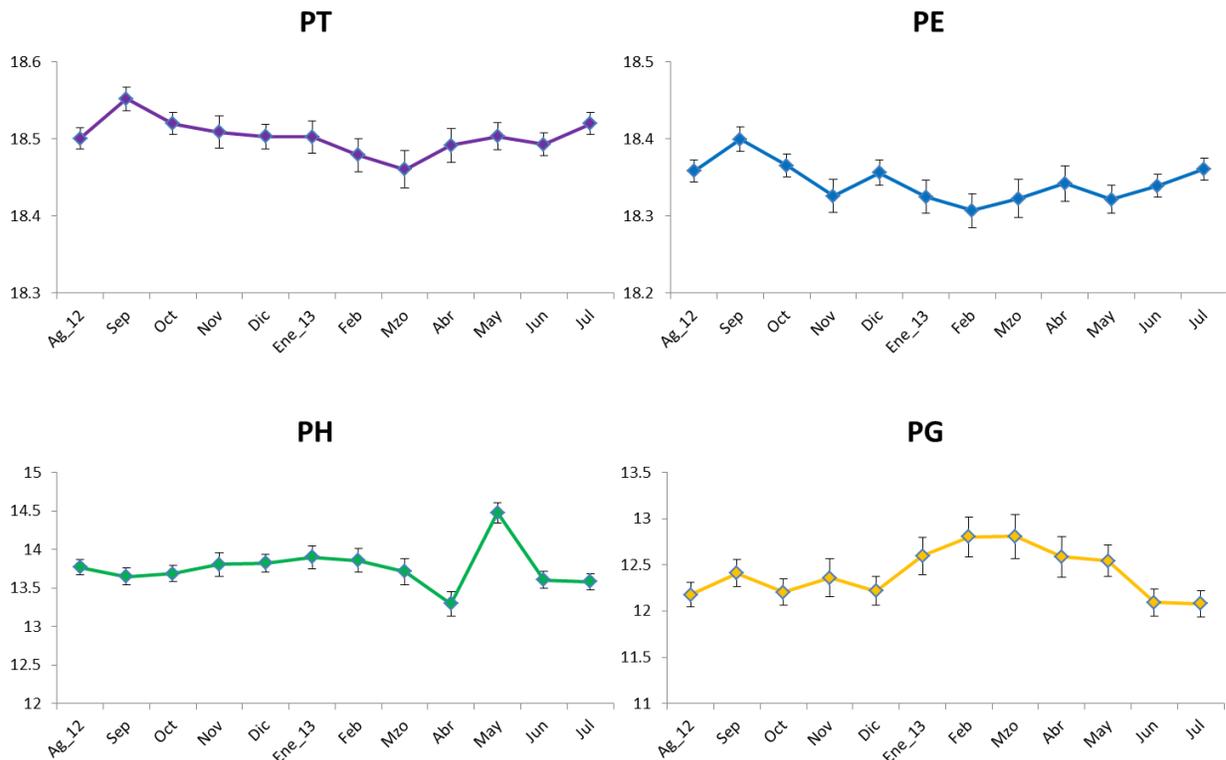


Figura 37. Medias ajustadas por mes predicho por el efecto de la covariada para los machos de *O. niloticus* en Amate Amarillo

En el caso de las hembras, el peso de la gónadas muestra tres periodos de septiembre- noviembre, diciembre-febrero y abril- junio el peso del hígado tiene un comportamiento inversamente al peso de la gónada, lo que indica que ha pasado la época de reproducción, el peso total y el peso del hígado se comportan de manera similar, observando su disminución en la época de reproducción. (Figura 38).

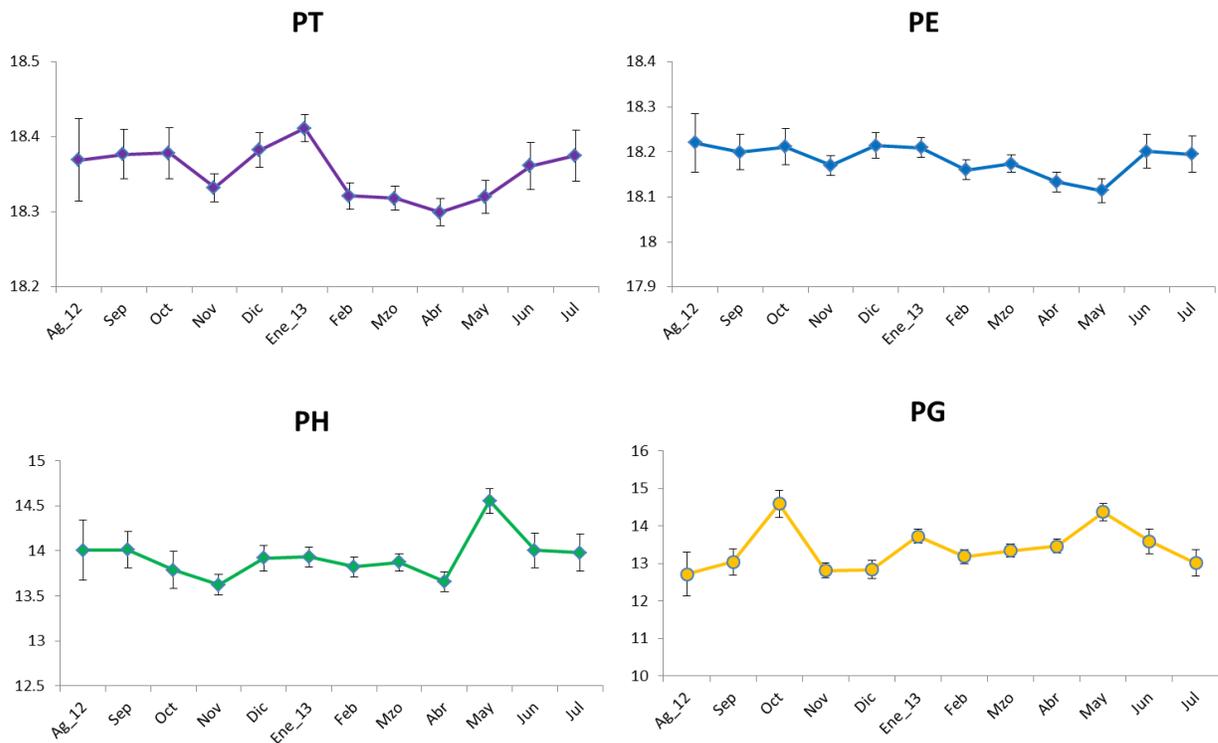


Figura 38. Medias ajustadas por mes predicho por el efecto de la covariada para las hembras de *O. niloticus* en el bordo Amate Amarillo

El análisis multivariado de covarianza muestra que hay diferencias significativas entre las variables de peso y longitud patrón, para los machos de Huitchila, en cuanto a la prueba de Levene, indica que las varianzas son diferentes para las variables de peso del hígado (PH) y el peso de la gónada (PG) (Tabla 14).

Tabla 14. Resultado del análisis multivariado de covarianza para los machos de *O. niloticus* en el bordo Huitchila

Contrastes univariados

| Variable dependiente | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Significación |
|----------------------|-----------|-------------------|-----|------------------|--------|---------------|
| PT | Contraste | .432 | 12 | .036 | 7.448 | .000 |
| | Error | 1.703 | 352 | .005 | | |
| PE | Contraste | .555 | 12 | .046 | 8.812 | .000 |
| | Error | 1.847 | 352 | .005 | | |
| PH | Contraste | 20.501 | 12 | 1.708 | 12.375 | .000 |
| | Error | 48.597 | 352 | .138 | | |
| PG | Contraste | 33.549 | 12 | 2.796 | 8.208 | .000 |
| | Error | 119.894 | 352 | .341 | | |

Contrastes multivariados (d)

| Efecto | | Valor | F | Gl de la hipótesis | Gl del error | Significación |
|-------------|-----------------|-------|------------|--------------------|--------------|---------------|
| Interacción | Lambda de Wilks | .473 | 97.189(b) | 4.000 | 349.000 | .000 |
| LP | Lambda de Wilks | .212 | 325.210(b) | 4.000 | 349.000 | .000 |
| mes | Lambda de Wilks | .373 | 8.192 | 48.000 | 1346.423 | .000 |

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error

| | F | gl 1 | gl 2 | Significación |
|----|-------|------|------|---------------|
| PT | .878 | 12 | 353 | .570 |
| PE | .724 | 12 | 353 | .728 |
| PH | 2.049 | 12 | 353 | .020 |
| PG | 3.260 | 12 | 353 | .000 |

Los machos de Huitchila el peso total y el peso eviscerado presentan tres épocas de reproducción diciembre- marzo y junio- agosto; en peso de la gónada se observa un aumento marcado en septiembre- noviembre, enero-marzo y abril- junio. En cuanto al peso del hígado se observa que son inversamente proporcionales con el peso de la gónada (Figura 39).

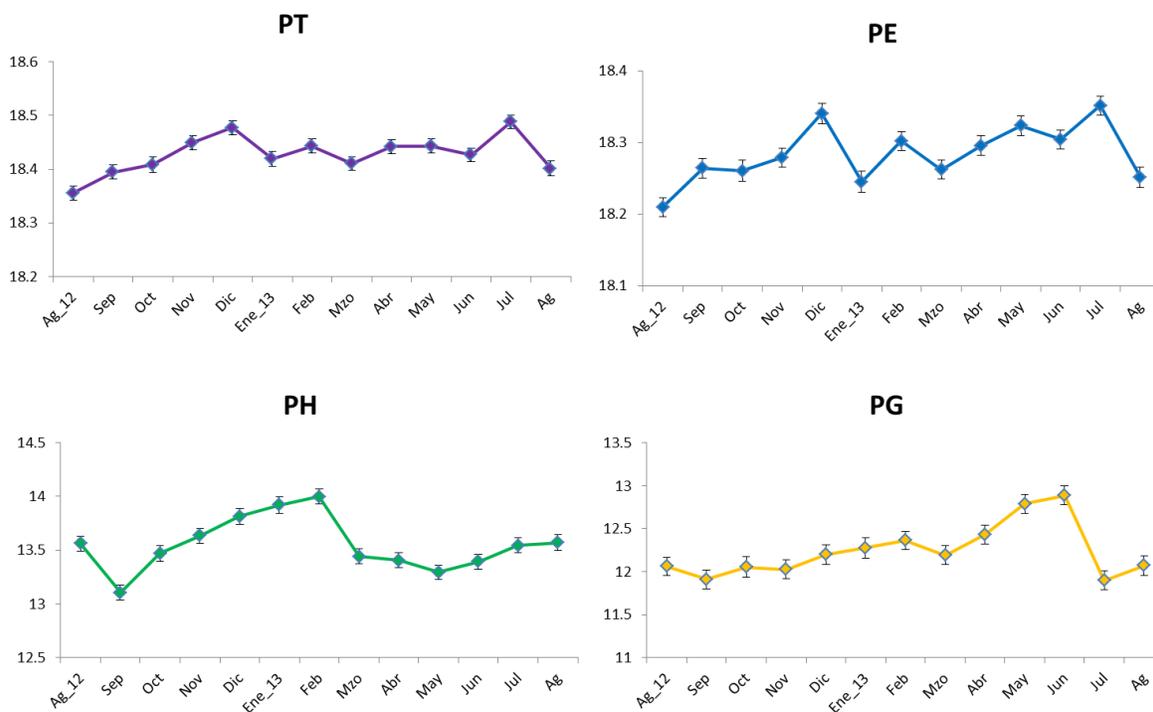


Figura 39. Medias ajustadas por mes resultado del efecto de la covariada para los machos de *O. niloticus* en el bordo Huitchila

El análisis multivariado de covarianza para las hembras muestra que son significativas las variables: peso del hígado (PH) y peso de la gónada (PG); en cuanto a la prueba de Levene, las varianzas que no son iguales son peso total (PT) y peso eviscerado (PE) (Tabla 15).

Tabla 15. Resultado del análisis multivariado de covarianza para las hembras de *O. niloticus* en el bordo Huitchila

Contrastes univariados

| Variable dependiente | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Significación |
|----------------------|-----------|-------------------|----|------------------|-------|---------------|
| PT | Contraste | .025 | 8 | .003 | .491 | .848 |
| | Error | .123 | 19 | .006 | | |
| PE | Contraste | .020 | 8 | .002 | .274 | .967 |
| | Error | .171 | 19 | .009 | | |
| PH | Contraste | 4.906 | 8 | .613 | 6.253 | .001 |
| | Error | 1.863 | 19 | .098 | | |
| PG | Contraste | 3.705 | 8 | .463 | 2.915 | .026 |
| | Error | 3.018 | 19 | .159 | | |

Contrastes multivariados

| Efecto | | Valor | F | gl de la hipótesis | gl del error | Significación |
|-------------|-----------------|-----------------|-------|--------------------|--------------|---------------|
| Interacción | Lambda de Wilks | .526 | 3.606 | 4.000 | 16.000 | .028 |
| | LP | Lambda de Wilks | .277 | 10.443(a) | 4.000 | 16.000 |
| MES | Lambda de Wilks | .062 | 2.138 | 32.000 | 60.600 | .005 |

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error

| | F | gl 1 | gl 2 | Significación |
|----|-------|------|------|---------------|
| PT | 1.854 | 8 | 20 | .125 |
| PE | 1.584 | 8 | 20 | .192 |
| PH | 2.099 | 8 | 20 | .085 |
| PG | 2.218 | 8 | 20 | .071 |

Las hembras del bordo Huitchila para la variable del peso de la gónada se registró un aumento en octubre, enero, marzo y agosto lo que indica la época de reproducción, en el peso eviscerado se presenta una disminución en el mes de noviembre, enero-marzo y mayo, en cuanto al peso total, se observa un comportamiento similar al de peso eviscerado y el peso del hígado se mantiene constante a excepción del mes de febrero (Figura 40).

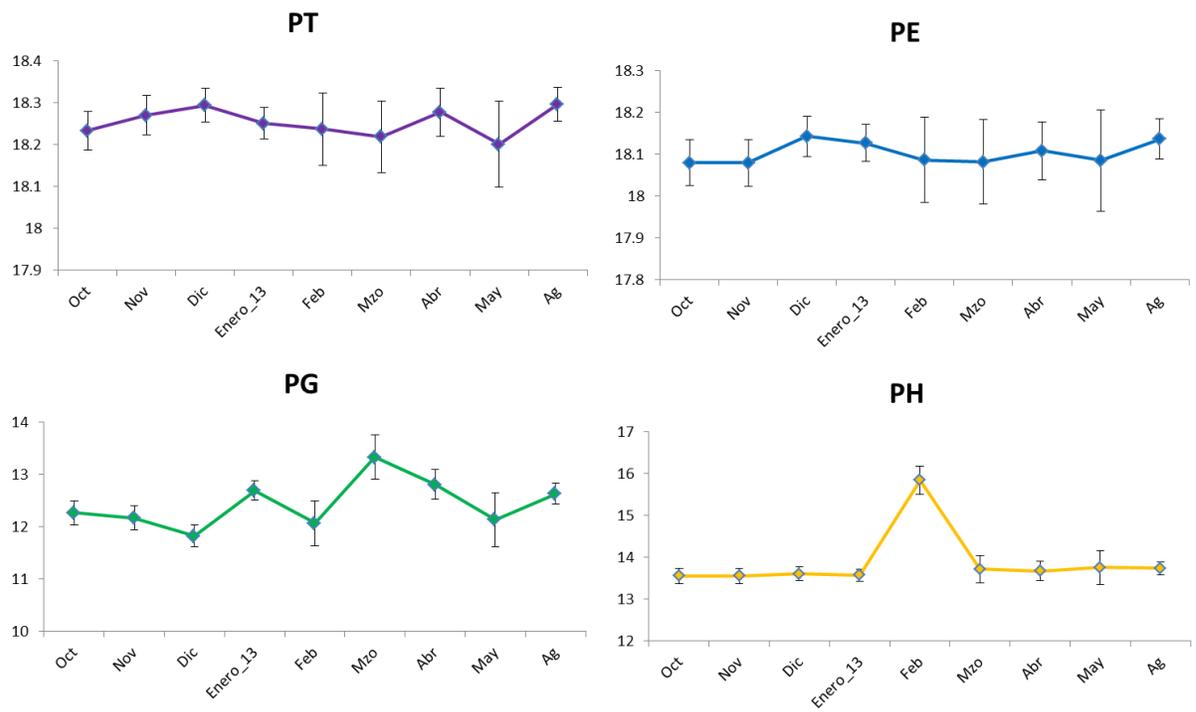


Figura 40. Medias ajustadas por mes predicho por el efecto de la covariada para las hembras de *O. niloticus* en el bordo Huitchila

Prueba de Kolmogorov- Smirnov

Se realizó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para comprobar si los datos de ambos sistemas se comportaban de manera normal, se obtuvo para Amate Amarillo y para Huitchila valores de $P < 0.05$, por lo que se rechaza la idea de que los datos de ambos sistemas provengan de una distribución normal (Tabla 17).

Tabla 17. Análisis de Kolmogorov-Smirnov para los organismos de *O. niloticus* en los dos bordos

Pruebas de normalidad para longitud patrón

| GRUPO | | Kolmogorov-Smirnov (a) | | |
|-------|-----------|------------------------|-----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| LP | Amate A. | .100 | 400 | .000 |
| | Huitchila | .082 | 404 | .000 |

Ya que los datos no se comportaban de manera normal, se utilizó una prueba no paramétrica para determinar si existen diferencias entre los individuos de Amate Amarillo y de Huitchila se realizó una prueba de comparación de medias de U de Mann-Whitney (tabla 17), la cual indica que no hay diferencias significativas entre la longitud patrón de machos de los bordos. Se encontró que hay diferencias significativas entre la longitud patrón de las hembras de los bordos.

Tabla 18. Análisis U de Mann-Whitney para los organismos de *O. niloticus* en los dos bordos

| | |
|---------------------------|-----------|
| Machos | LP |
| U de Mann-Whitney | 35476.500 |
| Z | -3.428 |
| Sig. asintót. (bilateral) | .001 |
| Hembras | LP |
| U de Mann-Whitney | 1856.500 |
| Z | -1.158 |
| Sig. asintót. (bilateral) | .247 |

Correlación de Spearman

Para saber si existe relación entre los índices biológicos, los parámetros físicos y químicos, se hizo un análisis de correlación de Spearman. El segundo valor que se presenta en cada bloque es un valor de P, el cual indica la significancia estadística de las correlaciones estimadas, los valores de “p” por debajo de 0.05 indican correlaciones altamente significativas. Los resultados muestran que para el bordo Amate Amarillo la variables que presentaron correlaciones positivas son: alcalinidad, clorofila y pH; temperatura del agua y alcalinidad; amonio, conductividad y oxígeno disuelto; conductividad y sólidos totales. La única variable biológica que tuvo correlación con los parámetros físicos y químicos fue el índice hepatosomático con la alcalinidad (Tabla 19).

Tabla 19. Correlación de Spearman de los parámetros físicos, químicos y biológicos del bordo Amate Amarillo

| | Dureza T | Alcalinidad | pH | Clorofilas | IGSH | IGSM | IH | T° Agua | OD | Cond | Sólidos | Amonio |
|-------------|----------|-------------|-------|------------|-------|-------|-------|---------|-------|------|---------|--------|
| Dureza T | | | | | | | | | | | | |
| Alcalinidad | -.104 | | | | | | | | | | | |
| | .734 | | | | | | | | | | | |
| pH | -.336 | .578 | | | | | | | | | | |
| | .262 | .039 | | | | | | | | | | |
| Clorofilas | .071 | -.495 | -.622 | | | | | | | | | |
| | .817 | .086 | .023 | | | | | | | | | |
| IGSH | .171 | -.061 | -.281 | .154 | | | | | | | | |
| | .577 | .844 | .352 | .615 | | | | | | | | |
| IGSM | -.234 | .501 | .289 | -.385 | .193 | | | | | | | |
| | .442 | .081 | .338 | .194 | .528 | | | | | | | |
| IH | -.132 | -.725 | -.254 | .449 | .204 | -.102 | | | | | | |
| | .667 | .005 | .403 | .124 | .504 | .740 | | | | | | |
| T° Agua | -.091 | -.680 | -.328 | .459 | .269 | -.296 | .425 | | | | | |
| | .768 | .011 | .274 | .114 | .375 | .326 | .148 | | | | | |
| OD | -.615 | .335 | .349 | -.033 | .008 | .116 | -.182 | .061 | | | | |
| | .025 | .263 | .242 | .915 | .979 | .707 | .552 | .844 | | | | |
| Cond. | -.011 | -.066 | .063 | .159 | -.198 | .030 | .237 | -.036 | -.599 | | | |
| | .972 | .831 | .837 | .603 | .517 | .922 | .436 | .908 | .031 | | | |
| Sólidos | -.077 | -.033 | .135 | .148 | -.187 | .124 | .298 | -.052 | -.511 | .978 | | |
| | .803 | .915 | .661 | .629 | .541 | .687 | .324 | .865 | .074 | .000 | | |
| Amonio | .626 | -.462 | -.413 | .132 | .261 | -.217 | .377 | .132 | -.632 | .066 | .044 | |
| | .022 | .112 | .161 | .668 | .388 | .476 | .204 | .667 | .021 | .831 | .887 | |

En cuanto al bordo Huitchila, las variables que tienen mayor grado de asociación son: alcalinidad, pH y temperatura del agua; sólidos, clorofilas y conductividad. La única variable biológica que tiene relación con los parámetros es el índice gonadosomático de machos, con los sólidos disueltos y la conductividad (Tabla 20).

Tabla 20. Correlación de Spearman de los parámetros físicos, químicos y biológicos del bordo Huitchila.

| | T° Agua | IGSH | IGSM | IH | OD | Dureza T. | Alcalinidad | pH | Amonio | Cond. | Sólidos | Clorofilas |
|-------------|---------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------------|-------|--------|-------|---------|------------|
| T° Agua | | | | | | | | | | | | |
| IGSH | .500 | | | | | | | | | | | |
| | .207 | | | | | | | | | | | |
| IGSM | .088 | | | | | | | | | | | |
| | .775 | .693 | | | | | | | | | | |
| IH | .571 | .024 | .238 | | | | | | | | | |
| | .139 | .955 | .570 | | | | | | | | | |
| OD | -.500 | -.524 | -.313 | -.524 | | | | | | | | |
| | .082 | .183 | .297 | .183 | | | | | | | | |
| Dureza T | -.203 | -.333 | -.220 | .071 | -.115 | | | | | | | |
| | .505 | .420 | .471 | .867 | .707 | | | | | | | |
| Alcalinidad | -.802 | -.595 | .049 | .214 | .099 | .049 | | | | | | |
| | .001 | .120 | .873 | .610 | .748 | .873 | | | | | | |
| pH | -.604 | -.333 | -.137 | -.548 | .511 | -.016 | .396 | | | | | |
| | .029 | .420 | .655 | .160 | .074 | .957 | .181 | | | | | |
| Amonio | -.033 | -.690 | -.187 | .571 | -.038 | .104 | .324 | .093 | | | | |
| | .915 | .058 | .541 | .139 | .901 | .734 | .280 | .762 | | | | |
| Cond. | .118 | -.381 | .652 | .310 | -.498 | -.366 | .327 | -.204 | .190 | | | |
| | .700 | .352 | .016 | .456 | .083 | .219 | .275 | .505 | .535 | | | |
| Sólidos | .019 | -.405 | .608 | .262 | -.432 | -.377 | .459 | -.160 | .256 | .978 | | |
| | .950 | .320 | .027 | .531 | .141 | .204 | .114 | .603 | .399 | .000 | | |
| Clorofilas | .302 | -.262 | .093 | .357 | -.423 | -.077 | .060 | .016 | .341 | .594 | .561 | |
| | .316 | .531 | .762 | .385 | .150 | .803 | .845 | .957 | .255 | .032 | .046 | |

Discusión

Las tallas registradas fueron mayores a lo reportado anteriormente por Gómez-Márquez *et al.*, (2003) quienes citan tallas entre 11.7 y 20.6 cm de longitud total para los organismos del lago Coatetelco para *O. niloticus*, Gómez-Márquez *et al.*, (2008) reportaron el intervalo de longitudes para hembras de 9 a 16.5 cm y para machos 8.9 a 14.8 cm para la misma especie en dicho sistema. Sastré (2008) cita que para *O. niloticus* de la presa Emiliano Zapata los machos alcanzaron tallas de 5.1 a 28.5 cm de longitud total, mientras que para las hembras fue de 7.8 a 25 cm de longitud total. Aguilar (2011) reportó para la especie en Amate Amarillo que las longitudes variaron de 11.7 a 18 cm para hembras y para machos vario de 9.1 a 21.5 cm. Sin embargo, Orozco (2013) reporto para *O. niloticus* en el bordo “La palapa” machos de 15.2 a 33.2 cm y hembras 15.5 a 21.6 cm intervalos de tallas muy similares a los encontrados en este estudio.

Fryer y Iles, 1972; Morales, 1991; Oliveira y Almada, 1995; García, 2011, mencionan que los machos tienen mayor talla que las hembras debido a factores como la temperatura que juega un papel importante en cuanto a crecimiento y desarrollo de la especie, además de ser una consecuencia de las estrategias que utilizan los organismos para la reproducción, ya que para que los machos sean aceptados por las hembras deben de ser más grandes que éstas, tener una coloración brillante y llamativa, para que esas características sean transferidas a las futuras generaciones y por lo tanto tengan menor competencia entre los individuos de la población.

Proporción sexual

La proporción sexual esperada para la mayoría de las especies debe ser 1:1 Nokolsky (1963), sin embargo, ésta es un poco diferente para los organismos de Amate Amarillo, pero para los organismos de Huitchila la proporción de machos con respecto a las hembras es muy alta, lo que podría deberse a varios factores como lo son: Las hembras al ser más pequeñas tienen la oportunidad de escaparse a través de la atarraya, o bien, en el sistema existe una extensa área con vegetación en la cual se pueden refugiar cuando están incubando y protegiendo a las crías, o en su defecto, los pescadores al ver que atraparon alguna hembra, ya sea porque la pueden identificar o porque está incubando la regresan al sistema.

Sin embargo, existen algunos autores que han reportado la proporción de hembras:machos de *O. niloticus* en diferentes sistemas del estado de Morelos con ciertas diferencias como lo menciona Gómez-Márquez (2002) quien obtuvo una proporción de 1:1.02 (macho:hembra) para *O. niloticus* en el lago Coatetelco; Peña-Mendoza *et al.*, (2005) registraron una proporción de 1:1.2 (hembra:macho); Gómez-Márquez *et al.*, (2008) reportaron 1:1 hembra: macho ($\chi^2=0.02$, $p>0.05$) de *O. niloticus* en el lago Coatetelco. Por otra parte, en otros estudios se encontraron proporciones mayores a las mencionadas anteriormente pero los

machos siguen siendo dominantes; Orozco (2013) obtuvo una proporción de *O. niloticus* de 2:1 (macho:hembra) en el bordo “la Palapa”, Morelos; Manríquez (2005), obtuvo para *O. niloticus* una proporción en machos sobre las hembras de 8.8:1; Tovar (2005) muestra una proporción de 1:16.6 (hembra:macho) para *O. niloticus*; Aguilar (2011) obtuvo una proporción sexual de 2.5:1 (macho:hembras) en el bordo Amate Amarillo, Morelos; García (2011) obtuvo una proporción sexual 3.9:1 (macho:hembras) en el bordo “La Palapa”, Morelos.

Baroiller y D´Cotta *et al.*, (2001) mencionan que hay evidencia de que los factores ambientales, la temperatura, afecta a la diferenciación del sexo en los peces, Desprez *et al.*, (2006) toma de igual forma a la temperatura como la principal causa en la determinación del sexo en la tilapia roja de Florida, además menciona que otros factores ambientales como el pH, y la duración del día pueden influir en la determinación del sexo y pueden inducir ligeras variaciones en la proporción sexual. Sin embargo también menciona que factores genéticos como los cromosomas sexuales y factores autosómicos, pueden fijarse en organismos reproductores lo que a lo largo de las generaciones se pueden tener poblaciones con proporciones altas de machos. Bezault *et al.*, (2007), menciona que la determinación sexual de *O. niloticus* es regido por una compleja combinación entre los factores genéticos y la influencia de la temperatura en poblaciones naturales.

Devlin y Nagahama (2002) citan que las fluctuaciones de temperatura en los diferentes hábitats donde los peces viven, pueden alterar las rutas bioquímicas de la determinación del sexo y actuar sobre los individuos para inducir el desarrollo de machos o hembras y de esta manera favorecer la presencia de uno u otro sexo. Probablemente sea otro suceso que se ha visto afectado por factores ambientales en los embalses. En el bordo Huitchila es posible que una vez concluida la fertilización de los óvulos, las hembras migran hacia aguas profundas o en la zona cercana a la orilla donde existe vegetación acuática o rocas para incubar y llevar a cabo la protección de los huevos y cuidado de las crías, en cambio los machos permanecen en las zonas someras en donde se encuentran los nidos para cortejar a otra hembra, además de alimentarse (Ramos, 1995; Gómez-Márquez *et al.*, 2003; García, 2011).

Nikolsky (1963) menciona que la proporción de sexos varía considerablemente de especie a especie pero en la mayoría de los casos es cercano a uno y puede variar año con año en la misma población, esto es importante para destacar el hecho que en algún tiempo está compuesto por más machos, lo que puede ser favorable para la pesquería ya que puede servir como un mecanismo de regulación para la proporción de sexos, que mas desde el punto de vista producción. Por otra parte Conover y Fleicher (1986) citan que en la naturaleza, algunos descendientes nacen al inicio de la temporada de reproducción mientras la temperatura es relativamente baja, por lo regular los peces son hembras y cuando se reproducen en la temporada final mientras la temperatura es alta, la descendencia favorece a los machos.

Relación Peso-Longitud

El resultado de la prueba t-student muestra que todos los organismos tienen en la mayoría de los meses un crecimiento de tipo alométrico negativo; es decir, crecen más en longitud que en peso y en algunos meses con tendencia a la isometría. Esto concuerda con el estudio de García (2006) para *O. niloticus*, Ramírez y Cruz (2002) quienes reportan para *O. niloticus* en la presa Emiliano Zapata el crecimiento fue alométrico negativo con tendencia a la isometría. Sin embargo Badillo y Navarro (2001) en la Laguna de Meztitlán para *O. niloticus* reportó un crecimiento isométrico y de igual manera reportaron Pérez y Patlani (2002) en la presa Emiliano Zapata, donde la población de *O. niloticus* tiende a la isometría, es decir crece tanto en longitud como en peso en la misma proporción.

La relación peso-longitud es una característica que resulta ser importante dentro del análisis de las pesquerías, ya que proporciona información sobre la condición de una población. Además permite establecer el peso como una potencia de la longitud, es decir la forma del cuerpo como reflejo de los cambios fisiológicos que surge a través de su vida (Jiménez- Badillo, 2006).

El que la relación peso-longitud indique un crecimiento con tendencia a la isometría, en algunos meses del estudio, puede deberse a lo que menciona Bakhoun, (1994) y Khallaf, (2003), el desarrollo de los peces implica varias etapas debido a la madurez sexual, la estación del año y condiciones ambientales.

Ecológicamente hablando las especies que presenten un tipo de crecimiento alométrico, se debe a que los peces en condiciones naturales, crecen más en longitud y posteriormente en peso para evitar la depredación y en esto tiene influencia los factores ambientales como la temperatura o la cantidad y calidad de alimento (Aguilar, 2011).

Factor de Condición

Es un indicador del bienestar o robustez de una población de peces, el cual sirve de base para inferir los cambios en la condición de los organismos al aumentar la talla, edad, variaciones estacionales en el balance metabólico ocasionado por la disponibilidad del alimento, así como la condición sexual antes y después del desove (Lagler *et al.*, 1977: Granado, 2002). En este estudio se observa que las hembras tienen mejor condición que los machos para poder llevar a cabo su crecimiento y reproducción tanto en el bordo Huitchila como en el Amate Amarillo. Según Aguilar (2011) es un factor determinante para el desarrollo y la vida de esta especie, el que cuenten con una buena condición física, ya que esto ayudaría a que la mayoría de los organismos tuvieran un mayor tamaño y mejor calidad de los aspectos sexuales y por consiguiente una mejoría en la calidad de la especie para su comercialización; en cambio, cuando la condición física es muy baja indica que las reservas energéticas y metabolismo son muy bajos, lo cual propiciaría adquirir una enfermedad con facilidad y por ende tener una alta mortalidad de los organismos.

La variación del factor de condición se puede explicar debido a que es reflejo de las condiciones estacionales, ya que durante la época de lluvias se acarrea material orgánico alóctono y restos de fertilizantes provenientes de los campos de cultivo que se encuentran alrededor de los sistemas, esto además de ser un recurso alimenticio abundante para estos organismos, aumenta la productividad primaria del sistema; además el sistema aumenta su volumen inundando las zonas circundantes, provee de mayor espacio a los organismos y por consecuencia una mayor concentración de sólidos, menor profundidad, así como al aumento de la temperatura, y por lo tanto, los organismos presentan menor condición somática (Arredondo y Ponce, 1998; Cifuentes *et al.*, 2012; Paredes, 2013).

Camargo y Cruz, (2013) en un cultivo intensivo en la ciudad de México obtuvieron para *O. niloticus* un factor de condición alrededor de 1.65 durante todo su estudio. García, (2011) obtuvo para la especie en el bordo “la Palapa” en el estado de Morelos, un valor del factor de condición promedio para machos de 0.82 y para hembras de 0.65. Sastré, (2008) en su estudio en la presa Emiliano zapata en el estado de Morelos, para *O. niloticus*, encontró un factor de condición en un intervalo de 1.5 a 4.5 tanto para hembras como para machos, valores mayores a lo reportado en este estudio.

Índice Gonadosomático

El índice gonadosomático se utiliza con frecuencia para seguir el ciclo reproductivo de una especie durante todo el año en intervalos mensuales o menos, este índice, se basa en la relación del peso de la gónada con respecto al peso eviscerado del organismo y que guarda una relación directa que explica el estadio de desarrollo gonádico, ya que alcanza el valor máximo antes del desove (Lagler *et al.*, 1977; Rodríguez, 1992; Granado, 2002).

Aguilar (2011), reporta para *O. niloticus* en el bordo Amate Amarillo un comportamiento similar del IHS tanto para machos como para hembras, presentando un aumento en el mes de mayo y otro en octubre. Difiere a lo reportado por Ramírez y Cruz (2002) para *O. niloticus* quienes muestran su valor máximo de IHS en el mes de agosto. En este estudio en el bordo Amate Amarillo se encontraron dos aumentos en el valor del índice gonadosomático, que van de enero-mayo y agosto-octubre lo que señala dos periodos de reproducción en el sistema, en cambio en Huitchila solo se tiene un aumento para el mes de marzo, aunque no se puede afirmar debido a que la aparición de hembras comenzó en el mes de octubre, lo anterior se relaciona con sus hábitos reproductivos, ya que estos organismos se ocultan en lugares inaccesibles para el arte de pesca, por lo cual solo se encuentran hembras en Estadio II.

Independientemente de la variación de los estadios de maduración de los machos y las hembras, la periodicidad del desove indica que los peces la realizan dos veces durante el año uno en época de secas y otro más largo en época de lluvias (García, 2011). Esto confirma lo anteriormente analizado.

Barbieri (2000) dice que para *O. niloticus* el periodo reproductivo se extiende de septiembre a diciembre; Ramírez y Cruz (2002) para *O. niloticus* reportan valores mayores en los meses de agosto y septiembre (época de lluvias para ambos sexos); Khallaf *et al.*, (2003) reportan que *O. niloticus* se reproduce de septiembre a mayo en el canal Shanawan en Egipto; Peterson *et al.*, (2004) describen para *O. niloticus* que la reproducción se lleva a cabo todo el año con mayor intensidad de marzo a mayo y en verano tardío de agosto a septiembre. Jiménez-Badillo (2006) menciona que *O. aureus* se reproduce de mayo a enero con máximo en junio-julio y octubre-noviembre. Beltrán-Álvarez (2010) registro valores bajos en meses invernales de enero a marzo e incremento la maduración e incremento la maduración de julio a septiembre. Por lo tanto al parecer el proceso reproductivo de esta especie es similar a lo reportado anteriormente.

Índice Hepatosomático

El índice hepatosomático es la relación que existe entre el peso del hígado y el peso del organismo y es específico para hembras, debido a que el hígado segrega vitelogeninas, durante la vitelogenesis exógena, mismas que van a ser captadas por el óvulo en desarrollo; por lo tanto, es directamente proporcional al ciclo reproductivo y decae justo antes del desove siendo un indicador de la puesta (Rodríguez, 1992).

La vitelogénesis consiste en la síntesis y secreción de vitelogeninas. Estas proteínas se producen debido a factores endógenos y ambientales los cuales activan el eje neuroendocrino (hipotálamo-hipófisis-gónada), esto induce la producción en el hígado de glicofosfolipoproteína que es transportada vía torrente sanguíneo al ovario donde es captada por los ovocitos, los cuales la disocian en dos proteínas fosforadas (lipovitelina y fosvitina) y se utilizan para el desarrollo, crecimiento y maduración de los óvulos, además de actuar como fuente nutritiva para el desarrollo del embrión (Guzmán, 2003; Patiño y Sullivan, 2002).

La presencia de valores altos durante el desarrollo gonadal y durante el desove, pueden ser interpretados como una baja en las reservas energéticas almacenadas en el hígado en forma de glucógeno, el cual es transferido a la gónada para ser usado en el proceso reproductivo, produciendo una baja en la condición de los peces durante el periodo de desove (Bagenal, 1978; Khallaf, *et al.*, 2003).

Este índice no varía drásticamente en el periodo de muestreo, tiene una relación inversa con respecto al IGS para las hembras de *O. niloticus* en Huitchila, el aumento del IHS se observó en el periodo de mayo-junio, época de mayor temperatura en la zona, en cambio en Amate Amarillo la relación se establece cuando el IGS aumenta considerablemente, en los meses de septiembre, enero y mayo, meses en los cuales se llevó a cabo la reproducción a gran escala. Se tiene conocimiento de que esta especie se puede reproducir a lo largo del año, lo cual se comprueba con el registro de los estadios de maduración avanzados. Estos resultados son semejantes con lo reportado por Aguilar (2011) donde presenta aumentos en los meses de octubre y de mayo para el bordo Amate Amarillo.

Como se sabe, el ciclo reproductor de los peces está estrechamente relacionado con los cambios ambientales, particularmente con los cambios estacionales de la luz y la temperatura. Estos dos factores son, con frecuencia, los más importantes porque ellos pueden actuar sobre o a través de los órganos de los sentidos, en las glándulas que producen hormonas que determinan la conducta y la respuesta fisiológica adecuada para la reproducción de los peces (De Juan *et al.*, 2009).

Talla de primera madurez

Muchos factores influyen en los peces a fin de que adquieran por primera vez la capacidad para reproducirse. Así, deben tomarse en cuenta la edad, tamaño del animal y la fisiología (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Morales (1991) señala que las tilapias alcanzan su madurez sexual a la edad de 2 a 3 meses con talla de 8 a 16 cm. En este estudio la talla de primera madurez fue de 15.33 cm de longitud patrón para los organismos de Amate Amarillo; 13.31 cm para machos y 15.48 cm para hembras en Huitchila. Estos valores son superiores a lo reportado por Gómez-Márquez *et al.*, (2003) ya que la talla de primera madurez para los organismos del lago Coatetelco fue de 11.7 cm y 12.0 cm de longitud total, hembras y machos respectivamente. Sastré (2008) reportó talla de 17.7 cm para machos y 19 cm para hembras en la presa Emiliano Zapata, Morelos.

Estudios en la misma zona de estudio en años anteriores muestran que los valores obtenidos son menores, cabe aclarar que el análisis se hizo con la longitud patrón y no lo con la longitud total como la mayoría de los estudios, de acuerdo con Aguilar (2011) se obtuvo la primera talla de madurez sexual para machos de 15.84 cm y para hembras de 16.03 cm de longitud total. Paredes (2013) que también trabajo en el bordo de Huitchila, reportó que los machos presentaron tallas de 12.28 cm y para hembras 14.11 cm.

En Huitchila los machos, alcanzan su madurez sexual antes que las hembras, esto se puede deber al nivel elevado del metabolismo que presentan los machos, posiblemente a través de la influencia endocrina que se produce en respuesta a factores genéticos y ambientales, que por lo general, las especies cuyo tamaño máximo es pequeño y su promedio de vida corto, maduran a temprana edad (Lagler *et al.*, 1984).

En el caso de Amate Amarillo los organismos tienen la misma talla esto se puede deber a que la madurez sexual es una función del tamaño del animal y puede estar influenciada por la abundancia y disponibilidad de alimento, la temperatura, el fotoperiodo y por otros factores ambientales en las diferentes regiones donde se encuentre la especie (Getinet y Amrit, 2007). De igual forma lo anterior puede responder a la diferencia en los valores de talla de primera madurez, con respecto de otros estudios, aunado al tamaño de luz de malla que se utiliza.

Para un buen manejo del recurso es importante conocer estos valores, por lo que se sugiere a los pescadores que cambien el tamaño de la luz de malla, dejando que los organismos lleguen a los 15.3 cm para los organismos de Amate Amarillo y 13.31 cm para los machos y las hembras a los 15.48 cm de Huitchila de longitud patrón, para su reproducción al menos una vez para mantener la pesquería de tilapia en estos sistemas, ya que la talla promedio para ambos cuerpos de agua es menor a la talla de primera madurez.

Estadios de maduración

Es evidente que coinciden los aumentos de los estadios IV de maduración en los meses de enero y agosto del 2014 para machos y hembras de Amate Amarillo, el estadio II perdura todo el periodo de muestreo debido a que siempre hay organismos que se recluta a la población y por lo tanto inician su etapa reproductiva. En Huitchila los machos siguen el mismo patrón, sin embargo, el de las hembras no es posible detectarlo debido a que la proporción sexual no ha sido homogénea, y los machos están mejor representados. Resultados concuerdan con Aguilar (2011) y Ramírez y Cruz (2002) quienes reportan que el estadio IV estuvo más pronunciado en los meses de julio-agosto y febrero. Paredes (2013), registró para el bordo Huitchila, una época de reproducción entre los meses de mayo a junio y el segundo en agosto. Canseco (2004), menciona dos periodos de reproducción, uno alto durante la estación de lluvias (julio - agosto) y otro bajo en secas (enero - febrero). Morales (1991) menciona que la frecuencia de los desoves varía en función de los factores ambientales y que en México pueden presentar de uno a diez desoves por año.

Aun cuando diversos autores han reportado que las tilapias desovan más de una vez en una estación reproductiva (Babiker e Ibrahim, 1979; Admassu, 1996) la mayoría de ellos solo mencionan dos periodos, lo que podría implicar que dentro de este tiempo las hembras podrían desovar en varias ocasiones o que al no iniciar todas las hembras al mismo tiempo su maduración, lo alcanzan en el transcurso de esos dos periodos (época de lluvias y secas). La distinta frecuencia con que se encuentran los diferentes estadios de madurez gonádica indica que los cíclidos son peces con características de desove parcial (Kolding, 2006). Sin embargo, bajo ciertas condiciones ambientales, pueden comportarse con una gran plasticidad reproductora, esta gran plasticidad podría explicarse por la ubicación geográfica de la especie, así se da una respuesta reproductiva de la población independientemente de otros factores internos de la propia población, como factores denso-dependientes y disponibilidad de recursos no detectados, que no obstante, deben tener también cierta influencia en el ciclo reproductivo (Njiru *et al.*, 2006; Kolding, 2006; Sastré, 2008; Aguilar, 2011).

Biometría de las gónadas

Se registró que al aumentar de estadio de maduración en machos incrementan en longitud, diámetro y peso, a excepción del estadio V (Post-desove) es en este estadio los testículos comienzan el proceso de recuperación, ya que después de la fecundación quedan flácidas y han aumentado en longitud. En el caso de los ovarios, éstos aumentan más en diámetro conforme avanza el estadio, debido al aumento en el diámetro de los ovocitos (desde 100 hasta 3000 μm). En estadio I (inmadurez) no es posible distinguir entre ovarios y testículos a simple vista, su apariencia es de sacos muy delgados y traslucidos, mientras que en el caso de las hembras es posible observar células foliculares al microscopio (Peña-Mendoza *et al.*, 2011). No se encontró ninguna anomalía en el desarrollo de las gónadas de los animales de ambos sistemas, lo cual concuerda con Aguilar (2011) para Amate Amarillo y Paredes (2013). García-Alberto (2006) registró en el lago Coatetelco y en la presa Emiliano Zapata, Morelos, crecimiento anormal en los ovarios y atresia folicular, óvulos con separación de vitelo, de un lado era compacto mientras del otro presentaba textura granular y conglomerados de folículos, factores que no fueron observados en este estudio.

Fecundidad

La fecundidad expresada como el número de óvulos producidos por hembra o por unidad de biomasa de hembra, es un parámetro de gran interés no solo característicos de la población sino también, como termino fundamental en los modelos de dinámica poblacional (Granado, 2002). En el caso de las hembras de Amate Amarillo la fecundidad (estadio IV) fue de 266 y en Huitchila (estadio III) 560, es importante mencionar que no se encontraron hembras en estadio IV en este sistema. La fecundidad de una hembra varía de acuerdo a muchos factores entre los que incluyen la edad, el tamaño, la especie y las condiciones ambientales (disponibilidad de alimento, temperatura del agua, temporada del año). La fecundidad de las distintas especies de peces está íntimamente relacionada con la protección de los huevos. Por lo tanto, el número de óvulos o crías producidas por las especies que presentan este comportamiento es mucho menor que aquellas especies que no protegen a su descendencia (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Al realizar el análisis de regresión entre el número de óvulos y el peso eviscerado de las hembras, número de óvulos y longitud patrón, se detectó que había mayor relación con el peso de los animales para las tilapias en ambos sistemas. Lo que indica que al aumentar el peso mayor tiende a ser el número de óvulos que se producen por animal. Es bien conocido que existe una relación directa entre la longitud y el peso del pez con la fecundidad, sin embargo, la longitud después de cierto tiempo tiende a disminuir su ritmo de crecimiento, de tal manera que se vuelve imperceptible. También se debe tomar en cuenta el ritmo de maduración del ovario, porque este guarda relación directa con la temperatura del ambiente y por lo tanto con la época de reproducción, la temporada del año, lo que se va a ver

reflejado con el número de desoves a lo largo de su vida y por supuesto está en función de las estrategias reproductivas de la especie, como son: tipo de fecundación, hábitat reproductivo, cuidado de la freza y depredadores (Rodríguez, 1992). La correlación suele ser bastante buena aunque hay diferencias importantes, así hembras de la misma talla pueden diferir bastante en la fecundidad, incluso la misma hembra suele tener diferentes fecundidades parciales dentro de la misma época de puesta; la fecundidad de una especie es el resultado de un proceso evolutivo en el que se optimiza el reparto de energía obtenida por la alimentación, entre el consumo metabólico, el crecimiento y la reproducción y tiene un carácter adaptativo (Saborido-Rey, 2008). Arul (2002) menciona que las hembras grandes de tilapia producen más ovocitos por puesta que las pequeñas; sin embargo, las pequeñas producen más ovocitos por unidad de peso vivo.

Por otro lado, la fecundidad media tanto para las hembras en Amate Amarillo como de Huitchila fue de 252 y 389 óvulos respectivamente, es importante aclarar que este parámetro se calculó solo con los óvulos del ovario izquierdo, ya que el derecho se utilizó para los cortes histológicos. Aguilar (2011) reportó para Amate Amarillo una fecundidad media de 489 ovocitos. Paredes (2013) reportó para Huitchila 757 ovocitos. Ramírez y Cruz (2002) reportaron para *O. niloticus* en la presa Emiliano Zapata, en 152 organismos, una fecundidad media de 446 óvulos, con un valor mínimo de óvulos cuantificados de 266 y un máximo de 1110 óvulos cuantificados. García (2011) para *O. niloticus* en el estado de Morelos, reportó una fecundidad media de 718 ovocitos por pez con diámetros entre 300 μm a 3200 μm . Babiker e Ibrahim (1979) citan que las hembras producen pocos óvulos, pero la fecundidad aumenta conforme aumenta la longitud del pez, así como el peso corporal y reportan una fecundidad de 300 a 2800 óvulos para *O. niloticus*. Peña-Mendoza *et al.*, (2005), reportan un intervalo de 243 a 847 ovocitos De acuerdo con Arredondo (1986), el género *Oreochromis* es un incubador bucal, de gónadas pequeñas con menos de 700 óvulos. Canseco (2004) registró un intervalo de óvulos de 897 a 1177 para el lago Coatetelco, para la presa Emiliano Zapata 1017 y de 467 a 674 para los acuarios de la unidad acuícola experimental Zaragoza. Peterson *et al.*, (2004) mencionan para *O. niloticus* que la baja fecundidad es compensada por la capacidad adaptativa de las crías a través de su estación reproductiva a lo largo de todo el año.

Análisis histológico

Ovarios

En las fotografías de los ovarios se observa el proceso de la ovogénesis (proceso de formación y diferenciación de los óvulos pasando de ovogonias a ovocitos primarios, secundarios y óvulos), proceso durante el cual al ir avanzando de estadio aumenta la cantidad del vitelo en los ovocitos, lo que confirma las observaciones realizadas a nivel macroscópico. El ovario de los teleósteos puede ser un saco cerrado que comunica con la cloaca mediante el oviducto que se abre a la cavidad corporal. Está constituido por muchos septos de tejido conectivo o laminillas ovaricas que se proyectan hacia el lumen, donde se desarrollan los ovocitos, posee un epitelio germinal derivado de una extensión del peritoneo que da lugar a los folículos ováricos (Zanuy *et al.*, 2009).

Atendiendo al ritmo de desarrollo de los ovocitos intraovaricos se han distinguido tres tipos de ovarios: sincrónico, todos los ovocitos de un mismo ovario están en el mismo estado de desarrollo, sincrónico por grupos, en este caso el ovario posee, al menos dos grupos de ovocitos en estado de desarrollo distinto; asincrónico, se caracteriza porque el ovario en recrudescencia posee ovocitos en todos los estado de desarrollo (Zanuy y Carrillo, 1987). En el caso de *Oreochromis niloticus* puede clasificarse como sincrónico por grupos, ya que se pueden apreciar claramente tres diferentes grupos de ovocitos, en estadio III y solo dos grupos en estadio IV justo antes del proceso de ovopositar.

La ovogénesis es la transformación de ovogonias en ovocitos, proceso que se cumple cíclicamente en el ovario del pez durante toda su vida reproductiva (Harvey y Carolsfeld, 1993). La formación del ovocito primario, está dividido en dos fases, la cromatina nuclear y el estadio perinuclear, está caracterizado por que el citoplasma del ovocito se vuelve basófilo, resultado de la acumulación de rRNA (Ravaglia y Maggese, 2002). El núcleo del ovocito primario es conocido como vesícula germinal (Patiño y Takashima, 1995), el incremento significativo del ovocito ocurre durante el desarrollo de este estadio, y las paredes foliculares aún no están diferenciadas (Rocha y Rocha, 2006). En el estadio II se encontraron ovocitos en etapa perinuclear. De acuerdo con Zanuy *et al.*, (2009) se les denomina así por la presencia, en la periferia del núcleo, de numerosos nucléolos que producen ribosomas. En este periodo tiene lugar una activa e intensa síntesis de RNA ribosómico y RNA mensajeros, que son transportados al citoplasma.

También se encontraron ovocitos primarios con alveolos corticales estos son importantes, ya que en esta fase es la vacuolización del citoplasma, principalmente cerca de la membrana celular, dicha vacuolización va acompañada de la síntesis de vitelo, pudiéndose observar los alveolos corticales principalmente en las cercanías del micrópilo (Kunz, 2004), la importancia de los alveolos radica en la fertilización para la prevención de la poliespermia (Guraya, 1996).

El desarrollo del ovocito secundario o vitelogénesis endógena comienza cuando la vesícula germinal aparece más prominente, las capas foliculares se diferencian, se pueden observar la células de la teca y las células de la granulosa separadas por una membrana basal (Guraya, 1996). Al inicio, los alveolos corticales están situados en la periferia del ovocito y a medida que progresa el desarrollo folicular se van acumulando centripetamente hacia el núcleo.

El desarrollo del ovocito terciario o vitelogénesis exógena es característico de la acumulación de vitelo, el citoplasma se vuelve acidófilo. En esta fase el fosfolípido producido en el hígado, conocido como vitelogénina es “capturado” de la corriente sanguínea acumulándose dentro del ovocito bajo la forma de glóbulos de vitelos, los cuales se distribuyen por todo el citoplasma dándole mayor crecimiento al ovocito (Romagosa *et al.*, 1990), durante esta fase las células de la teca y de la granulosa aumentan su tamaño (Rocha y Rocha, 2006). El ovocito maduro está en su máximo tamaño, el núcleo comienza a migrar al polo animal para después desintegrarse, tienden a perder su forma esférica y comienzan a aplanarse. Finalmente las paredes foliculares colapsan y da lugar a la ovulación. Los ovocitos que no sean expulsados, después de esta fase iniciarán un proceso de regresión gonadal, mediante el cual el ovario involucionará y se preparará para la siguiente estación reproductiva (Landines-Parra, 2005). En este estudio, el desarrollo de los ovocitos se dividió en cinco estadios basados en criterios morfológicos macroscópicos, así como del análisis histológico basado en Peña-Mendoza *et al.*, (2011), y es similar a lo reportado por Selman *et al.*, (2005). Sin embargo es necesario realizar un análisis de la participación en las hormonas en el desarrollo ovárico para entender aspectos relacionados con el comportamiento del ciclo reproductor. Esta información es importante para la aplicación en la acuicultura, así como el manejo de las pesquerías.

Testículos

Se han descrito dos tipos de estructura testicular: tubular o de distribución restringida y lobular o de distribución no restringida, en función de donde y como se desarrollan las células germinales (Grier, 1981; Billar *et al.*, 1982). El testículo de *O. niloticus* es de tipo lobular, ya que se pueden apreciar en la micrografía espermatogonias repartidas a lo largo de la pared testicular. Las espermatogonias están en el interior de los lóbulos del testículo, lugar en el que se dividen por mitosis para dar origen a los espermatoцитos primarios y secundarios, los cuales darán lugar a las espermátidas (Weltzien *et al.*, 2002). Posteriormente tiene lugar la espermiogénesis, caracterizada por una expansión de los cistos dentro del lóbulo, seguida de una ruptura (anastomosis) y liberación de espermatozoides al lumen central, proceso denominado por algunos autores espermiación (Harvey y Carolsfeld, 1993).

El esperma maduro es mezclado con un fluido denso, que hace que los espermatozoides se mantengan juntos (Fishelson, 2003). En el caso de la espermatogénesis las células al avanzar el estadio, pierden su tamaño. Las

espermatozonias, son células que se encuentran en la región basal, generalmente son las células más grandes del testículo. Los espermatozonitos son la mitad del tamaño de las espermatozonias y su citoplasma tiende a ser basófilo. El núcleo de los espermatozonitos primarios es largo y la cromatina no está del todo condensada, las células entran en metafase I. Las espermátidas son células mucho más pequeñas que los espermatozonitos, el núcleo es el mayor componente de esas células. Los espermatozonos son aún más pequeños y altamente basófilos, con un flagelo (Rocha y Rocha, 2006).

De acuerdo con Coward *et al.*, (2002), el espermatozoido está compuesto de cabeza, pieza intermedia y flagelo. En general en los teleósteos, la cabeza tiene forma esférica oval, sin acrosoma. El cuello o pieza intermedia sigue el patrón estructural común consistente de un flagelo central rodeado por una vaina mitocondrial, siendo escasas las mitocondrias y no están modificadas; se sitúan en un collar bajo el núcleo. El flagelo presenta la forma típica con varios pares de microfibrillas. En el presente estudio solo fue posible la observación de los espermatozonos como cúmulos de ellos, sin embargo, se sabe que esta especie tiene $1.9 - 25.4 \times 10^9$ espermatozonos/mL (Alcalá y Alvarado, 2014).

Parámetros físicos y químicos

La temperatura es uno de los factores que se debe de tomar en cuenta para un estudio limnológico, porque influye en el comportamiento de los organismos y tiene una participación importante en la solubilidad de los gases, en la tasa fotosintética, en el crecimiento y la reproducción de especies presentes en el sistema (Wetzel, 2001). Los valores registrados de la temperatura del agua de los sistemas se encuentra dentro de los valores óptimos para la reproducción (22 a 28°C) reportados por Fryer e Iles (1972), Morales (1991) y Anónimo (1998), quienes mencionan que la temperatura de desove debe ser superior a los 20°C. Schidler (1991), menciona que los lagos someros pueden estratificarse y desestratificarse varias veces en el verano, como resultado de la acción de los vientos y los lagos polimícticos son comunes en los trópicos, en donde en algunos casos, los cambios diurnos de temperatura son tan amplios, que llegan a inducir la mezcla total de la columna de agua.

El-Sayed y Kawanna (2008) en su estudio temperatura óptima del agua para la estimulación del crecimiento de los alevines de tilapia en sistemas de recirculación, registró que la temperatura a la que los organismos incrementan su tamaño más rápidamente es a los 28 °C, por lo cual los valores obtenidos se encuentran por debajo del óptimo de crecimiento pero por arriba del óptimo para la reproducción; sin embargo, se encuentran por arriba de lo obtenido por Arvizu (2010) que mantuvo un cultivo piloto del género *Oreochromis* sp. En estanques rústicos en Tequexquiac, en el estado de México, que obtuvo un intervalo de temperatura de 18.5 – 23.3, por debajo de lo obtenido por García (2011) en el bordo la palapa que obtuvo valores en un intervalo de 22.2 – 28.8.

La transparencia afecta a los organismos del plancton que son el principal alimento de *O. niloticus*, afecta también a la especie en estudio porque son animales poiquiloterms, altamente termófilos, que un cambio en la temperatura del agua afecta la tasa metabólica, ya que mientras mayor sea la temperatura mayor la tasa metabólica y por lo tanto, mayor consumo de oxígeno (Iturra, 2008; García, 2011).

Los valores de transparencia obtenidos son similares a los obtenidos por Orozco (2013), con un valor máximo de 0.42 m. en el mes de julio y un valor mínimo en marzo con 0.2 m para el bordo de la palapa en el estado de Morelos y también Sánchez y Zamora (2012) reportaron una transparencia de 35 a 65 cm para el bordo Huitchila y similares a los obtenidos por Aguilar (2011) en el bordo Amate Amarillo.

Los valores de pH registrados en el periodo de estudio, mantienen una tendencia alcalina para ambos bordos, con valores ligeramente más altos para Huitchila, pero dentro del intervalo que menciona que menciona Arredondo-Figueroa (1986) sugiere que las aguas que presentan un pH entre 6.5 y 9 son las más apropiadas para el desarrollo de los peces. La reproducción y crecimiento disminuyen en valores inferiores a 6.5 o mayores a 9.5, por debajo de 4 se presenta la muerte acida y por encima de 11 la muerte alcalina. Estos valores son similares a lo reportado por García (2011) para el bordo la “palapa”, también para Aguilar (2011) en Amate Amarillo y para Paredes (2013) en Huitchila, por lo que se puede ver que estos valores se han mantenido a través de los años en los sistemas de estudio.

En cuanto a la alcalinidad y dureza existe una gran relación entre ellas, esto se debe a que los iones calcio, magnesio y bicarbonatos son derivados equivalentes de los mismos depósitos geológicos y por lo tanto los valores de alcalinidad y dureza son frecuentemente similares en magnitud; sin embargo, en algunos cuerpo de agua la alcalinidad total puede exceder a la dureza o viceversa (Arredondo y Ponce, 1998).

Arredondo y Ponce (1998) indican que las aguas que contienen más de 40 mg/L de CaCO_3 o más de alcalinidad total son aguas productivas. Además mencionan que las aguas duras tienden a ser más productivas biológicamente que las aguas suaves, ya que estas últimas son deficientes en calcio y magnesio. EL grado de dureza presente en cualquier sistema acuático es necesario para la sobrevivencia y el crecimiento de los peces, ya que es requerido para la formación de los huesos en peces y el exoesqueleto en crustáceos. Apoyados en lo mencionado por Navarrete *et al.*, (2000) y De la Lanza (1998) los valores obtenidos de dureza, alcalinidad, oxígeno disuelto, pH y temperatura están dentro de los límites de tolerancia para el crecimiento de *O. niloticus*. Por lo tanto, los bordos de Amate Amarillo como Huitchila pueden considerarse como ambientes adecuados para el desarrollo de vida acuática, debido a que la mayoría de los organismos toleran cambios en las concentraciones de dichos parámetros que normalmente se presentan en los ambientes acuáticos

La concentración total de sustancias o minerales disueltos es un parámetro útil para conocer las relaciones edáficas y la productividad en un cuerpo de agua natural, una manera rápida y simplificada de medir los sólidos totales disueltos de una muestra de agua es la conductividad eléctrica (Roldan y Ramírez, 2008), la cual depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de temperatura a la cual se realice la determinación (Romero-Roja, 2008). La conductividad registrada en los sistemas se encuentra entre los 781-1383 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en la acuicultura, especies de interés de agua dulce suelen desarrollarse bien entre valores de 150-500 $\mu\text{S}/\text{m}$ (Gama *et al.*, 2010), otros valores de la conductividad de los cuerpos de agua varía de 50 a 1500 $\mu\text{S}/\text{m}$ (Boyd, 1979) por lo anterior indica que el sistema presenta buena fertilidad y condiciones adecuadas para el cultivo de peces. Los valores obtenidos son superiores a los registrados por Sastré (2008) para la presa Emiliano zapata en el estado de Morelos, pero inferiores a los obtenidos por Orozco (2013), en el bordo la palapa en el estado de Morelos, con valores entre 961 y 1564 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Una de las variables más importante de los ecosistemas acuáticos es el oxígeno disuelto y las variaciones en su concentración, ya que es esencial para el metabolismo de todos los organismos que presentan respiración aeróbica, proporcionan información no solo sobre la intensidad de las reacciones químicas que tienen lugar en el medio, sino de la magnitud de la carga orgánica externa que llega al sistema, entre otros. En Amate Amarillo y Huitchila se encontraron valores que van de 8 a 14 mg/L, los valores más altos para Huitchila se registraron en los meses que descendió más la temperatura en el sistema, en el bordo Amate Amarillo se comportó de manera irregular, esto producido probablemente por otros procesos físicos y químicos, como la actividad antropogénica, Arocena *et al.*, (2008) mencionan que hay otros factores responsables en la oscilación del oxígeno en un sistema como son los procesos físicos de difusión del gas desde la atmósfera durante las épocas más frías, así como la turbulencia generada por el viento que pueden tener más importancia en estos sistemas que la actividad fotosintética de las algas.

Lara *et al.*, (1996) señalan que el amonio y los nitritos son los primeros productos de degradación orgánica efectuada por las bacterias. Las algas ingieren nitrógeno preferentemente como amonio a pesar de que su concentración en aguas naturales es baja, en el caso de Amate Amarillo 0.42 mg/L y Huitchila 0.97 mg/L. De la Lanza (1990) plantea que raramente excede a 10 mg/L y en forma frecuente es de 1 mg/L. Sin embargo según Lara *et al.* (1996), el nitrógeno en forma de amoniaco puede ser nitrificado a nitratos y la nitrificación es más rápida a pH de 7 y 8 (Arredondo y Ponce 1998), que son los valores que prevalecen en los actuales sistemas, razón por la cual el amonio se encuentra en bajas concentraciones.

Los valores obtenidos, en ambos sistemas, se encuentran por debajo de los datos registrados por García, (2011) en la palapa con valores en el intervalo de 0.22 a 0.91 mg/L, y Rivera-Hernández (2011) para Amate Amarillo de 0.13 a 0.69 mg/L, lo que nos indica una disminución en las concentraciones del sistema Amate Amarillo.

El efecto de la toxicidad en organismos acuáticos es atribuido al amoníaco en su forma no ionizada (Wajsbrodt *et al.*, 1993). Exposiciones por debajo de los niveles tóxicos de amoníaco causan degeneración de la piel, daños de las branquias, los riñones (Tomasso *et al.*, 1980) y reducción en la capacidad de transporte de hemoglobina (Sousa y Meade, 1977). La elevación de la temperatura no conlleva a un aumento en los niveles de amoníaco libre, pero favorece su interacción con otras moléculas, por lo que actúa como catalizador, aumentando notablemente su toxicidad, un incremento de pH brusco provocaría que los iones de amonio se disocien. El amoníaco a concentraciones tan bajas como 0.08mg/L es más tóxico a altas temperaturas, la disminución del oxígeno disuelto también aumenta la toxicidad del amonio, disminuyendo el apetito y el crecimiento en los peces (Colegio de Postgraduados, 2010; García, 2011).

La concentración de clorofila "a" se utiliza para estimar en forma indirecta la biomasa de la comunidad fitoplanctónica, debido a que es el principal pigmento fotosintético presente en las algas. La clorofila "a" también es un indicador del grado de contaminación de los ecosistemas acuáticos y un importante índice del estado fisiológico del fitoplancton (Rivera *et al.*, 2005). El fitoplancton está sujeto a una fuerte influencia estacional y en las zonas tropicales se pueden observar grandes contrastes entre las asociaciones de especies en la época de lluvias y de sequía y por lo tanto, la biomasa del fitoplancton parece guardar relación con el aumento y descenso del nivel de las aguas de un embalse (González *et al.*, 2004).

Peña Mendoza *et al.*, (2005), menciona que en el periodo en que incrementa la biomasa de fitoplancton es también el tiempo en que incrementa el IGS para los organismos en la presa Emiliano Zapata, este incremento es debido a la gran concentración de nutrientes y a la mezcla de agua de lluvia, además de los cambios asociados en la hidrología de la presa. El aumento en la cantidad de fitoplancton puede jugar un papel muy importante en la estación reproductiva debido a que tendrán mayor crecimiento y supervivencia ya que hay suficiente alimento disponible.

El comportamiento del índice gonadosomático con respecto a la concentración de clorofila "a", para ambos sistemas se ajusta parcialmente a lo que mencionan Peña-Mendoza *et al.*, (2005), ya que en cuanto aumenta la concentración de clorofilas se ve un aumento en el índice gonadosomático en el mismo mes o un mes antes, esto para el sistema Amate Amarillo ya que para el sistema Huitchila no se percibe de igual forma debido a la ausencia de hembras en algunos meses; sin embargo, se observa un aumento del índice gonadosomático seguido de un aumento en las clorofilas lo que proporcionaría de alimento a los organismos que se reclutan a la población como efecto de la reproducción.

Análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA)

Diversos autores han empleado el análisis multivariado o univariado para establecer con mayor precisión el ó los factores que controlan los cambios en las poblaciones y por consiguiente en cada variable, e incluso poder definir regiones que en un análisis simple se perdería (De la Lanza *et al.*, 1998).

García-Berthou y Moreno-Amich (1993) mencionan que el estudio de la reproducción es de tipo fundamental y requiere cierta complejidad en ciencias pesqueras, por eso proponen un método que en lugar de tener una sola variables de respuesta, hacen la propuesta de incluir todas las variables morfométricas dependientes relacionadas con la actividad reproductiva y se ajusten por medio de la covariada (la longitud).

Al aplicar el análisis multivariado de covarianza, en relación a los datos agrupados de los peces de los bordos, los resultados fueron altamente significativos en las variables de peso total, peso del hígado y peso de la gónada, lo que sugiere que existe una variación estacional y una dependencia sobre la talla del organismos y de las diferentes variables del peso analizados.

En el caso de los datos de la población de peces del bordo Amate Amarillo se puede apreciar esta relación sobre todo al graficar el peso de las gónadas, ya que aparecen dos periodos de reproducción, para los machos y para las hembras en el peso de la gónadas se muestran tres periodos. Para el caso del bordo Huitchila en el peso de la gónada se observa tres periodos de reproducción tanto para las hembras como los machos. En el caso de los peces del bordo Amate Amarillo éstos resultados corroboran los datos obtenidos con los índices biológicos, mientras que para los resultados de los peces obtenidos en el bordo Huitchila es de gran ayuda este análisis, debido a que la falta de hembras en el muestreo no permitió establecer claramente la época de reproducción y gracias a este análisis se logran visualizar dos meses de reproducción al inicio del año que corresponden con la época de secas y lo más importante es que coincide con lo reportado por otros autores, quienes trabajaron en el mismo estado de Morelos. Resultados que se complementan con la época de reproducción que se dejaron visualizar con los resultados de los machos, que aparentemente se reproducen en el periodo de abril a junio y que nuevamente coincide con lo reportado por los mismos autores, como el periodo de máxima reproducción al año.

Gómez-Márquez *et al.*, (2002) mencionan que la temporada reproductiva para esta especie, muestra que el peso del hígado es mínimo hacia el inicio del verano, debido a que este órgano presenta una mayor relación con los ovarios que con los testículos, ya que el hígado segrega sustancias proteicas denominadas vitelogeninas durante el proceso de la vitelogénesis exógena, las cuales van a ser captadas por ovocitos en desarrollo. Por lo tanto es directamente proporcional al ciclo reproductivo y el valor de éste decae justo antes del desove, lo que lo hace ser el indicar más importante de éste proceso (Rodríguez, 1992).

Sastré (2008) menciona que el análisis por sexos separados mostró una misma tendencia, registrando una relación inversa entre el valor medio del peso del hígado y del peso de las gónadas, donde los valores medios elevados del peso de las gónadas se presentaron durante la época de secas y posteriormente en la época de lluvias (julio-agosto). Asimismo García (2011), cita que el comportamiento que siguen las medias ajustadas respecto a ovarios y testículos presenta dos épocas de reproducción: uno en septiembre (época de lluvias y otro de febrero – mayo (época de secas).

Al utilizar la longitud patrón como covariada se realiza un mejor ajuste, ya que es la variable más apropiada para este propósito, porque depende menos de las características ambientales y condiciones fisiológicas. Asimismo, estima los valores medios de los pesos a un mismo tamaño del organismos y con esto se puede considera a este análisis como confiable al considerar los resultados obtenidos.

Respecto a los datos obtenidos tanto para machos como para hembras el peso total y el peso eviscerado siguen una misma tendencia, donde el peso eviscerado tiende a disminuir en la época de reproducción, ya que el mayor aporte de energía se brinda para aspectos del desarrollo gonadal. Los resultados de este análisis indican dos épocas de reproducción principales una en la época de lluvias y otra en la época de secas, lo cual concuerda con Aguilar (2011) para la tilapia del bordo Amate Amarillo que registro que el peso eviscerado disminuye en mayo y otro en septiembre – octubre para el caso de los machos y que para el caso de las hembras mostró un descenso en el mes de noviembre. Paredes (2013) menciona que para el bordo Huitchila existen dos periodos de reproducción el primero en mayo, en época de secas y el segundo en el mes de agosto, correspondiente la temporada de lluvias cuando se tiene una mayor disponibilidad de alimento.

Los sistemas presentan similitudes en sus características físicas y químicas en todos los rubros limnológicos que se manejaron en este trabajo, esto debido en gran medida a que los sistemas comparten las mismas condiciones climáticas, edáficas y el mismo impacto antropogénico; sin embargo, es importante mencionar que a pesar de la similitud en la condiciones de ambos sistemas, una posible diferencia que se puede establecer entre estos cuerpos de agua es que el impacto antropogénico a pesar de ser del mismo tipo en ambos (al ser utilizados para el riego de campos agrícolas y con fines de acuicultura), Amate Amarillo se ve más afectado en mayor grado por esta característica que el de Huitchila, ya que es explotado en mayor medida tanto en recurso pesquero, como en recurso hídrico ya que tiene una compuerta donde se tiene una pérdida de agua de seis de la mañana a tres de la tarde, lo que provoca modificaciones en las concentraciones de los nutrimentos, por consiguiente en las del fitoplancton y finalmente en el recurso pesquero.

Finalmente, la prueba estadística de U de Mann-Whitney, mostro que existe diferencia entre los organismos de Amate Amarillo y de Huitchila, concordando con las observaciones de campo, los individuos de Amate Amarillo presentan una condición morfológica más atractiva, ya que los pertenecientes al bordo Huitchila, denotan una condición más endeble, esto puede ser debido a factores alimenticios y como menciona Ricker (1975), es importante conocer el tipo de crecimiento de los organismos ya que pueden existir diferencias entre poblaciones de la misma especie o entre la misma población en diferentes años, probablemente asociado a una condición nutricional.

Sin embargo, los organismos de Huitchila presentan un aumento en sus mediciones promedio de talla y peso, en comparación con el estudio de Paredes (2013) para este sistema, dicho aumento se relaciona con la reciente fertilización del cuerpo de agua con estiércol vacuno, que además de aumentar la producción de organismos alimenticios naturales (fitoplancton y zooplancton), que son consumidos por los peces, aumenta la cantidad de bacterias en el agua, que aceleran la descomposición de la materia orgánica y este tipo de fertilizante sirve como alimento directo para *O. niloticus* (FAO, 2006). Con lo anterior se podría esperar, que si se fertiliza de manera constante el sistema exista un aumento en la biomasa de los organismos planctónicos presentes, obteniéndose mayores rendimientos del recurso.

Conclusiones

-  Las tallas y pesos de *Oreochromis niloticus* del bordo Amate Amarillo son mayores que las obtenidas en el Bordo Huitchila.
-  La proporción sexual para los organismos de Amate Amarillo fue de macho:hembra de 1.65:1 y de 13.88:1 para Huitchila, favoreciendo en ambos casos a los machos.
-  Por medio de la prueba t-student se obtuvo que las poblaciones en ambos sistemas presentan un tipo de crecimiento alométrico negativo, lo cual indica que crecen más en longitud que en peso.
-  De acuerdo al factor de condición, las hembras presentan mejor condición que los machos, con cierta variabilidad a lo largo del estudio, mientras que los machos se mantienen constantes, esto para los dos sistemas.
-  La talla de primera madurez sexual para ambos sexos en Amate Amarillo es de 15.98 cm de longitud patrón y para los machos de Huitchila es de 13.31 cm y para las hembras 15.48 cm de longitud patrón.
-  La fecundidad media fue de 262 ovocitos/pez con diámetros de ovocitos que oscilan de 300-2500 μm para AA y para HUI de 389 ovocitos/pez con diámetros de ovocitos que van de 400-1300 μm .
-  La fecundidad relativa mostró mayor relación con el peso total en Amate Amarillo que la longitud patrón. Para Huitchila el peso tuvo mayor correlación con el número de óvulos, que la longitud patrón.

-  Los organismos presentan un desarrollo ovárico sincrónico por grupos.
-  Con base en la variación temporal de la madurez gonádica, IGS e IHS, la especie presenta dos periodos de reproducción para Amate Amarillo, en mayo y agosto-octubre 2013, en el caso de Huitchila de abril a junio.
-  El comportamiento que siguen las medias ajustadas del análisis ANAMUCOVA, muestran dos periodos de reproducción, uno en la época de lluvias, y otro en la época de secas para ambos sistemas
-  El hígado tiene un mayor peso antes de la época de reproducción, por la síntesis de vitelogénesis.
-  El comportamiento reproductivo de *O. niloticus* en ambos sistemas es similar.
-  De acuerdo a los parámetros físicos y químicos de los sistemas se puede decir que son cuerpos de agua productivos, con aguas duras, bien oxigenas que permite el desarrollo de la especie.
-  De acuerdo con el análisis de Spearman mostro para Amate Amarillo correlaciones negativas para el índice hepatosomático con la alcalinidad y para Huitchila el índice gonadosomático de machos con la conductividad y los sólidos disueltos.

Anexo 1

Tabla 21. Técnica histológica aplicada a las gónadas de los organismos de *Oreochromis niloticus*

| Deshidratación | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| • Alcohol etílico al 70% | 12 horas |
| • Alcohol etílico al 70% | 12 horas |
| • Alcohol etílico al 95% | 1 hora |
| • Alcohol etílico al 95% | 1 hora |
| • Alcohol etílico al 100% | 1 hora |
| • Alcohol etílico al 100% | 1 a 1.5 horas |
| Diafanización | |
| • Alcohol absoluto – Xilol 1:1 | 1 hora |
| • Xilol | 1 hora |
| • Xilol | 1 hora |
| Inclusión | |
| A los ovarios se le hicieron pequeñas incisiones con una aguja de disección o se pueden dividir en pequeños trozos para que la parafina penetre. | |
| • Baño de parafina | 2 semanas |

Bibliografía

- Abdulrahman A. K. (1996-1997). Food size and condition of *Oreochromis niloticus* in Nigeria (Pisces: Cichlidae). Rev. Biol. Trop. 44/45: 655-658.
- Admassu D. (1996). The breeding season of tilapia, *Oreochromis niloticus* L. in lake Awassa (Ethiopian rift valley). Hidrobiología. 337: 77-83.
- Aguilar L. E. A. (2011). Algunos aspectos reproductivos de la tilapia en el Bordo Amate Amarillo, Morelos. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. México. 85 p.
- Alamilla H. A. (2001). Cultivo de tilapia. 20E Techni-Campo. México. 19 p.
- Alcalá P. A. y S. G. B. Alvarado. (2014). Efecto del Fotoperiodo en el Crecimiento y Reproducción de *Oreochromis niloticus* L. Reporte servicio social. FES Zaragoza. UNAM. 41 p.
- Anónimo. (1981). Síntesis geográfica de Morelos. Secretaría de Programación y Presupuesto, INEGI, México Aguascalientes, Ags.110 p.
- Anónimo. (1998). Anuario estadístico de pesca 1997. Dirección de Estadística y Registro Pesquero. Secretaría de pesca. 235 p.
- APHA, AWWA y WPCF. (1992). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18 ed. American Public Health Association, EE.UU. 1100 p.
- Arocena R., G. Chalar, D. Fabián, L. De León, E. Brugnoli, M. Silva, E. Rodó, I. Machado, Pacheco J. P., R. Castiglioni y I. Gabito. (2008). Estado trófico de embalses pasó Severino y Canelón grande. Convenio DINAMA-Facultad de Ciencias (Sec. Limnología). Evaluación ecológica de cursos de agua y biomonitorio. Montevideo Uruguay. 36 p.
- Arredondo-Figueroa J. L. (1986). Piscicultura, breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva, México, Secretaria de Pesca. 182 p.
- Arredondo F. J. L. y J. T. P. Ponce (1998). Calidad del agua en acuicultura, conceptos y aplicaciones. AGT editor, México. 222 p.
- Arul S. V. (2000). Últimos Avances en el manejo de reproductores de tilapia. Aquatic 10: 17-20.
- Arvizu S. E. (2010). Cultivo piloto de tilapia (*Oreochromis* spp) en estanques rústicos en Tequixquiác, Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM. 55 p.
- Badillo H. B. y C. J. G. Navarro. (2001). Evaluación del Cultivo de Mojarra (*Oreochromis niloticus*) en jaulas Flotantes en la Laguna de Metztitlan, Edo. De Hidalgo. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM, México. 61 p.
- Badillo G. G., L. P. Arena y J. C. Chiappa. (2010). Manual de prácticas de ecología acuática. Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 98 p.
- Bakhoun S. A. (1994). Comparative study on length-weight relationship and condition factor of the genus *Oreochromis* in polluted and non-polluted parts of Lake Mariut, Egypt. Bull. Nat. Inst. Oceanogr. y Fish., A.R. Egypt 20, 201-10.
- Baltazar P. M. (2007). La tilapia en Perú: acuicultura, mercado y perspectivas. Rev. Perú. Biol. 13:267-273.
- Bagenal T. (1978). Aspects of fish fecundity. In: Shelby, D. Gerking (Ed.) Ecology of freshwater fish production. Ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 75-101.
- Barbieri G., M. T. D. Giamas, A. R. Teixeira-Filho, E. C. Campos y J. H. Vermulm. (2000). Biología poblacional da tilapia, *Oreochromis niloticus*, da represa de Guarapiranga, Sao Paulo. II Dinamica de reproducao. Boletín del Instituto de Pesca. Sao Paulo. 26 (1): 9-13.

- Babiker M. M. y H. Ibrahim. (1979). Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica*: gonadal maturation and fecundity. J. Fish Biol.14: 437-447.
- Baroiller F. J. y H. D´Cotta. (2001). Environmental and sex determination in farmed fish. Comparative and Biochemistry and Physiology Part C130. 399-409.
- Basurto M. (1984). Estudio preliminar al conocimiento biológico y pesquero de la *Tilapia nilotica* (Linnaeus) en la Laguna de Chila. Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad del Noreste de Tampico, Tampico, México. 50 p.
- Bayuelo E. y O. Sanz. (2005). Reproducción de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el jardín Zoológico de la Habana. Ciencias 3: 63-67.
- Beltrán-Álvarez R., J. Sánchez-Palacios., L. G. Valdez y A. A. Ortega-Salas. (2010). Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Pisces: Cichlidae) en la presa Sanalona, Sinaloa, México. Rev. Biol. Trop. 58(1): 325-338.
- Bern O. y R. R. Avtalion. (1990). Some morphological aspects of fertilization in tilapias. Journal of Fish Biology 36: 375-381.
- Bezault E., F. Clota, M. Derivaz, B. Chevassus y J.F. Baroiller. (2007). Sex determination and temperature-induced sex differentiation in three natural populations of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) adapted to extreme temperature conditions. Aquaculture 272, S1: S3–S16.
- Billard R., A. Fostier, C. Weil y B. Brenton. (1982). Endocrine control of spermatogenesis in teleost fish. Can. J. Fish Aquat. Sci. 39: 65-79.
- Blancas A. A. G., S. A. Cervantes, C. E. Constanzo y J. L. M. Gómez. (2011). Manual de análisis de aguas naturales y su aplicación a microescala. UNAM. FES Zaragoza. 85 p.
- Bocek A. (2003). Introducción al cultivo de Tilapia. Acuicultura y aprovechamiento del agua para el desarrollo rural. International Center for Aquaculture Swingle Hall Auburn University, Alabama USA. (en línea) <http://ag.arizona.edu/azaqua/AquacultureTIES/publications/Spanish%20WHAP/TIL1%20Intro%20Tilapia.pdf>.
- Boyd C. E. (1979). Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Auburn University. Auburn Alabama. USA. 345 p.
- Cailliet G. M., M. S. Love y A. W. Ebeling. (1986). Fishes a field and laboratory manual on their structure, identification, and natural history. Wadsworth Publishing Company. 194 p.
- Camargo S. A. A., y S. S. D. Cruz. (2013). Reproducción y crecimiento de *Oreochromis niloticus* mediante un cultivo intensivo en la ciudad de México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. México. 66 p.
- Canseco J. F. J. (2004). Biología de la reproducción de *Oreochromis niloticus*. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. México, D.F. 97 p.
- Cantor A. F. (2007). Manual de producción de Tilapia. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. 135 p.
- Castillo F. L. (1989). Historia genética e hibridación de la tilapia roja. SEDEPESCA. Colombia. 69-193.
- Cedano-Castro M. D., B. A. Lujan y S. A. Hamilton. (2013). Crianza de *Oreochromis niloticus* Var. Chitralada en sistema bio-floc en la Empresa PRODUMAR SA, Guayaquil (Ecuador). Rev. REBIOLEST 1(2): 79-91.
- Cifuentes-Lemus. J. L, G. M. P. Torres y M. Torres-Mondragón. (1997). El océano y sus recursos. Ed. Fondo de cultura económica. México. 174 p.
- Cifuentes R., J. González, G. Montoya, A. Jara, N. Ortiz, P. Piedra y E. Habith. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del rio San pedro (cuenca del rio Valdivia, Chile). Gayana 75(2). 101-110.

- Conover D. O. y M. H. Fleisher. (1986). Temperature-sensitive period of sex determination in the Atlantic silverside, *Menidia menidia*. J. Can. Fish. Aquat. Sci., 43: 514-520.
- Coward, K. y N. R. Bromage. (1998). Histological classification of oocyte growth and the dynamics of ovarian recrudescence in *Tilapia zillii*. Journal of Fish Biology 53: 285-302.
- Coward K., N. R. Bromage, O. Hibbitt, y J. Parrington. (2002). Gamete physiology, fertilization and egg activation in teleost fish. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 12(1): 33-58.
- D'Cotta H., A. Fostier, Y. Guiguen, M. Govoroun y J. F. Baroiller. (2001). Aromatase plays a key role during normal and temperature-induced sex differentiation of tilapia *Oreochromis niloticus*. Molecular Reproduction and Development 59: 265-276.
- De Graaf G. J., F. Galemoni y E. A. Huisman. (1999). Reproductive biology of pond reared Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture Res. 35: 25-33.
- De Juan H. J., I. M. García, C. R. Pérez y L. R. Mengual. (2009). Influencia del sistema visual en la reproducción de los peces. Departamento de Biotecnología. Universidad de Alicante. España. 27 p.
- De la Lanza E. G. (1990). Algunos conceptos sobre hidrología y calidad del agua. En De la Lanza, E. G. y F. J. L. Arredondo (Comp.). La acuicultura en México: de los conceptos a la producción. México. D.F. UNAM. 181-199 p.
- De la Lanza E. G., N. Sánchez-Santillán, y H. A. Esquivel. (1998). Análisis temporal y espacial fisicoquímico de una laguna tropical a través del análisis multivariado. Hidrobiología 8(2): 89-96.
- Desprez D., C. Briand, M. C. Hoareau, C. Mélard, P. Bosc y J. F. Baroiller. (2006). Study of sex ratio in progeny of a complex *Oreochromis* hybrid, the Florida red tilapia. Aquaculture 251: 231-237.
- Devlin H. R. e Y. Nagahama. (2002). Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. Aquaculture 208: 191-364.
- El-sayed A. F. M. y M. Kawanna. (2008). Optimum water temperature boosts the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry reared in a recycling system. Aquaculture Research 39: 670-672.
- Esquivel Q. G. A, y G. A. E. García (2012). Comparación de la producción de crías de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) a densidades de siembra de 4 y 8 kilogramos de hembras/hapa en pilas de concreto. Proyecto especial presentado como requisito para optar al título de ingenieros en el grado académico de licenciatura. Honduras, Zamora. 15 p.
- Estrada F. E., Z. L. Peralta y M. P. Rivas. (1982). Manual de técnicas de histología. AGT Editor, S.A. México, 140 p.
- FAO. (2006). Métodos sencillos para la acuicultura. Version 2. Rome, FAO. CD-ROM.
- FAO. (2008-2012). Cultured Aquatic Species Information Programme *Oreochromis niloticus*. Programa de información de especies acuáticas. Texto de Rakocy, J. E. In: *Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO* [en línea]. Roma. Actualizado 18 February 2005. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es.
- Fishelson L. (2003). Comparison of testes structure, spermiogenesis, and spermatocytogenesis in Young, aging, and hybrid cichlid fish (Cichlidae, Teleostei) J. Morphol. 256: 285-300.
- Fryer G. y T. D. Iles (1972). The Cichlid Fishes of the great Lakes of Africa. Their Biology and Evolution. Oliver and Boyd, Edinburgh, Scotland. 641 p.

- Gama F. J. L., M. E. L. Pavón, P. T. Ramírez y L. O. Ángeles. (2010). Análisis de calidad del agua, relación entre factores bióticos y abióticos. Primera edición. FES Iztacala, UNAM, México. 119 p.
- García-Berthou E. y R. Moreno-Amich. (1993). Multivariate analysis of covariance in morphometric studies of the reproductive cycle. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 50: 1394-1399.
- García E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Quinta edición. Instituto de Geografía. UNAM. México. 90 p.
- García A. G. (2006). Histología y Biología Reproductiva de tilapia en el Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. México. 139 p.
- García G. M. A. (2011) Reproducción de *Oreochromis niloticus* en el bordo “la palapa”, Morelos, México. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. México. 111 p.
- García-Ulloa M., M. C. Gallo-García, J. T. Ponce-Palafox, González. H. Rodríguez y. A. M. Góngora-Gómez. (2012). Crecimiento de crías de *Oreochromis niloticus* alimentadas con una inclusión dietética de quistes decapsulados de *Artemia*. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 16(1): 89-93.
- Getinet G. T y N. B. Amrit. (2007). Characterization and comparison of variations in reproductive performance of Chitrada strain Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) *Aquaculture Research* 38: 1066-1073.
- Gómez-Márquez J. L., R. M. A. Castillo, M. J. G. Fabiola y V. A. D. Zamora. (1993). Reproducción de la tilapia en la laguna El rodeo, Estado de Morelos, México. *Tópicos de investigación y posgrado III* (1): 16:22.
- Gómez-Márquez J. L. (2002). Estudio Limnológico-Pesquero del Lago de Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 181 p.
- Gómez-Márquez J. L., B. Peña-Mendoza, I. H. Salgado-Ugarte y M. Guzmán-Arroyo. (2003). Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelco lake, Morelos, México. *Revista de Biología Tropical* 51: 221-228.
- Gómez-Márquez J. L., B. Peña-Mendoza, I. H. Salgado-Ugarte y J. L. Arredondo-Figueroa. (2008). Age and growth of tilapia, *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from a tropical shallow lake in México. *Rev. Biol. Trop.* 56(2): 875-884.
- González J. E., M. Ortaz, C. Peñaherrera y M. L. Matos. (2004). “Fitoplancton de un embalse tropical hipereutrofico (Pao-Cachinche, Venezuela): Abundancia, biomasa y producción primaria”. *Interciencia*, 29 (10): 548-555.
- Granado L. C. (2002). Ecología de peces. Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones. España. 353 p.
- Grier H. J. (1981). Cellular organization of the testis and spermatogenesis in fishes. *Amer. Zool.* 21:345-357.
- Guraya S. S. (1996). Recent advances in the functional morphology of follicular wall, egg-surface components, and micropyle in the fish ovary. In *Fish Morphology –Horion of New Research*, J.S. Datta Munshi and H. M. Dutta (eds.). Science Publishers, Inc. Enfield (NH), USA, pp. 111-144.
- Guzmán R. C. N. (2003). Análisis de los niveles de vitelogeninas séricas en individuos noemachos de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* (Smith y Stearly, 1989). Tesis de Licenciatura en Biología Marina. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología Marina. Universidad Austral de Chile. 44 p.
- Harvey B. y J. Carolsfeld. (1993). Induced breeding in tropical fish culture. IDRC, Ottawa. 144 p.
- Hepher B. e Y. Pruginin. (1991) Cultivo de peces comerciales: Basado en las experiencias de las granjas piscícolas en Israel. Tercera reimpresión. Noruega Limusa. México 94-105.

- Hines G. N., L. R. Boots, T. Wibbels. y S. A. Watts. (1999). Steroid levels and steroid metabolism in relation to early gonadal development in the tilapia *Oreochromis niloticus* (Teleostei: Cyprinoidei). *General Comparative Endocrinology* 114: 235-248.
- Holden M. J. y D. F. S. Raitt. (1975). Manual de Ciencia Pesquera. Parte 2. Métodos para Investigar los Recursos y su Aplicación. FAO Documento Técnico de Pesca (115) Rev. 1:211.
- INEGI. (2000). Anuario estadístico del estado de Morelos. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. Aguascalientes, México 461 p.
- INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Aguascalientes, México. 9 p.
- INEGI. (2013). El Sector Alimentario en México 2013. Serie estadísticas sectoriales. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. Aguascalientes, México 304 p.
- Iturra J. (2008). Manual de crianza de tilapia. Editorial, Nicovita. Peru. 49 p.
- Jamienson G. M. B. (2009). Reproductive Biology and Phylogeny of Fishes (Agnathans and Bony Fishes): Phylogeny, Reproductive System, Viviparity, Spermatozoa. Science Publishers. Australia. 802 p.
- Jiménez-Badillo M. L. (2006). Age-growth models for tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) of the infiernillo reservoir, México and reproductive behavior. *Rev. Biol. Trop.* 54(2): 577-588.
- Khallaf E. A., M. Galal y M. Authman. (2003). The biology of *Oreochromis niloticus* in polluted canal. *Ecotoxycology.* 12: 405-416.
- King M. (1995). Fisheries biology, assessment an management. Blackwell Science, London. 341 p.
- Kolding J. (2006). Population dynamics and life-history styles of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*, in Ferguson´s Gulf, Lake Turkana. Kenya. *Environmental Biology of Fishes.* 37: 25-46.
- Komolafe O. O. y G. A. O. Arawomo. (2007). Reproductive strategy of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae) in Opa reservoir Ile-ife Nigeria. *Rev. Biol. Trop.* 55: 595-602.
- Kunz Y. W. (2004). Developmental biology of teleost fishes. Springer Edit. Noruega. 638 p.
- Lagler K. F., J. E. Bardach, R. R. Miller y D. R. M. Passino. (1977). Ichthyology. Segunda Edición. Editor Wiley. New York. USA. 506 p.
- Lagler K. F., J. E. Bardach, R. R. Miller y, D. R. M. Passino. (1984). Ictiología, AGT Editor, S. A., México. 489 p.
- Landines-Parra M. A. (2005). Mecanismos celulares de la reproducción de los peces. Imprenta Nacional de Colombia, Colombia. 11-22 p.
- Lara V. M. A., R. J. L. Moreno y M. E. J. Amaro. (1996). Fitoplancton, conceptos básicos y técnicas de laboratorio, UAM Iztapalapa, México. 227 p.
- Manrriquez L. Y. (2005). Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de otolitos en el lago Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. México. 111 p.
- Morales D. A. (1974) El cultivo de Tilapia en México. Datos biológicos. Instituto Nacional de Pesca. 25 p.
- Morales D. A. (1991) La Tilapia en México: Biología, cultivo y pesquerías A.G.T. Editor S. A. México. 190 p.
- Navarrete-Salgado N. A., H. G. Elías, R. G. Contreras, y B. M. Rojas. (2000). Policultivo de carpas y tilapia en bordos rurales en el estado de México. *Hidrobiológica*, Vol. 10, No.1:35-40.
- Nirchio M. y J. Perez. (2002). Riesgos del cultivo de Tilapia en Venezuela. *Interciencia*, 27(1): 39-44.

- Nikolsky V. D. (1963). *The Ecology of Fishes*. Part II. Academic Press London. 352 p.
- Njiru M., P. Nzungi, A. Getabu, E. Wakwabi, A. Othina, T. Jembe y S. Wekesa. (2006). Are fisheries management, measures in Lake Victoria successful. The case of Nile perch and Nile tilapia fishery. *African Journal of Ecology*. 45: 315-323
- Oliveira R. F. y V. C. Aldama. (1995). Sexual dimorphism and allometry of external morphology in *Oreochromis mossambicus*. *Journal of Fish Biology*. 46(6): 1055-1064.
- Orozco B. E. (2013). Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus*, en el bordo la palapa, Morelos, México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. México. 67 p.
- Ortega F. I. (2011). Conducción y organización del proceso de producción de empresas. Tesina de Maestría. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. México. 58 p.
- Ortiz L. B., C. E. Ramírez y R. R. Cárdenas. (2000). Obtención de una actividad gonadotrópica de la hipófisis de la tilapia *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes: Cichlidae). *Hidrobiológica* 10(2): 79-84.
- Paredes M. A. E. (2013). Aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus* en el bordo Huitchila, Morelos, México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza UNAM. México. 98 p.
- Patiño R., y F. Takashima. (1995). Gonads. En *An Atlas of Histology. Normal and Pathologic Features*. F. Takashima y T. Hibiya (Eds.) Kodansha Ltd. Tokyo, Gustav Fischer Verlag Stuttgart, 2da. Edición. 128-153 p.
- Patiño R. y C. V. Sullivan. (2002). Ovarian follicle growth, maturation and ovulation in teleost fish. *Fish Physiology and Biochemistry* 26: 57-70.
- Peña-Mendoza B. y R. Domínguez. (1999). The effect of different photoperiods on body growth, Gonadal growth and hypothalamic monoamine content in juvenile *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). *Hidrobiológica* 9: 63-70.
- Peña-Mendoza B., J. L. Gómez-Márquez, I. H. Salgado-Ugarte y D. Ramírez-Noguera. (2005). Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Emiliano Zapata, dam, Morelos, México. *Rev.Biol.Trop.* 53: 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: Cichlidae) *Ciencia Pesquera*. 19(2): 23-36.
- Pérez O. G. y J. S. J. Patlani. (2002). Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la Presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM, México, 84 p.
- Peterson M. S., W. T. Slack, N. J. Brown-Peterson y J. L. McDonald. (2004). Reproduction in nonnative environments: establishment of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*, in coastal Mississippi Watersheds. *Copeia*: 842-849.
- Ramos-Cruz S. (1995). Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Benito Juárez, Oaxaca, México. *Ciencia Pesquera*, Nueva época. 11: 54-61.
- Ramírez N. D. y M. C. L. Cruz (2002). Aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. México. 53 p.
- Ravaglia M. A. y M. C. Maggese. (2002). Oogenesis in the swamp eel *Synbranchus marmoratus* (Bloch, 1795) (Teleostei; Synbranchidae). Ovarian anatomy, stages of oocyte development and micropyle structure. *Biocell*. 23: 325-337.
- Reardon E. E. y L. J. Chapman. (2008). Reproductive seasonality in a swamp-locked African cichlid. *Ecology of Freshwater Fish*, 17: 20–29.

- Colegio de Postgraduados. (2010). Manual del participante: Curso de cultivo de peces en estanques circulares. COLPOS-Campus Veracruz. Acuicultura Rural integral. 32 p. <http://tilapiasdelosur.com.ar/downloads/Cultivodetilapiaenestanquescirculares.pdf>
- Ricker W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Department of the Environmental Fisheries and Marine Service. Bull. Fish Board. Can. 191:382.
- Rivera C. O. A. y G. G. N. Hernández. (2011). Producción y calidad del agua de los reservorios "Amate Amarillo" y "la Palapa", Morelos. Informe de laboratorio. FES Zaragoza. UNAM. 118 p.
- Rivera R. C., A. A. Zapata, G. Pinilla, J. Donato, B. Chaparro y P. Jiménez. (2005). Comparación de la estimación de la clorofila-a mediante los métodos espectrofotométrico y fluorométrico. Acta Bio. Colomb. 10 (2): 95-104.
- Rocha J. M. y E. Rocha. (2006). Morphofunctional Aspects of Reproduction from Synchronous to Asynchronous Fishes - An Overview. En Fish endocrinology ed. Kapoor B. G. 2 vols. 571- 624 p.
- Rodríguez G. M. (1992) Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. A.G.T. Editor S.A.México 1-10. 79 p.
- Roldan P. G. y R. J. J. Ramírez. (2008). Fundamento de Limnología Neotropical. Segunda edición. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. 442 p.
- Romagosa E., P. Paiva y E. M. Godinho. (1990). Pattern of oocyte diameter frequency distribution in females of de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) (*Colossoma mitrei* Berg, 1895), induced to spawn. Aquaculture, 86: 105-110.
- Romero R. J. A. (1999). Calidad del agua. Ed. Alfaomega. México. D.F. 273 p.
- Rosas H. M. P. (2009). Caracterización física, química y biológica de los sistemas acuáticos lenticos de la región sur-oriente del estado de Morelos. Tesis Licenciatura. FES Zaragoza UNAM. 238 p.
- Saborido R. F. (2008). Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC) Universidad de Vigo, España. <http://digital.csic.es/handle/10261/7260>.
- SAGARPA. (2013). La pesca y la acuicultura, y su impacto en la seguridad alimentaria mexicana (diapositivas de Power Point). Recuperado de http://coin.fao.org/coinstatic/cms/media/18/13825475340770/12._la_pesca_y_acuicultura-seguridad_alimentaria-fao.pdf. Febrero 17, 2014.
- Salgado-Ugarte I. H. (1992). El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones. Primera edición. MARC ediciones. México D.F. 243 p.
- Salgado-Ugarte I. H., J. L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza. (2005). Métodos actualizados para el análisis de datos Biológicos-Pesqueros. FES Zaragoza UNAM. México. 240 p.
- Sastre B. L. (2008). Análisis biológico-pesquero de *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata Morelos, México. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas. FES Zaragoza. UNAM. México. 137 p.
- Schindler D. W. (1991). Lakes and Oceans as Functional Wholes. In Barnes R. S. K. y K. H. Mann. (Edited). Fundamentals of Aquatic Ecology. Second Edition. Blackwell Scientific Publ. 91-122.
- SCOR-UNESCO. (1980). Determination of chlorophyll in seawater. Unesco technical papers in marine science, No. 35.
- Selman K. y R. A. Wallace. 1989. Cellular aspects of oocyte growth in teleosts. Zoological Science 6: 211-231.
- Selman K., R. A. Wallace, A. Sarka y X. Qi. (2005). Stages of oocyte development in the zebrafish, *Brachydanio rerio*. Journal of morphology 218(2): 203-224.

- SEPESCA. (1988). Manual Técnico para el cultivo de la tilapia en los Centros Acuícolas de la Secretaría de Pesca. 202 p.
- Shoosmith E. (1990). A comparison of methods for estimating mean fecundity. *J. Fish. Biol.* 36: 28-37.
- Sousa R. J. y T. L. Meade. (1977). Influence ammonia on oxygen delivery system of coho salmon hemoglobin. *Comparative Biochemistry and Physiology.* 58: 23-58.
- Stewart K. M. (1988). Changes in condition and maturation of the *Oreochromis niloticus* L. population of Ferguson's Gulf, Lake Turkana, Kenya. *Journal of Fish Biology* 33: 181-188.
- Tomasso J. R., C. A. Goudie, B. A. Simco y K. B. Davis. (1980). Effects of environmental pH and calcium on ammonia Toxicity in channel catfish. *Transactions of American Fisheries Society.* 109: 229-234.
- Tovar G. A. (2005). Edad y crecimiento de (*Oreochromis niloticus*) por medio de estructuras duras. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. México. 74 p.
- Trewavas E. (1973). On the cichlid fishes of the genus with proposal of a new genus *Palmeochromis* for *P. congicus*, on the relationship between *Pelatochromis* and *Tilapia* and the recognition of *Sarotherodon* as a distinct genus. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology* 25: 1-26.
- Trewavas E. (1982). Generic grouping of *Tilapiini* used in aquaculture. *Aquaculture*; 27: 79-81.
- Trewavas E. (1983). *Tilapiine* fishes of genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*; *British Museum Natural History, London.* 583 p.
- Wallace R. A. y K. Selman. (1981). Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *American Zoologist* 21: 325-343.
- Wajsbrodt T. N., A. Gasith, A. M. Diamant y M. D. Popper. (1993). Chronic toxicity of ammonia to juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* and related histopathological effects. *Journal of fish Biology.* 42: 321-328.
- Weltzien F., G. L. Taranger, O. Karlsen y B. Norberg. (2002). Spermatogenesis and related plasma androgen levels in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 132: 567-575.
- Wetzel R. G. y G. E. Likens. (1991). *Limnological analysis.* Second Edition. Springer Verlag, New York. 391 p.
- Wetzel R. G. (2001). *Limnology. Lakes and Rivers Ecosystem.* Third Edition. Academic Press. 1006 p.
- Yi Y., C. K. Lin y J. S. Diana. (1996). Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) stocking density on their growth and yield in cages and ponds containing the cages. *Aquaculture* 146: 205-215.
- Zanuy S. y M. Carrillo (1987). La reproducción de los peces teleosteos y su aplicación en acuicultura. En: Espinosa de los Monteros, J. y Labarta, U. (Eds.). *Reproducción en acuicultura.* Madrid, España, CAICYT.1-131 p.
- Zanuy S., M. Carrillo, A. Rocha y G. Molés. (2009). Regulación y control hormonal del proceso reproductor de los teleosteos. *Publicaciones Científicas y Tecnológicas de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura.* Madrid. 719 p.