



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

“ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE
Oreochromis niloticus EN EL BORDO
HUITCHILA, MORELOS,
MÉXICO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G O

P R E S E N T A
ARELY ELIAM PAREDES-MARTÍNEZ

DIRECTORA DE TESIS:
Dra. BERTHA PEÑA MENDOZA

NOVIEMBRE, 2013





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**“Los sabios son sabios porque, cuando habló alguien más sabio,
supieron estar escuchando”**

El Chojin

“Lo importante no es llegar, sino..... el camino en sí”

Kase O

**“A veces es mejor cerrar la boca y parecer idiota que abrir la boca y
demostrar que lo eres”**

El Chojin



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E.

Comunico a usted que la alumna **PAREDES MARTÍNEZ ARELY ELIAM**, con número de cuenta **303281773**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **20** del mes de **noviembre** de 2013 a las **13:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

PRESIDENTE DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ

VOCAL DRA. BERTHA PEÑA MENDOZA

SECRETARIO DR. GUILLERMO ARTEMIO BLANCAS ARROYO

SUPLENTE DR. ANTONIO VALENCIA HERNÁNDEZ

SUPLENTE BIÓL. JOSÉ LUIS GUZMÁN SANTIAGO

El título de la tesis que presenta es: “**ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE *Oreochromis niloticus* EN EL BORDO HUITCHILA, MORELOS, MÉXICO**”.

Opción de titulación: tesis.

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

ATENTAMENTE
“**POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU**”
México, D. F. a 31 de octubre de 2013

Dr. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NÚÑEZ

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA
DIRECCION

RECIBÍ
OFICINA DE EXÁMENES
PROFESIONALES Y DE GRADO

VO. BO.
M. en C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL
JEFE DE CARRERA

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México que me abrió sus puertas a través del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente y mediante la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza permitió que siguiera mi formación profesional.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por brindarme el apoyo para el uso de laboratorios, reactivos, equipo y materiales que se me otorgaron durante mi período de estudios y me permitieron concluir satisfactoriamente esta investigación.

A mi directora de tesis la Dra. Bertha Peña Mendoza quien desde el primer día de clases me brindo su amistad y apoyo incondicional, por compartir sus conocimientos, su confianza , paciencia, tiempo, dedicación, atinadas correcciones, cariño y comprensión, sin olvidar como me defendía de los regaños del Dr. Gómez. Por todo esto y mucho mas “GRACIAS MAESTRA”.

Al Dr. José Luis Gómez Márquez por darme la oportunidad de formar parte del laboratorio de Limnología, por brindarme su amistad, experiencia profesional, conocimientos, por demostrarme su confianza y paciencia ante mi inconsistencia para culminar esta tesis, su tiempo, dedicación, regaños, buenos y acertados comentarios que ayudaron a enriquecer este trabajo por todas estas cosas y muchas más a usted también le digo “GRACIAS MAESTRO”.

Al Biól. José Luis Guzmán Santiago por formar parte del jurado, por sus conocimientos, su tiempo y por sus valiosas aportaciones, sugerencias y comentarios ayudaron a mejorar este trabajo.

GRACIAS a los sinodales Dr. Guillermo Artemio Blancas Arrayo y Dr. Antonio Valencia Hernández por formar parte del jurado, por su tiempo, sus conocimientos y sus comentarios que ayudaron a fortalecer esta investigación.

A la sociedad cooperativa del bordo “Huitchila” ya que sin su apoyo el trabajo de campo no hubiera sido posible realizarlo.

Y por último, pero no menos importante, a los compañeros y compañeras que formaron parte del laboratorio de Limnología por brindarme su compañía, tolerancia, amistad y también sus conocimientos. Con tod@s ustedes viví experiencias inolvidables en las prácticas de campo, muy buenos recuerdos que perduraran por siempre en mi memoria.

DEDICATORIA

A mi madre

María Martínez Ramírez por haberme dado el mejor regalo: ***la vida misma***, haber nacido de tu vientre es mi más grande honor. A esa gran mujer de quien herede el coraje, fuerza y determinación de lograr mis objetivos. **GRACIAS** por enseñarme a ser tan independiente y dejarme tomar mis propias decisiones, porque a pesar de todo sé que estarás siempre para brindarme tu apoyo. A ti te debo lo que soy y estoy infinitamente agradecida por haberme convertido en la mujer que soy y creo que nunca te podre pagarte todo lo que haces por mi ***¡TE AMO!***

A mi padre

Miguel Ángel Paredes Alvarado † de ti herede la tranquilidad y paciencia. Porque a pesar de no estar físicamente, he sentido que siempre has estado conmigo y aunque nos faltaron muchas cosas que compartir, en esta vida, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí, sin embargo, sé que desde el cielo me cuidas y me das tu bendición.

A el amor de mi vida

A ti César por estar a mi lado desde que inicio este ciclo en mi vida, porque sin ti esto no sería lo mismo. Gracias por tu ayuda, paciencia y comprensión (porque sé que soy una mujer complicada), tu complicidad (porque no solo somos pareja eres el mejor amigo, compañero y amante que he tenido en la vida), por brindarme palabras de aliento cuando más las necesitaba y sobre todo por tu inmenso amor incondicional que no conoce límites **TE AMO** y esto apenas es el principio de un largo camino por recorrer, quiero que siempre estés a mi lado ***¡GRACIAS mi corazón!***

A mi familia

A todas y cada una de las personas con quienes comparto mi vida diaria a mi tío el Mtro. Javier Ríos que me ha dado su apoyo, a mis ahijados y sobrinos Diana, Mitzi, Ramsés, Miguelito, Mizraim y Abraham porque aunque son solo niños de ustedes también he aprendido cosas, y porque me hacen recordar lo que en verdad vale la pena ***solo ser feliz y sonreír***

A mis compañer@s y amig@s

A toda esa pandilla con quien viví innumerables experiencias porque crecimos juntos haciendo locuras, por todos los viajes y momentos compartidos que nunca olvidare, porque todas esas experiencias llenaron de alegría mi vida y será imposible olvidarlas, sin ustedes esto no hubiera

sido tan divertido. Les agradezco su amistad, complicidad y su paciencia, cada uno de ustedes tiene un lugar en mi corazón y en mi memoria: a los Biólogos Luis Manuel, Jennifer. Y Tonantzin. A los que van por el mismo camino y espero no se demoren mucho Carlos, Hugo, Roberto, Georgina, Rodolfo, Clara, Claudia, Cristina e Itzel.

A los compañeros que conocí en el Laboratorio de Calidad del Agua y Ecohidrología: las Biólogas Laura y Lisset, además de Alejandra, Jorge y Jannice.

A los compañeros del Laboratorio de Edafología y Nutrición Vegetal Dafne, Karina, Daniel, Betsy y Miguel

A mis profesores y profesoras

Por todas sus enseñanzas y porque me llevo un pedacito de cada uno de ellos, por haberme preparado para mi vida profesional.

Con cariño para la M. en C. Eloísa Adriana Guerra Hernández y a la Mtra. Dora Alicia Pérez González, quienes me brindaron su apoyo incondicional y amistad en la realización de mi servicio social ofreciéndome buenos consejos cuando los necesite.

Al Dr. Gerardo Cruz Flores, que a pesar del poco tiempo que nos tratamos, desde el primer momento me dio su amistad y me hizo sentir parte de sus alumnos.

Al M. en C. Armando Cervantes Sandoval por ser un excelente profesor, siempre motivando a sus alumnos y apoyándonos en todo lo que puede. Pero sobre todo por brindarme una bonita amistad.

A la Dra. Irma Gisela Nieta Castañeda, porque aunque ya no se encuentra en esta facultad, dejó una huella en mí.

También dedico este trabajo a todas aquellas personas que compartieron conmigo un pedacito de su vida porque todas esas vivencias, en clase y prácticas de campo, llenan mi vida de alegrías.

***Afortunada y bendecida
porque solo soy testiga
no victima de dramas...
I'm blessed!!!
Manotas, Pantera Blanca, 2013***

CONTENIDO

RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
ANTECEDENTES.....	12
DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE	18
JUSTIFICACIÓN.....	22
ZONA DE ESTUDIO	23
MUNICIPIO DE TEPALCINGO	23
BORDO “HUITCHILA”	25
OBJETIVO GENERAL	27
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	27
MATERIAL Y MÉTODOS	28
TRABAJO DE CAMPO	28
TRABAJO DE LABORATORIO	29
TRABAJO DE GABINETE	29
PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS	33
RESULTADOS	34
TALLA Y PESO	34
PROPORCIÓN SEXUAL	36
RELACIÓN LONGITUD TOTAL-LONGITUD PATRÓN.....	37
RELACIÓN PESO TOTAL-LONGITUD TOTAL.....	38
TALLA DE PRIMERA MADUREZ	41
ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS)	44
ÍNDICE HEPATOSOMÁTICO (IHS).....	46
MADUREZ GONÁDICA.....	48
MACHOS	48
HEMBRAS	51
FECUNDIDAD RELATIVA	54
FECUNDIDAD MEDIA.....	54
CORTES HISTOLÓGICOS DE TESTÍCULOS	56
ESTADÍO II (DESARROLLO)	56
ESTADÍO III (MADURACIÓN)	57
ESTADÍO IV (REPRODUCCIÓN).....	58
CORTES HISTOLÓGICOS DE OVARIOS.....	60
ESTADÍO II (DESARROLLO)	60

ESTADÍO III (MADURACIÓN)	61
ESTADÍO IV (REPRODUCCIÓN)	62
PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS	63
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	67
DISCUSIÓN	68
CONCLUSIONES.....	86
BIBLIOGRAFÍA.....	88

RESUMEN

La especie más importante que se captura en el bordo “Huitchila”, municipio de Tepalcingo, Morelos, México es la tilapia (*Oreochromis niloticus*). Durante el tiempo de estudio, septiembre del 2010 hasta agosto del 2011, los machos presentaron tallas de 13.7 a 24 cm de longitud total y peso total de 35.8 a 168 g. Para las hembras las tallas se ubicaron en el intervalo de 13.3 a 18.6 cm de longitud total con un peso total de 34.3 a 102.3 g. La proporción sexual (macho:hembra) registrada fue de 6.2:1 ($\chi^2=180.63$; $p<0.05$) viéndose favorecidos los machos en todos los meses del año. Al realizar las determinaciones de la relación peso total-longitud total los modelos calculados para la población ($Pt=0.062Lt^{2.5346}$), machos ($Pt= 0.0681Lt^{2.504}$) y hembras ($Pt= 0.0247Lt^{2.8477}$) y de acuerdo a los valores de “b” machos y hembras tuvieron un crecimiento de tipo alométrico negativo, es decir, crecen más en longitud que en peso. La talla de primera madurez sexual en los machos se obtuvo cuando alcanzan la longitud de 12.28 cm mientras que las hembras necesitan alcanzar los 14.11 cm, por lo cual los machos son más precoces que las hembras. Los valores del factor de condición de Clark se muestran constantes en los machos, alcanzando el valor máximo en el mes de diciembre, en las hembras se registró una mayor variación a lo largo de la época de estudio donde su valor máximo fue en el mes de septiembre. De acuerdo a los valores del Índice Gonadosomático (IGS) e índice Hepatosomático los machos tuvieron un evento reproductivo (mayo-junio) y las hembras dos (mayo y agosto). El estadio de madurez II se observó durante todo el período de estudio (78.85% de machos y 62.5% de hembras). Para los ovocitos del estadio II se registraron dos diámetros: 100 a 1000 μm con un promedio de 685 ovocitos y de 1001 a 1500 μm con un promedio de 237 ovocitos. En el estadio III se observaron tres diámetros: de 1001 a 2000 μm , 2001 y 3000 μm y de 3001 a 3100 μm con promedio de 563 ovocitos, 195 ovocitos y 89 ovocitos, respectivamente. Para el estadio IV se registraron dos diámetros: 1001 a 2000 μm con 728 ovocitos y de 2001 a 3300 μm con 175 ovocitos. La fecundidad media se estimó en 757 folículos, con un mínimo de 589 y un máximo de 902 folículos. La fecundidad relativa se obtuvo mediante el análisis de correlación entre el número de folículos y la longitud total del pez ($r^2=0.6753$) obteniendo el modelo $F=2.7553Lp^{1.9939}$.

Con respecto a los parámetros físicos y químicos se obtuvo que el sistema presentó una profundidad mínima de 1.7 m y una máxima de 2.61 m, con una visibilidad, tomada al disco de Secchi de 0.35 m a 0.62 m. La temperatura ambiente vario entre 20.7 °C y 29.3 °C, la temperatura del agua fue de 18.9 a 27.8 °C, el pH fluctuó entre 8.2 a 8.51 unidades y el oxígeno disuelto entre 4.6 mg/L a 16 mg/L. La conductividad eléctrica se registró entre 699.5 μS a 1260.5 μS , los sólidos totales se midieron entre 235.49 ppm a 664.75 ppm. La dureza se midió en un intervalo de 302.21 mg CaCO_3/L a 625.40 mg CaCO_3/L y la alcalinidad de 106.25 mg CaCO_3/L a 257 mg CaCO_3/L , por lo que se puede decir que la calidad del agua es adecuada para el cultivo de la especie en estudio.

INTRODUCCIÓN

La reproducción es un proceso en el ciclo de vida de un ser vivo, mediante el cual se asegura la continuidad de la especie y junto con el crecimiento, es un proceso que depende de la energía y nutrientes presentes en los alimentos (Nikolsky, 1963; Luna-Figueroa *et al.*, 2003). Los peces poseen distintos mecanismos reproductivos y la combinación del hábitat, la fisiología y el comportamiento reproductivo es importante para determinar las estrategias reproductivas de cada especie. Las estrategias reproductivas son el conjunto de de características que posee una especie para tener éxito en la reproducción (Lagler *et al*, 1977).

Los peces muestran diversos tipos de reproducción, la mayoría tienen sexos separados pero algunas especies son hermafroditas, la mayoría de especies son ovíparas. Los principales tipos de reproducción en peces son:

- ❖ Gonocorismo o bisexual: especies cuyos individuos adultos se reproducen solo como machos o solo como hembras, poseen un solo sistema reproductor, pudiendo tener ovarios o testículos.
- ❖ Hermafroditismo: se caracteriza por la presencia de los 2 sexos en un solo individuo, en el caso de autofecundarse se le llama hermafroditismo verdadero, el hermafroditismo puede ser:
 - Hermafrodita sincrónico: especies que al aparearse pueden alternarse como hembras o como machos (de manera secuencial).
 - Hermafrodita Protoginico: peces que inicialmente se comportan como hembras y que en un momento cambian a macho.
- ❖ Partogenética: mecanismo mediante el cual una hembra se aparea con un macho de una especie afín, pero el espermatozoide cumple con la función de iniciar el desarrollo embrionario pero no participa en la herencia del nuevo individuo, por este motivo la herencia siempre será de hembras, las cuales serán triploides y no presentaran características del padre.

(Luchini, 1990; García, 2011)

Las tilapias o mojarra pertenecen a la familia Cichlidae y son en su mayoría de origen africano (SEPESCA, 1988) con alrededor de 200 especies reportadas para este continente (Komolafe y Arawomo, 2007), pero también se encuentran distribuidos en Medio Oriente en las regiones de Israel y el Jordán (SEPESCA, 1988). Las especies de esta familia se han introducido a otros países, esto por el hecho de ser organismos muy importantes en la acuicultura de agua dulce tropical (Peña-Mendoza *et al.*, 2005). Los cíclidos se encuentran predominantemente en climas tropicales, donde las estaciones del año no son muy marcadas y el crecimiento de la especie tiende a ser continuo (Beltrán-Álvarez *et al.*, 2010). Entre las especies comerciales de

aprovechamiento como recurso pesquero, destacan la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) tilapia azul (= *O. aureus*), la tilapia de Mozambique (= *O. mossambicus*) y algunos híbridos como la tilapia roja (= *Oreochromis* spp.) (Pérez *et al.*, 2004).

Oreochromis niloticus es uno de los peces utilizados para la alimentación y acuicultura más importantes del mundo, debido a la facilidad con que puede ser criado en cautividad (Biswas *et al.*, 2005), entre las principales ventajas de esta especie, se pueden considerar su bajo costo de producción, la calidad de la carne, su gran resistencia a parásitos, su madurez sexual temprana (*Oreochromis niloticus* entre los 30-50 g) lo que trae consigo una alta tasa de reproducción, el crecimiento rápido, su capacidad de convertir los residuos orgánicos y domésticos en proteínas de calidad y sobre todo su buen sabor (Baltazar, 2007; Peña-Mendoza *et al.*, 2005).

Aunado a esto se debe considerar su capacidad de desarrollar mecanismos fisiológicos para adaptarse en aguas con diferente calidad. (Mena, 2002 citado en Castro *et al.*, 2004). Otro aspecto importante es su alimentación, la cual se considera omnívora pero hay evidencia de que es principalmente herbívora, esta plasticidad trófica que le permite comer algas, zooplancton, insectos, peces y plantas le proporciona un oportunismo dietético que le ayuda en gran medida a ser una especie colonizadora, cuando es introducida en ambientes acuáticos naturales (Caraballo, 2009). Tiene una gran capacidad de adaptación ecológica que la hace apta para vivir en aguas estancadas, como en estanques, y en diferentes sistemas de cultivo (Cabrera *et al.*, 1998). Generalmente se reproducen 2 veces al año en climas tropicales y semitropicales (Sanz y Bayuelo, 2005), lo cual constituye un aspecto relevante en su vida. El gasto energético es muy intenso durante los periodos de desove y tiene un efecto importante en el crecimiento. En esta especie es común observar cohortes mixtas como consecuencia de desoves múltiples (Jiménez-Badillo, 2006).

Debido a estas características se le cataloga, a la tilapia, como un pez con gran futuro en cultivos comerciales (Castro *et al.*, 2004), es una de las especies más usadas en la acuicultura de los países en vías de desarrollo. Los sistemas empleados para su cultivo pueden ser desde estanques rudimentarios hasta granjas tecnificadas (Vega-Villasante *et al.*, 2010), su producción en comunidades rurales ha ofrecido beneficios sociales y económicos a las comunidades en donde es capturada y cultivada (Jiménez-Badillo, 2006) es importante debido a la generación de empleo y la producción de alimento con gran valor nutricional, ya que estas poblaciones se encuentran limitadas económicamente, y es una oportunidad para acceder a una mejor alimentación (Vega-Villasante *et al.*, 2010).

La acuicultura en México es incipiente, comparada con otros países con una tradición acuícola como Japón y Filipinas (Zetina *et al.*, 2006), sin olvidar a China que es el mayor productor de tilapia del Nilo a nivel mundial, con una producción anual de 806 000 toneladas. El volumen de la producción pesquera nacional de mojarra, en el 2008, fue de 71 362 toneladas esto representa el 4.29% de la producción nacional y tuvo un valor de 977 217 mil pesos, 5.79% del

capital producido por la actividad pesquera del país. La producción del estado de Morelos se ve representada por 678 toneladas, el 0.04% del porcentaje nacional, esto representa 36 891 mil pesos de ingresos a la actividad pesquera del estado, mientras que 580 toneladas corresponden a la mojarra lo que representa casi el 90% de la producción de Morelos. Toda la producción del estado es de cultivo y es destinada al consumo humano (Anónimo, 2008).

En el mercado internacional, nacional y regional la producción pesquera tradicional se ve afectada debido a la sobreexplotación y contaminación a la que son sometidos los sistemas acuícolas, lo cual reduce la población de peces y pone en riesgo esta actividad que contribuye a mitigar los problemas de alimentación y empleo (Zetina *et al.*, 2006). Son muchos países los que dedican recursos para la investigación del cultivo de tilapia entre estos países destacan Australia, Israel, Francia, México, Colombia y algunos países de África y Asia (Sanz y Bayuelo, 2005).

ANTECEDENTES

A principios del siglo XIX, se inician las investigaciones para aprovechar las tilapias en la piscicultura rural, principalmente en Zaire. Después de 1924 su cultivo se intensificó en Kenia, sin embargo, en Malasia se obtuvieron los mejores resultados y a partir de esto se inicia el cultivo en diferentes partes del mundo (Baltazar, 2007).

La tilapia fue introducida a México el 10 de julio de 1964 (Beltrán-Álvarez *et al.*, 2010), con la finalidad de ofrecer a la población un alimento con alta calidad proteica, bajo contenido graso y sobre todo económica (Espinosa-Lemus *et al.*, 2009), estos ejemplares eran procedentes de Estados Unidos de América y fueron depositadas en la Estación Piscícola de Temascal, Oaxaca. Las especies que se trajeron fueron *Tilapia aurea* (= *O. aureus*), *T. melanopleura* (= *T. zilli*) y *T. mossambica* (= *O. mossambicus*). En 1978 se introdujo la *T. nilotica* (*O. niloticus*) en el mismo sitio, procedente de Panamá. En 1981 se introduce la tilapia roja *Oreochromis* spp (Beltrán-Álvarez *et al.*, 2010), *Oreochromis mossambicus* y *O. urolepis hornorum* provenientes de Florida, las cuales se depositaron en Zacatepec y El Rodeo, en el estado de Morelos (Morales, 1991).

Debido a que la tilapia es uno de los peces más usados en la piscicultura, a través de los años se han hecho diversas investigaciones sobre su biología reproductiva y crecimiento, entre otros, algunos de los que se pueden enlistar son:

Alvarado *et al.* (1990) analizaron el comportamiento reproductivo de *Oreochromis mossambicus* en la Laguna “El Rodeo”, Morelos, México. Encontraron que la longitud mínima de madurez gonádica fue de 6.4 cm en machos y de 6.8 en hembras. La fecundidad, en las hembras, esta mas influida por la longitud que por el peso siendo menor de 500 el número de óvulos por desove. Se identificaron tres épocas reproductivas en primavera, verano e invierno; presentándose la mayor intensidad en el mes de julio.

Blühdorn y Arthington (1990) estudiaron la población de *Oreochromis mossambicus* en la presa North Pine, Brisbane, Queensland, Australia durante tres años (1985-1988). Se obtuvieron los datos somáticos básicos tales como el factor de condición, la proporción de sexos, el índice gonadosomático y se calculó la relación entre la longitud total y estándar, así como la relación entre la longitud y el peso. La longitud estándar es proporcional a la longitud total de la fórmula $\text{Longitud Estándar} = 0.321 + 0.799(\text{Longitud Total})$. Los valores del factor de condición se extendieron desde 0.0254 a 0.0563 con un promedio de 0.04078 para los machos y de 0.03877 para las hembras. La proporción de sexos es de 1:1 hasta que alcanzan la madurez (21 cm de longitud estándar), momento en el que la tasa de captura de los sexos varía debido a un comportamiento divergente de selección de hábitat. Los valores promedio del índice gonadosomático, considerado en relación con la clasificación de madurez son similares a los obtenidos en otras poblaciones; sin embargo, los valores máximos son mucho más bajos, de 0.47 para machos y 3.62 para las hembras.

Gómez-Márquez *et al.* (1993) describen algunos aspectos de la reproducción de *Oreochromis mossambicus* en la laguna El Rodeo, Morelos, México. 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 en verano.

Ramos-Cruz (1995) analizó la reproducción y el crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* en la presa Benito Juárez, Oaxaca. Se tomaron los registros biológicos de 979 organismos obtenidos de la captura comercial desde diciembre de 1992 hasta noviembre de 1993. En esta población los machos representaron el 72.2%. La primera talla de madurez sexual la alcanzaron a los 23.5 cm de longitud total. Se registraron desoves en todos los meses, pero se detectaron tres periodos de mayor intensidad: de febrero-marzo, junio-julio y octubre. Las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy fueron: L_{∞} = 29.6 cm; K = -0.218; t_0 =-0.904 y W_{∞} =500 g.

Duponchelle y Legendre (2000) investigaron la época de reproducción, talla y edad de primera madurez sexual, fecundidad y tamaño de los ovocitos de una población de *Oreochromis niloticus* en el lago Ayame, Costa de Marfil. Se estudió esta población entre octubre de 1994 hasta octubre de 1996. La época de reproducción tiene lugar desde enero hasta septiembre, identificándose dos picos en los meses de abril-mayo y julio. Los organismos alcanzan la madurez sexual entre los 11.6 cm y 13.5 cm. Las hembras producen de 343 a 416 ovocitos (por 100 gr de peso).

Ramírez y Cruz (2002) estudiaron los aspectos reproductivos de la tilapia *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata, Morelos, México, en donde colectaron 384 individuos, de los cuales 232 fueron machos y 152 hembras, lo cual representa una proporción sexual de 1:1.5 (hembra:macho). La talla de primera madurez sexual para las hembras fue de 17.45 cm y de 17.74 para los machos. El intervalo en el número de óvulos osciló entre 266 y 1 110. La fecundidad tuvo mayor relación con la longitud que con el peso total, y el número de ovocitos promedio fue de 446. Se identificaron dos periodos de desove el primero en verano (agosto-septiembre) y en menor proporción en invierno (enero-febrero).

Gómez-Márquez *et al.* (2003) llevaron a cabo un estudio sobre los aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus* en el lago Coatetelco, en el estado de Morelos, México. Se analizaron 319 peces, de los cuales 161 fueron machos y 158 hembras. La talla de primera madurez fue de 117 mm en machos y 120 mm en hembras. La fecundidad fue de 104 a 709 ovocitos, con diámetros de 1 000 a 3 000 μ m. El índice gonadosomático y hepatosomático indicaron que la mayor actividad reproductiva de la especie tiene lugar entre el verano y el invierno.

Khallaf *et al.* (2003) investigaron algunos aspectos biológicos (relación talla-peso, factor de condición, edad, crecimiento, mortalidad, índice gonadosomático y fecundidad) de *Oreochromis*

niloticus en una población del canal de drenaje en Shanawan, provincia de Al-Minufiya, Egipto. Esto se llevo a cabo en una muestra de 162 peces colectados entre abril de 1992 y mayo de 1993. Se encontró que *Oreochromis niloticus* madura entre los 8 y 9 cm de longitud con un promedio de 18 126 huevos/año, con altas tasas de mortalidad. Al realizar una comparación de dichos parámetros, con los de otras localidades de Egipto, revelan diferencias significativas en relación con la variación del peso y la longitud, el factor de condición, la fecundidad, el crecimiento y la tasa de mortalidad. Estas diferencias pueden atribuirse al efecto de la eutrofización y la contaminación. Además encontraron que el índice gonadosomático de las hembras se relaciona significativamente con los pesticidas y metales pesados

Canseco (2004) estudió la biología reproductiva de *Oreochromis niloticus* en el Lago Coatetelco, Morelos, México. Se colectaron 285 individuos con una proporción de 6.9:1 (macho: hembra). La primera talla de madurez sexual para machos es a los 14.45 cm mientras que para las hembras es de 15.17 cm. El índice gonadosomático y el índice hepatosomático indican que se tienen dos períodos de reproducción, el primero de julio-agosto y el segundo de enero-febrero.

Manríquez (2005) realizó un estudio de edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* en el lago Coatetelco, Morelos, de noviembre de 2002 a octubre de 2003. Se capturaron 437 organismos (310 macho, 35 hembras y 92 indiferenciados), la proporción sexual obtenida fue de 1:8.85 (hembra: macho, $\chi^2=219.20$). El tipo de crecimiento que presento la población total ($b=2.87$) y los machos ($b=2.28$) fue de tipo alométrico negativo, mientras que las hembras ($b=2.98$) tienden a la isometría. Se registraron 4 anillos de crecimiento en las estructuras duras, por medio del Índice de Incremento Marginal (IIM) se observaron dos periodos de depositación, una en temporada de secas y otras en lluvias, coincidiendo con la época reproductiva de la especie.

Peña-Mendoza *et al.* (2005) estudiaron la biología reproductiva de *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata, Morelos, México. De febrero de 1999 a febrero del 2000. Se analizaron 624 peces, 272 hembras y 352 machos. La proporción sexual encontrada fue 1:1.29 (hembra: macho) ($\chi^2= 10.26$; $p<0.05$). Reportan que la madurez sexual de las hembras se da a los 151.3 mm y a los 152.0 mm en machos de longitud total. Se encontraron dos épocas de desove durante agosto y febrero. La variación de la fecundidad estuvo mejor relacionada con la longitud ($r=0.7473$ $p<0.05$) que con el peso ($r^2=0.7395$; $p<0.05$). El intervalo de fecundidad estuvo entre 243 y 847 ovocitos por organismo, con diámetros entre 300 a 3700 μm .

García (2006) investigó la biología reproductiva de la tilapia *Oreochromis niloticus* en dos sistemas del estado de Morelos, México. La primera zona de estudio fue la Presa Emiliano Zapata, en donde se colectaron 518 peces en una proporción de 5.7:1 macho:hembra, encontró que la madurez sexual la alcanzan a los 12.42 cm y 13.87 cm, machos y hembras respectivamente. La fecundidad media se encontró en 426 folículos. La segunda zona de estudio fue en el lago Coatetelco en donde se colectaron 390 organismos en proporción 1.6:1 machos: hembras con una madurez sexual alcanzada a los 12.47 cm y 12.58 cm de longitud en machos y

hembras respectivamente. La fecundidad media fue de 423 folículos. El crecimiento de la tilapia en ambos sistemas fue alométrico negativo. Con el índice gonadosomático y hepatosomático se identificaron dos periodos de desove el primero en enero-febrero y el segundo en junio-julio.

Komolafe y Arawomo (2007) estudiaron la tilapia *Oreochromis niloticus* en la reserva de Opa, Nigeria, iniciando en octubre de 1997 hasta febrero del 2000. Se recolectaron 1 430 ejemplares de los cuales 791 fueron machos y 639 hembras, la proporción sexual encontrada fue de 1:0.8 (macho: hembra). La longitud total varió de 13.7 a 31 cm y el peso se encontró entre 56 y 540 g. La fecundidad fue entre 73 ovocitos y 1 810 ovocitos por hembra, la fecundidad media se registró en 815 ovocitos. El diámetro de los ovocitos vario entre 2.12 μm y 2.69 μm con una media de 2.47 ± 0.02 (0.03-1.67, n=789). El índice gonadosomático de las hembras fue de 1.34 ± 0.01 (0.12-4.06, n=637) mientras que el índice gonadosomático de los machos fue 0.39 ± 0.02 (0.03-1.67, n= 789), indicando que la reproducción se da de junio a agosto.

Sastré (2008) analizó algunos aspectos poblacionales que permitieron evaluar el estado de producción de la tilapia, *Oreochromis niloticus*, en la presa Emiliano Zapata, Morelos, México, los resultados mostraron la proporción sexual macho: hembra en 16.6:1 ($\chi^2=501.136$, $p<0.05$), el crecimiento es alométrico negativo. El factor de condición mostró una adecuada condición para hembras y machos. Con el índice gonadosomático y hepatosomático se encontró que se reproducen en dos épocas: julio a septiembre y de enero a marzo. La longitud de la primera madurez de los machos se registró entre los 15.07 y 17.09 cm, y para las 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.

Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) realizaron un estudio de edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* en la Presa Sanalona, Sinaloa, México de noviembre de 2006 hasta septiembre de 2007. Analizaron la longitud total (L_t), peso total (P_t), madurez sexual e índice gonadosomático. Se colectaron 384 peces, en donde las tallas y pesos variaron de 125 a 345 mm y 40 a 671 g, respectivamente. El crecimiento en longitud y peso fueron descritos siguiendo las ecuaciones de von Bertalanffy: $L_t = 416 [1 - e^{-0.3682(t+0.4975)}]$ y $P_t = 1323 [1 - e^{-0.3682(t+0.4975)}]^{3.0652}$. La edad se determinó mediante lecturas de marcas de crecimiento en escamas y su validación se realizó mediante el índice marginal. Al analizar el índice gonadosomático se observaron valores bajos en los meses de enero a marzo, presentándose los valores más altos de julio a septiembre.

Peña *et al.* (2010) estudiaron el incremento de la producción de tilapia en el Embalse de Aguamilpa, Nayarit, México. Se determinaron los parámetros de crecimiento, mortalidad y aspectos reproductivos de 2 413 ejemplares de tilapia azul *Oreochromis aureus*. Se realizaron muestreos mensuales desde julio de 2000 a junio de 2001, se muestrearon 1 371 machos y 1 042 hembras. Los resultados sugieren que los machos y las hembras tuvieron un crecimiento alométrico negativo ($b < 3$). Se encontraron diferencias significativas entre la longitud estándar y el peso total de ambos sexos, lo que sugiere modelos separados para machos y hembras. Los

resultados indicaron que no hay diferencias en las tasas de crecimiento entre ambos sexos; los parámetros propuestos fueron $L_{\infty} = 43,33$ cm de longitud estándar, $k = 0.36/\text{año}$ y $t_0 = -0,43$ años. Los coeficientes de mortalidad natural y por pesca fueron de $0.83/\text{año}$ y $1.10/\text{año}$, respectivamente. La tasa de explotación estimada ($0.57/\text{año}$) sugirió que durante el período de estudio se mostraron signos de sobrepesca. La tilapia azul se reproduce durante todo el año, la mayor actividad se produce a partir de enero a mayo y la talla de primera madurez fue de 23 cm de longitud estándar (LS).

Aguilar (2011) investigó algunos aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus* en el bordo “Amate Amarillo”, Morelos de marzo del 2009 a abril del 2010. Colectó 437 peces con una proporción sexual de 2.5:1 (macho: hembra $\chi^2=81.74$, $p<0.05$), la talla de primera madurez sexual fue a los 15.84 cm de longitud total para los machos y de 16.03 cm para las hembras, La fecundidad media se estimó de 489 ovocitos. La población mostro un crecimiento de tipo alométrico negativo y con base a la madurez gonádica, factor de condición, índice gonadosomático y hepatosomático se observaron dos períodos de desove: de febrero a marzo, en la época de secas, y de julio a septiembre, en época de lluvias.

García (2011) investigó la biología reproductiva de *Oreochromis niloticus* en el bordo “La Palapa” en el período de septiembre del 2009 a agosto del 2010, en donde se capturaron 384 organismos estableciéndose una proporción sexual 3.9:1 (macho: hembra $\chi^2=135.38$, $p<0.05$), las tallas de los peces fueron de 9.2 a 25.5 cm de longitud total con pesos de 15 a 252.6 g, el tipo de crecimiento de la población es de tipo alométrico negativo, la talla de primera madurez para las hembras es de 17.2 cm y para los machos de 16.8 cm. De acuerdo al índice gonadosomático y hepatosomático la especie se reproduce en dos épocas del año de diciembre a febrero (época estival) y de abril a junio (inicio de la época de lluvias. La fecundidad media fue de 718 ovocitos/pez con diámetros que van de 300 a 3200 μm .

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. Se colectaron 368 peces, de los cuales 110 fueron hembras y 258 machos obteniendo una proporción sexual de 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 presenta un crecimiento de tipo alométrico negativo. se obtuvieron 7 marcas de crecimiento, siendo los peces con 4 (109) y 5 marcas (145) los que se presentaron con mayor frecuencia en las capturas.

En el bordo “Huitchila” no se había realizado ningún estudio acerca de la biología reproductiva de la tilapia del nilo, ni de ninguna otra de las especies que habitan el cuerpo de agua. Hasta la fecha solo se han realizado dos estudios:

Sánchez y Zamora (2012) llevaron a cabo una investigación con el propósito de evaluar la producción primaria y la calidad del agua, la investigación se realizó de septiembre de 2010 a agosto de 2011. De acuerdo al estudio del fitoplancton presente en el embalse se identificaron cinco divisiones: Chlorophyta (68%), Cyanophyta (29%), Euglenophyta (2%), Bacillariophyta (1%) y Xanthophyta (<1%), las especies dominantes fueron *Clorella vulgaris*, *Monoraphidium griffithi* y *Ankistrodesmus fusiformes*. También se determinaron diferentes parámetros físicos y químicos como temperatura, transparencia, oxígeno disuelto, dureza total, amonio, nitritos, nitratos, clorofila “a”, fósforo total, ortofosfatos, de acuerdo a los resultados obtenidos clasificaron el sistema como somero y eutrófico (con tendencias a la hipertrofia) con aguas bien oxigenadas.

Gallardo-Pineda (2013) realizó un estudio sobre la composición y abundancia del zooplancton y la relación que tiene con los parámetros físicos y químicos del agua, de septiembre del 2010 hasta septiembre del 2011. Identificó 16 especies pertenecientes a 3 grupos Copépoda, siendo *Arctodiaptomus dorsalis* la más frecuente con una densidad de 413 org/L, Cladocera con *Diaphanosoma birgei* como la especie más frecuente y abundante con 79 org/L y por último el grupo Rotífera, con *Brachionus caudatus* como la más frecuente y *Brachionus falcatus* como la más abundante con 96 org/L. La familia Brachionidae fue la que registró una mayor riqueza. En este estudio se considera al bordo “Huitchila” como eutrófico, ligeramente alcalino, con aguas cálidas, bien oxigenas y duras. Presenta una buena productividad y alta disponibilidad de alimento necesario para la alimentación de *Oreochromis niloticus*.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Dentro de la familia Cichlidae se ubica la tribu Tilapiini.

Las principales características de esta familia son:

- ❖ Presentan un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza
- ❖ Cuerpo comprimido, a menudo discoidal
- ❖ Presentan un dimorfismo sexual, en donde los machos poseen tejidos grasos en la región anterior y dorsal de la cabeza, además la hembra tiene tres orificios en el abdomen el anal, el genital y el urinario, mientras que el macho tiene solo dos el anal y el urogenital (Imagen 1)
- ❖ Poseen una boca protractil, ancha y con labios gruesos
- ❖ Las mandíbulas (superior e inferior) tienen hileras de dientes bicúspides o tricúspides
- ❖ La parte anterior de la aleta dorsal y anal está compuesta por varias espinas
- ❖ Las hembras tienen ovarios pares de forma alargada y tubular de diferente diámetro (donde se desarrollan los óvulos), en el macho los testículos también son pares con forma de pequeños sacos alargados (donde se desarrollan los espermatozoides) (Imagen 1)
- ❖ La diferenciación sexual ocurre entre los 15 y 20 días. Las primeras gónadas que se diferencian son las femeninas que se desarrollan de 7 a 10 días antes que las masculinas
- ❖ Construyen un nido en forma de cráter con un diámetro superior a la longitud de la hembra (aproximadamente de 50 a 75 cm²), son utilizados para el cortejo y fertilización de los huevos (Imagen 1)
- ❖ Las hembras realizan de 4 a 5 puestas en un año con las condiciones favorables de temperatura
- ❖ Cada puesta puede contener entre 200 y 2000 óvulos
- ❖ Los huevos son incubados en la boca de la hembra por espacio de 20 a 30 días, posteriormente eclosionan en alevines (imagen 1)
- ❖ Viven en aguas estancadas o con poco movimiento, encuentran refugio en las orillas en donde abunda la vegetación
- ❖ Ambos sexos desarrollan una coloración intensa en la época de reproducción
- ❖ Han sido reportadas como caníbales a nivel de huevos y larvas, son depredadoras de otras especies produciendo un agotamiento de las especies autóctonas

(Baltazar, 2007; González *et al.*, 2005; Morales, 1991)



Imagen 1. a) Hembra de *O. niloticus* con huevos en la boca, b) Nido de *O. niloticus*, c) Papila genital de un macho de *O. niloticus*, d) Papila genital de una hembra de *O. niloticus*, e) Ovarios de *O. niloticus* en estadio II, f) Testículos de *O. niloticus* en estadio IV

Los parámetros físicos y químicos necesarios (Tabla 1) para un cultivo de tilapia son:

Tabla 1. Parámetros físicos y químicos necesarios para el cultivo de tilapia.

PARAMETRO	INTERVALO
Temperatura	Máxima: 38-42.5 °C
	Optima: 20-35 °C
Oxígeno	Mínima: 8-10° C
	T crecimiento: 25-32 °C
pH	Optimo: 5 ppm
	Mínimo: 1 ppm
Bióxido de Carbono	Máximo: 9
	Optimo: 7-8
Dureza	Mínimo: 6
	50-100 ppm
Alcalinidad	100-170 ppm
	14-150 ppm
Turbidez	Mínimo: 14 cm
	45 cm
H-NH3 (amonio)	0.3 ppm

(SEPESCA, 1988)

Una clasificación de la tilapia, propuesta por Trewavas (citado en SEPESCA, 1988) (Tabla 2) según sus hábitos reproductivos las clasifica en cinco géneros

Tabla 2. Clasificación de la tribu Tilapiini según Trewavas (1983)

GÉNERO	SUBGÉNERO	HÁBITOS REPRODUCTIVOS
Tilapia (A. Smith)	3 – 4	Desovan sobre sustrato y cuidan los huevos y alevines
Tristramella (Trewavas)	-----	Incubadores bucales biparentales
Danakilia (THys)	-----	Incubadores bucales (no se conocen detalles)
Saratherodon (Ruppel)	-----	Incubadores bucales maternos, paternos o biparentales
Oreochromis (Gunther)	<i>Oreochromis</i> <i>Alcolapia</i>	Desovan en arena y son incubadores maternos Probablemente como <i>Oreochromis</i>

(SEPESCA, 1988)

De acuerdo con Berg y Trewavas (1983) (citado en SEPESCA, 1988) *Oreochromis niloticus* se clasifica de la siguiente manera (Tabla3):

Tabla 3. Clasificación de *Oreochromis niloticus* según Berg y Trewavas (1983)

Phylum	Vertebrata
Subphylum	Chordata
Superclase	Gnathostomata
Serie	Piscis
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciformes
Suborden	Percoidei
Tribu	Tilapiini
Familia	Cichlidae
Género	<i>Oreochromis</i>
Espécie	<i>O. niloticus</i> (Linnaeus, 1758)

Los individuos de esta especie presentan de 19 a 22 branquiespinas en la rama inferior del primer arco branquial. Poseen una aleta dorsal de 16 a 17 espinas y de 12 a 13 radios. La aleta anal tiene 3 espinas y de 10 a 11 radios. Los dientes son robustos y gruesos con 3 o 4 hileras de estos. En línea longitudinal, el cuerpo, posee de 31 a 33 escamas. Presentan una coloración verde olivo o metálico con un vientre plateado, aunque existe una variedad de color rojo (Imagen 2). Esta especie está ampliamente distribuida en el Estado de Morelos, y ha desplazado a las especies *O. homorum* y *O. mossambicus*, en los centros de reproducción (SEPESCA, 1988).

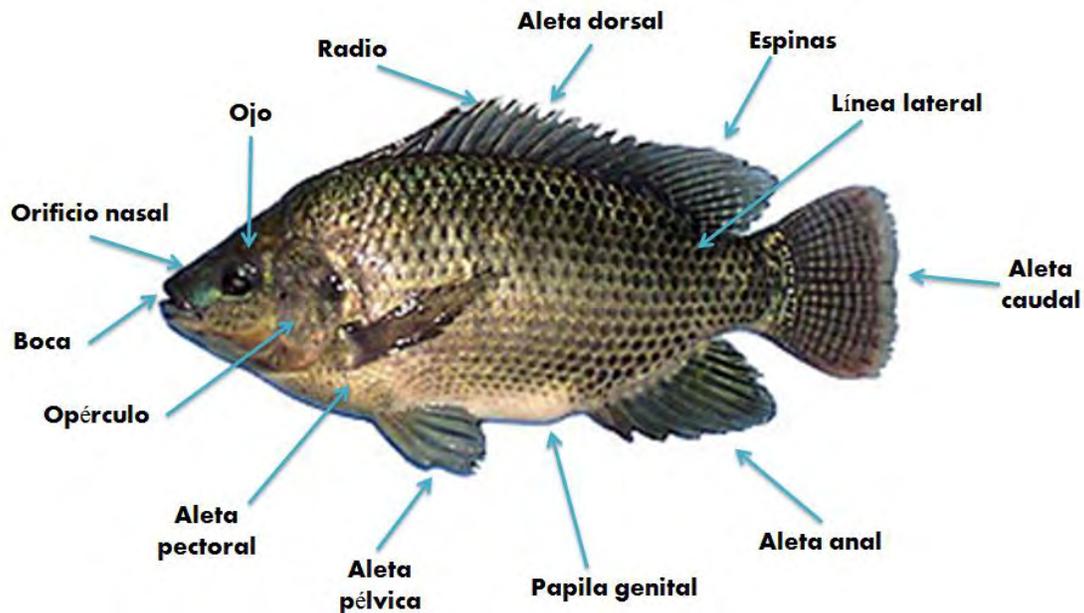


Imagen 2. Ejemplar de *Oreochromis niloticus*

Oreochromis es el género más utilizado en la acuicultura, ya que presenta las tasas más altas de crecimiento, fácil reproducción y manejo. Cuando una hembra *Oreochromis* empieza con su ciclo reproductivo, primero visita la zona de reproducción que se encuentra en el fondo del estanque, en esta zona se encuentran los nidos que los machos han construido previamente. Después de un acto de cortejo, la hembra empieza a depositar los óvulos mientras que, en simultáneo, el macho los fertiliza. Después de esto, la hembra recoge los huevos fertilizados con la boca para incubarlos y alejarse de la zona de apareamiento. Después de la incubación, que dura aproximadamente de 20 a 30 días, los alevines eclosionados son liberados en aguas someras. Luego la hembra comienza su actividad alimenticia para recuperar la condición de sus ovarios en un periodo de 2 a 4 semanas, después de este tiempo estará lista para una nueva puesta (Baltazar, 2007).

JUSTIFICACIÓN

La descripción de las estrategias reproductivas (proporción de sexos, determinación del período de desove, tipo de reproducción, tamaño y edad de primera maduración gonadal, la valoración de la fecundidad y el establecimiento de la época reproductiva) son temas fundamentales en el estudio de la biología y dinámica poblacional de las especies de peces, el conocimiento de estos aspectos permite tomar decisiones correctas para llevar a cabo el manejo y aprovechamiento del recurso (introducción de crías, elección del arte de pesca, técnicas de cultivo, entre otras) con el fin de obtener una buena producción que permita la explotación permanente de los recursos pesqueros (Rodríguez, 1992; Barbieri *et al.*, 2000; Shalloof *et al.*, 2008).

Este trabajo se enfocó en conocer algunos de los aspectos reproductivos que sirven para comprender la biología reproductiva de *Oreochromis niloticus* en el bordo “Huitchila”, ya que esta especie es explotada por las personas de esta comunidad y los resultados obtenidos servirán de apoyo para que los productores apliquen métodos adecuados y permitan mejorar la producción extensiva de los peces con el objetivo de beneficiar a la comunidad. Por otra parte este estudio obtiene su relevancia en el hecho de que no se ha llevado a cabo ningún tipo de estudio de reproducción en el sistema. Además, la tilapia del Nilo es la especie que predomina en el cuerpo de agua y es la base principal de la actividad pesquera en esta localidad.

ZONA DE ESTUDIO

El Estado de Morelos se encuentra ubicado en las coordenadas 19°08' norte, 18°20' sur, 98°38' este 99°30' oeste. Posee una superficie de 4 958.22 Km², esto representa el 0.3% de la superficie del país. Colinda al norte con el Estado de México y el Distrito Federal; al este con el Estado de México y Puebla; al sur con Puebla y Guerrero; al oeste con Guerrero y el Estado de México. Su capital es Cuernavaca (Anónimo, 2005).

MUNICIPIO DE TEPALCINGO

Se ubica entre los paralelos 18° 27' y 18° 41' de latitud norte; los meridianos 98° 46' y 99° 01' oeste, a 1 000 y 1 980 m.s.n.m. Colinda al norte con los municipios de Ayala y Jonacatepec, al este con Jonacatepec, Axochiapan y el Estado de Puebla; al sur con el estado de Puebla y Tlaquiltenango; al oeste con los municipios de Tlaquiltenango y Ayala. Representa el 7.53% de la superficie del estado (Anónimo, 2009).

CLIMA: el tipo de clima de acuerdo a Köepen modificado por García (2004) es cálido subhúmedo Aw'(w)ig, cálido subhúmedo con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal menor a 5 mm, la temperatura media anual se registra entre los 22 – 24 °C. La precipitación anual es de 800–1 000 mm.

GEOLOGÍA: este municipio queda comprendido dentro del Eje Neovolcánico (100%). Se encuentran los periodos Neógeno (90.20 %), Paleógeno (4.14%), Terciario (2.06%), Cretácico (0.96 %), Cuaternario (0.81 %), los tipos de roca que se encuentra en este municipio son

- Ígnea extrusiva: andesita-toba intermedia (61.22%) y toba ácida (4.14%)
- Sedimentarias: arenisca-conglomerado (28.98 %), limolita-arenisca (2.06%) y caliza (0.96), conglomerado (18.29%) y lutita-arenisca (2.39%).

EDAFOLOGÍA: El suelo dominante es el Leptosol con un 64.47%, de la superficie del municipio; sin embargo, se puede encontrar Vertisol 18.21%, Phaeozem con un 7.91% y Durisol 7.58%.

HIDROGRAFÍA: se ubica en la región hidrológica del Río Balsas (100%). Se localiza dentro de la cuenca del Río Atoyac (58.56%) y del Río Grande de Amacuzac (17.1%). Se ubica en las subcuencas del Río Nexapa (58.56%), Río Cuautla (24.34%) y Río Bajo de Amacuzac (17.1%). Cuenta con corrientes de agua perenne como Tepalcingo y corrientes de agua intermitentes como Atotonilco, Ayehualco, Cerro Prieto, El Aguacate, El Carrizal, Hornillos, Huizastla, La Parota, Las Tranquillas, Los Sauces, Mal Paso, Pitzotlán y Quila Mula

USO DEL SUELO: tiene diferentes usos, destacan la agricultura con un 40.03% y la zona urbana que ocupa un 1.77%

(Anónimo, 2009)

VEGETACIÓN: predomina la selva baja caducifolia 54.51%, pastizal 3.5% y bosque con un 0.13%. Las especies más representativas son *Bursera* sp, *Cassia* sp, *Ipomea* sp, *Aristida* sp, *Stevia* sp, *Sporobolus* sp, y matorrales de *Opuntia* sp, entre otras (Anónimo, 2009).

ESPECIES ICTICAS: La ubicación de México y su topografía accidentada han favorecido el desarrollo de una gran diversidad de cuerpos de agua y una gran riqueza de especies nativas. En la cuenca del Balsas, en Morelos, existen 21 especies ícticas, pertenecientes a 8 familias y 16 géneros, 4 de los cuales son endémicos, 4 nativos y 13 exóticos. El bagre del Balsas, *Ictalurus balsanus*, especie endémica y de la mojarra criolla, *Cichlasoma istlanum*, nativa se encuentra distribuidas en la cuenca del río Balsas. La importancia de estas especies reside en ser parte de la alimentación de los habitantes en los principales cuerpos de agua del estado y forman parte del patrimonio endémico de la región (Luna-Figueroa, 2010).

FAUNA: la constituyen: venado cola blanca, jabalí, de collar, mapache, tejón, zorrillo, armadillo, liebre, conejo común, coyote, gato montés, comadreja, cacomixtle, tlacuache, murciélago, pájaro bandera, chachalaca, urraca copetona, zopilote, aura, cuervo, lechuza y aves canoras y de ornato (Comisión Estatal del Agua y Medio Ambiente, 2007).

BORDO “HUITCHILA”

Un bordo es una estructura de tierra compacta que retiene el escurrimiento y almacena el agua en el mismo sitio para diversos aprovechamientos en el medio rural como el consumo de los animales, para el riego de los cultivos o como estanques de reproducción acuícola. También puede servir para modificar el micro clima de manera positiva. Para mantener la calidad del agua se pueden introducir flora y fauna, a estos cuerpos de agua, de otra manera la calidad del agua se declina y se estarían creando focos de infección. Estos cuerpos de agua también dependen de la recarga continua de agua (alimentación de otros cuerpos de agua y lluvias) para compensar la evaporación y lo consumido por las plantas y los animales (Imagen 3) (Hernández y Herrerías, 2004).



Imagen 3. Bordo Huitchila

Se localiza en las coordenadas N 18° 39' 18.5" y O 98° 55' 18.6" a 1 155 msnm, está rodeado por campos de cultivo. El sistema posee un longitud máxima de 616.59 m, anchura máxima de 267.56 m, un perímetro de 1 995.13 m, un área de 112 190.90 m², un volumen máximo de 280 855.67 m³ y una profundidad máxima, aproximada, de 5m (Imagen 4) (Sánchez y Zamora, 2012)

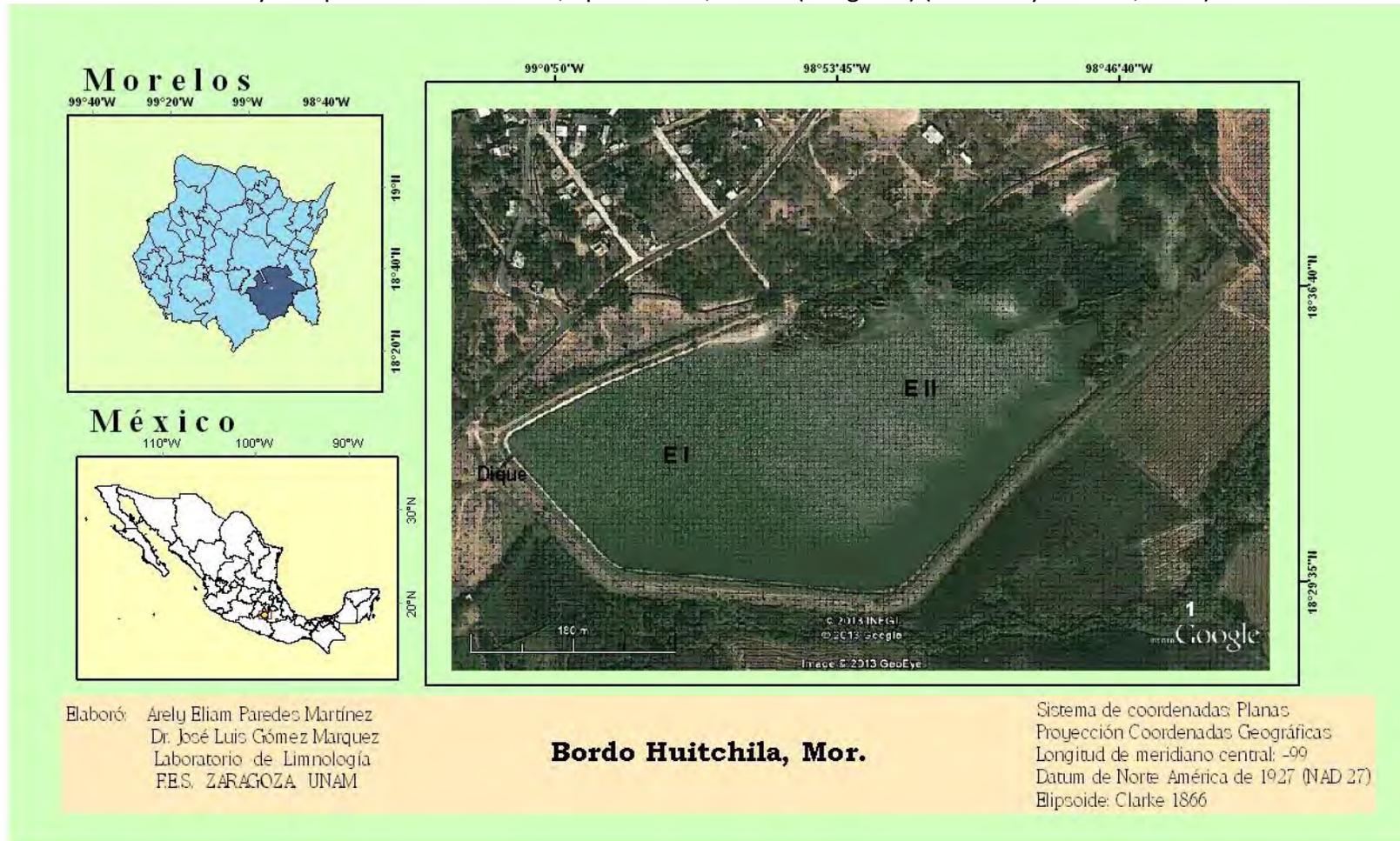


Imagen 4. Ubicación del Bordo Huitchila, Municipio de Tepalcingo, Morelos, México.

OBJETIVO GENERAL

Conocer los aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus*, en el Bordo “Huitchila”, y determinar su posible relación con algunas características físicas y químicas del agua.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ❖ Determinar la relación peso-longitud así como el factor de condición de Clark para los organismos
- ❖ Obtener el índice de fecundidad relativa y fecundidad media
- ❖ Analizar la variación temporal del índice gonadosomático y el índice hepatosomático índices biológicos del estado reproductivo
- ❖ Analizar las características físicas y químicas del cuerpo de agua tales como el pH, dureza total, conductividad, temperatura, alcalinidad y oxígeno disuelto y su posible relación con los índices biológicos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en tres partes:

TRABAJO DE CAMPO

Se realizaron muestreos mensuales a partir de septiembre del 2010 hasta agosto del 2011. Se colectaron 354 organismos, procedentes de la pesca comercial, con una atarraya de 6.5 cm de luz de malla (aproximadamente), y a cada uno se les realizó la biometría corporal con ayuda de un ictiómetro, tomando las siguientes mediciones:

- ❖ Longitud total (Lt)
- ❖ Longitud patrón (Lp)
- ❖ Altura (Al)

También se registró con una balanza digital de 0.1 g de precisión, marca Hanna, el:

- ❖ Peso total (Pt)
- ❖ Peso eviscerado (Pe)
- ❖ Peso de las gónadas (Pg)
- ❖ Peso del hígado (Ph)

Se disectó a cada organismos para extraer las gónadas y así determinar la madurez sexual de los organismos, a simple vista, de acuerdo a la escala empírica de madurez gonádica propuesta por Peña-Mendoza *et al.* (2011). Las gónadas de cada uno de los organismos se fijaron en formol al 10%.

En la zona de estudio se tomó la temperatura ambiental y del agua, con un termómetro de mercurio de decimas con una escala que de 1° a 51 °C; se registró la visibilidad del sistema con ayuda del disco de Secchi. De igual manera se midió el pH, la conductividad y los sólidos disueltos en el agua con un multiparámetros marca Hanna modelo HI 991300, así como la cantidad de oxígeno disuelto, utilizando un oxímetro modelo HI9146.

Primeramente se establecieron dos estaciones de muestreo, establecidas tomando en cuenta las entradas y salidas de agua y la profundidad del sistema, en donde se tomaron muestras de agua en la superficie (0.30 m) y 1 m de profundidad con una botella Van Dorh de 2 L de capacidad para llevar a cabo las determinaciones de:

- ❖ Alcalinidad: Método de indicadores
- ❖ Dureza total y cálcica: método complejométrico

(Arredondo, 1986; APHA, AWWA y WPCF, 1992)

TRABAJO DE LABORATORIO

Se realizó la biometría de cada una de las gónadas colectadas, a las cuales se les midió la longitud total y diámetro. Se contó el número de ovocitos con ayuda de un estereoscopio y la medición, de los ovocitos, se hizo con ayuda del programa Motic Images Plus ver 2.0 (2005)

CORTES HISTOLÓGICOS:

- ❖ Se lavó la gónada al chorro de agua por espacio de 30 minutos, para eliminar el formol
- ❖ La gónada se deshidrató gradualmente
- ❖ Se colocó el órgano en un recipiente, posteriormente se vertió parafina líquida marca Paraplast y se dejó endurecer por espacio de 72 horas (aproximadamente)
- ❖ Una vez pasado este tiempo, se desprendió y se realizaron los cortes histológicos al micrótopo con un grosor de 7 a 10 μm
- ❖ Se realizó la tinción con hematoxilina-eosina
- ❖ Los cortes se observaron al microscopio a diferentes aumentos (10X, 40X y 100X) para reconocer las estructuras presentes en los diferentes estadios de maduración del ovario y del testículo

(Rodríguez, 1992; Aguilar, 2011)

TRABAJO DE GABINETE

Para estudiar los distintos aspectos que forman parte de la reproducción de las especies ícticas fue necesario realizar algunos estudios de carácter significativo. Entre estos destacan:

TALLA DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL: Es la talla que tienen los peces cuando inician su proceso reproductivo. 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 espermatozoides en diferentes fases de desarrollo, así como cambios morfológicos de las gónadas. La madurez sexual es la fase durante la cual el pez alcanza el estado adulto con capacidad de reproducirse, no solo comprende a los individuos que han alcanzado la primera madurez sexual sino también a los individuos que entran en maduración gonadal cada año durante la época de reproducción. Una disminución de la edad de primera maduración puede aumentar el éxito reproductivo maximizando el número de descendientes producidos a edades precoces (Inturias, 2007). Constituye uno de los parámetros reproductivos básicos en el análisis de pesquerías y evaluación de stock (Cubillos y Alarcón, 2010). Para calcularla se obtuvo la longitud media para la primera talla de reproducción o longitud media de madurez sexual (P) que es la longitud a la cual el 50% de todos los individuos son sexualmente maduros. Para esto,

se utilizó la longitud patrón (L_p), el número de organismos totales por muestreo y la proporción de organismos maduros.

Esto es:

$$P = \frac{1}{(1 + \exp[-r(L - L_m)])}$$

En donde:

P= proporción de peces maduros

L= longitud patrón (cm)

L_m= longitud media (cm)

r= pendiente

(Sparre y Venema, 1997)

RELACIÓN PESO-LONGITUD: Es importante para realizar el estudio del ciclo de vida de una especie, ya que ayuda a conocer el crecimiento en longitud y peso, debido a que las poblaciones de una misma especie pueden presentar una tasa diferente de crecimiento. (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Así mismo su importancia radica en proporcionar información indirecta sobre el crecimiento y el estado de salud de las poblaciones, esta relación es usada para modelar las tendencias de la biomasa basados en la talla y es ampliamente usada en el manejo de las poblaciones de importancia económica (Cifuentes *et al.*, 2012). Con los datos que fueron aportados por la biometría, se estableció esta relación por medio de la siguiente expresión:

$$P = a L^b$$

Donde:

P= peso total (g)

L= longitud patrón de los organismos (cm)

a y b= constantes

Esta expresión puede transformarse en una ecuación lineal, mediante el uso de logaritmos decimales obteniéndose:

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

Donde:

log a= ordenada al origen

log b= la pendiente de la recta

Los valores de las constantes se obtuvieron por el método de mínimos cuadrados. Como la talla es una magnitud lineal y el peso es proporcional al cubo de la talla, si el pez al crecer mantiene la forma, se dice que éste presenta un crecimiento de tipo isométrico y b tendrá un valor de 3. Si esto no ocurre, entonces el crecimiento será alométrico y el valor de b será distinto a 3. En cualquiera de los casos se aplicó una prueba de t-student para comprobar este valor (Pauly, 1984).

PROPORCIÓN SEXUAL: Es un índice que resume el tipo de población y la relación de la especie con el funcionamiento del ambiente. Se puede definir como el cociente entre el número de machos y el de hembras. Para comprobar si la relación obtenida difiere significativamente de la teórica (1:1) se aplicó una prueba de ji cuadrada χ^2 (Méndez-Villanil *et al.*, 1997).

ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS): Se utilizó para estudiar el desarrollo de las gónadas y para describir el ciclo reproductivo. Se basa en el incremento del tamaño de la gónada a medida que se acerca el momento de la freza (Granado, 2002).

Para calcularlo se usó la siguiente fórmula:

$$IGS = \frac{Pg}{Pt} * 100$$

Donde:

Pg= peso de la gónada (gr)

Pt= peso eviscerado del ejemplar (gr)

(Rodríguez, 1992)

ÍNDICE HEPATOSOMÁTICO (IHS): Es la relación que existe entre el peso del hígado y el peso del ejemplar. Es específica para hembras ya que el hígado segrega vitelogeninas durante la vitelogénesis exógena, las cuales van a ser captadas por el óvulo en desarrollo, esto lo hace ser directamente proporcional al ciclo reproductivo y decae antes del desove. Para calcularlo se utilizó la siguiente fórmula:

$$IHS = \frac{Ph}{Pe} * 100$$

Donde:

Ph: peso del hígado (gr)

Pe: peso del ejemplar(gr)

(Rodríguez, 1992)

FECUNDIDAD: Es considerada como un carácter adaptativo, donde los cambios resultan de la acción de la selección del medio sobre la variabilidad fenotípica. La tasa reproductiva de una

especie no necesariamente debe ser muy alta o a intervalos muy frecuentes, pero si debe ser exitosa. Muchos de los patrones reproductivos de los animales están influenciados por los factores ambientales favorables y así completar el ciclo reproductivo de la especie (Inturias, 2007). En una población se puede cuantificar la fecundidad relativa y la media.

- ❖ **Fecundidad Relativa:** Es el número de ovocitos producido por unidad de biomasa de la hembra. Se obtuvo haciendo una regresión entre los datos de longitud patrón, peso y número de óvulos. Está definida por:

$$F = a X^b$$

Donde:

F= fecundidad relativa

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

a y b= constantes

(Granado, 2002)

- ❖ **Fecundidad Media:** Es el número promedio de ovocitos en el ovario antes del desove y se determino por la formula:

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

Donde:

ϕ = fecundidad media

n= número de peces utilizados en el análisis

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

L= longitud patrón

(Shoesmith, 1990)

FACTOR DE CONDICIÓN DE CLARK: este índice está basado en la relación que guarda la longitud total o patrón del pez, con su peso y explica fundamentalmente el grado de bienestar que guarda en relación con el cambio en la corpulencia durante su vida (King, 1995). El modelo usual de expresión del valor de condición es la ecuación matemática usado por Clark (1928) citado por Nikolsky (1963), que recomienda utilizar el peso eviscerado en lugar del total, lo cual hace

posible definir la verdadera condición del pez sin el efecto del peso de las gónadas y en contenido intestinal (Granado, 2002).

$$C = \left(\frac{Pe}{L^b} \right)$$

Donde:

Pe= peso eviscerado

L= longitud patrón

b= pendiente de la relación peso-longitud

(Nikolsky, 1963)

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Para conocer el comportamiento de estos parámetros durante el periodo de muestreo, principalmente en el periodo de reproducción de la especie, 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 cálcica y dureza total 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

TALLA Y PESO

El análisis de los 354 especímenes de *Oreochromis niloticus*, capturados en el bordo “Huitchila”, de septiembre del 2010 a agosto del 2011 mostraron tallas y pesos que variaron entre ambos sexos. Para los machos se registró un intervalo de tallas de 13.70 a 24 cm de longitud total, longitud patrón de 10 a 20.5 cm, altura de 3.3 a 6.8 cm y peso de 35.80 a 168.80 g. En las hembras los intervalos de talla fueron de 13.30 a 18.60 cm de longitud total, longitud patrón fue de 10.5 a 15 cm, altura de 3.5 a 5.7 cm y peso de 34.30 a 102.30 g (Tabla 4).

Tabla 4. Intervalos de longitud total, longitud patrón, peso total y altura de *Oreochromis niloticus*

	Machos			Hembras		
	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio
Longitud total (cm)	13.7	24	17.5	13.3	18.6	16.7
Longitud patrón (cm)	10	20.5	13.5	10.5	15	13.2
Peso total (g)	35.8	168.8	90.2	34.3	102.3	78.3
Altura (cm)	3.3	6.8	5.3	3.5	5.7	5

Se aplicó una prueba t-student, y estadísticamente se encontraron diferencias significativas entre machos y hembras para la para longitud total ($t= 3.67$; $p<0.05$), longitud patrón ($t= 2.59$; $p<0.05$), el peso total ($t= 4.77$; $p<0.05$) y altura ($t= 5.70$; $p<0.05$).

Al realizar el análisis de distribución de frecuencia de tallas, se observó que la mayoría de los machos se encontraron entre los intervalos de 16.9 a 18.5 cm de longitud, mientras que el intervalo para las hembras estuvo comprendido entre 16.9 y 17.7 cm de longitud (Figura 1)

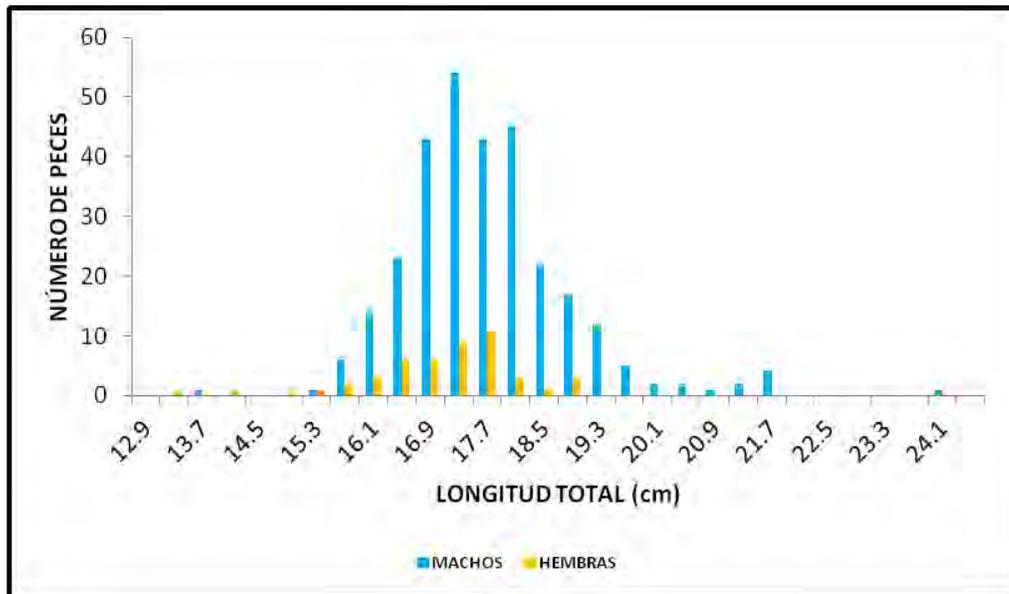


Figura 1. Distribución de frecuencia de tallas en ambos sexos de *Oreochromis niloticus*

PROPORCIÓN SEXUAL

De los 354 organismos capturados 298 (84.18%) fueron machos, 48 (13.55%) hembras y 8 (2.25%) indiferenciados. De acuerdo con estos resultados se calculó una proporción sexual total (macho: hembra) de 6.20:1, ($\chi^2=180.63$, $p<0.05$) viéndose favorecidos los machos.

Como se observa en la figura 2, durante todos los meses de muestreo existieron diferencias en la relación macho: hembra. La mayor cantidad de hembras se registró en el mes de Febrero (9) y abril (8), sin que eso implicara que las hembras dominaron, mientras que la mayor cantidad de machos se obtuvo en los meses de septiembre (29:1), octubre (26:2) y noviembre (27:2). En general se puede decir que los machos dominaron durante todos los meses del muestreo, mientras que las hembras se presentaron con menor frecuencia y solo se observó un aumento de su número en la época estival, sin que llegaran a dominar.

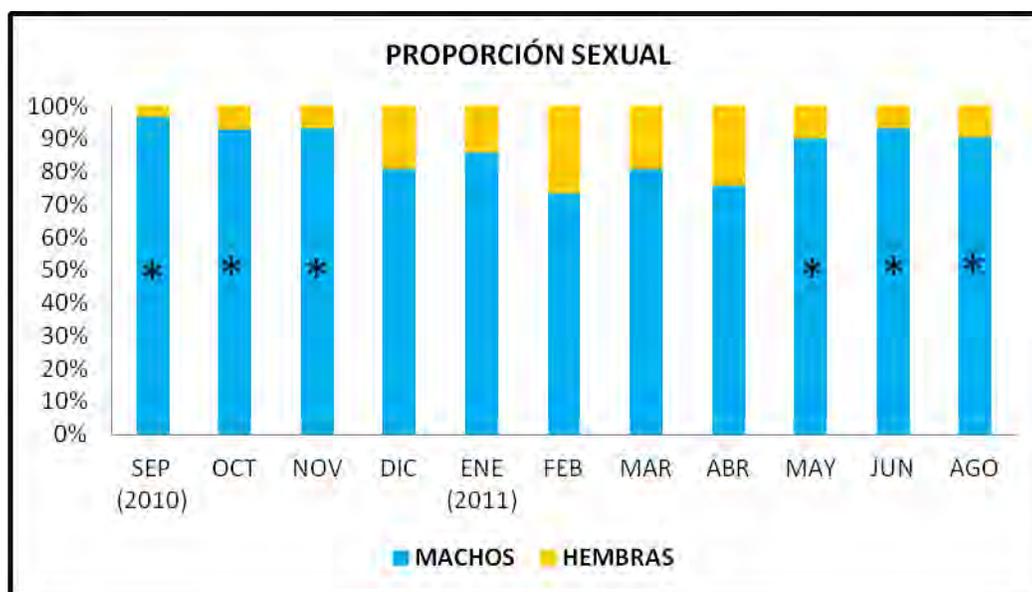


Figura 2. Variación de la proporción sexual, mensual, de *Oreochromis niloticus*

RELACIÓN LONGITUD TOTAL-LONGITUD PATRÓN

Se realizó un análisis de regresión lineal entre la longitud total y longitud patrón, en donde se obtuvo una alta correlación ($r^2 = 0.9145$; $p < 0.05$), por lo que se puede decir que los valores calculados por el modelo son adecuados y es indistinto trabajar con cualquiera de las dos longitudes (Figura 3).

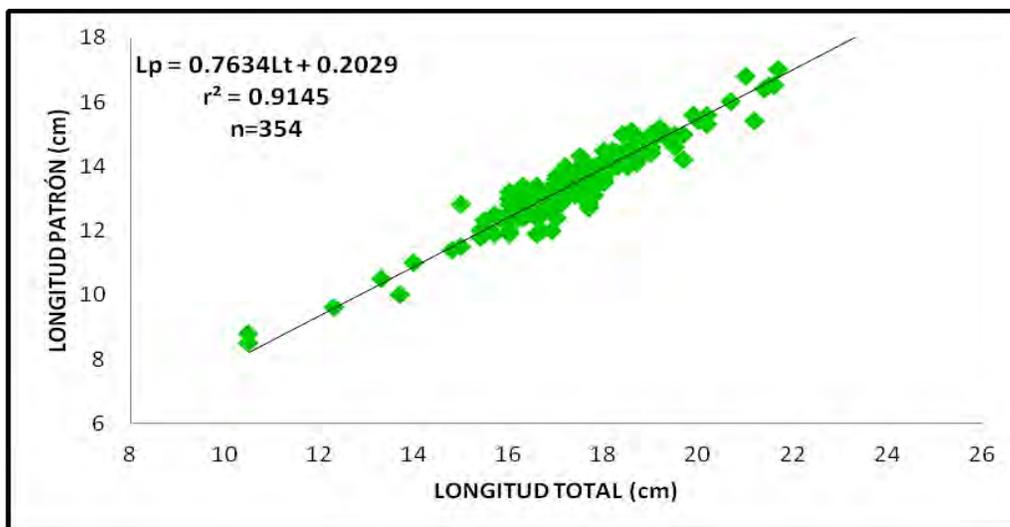


Figura 3. Relación longitud total-longitud patrón de *Oreochromis niloticus*

Para comparar los valores obtenidos, se realizó un análisis de correlación entre la longitud total, longitud patrón y el peso total (Tabla 5). De acuerdo a los resultados obtenidos en esta prueba, alta correlación entre la longitud total y el peso, se utilizó la longitud total para realizar los análisis siguientes.

Tabla 5. Análisis de correlación para la longitud total, longitud patrón con el peso total de *O. niloticus*

	Longitud Total (cm)	Longitud Patrón (cm)	Peso Total (g)
Longitud Total (cm)	1		
Longitud Patrón (cm)	0.9290	1	
Peso Total (g)	0.8641	0.8449	1

RELACIÓN PESO TOTAL-LONGITUD TOTAL

Al establecer esta relación el modelo calculado para la población fue de tipo potencial, que se expresó como $Pt = 0.062(Lt)^{2.5346}$ con un grado de asociación de 77.3% ($r=0.773$; $p<0.05$) (Figura 4). La prueba t-student indicó que el valor del exponente ($b=2.5346$) fue significativamente diferente de 3 ($t= -6.3571$; $p<0.05$), por lo que el crecimiento de esta especie en este sistema es de tipo alométrico negativo, es decir, los organismos crecen más en longitud que en peso (Tabla 6).

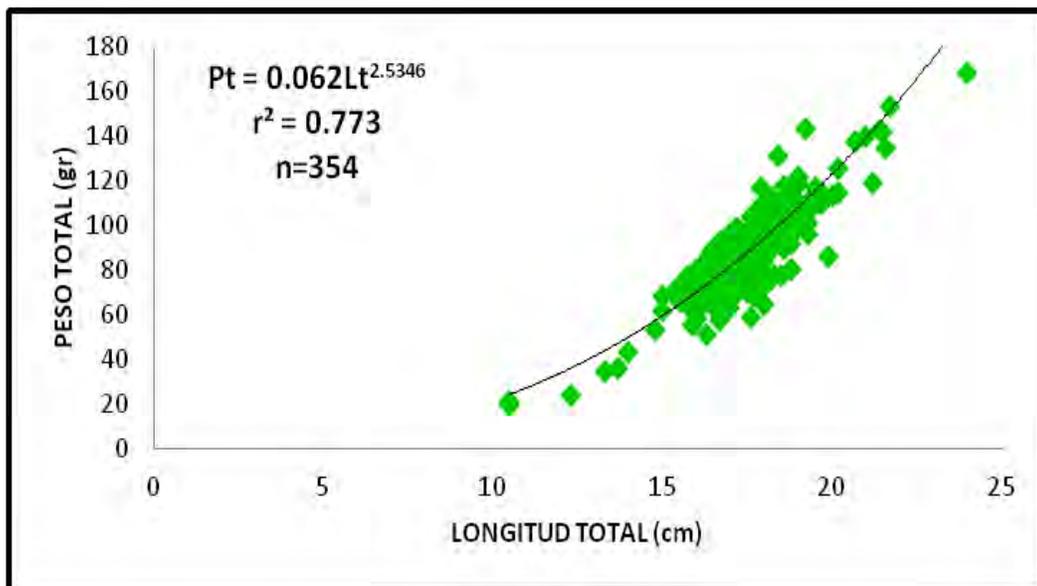


Figura 4. Relación peso total-longitud total para la población de *Oreochromis niloticus*

Al existir diferencias estadísticamente significativas entre la biometría de los machos y las hembras, la relación peso total-longitud total se calcularon por separado. El modelo para los machos también fue de tipo potencial $Pt = 0.0681 (Lt)^{2.504}$ con un coeficiente de asociación de 76.95% ($r=0.7695$; $p<0.05$) (Figura 5). De igual forma presentaron un crecimiento de tipo alométrico negativo, con base en los resultados de la prueba t-student ($t = -50.2068$; $p<0.05$) el valor de $b=2.504$ fue significativamente diferente de 3 (Tabla 6).

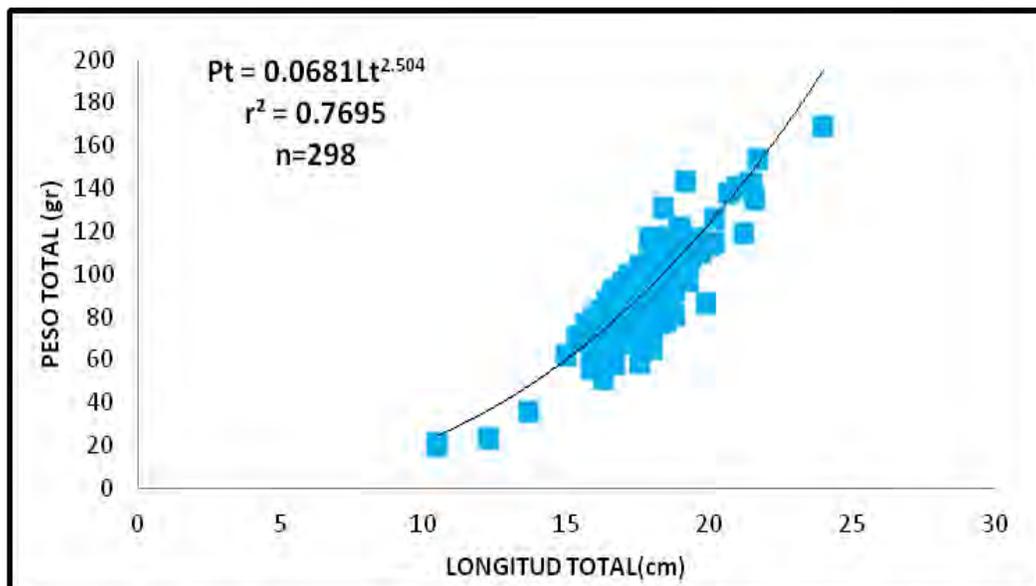


Figura 5. Relación peso total-longitud total para los machos de *Oreochromis niloticus*

Para las hembras también fue de tipo potencial $Pt = 0.0247(Lt)^{2.8477}$ con un coeficiente de asociación del 90.35% ($r = 0.9035$; $p < 0.05$) (Figura 6), por lo que, presentaron un crecimiento de tipo alométrico negativo, apoyado por la prueba t-student ($t = -1.2025$; $p < 0.05$) en donde el valor de $b = 2.8477$ es significativamente diferente de 3 (Tabla 6).

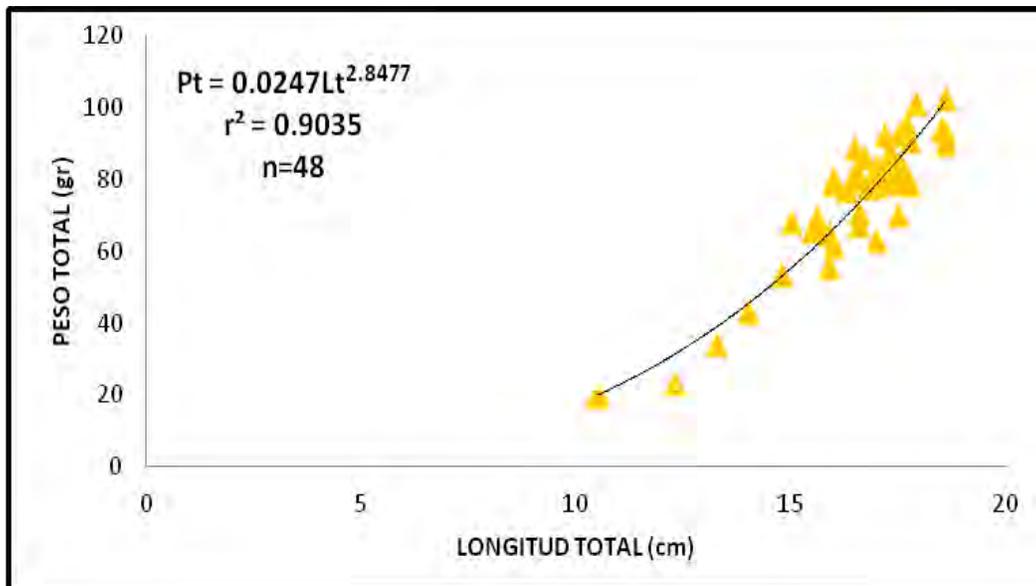


Figura 6. Relación peso total- longitud total para las hembras de *Oreochromis niloticus*

Tabla 6. Pruebas t-student ($p < 0.05$) para los valores de las pendientes de la relación peso total- longitud total de *Oreochromis niloticus*.

	Pendiente (b)	Prueba t-student	No. Organismos	Ho:b=3	Tipo de crecimiento
Población	2.5346	-6.3571	354	Rechazada	Alométrico negativo
Machos	2.504	-50.2068	298	Rechazada	Alométrico negativo
Hembras	2.8477	-1.2025	48	rechazada	Alométrico negativo

TALLA DE PRIMERA MADUREZ

La talla a la cual los organismos tienen la capacidad de iniciar su proceso reproductivo, se estimó para los machos de *Oreochromis niloticus* capturados en campo de 12.28 cm de longitud patrón (Figura 7)

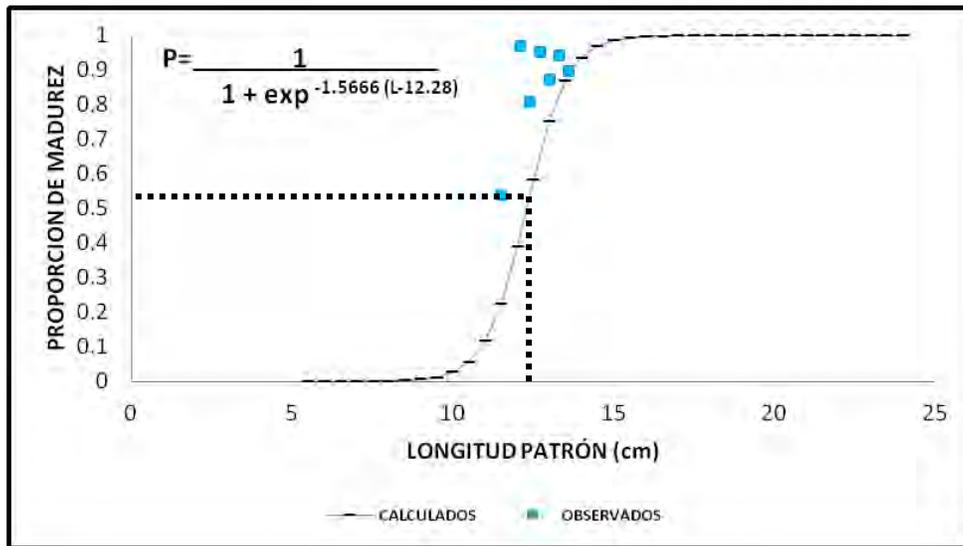


Figura 7. Talla de primera madurez sexual para los machos de *Oreochromis niloticus*

Mientras que las hembras de *Oreochromis niloticus* alcanzan la madurez sexual cuando tienen una longitud patrón de 14.11 cm (Figura 8).

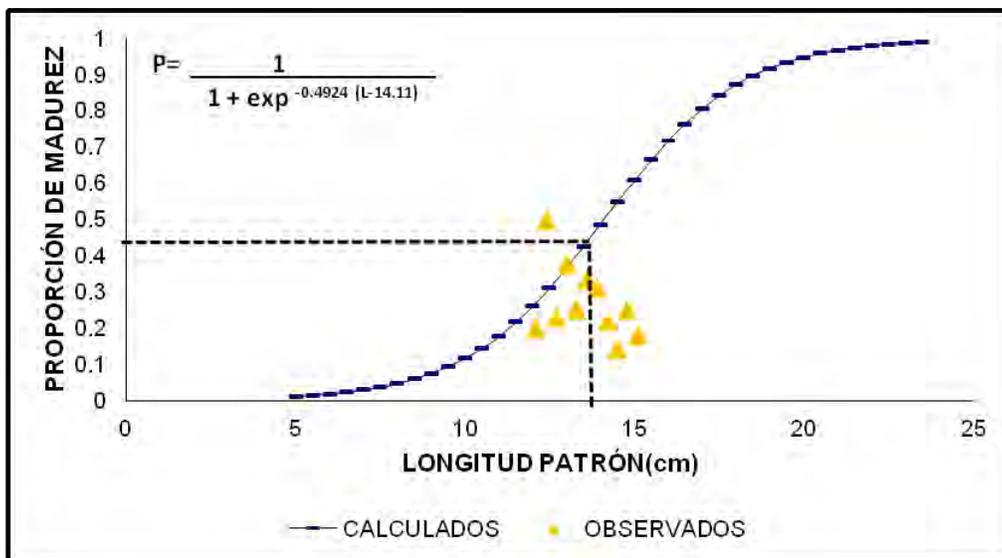


Figura 8. Talla de primera madurez sexual para las hembras de *Oreochromis niloticus*

FACTOR DE CONDICIÓN

Al realizar el análisis del factor de condición de Clark para los machos de *Oreochromis niloticus*, se observa que tiene un comportamiento estable durante todo el estudio, el cual presenta solo un pico ligeramente mayor, con alta variación, en el mes de diciembre (Figura 9).

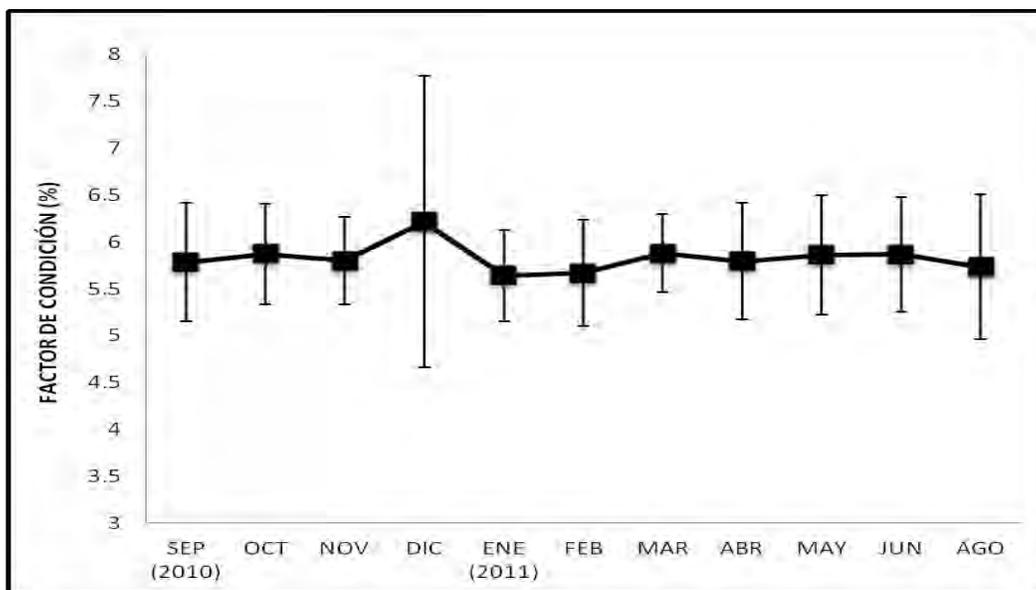


Figura 9. Variación temporal del factor de condición de Clark para los machos de *Oreochromis niloticus*.

Para las hembras el factor de condición presenta una mayor variación, en la Figura 10 se observa que los valores son menores a los registrados para los machos. Asimismo, se puede ver que existen dos períodos: uno de mayor estabilidad a partir del mes de marzo que termina en agosto y el otro, con fluctuaciones más marcadas, de septiembre a febrero.

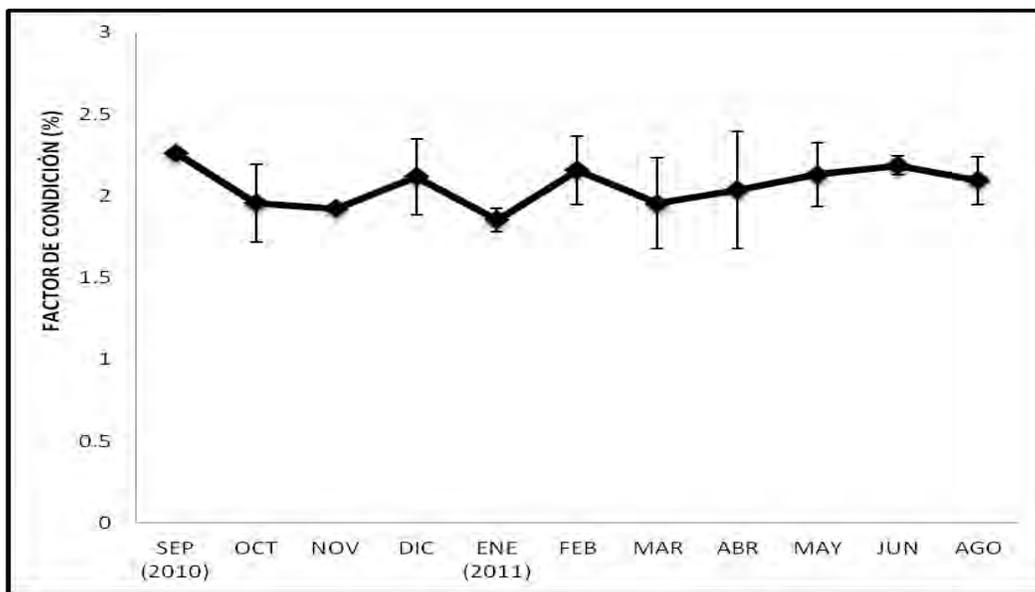


Figura 10. Variación temporal del factor de condición para las hembras de *Oreochromis niloticus*

ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS)

Para determinar la época reproductiva se analizó el comportamiento del índice gonadosomático (IGS). En la figura 11 se observa que en los machos los valores se mantienen constantes y comienza a aumentar a partir del mes de enero para llegar al valor máximo en el mes de mayo (0.64) y caer bruscamente en agosto. Con estos resultados se observa que se tiene una época de reproducción en los meses de mayo a junio, en la época de lluvias.

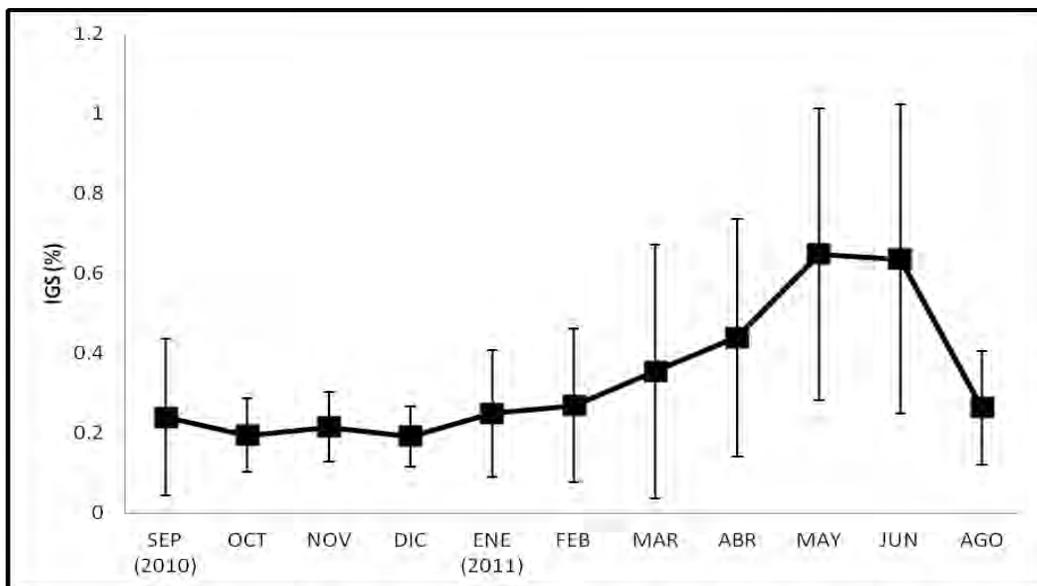


Figura 11. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para los machos de *Oreochromis niloticus*

En las hembras, el índice gonadosomático aumenta gradualmente desde el mes de diciembre para así llegar al mes de mayo donde alcanzó su máximo valor (1.47), así como también en agosto (0.95). Con base en estos resultados se puede decir que tienen dos períodos de reproducción: el primero en mayo, en época de secas, la cual se superpone con la época de reproducción de los machos. Y el segundo en el mes de agosto, correspondiente a la temporada de lluvias cuando se tiene una mayor disponibilidad de alimento (Figura 12).

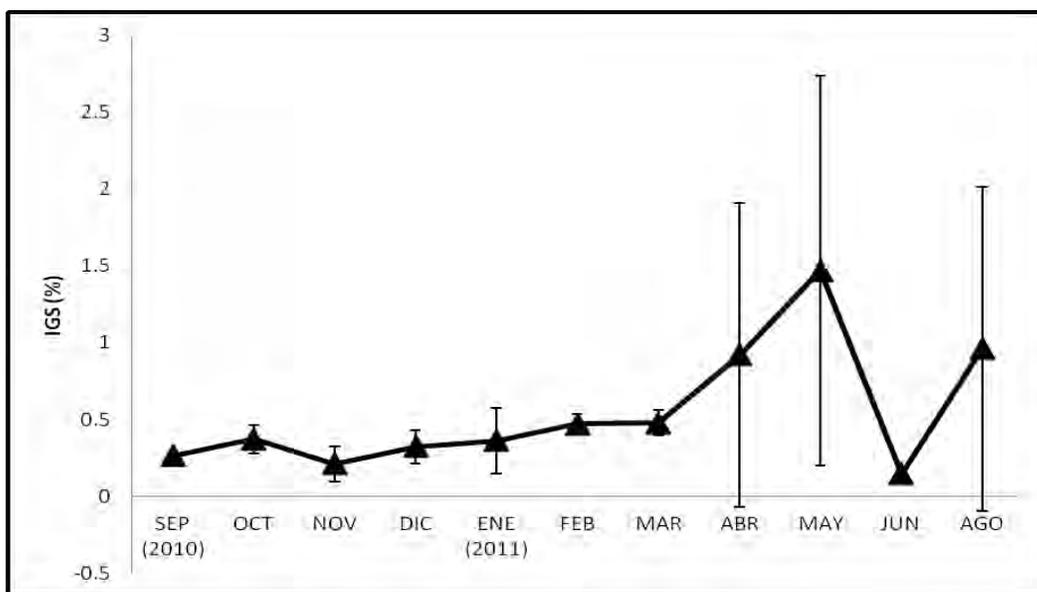


Figura 12. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para las hembras de *Oreochromis niloticus*

ÍNDICE HEPATOSOMÁTICO (IHS)

Con respecto al comportamiento a la variación índice hepatosomático, de las hembras, (Figura 13), este muestra gran variación, a lo largo del período de estudio, alcanzando su valor máximo en el mes de marzo (1.21), y el mínimo en el mes de junio (0.68). Se observa de manera general que este índice presenta fluctuaciones a lo largo del año, ya que como era de esperarse, se debería de registrar valores altos en el mes anterior al período reproductivo, debido a la síntesis de vitelogeninas en el hígado, necesarias para la maduración de los ovocitos.

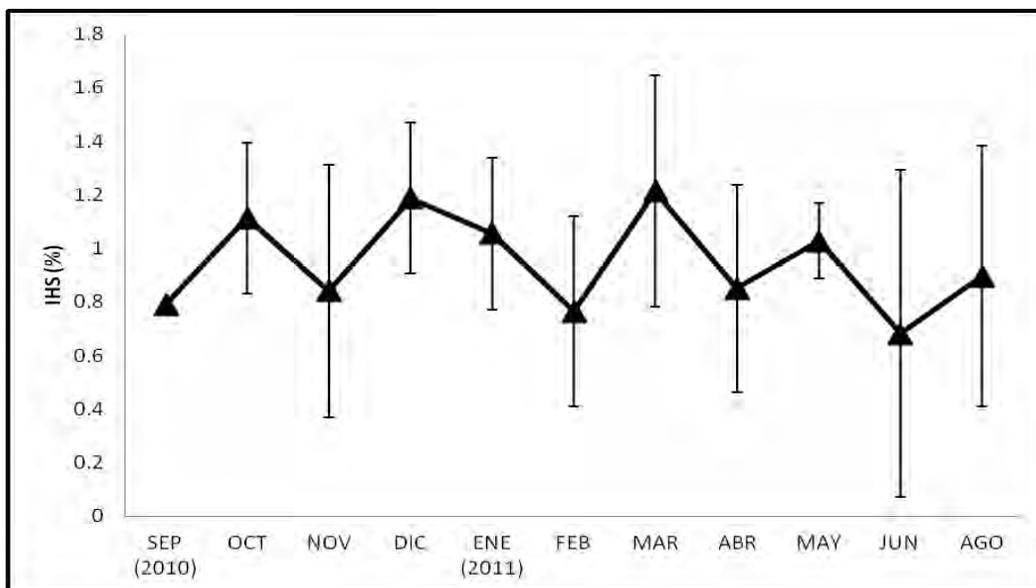


Figura 13. Comportamiento temporal del índice hepatosomático para hembras de *Oreochromis niloticus*

En la figura 14 se observa la variación de los promedios del IGS de hembras y machos así como el IHS de las hembras. Se esperaba que el IGS de las hembras fuera inverso al IHS, sin embargo esto no ocurrió en todos los meses de estudio solo en los meses de enero, febrero y abril. Por lo que respecta al IGS de machos y hembras siguen un comportamiento similar, aumentan progresivamente a partir del mes de noviembre hasta el mes de mayo para que en los meses siguientes el comportamiento sea inverso, mientras el de las hembras disminuye el de los machos aumenta y viceversa.

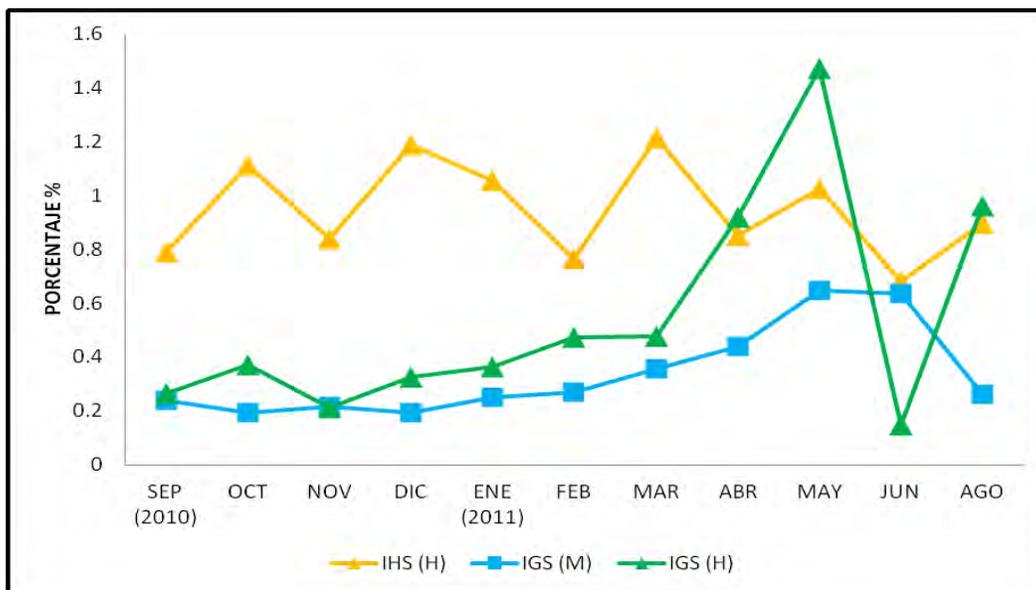


Figura 14. Variación temporal de los índices de reproducción de *Oreochromis niloticus*

MADUREZ GONÁDICA

MACHOS

Al analizar las diferentes fases de desarrollo gonadal de los machos de *Oreochromis niloticus* se puede observar que se registraron todos los estadios de maduración sexual a lo largo del año. En la Figura 15 se ve claramente que dominó el estadio en desarrollo (II) con un 78.85% de los individuos capturados, presentándose los valores máximos en septiembre (27), octubre (26), noviembre (27) y diciembre (24) del 2010; así como en agosto (28) del 2011. Para el estadio de maduración (III) se registró un 7.71% con un máximo en el mes de junio (10). Para el estadio de reproducción (IV) fue el 3.35% de los individuos, presentándose la mayoría de ellos en el mes de mayo (7) y por ultimo para la fase de recuperación (V) se registró un 4.69% siendo el mes de mayo (8) en donde se capturó el mayor número de individuos.

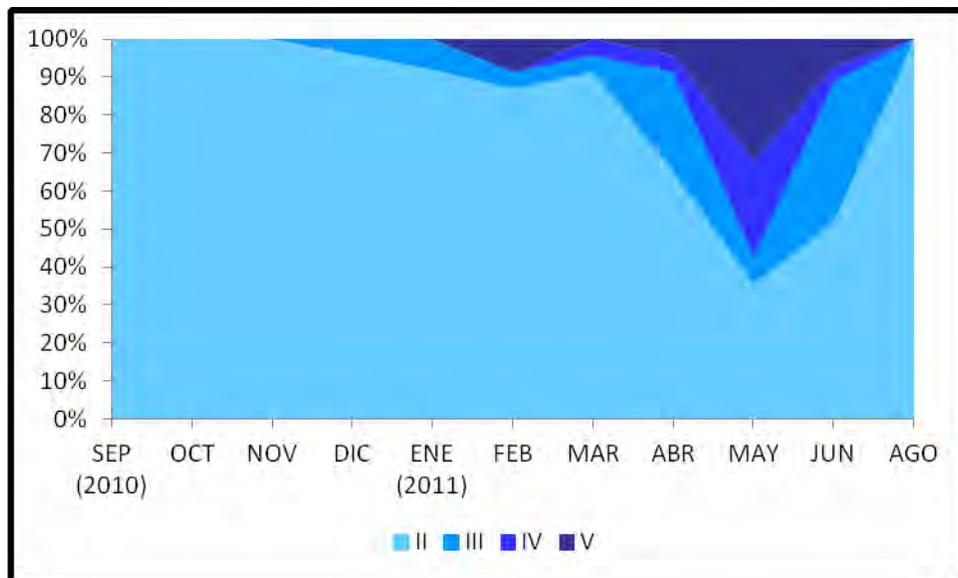


Figura 15. Variación mensual de los estadios de maduración gonádica para los machos de *Oreochromis niloticus*

Para la realización de la biometría de las gónadas se utilizaron 279 machos.

En la tabla 7 se observan los valores mínimos, máximos y el promedio de la longitud de los testículos. Se puede observar que la longitud del testículo aumenta conforme aumenta el estadio de madurez y disminuye cuando ha pasado la época reproductiva. El valor mínimo que se registro fue de 1 cm en el estadio de maduración (II) y el máximo valor fue de 6.1 cm en la fase reproductiva (IV).

Se realizó una prueba t-student entre la longitud del testículo derecho y la longitud del testículo izquierdo ($t=1.44$; $p>0.05$), el valor obtenido muestra que no existen diferencias significativas en las longitudes del testículo derecho y el testículo izquierdo.

Tabla 7. Longitudes de los testículos de *Oreochromis niloticus*, con relación al estadio de madurez.

MADUREZ GONÁDICA	LONGITUD TESTÍCULO DERECHO (cm)			LONGITUD TESTÍCULO IZQUIERDO (cm)		
	MÍN	MÁX	PROM	MÍN	MÁX	PROM
II	1.2	4.6	3.06	1	4.7	2.96
III	2.8	6	4.15	2.4	5.9	4.11
IV	3.7	6.1	4.51	3.4	5.2	4.16
V	3	5.8	4.36	3	5.6	4.18

En lo que respecta al diámetro de los testículos se puede observar el mismo comportamiento, que con la longitud. Esta medición aumenta conforme avanza el estadio (Tabla 8), el valor mínimo se registró en la fase de maduración (II) y en la de recuperación (V) con 0.1 cm de diámetro, mientras que el valor máximo se encontró en la fase de reproducción (IV) con 0.5 cm.

De igual forma se realizó una prueba t-student entre el diámetro del testículo derecho y el diámetro del testículo izquierdo ($t=0.22$; $p>0.05$) y no existen diferencias significativas en los diámetros de los testículos.

Tabla 8. Diámetros de los testículos de *Oreochromis niloticus*, con relación al estadio de madurez.

MADUREZ GONÁDICA	DIÁMETRO TESTÍCULO DERECHO (cm)			DIÁMETRO TESTÍCULO IZQUIERDO (cm)		
	MÍN	MÁX	PROM	MÍN	MÁX	PROM
II	0.1	0.3	0.14	0.1	0.3	0.14
III	0.1	0.4	0.28	0.1	0.4	0.28
IV	0.2	0.5	0.34	0.2	0.5	0.31
V	0.1	0.3	0.23	0.1	0.3	0.23

El mismo comportamiento se puede observar con el peso de los testículos (Tabla 9), el peso mínimo registrado fue de 0.1 g, tanto en el estadio II como en el estadio V y el valor máximo fue de 1.3 g para el estadio IV.

Tabla 9. Peso de los testículos de *Oreochromis niloticus*, en relación al estadio de madurez

MADUREZ GONÁDICA	PESO (g)		
	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
II	0.1	0.9	0.18
III	0.1	1.1	0.58
IV	0.3	1.3	0.84
V	0.1	1	0.56

HEMBRAS

En las hembras de *Oreochromis niloticus* también se registraron todos los estadios de madurez sexual. De igual forma, que los machos, la mayoría de las hembras se encontraron en la fase de desarrollo (II) con un 62.5% viéndose favorecidas en los meses de septiembre (1), octubre (2), noviembre (2), diciembre (5) y febrero (9). El estadio de maduración (III) contó con el 20.83% con el valor máximo en el mes de junio (2), el estadio de reproducción (IV) tuvo un 10.41% con la mayoría en el mes de mayo (2). Por último el estadio de recuperación contó con un 4.16% con solo dos hembras capturadas en los meses de mayo y agosto (Figura 16).

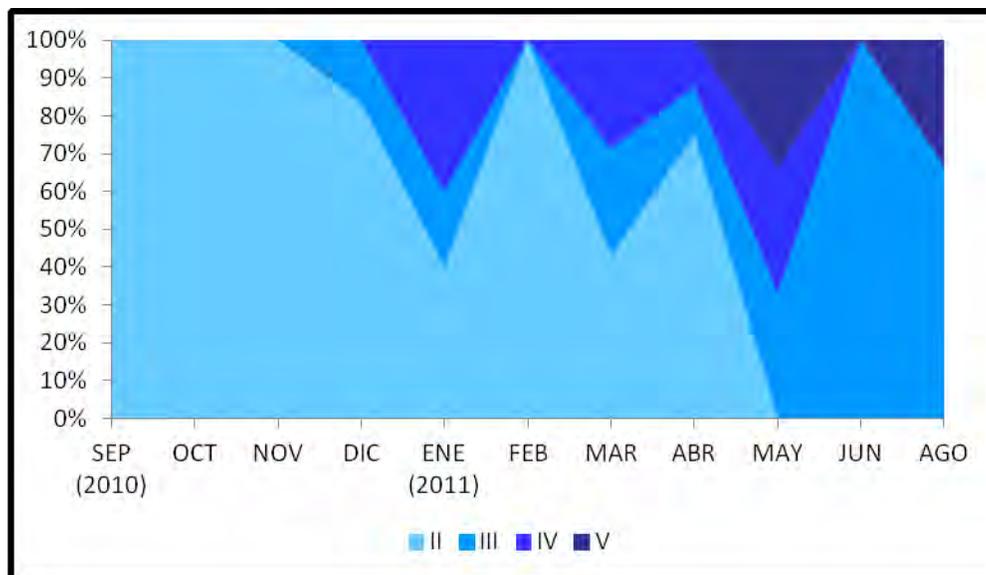


Figura 16. Variación mensual de los estadios de maduración gonádica para las hembras de *O. niloticus*

Para el análisis de la madurez de las gónadas se utilizaron 48 hembras.

En el caso de estas, se registró el mismo comportamiento que el de los machos. El tamaño de los ovarios aumentó mientras se acercaba el periodo de desove y disminuyó cuando se encontraban en estado de recuperación (Tabla 8). El valor mínimo fue de 1 cm, registrado para los estadios (II) y (V), el valor máximo fue de 3.6 cm, encontrado para el estadio (IV)

Se hizo una prueba de t-student entre la longitud el ovario derecho y la longitud del ovario izquierdo ($t=1.81$; $p>0.05$) mostrando que no existen diferencias significativas entre ambas longitudes.

Tabla 8. Longitudes de los ovarios de *Oreochromis niloticus*, con relación al estadio de madurez

MADUREZ GONÁDICA	LONGITUD OVARIO DERECHO (cm)			LONGITUD OVARIO IZQUIERDO (cm)		
	MÍN	MÁX	PROM	MÍN	MÁX	PROM
II	1	3.2	2.17	1	2.6	1.97
III	2	3	2.66	1.5	3	2.45
IV	1.9	3.2	2.63	1.6	3.6	2.56
V	1.3	1.9	0.68	1.5	1.7	0.88

En lo que respecta al diámetro de los ovarios, de igual forma que la longitud de estos, se observó que aumenta conforme avanza el proceso reproductivo (Tabla 9). El valor mínimo que se registro fue de 0.1 cm en el estadio II, mientras que el valor máximo fue de 1 cm en el estadio de reproducción IV.

La prueba t-student realizada entre el diámetro del ovario derecho y el ovario izquierdo ($t=0.63$; $p>0.05$) muestra que no existen diferencias significativas en los diámetros del ovario izquierdo y el ovario derecho.

Tabla 9. Diámetros de los ovarios de *O. niloticus*, con relación al estadio de madurez.

MADUREZ GONÁDICA	DIÁMETRO OVARIO DERECHO (cm)			DIÁMETRO OVARIO IZQUIERDO (cm)		
	MÍN	MÁX	PROM	MÍN	MÁX	PROM
II	0.1	0.5	0.27	0.2	0.5	0.3
III	0.3	0.9	0.56	0.2	0.7	0.48
IV	0.3	1	0.56	0.4	1.2	0.73
V	0.2	0.3	0.66	0.2	0.3	0.66

El peso se comportó de la misma manera que la longitud y el diámetro, aumento a medida que avanza el proceso de reproducción (Tabla 10). El valor mínimo fue de 0.1 g encontrado en las gónadas de las hembras en estadio II y V, el valor máximo de 3.5 g fue de los ovarios que se encontraban en estadio IV.

Tabla 10. Pesos de los ovarios de *O. niloticus*, con relación al estadio de madurez.

MADUREZ GONÁDICA	PESO OVARIOS(g)		
	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
II	0.1	1.3	0.25
III	0.3	2.4	1.15
IV	2.4	3.5	3
V	0.1	0.2	0.15

El número y tamaño de los ovocitos en cada hembra presentó variaciones, dependiendo del estadio de madurez. En el estadio de desarrollo (II) se tuvieron dos diámetros de ovocitos: de 100 a 1000 μm y de 1001 a 1500 μm con un promedio de 685 y 237 ovocitos, respectivamente, cuando las hembras presentaron una longitud promedio de 16.81 cm y un peso de 77.78 g. Para los ovarios en estadio de maduración (III) se observaron tres diámetros diferentes de 1001 a 2000 μm con promedio de 563 ovocitos, de 2001 a 3000 μm con promedio de 195 ovocitos y de 3001 a 3100 μm con 89 ovocitos, la longitud promedio de las hembras fue de 16.85 cm y un peso de 81.75 g. Por último para el estadio de reproducción se tuvieron dos diámetros de 1001 a 2000 μm con 728 ovocitos y de 2001 a 3300 con 175 ovocitos, la longitud promedio de las hembras fue de 17.55 cm y un peso de 80 g. (Tabla 11). Se puede observar que mientras aumenta el diámetro de los ovocitos su número, en el ovario, disminuye.

Tabla 11. Variación del número y diámetro de los ovocitos de *Oreochromis niloticus*

MADUREZ GONÁDICA	INTERVALO DE DIAMETRÓ (μm)	No. DE OVOCITOS (PROMEDIO)
II	100-1000	685
	1001-1500	237
III	1001-2000	563
	2001-3000	195
	3001-3100	89
IV	1001-2000	728
	2001-3300	175

FECUNDIDAD RELATIVA

Para calcular la fecundidad relativa se utilizaron 15 hembras, para ello se realizó un análisis de correlación entre el número de folículos y la longitud total del pez que fue mayor ($r^2=0.6753$; $p>0.05$) que la correlación obtenida con la longitud patrón ($r^2=0.5963$; $p>0.05$) y con el peso total ($r^2=0.4939$; $p>0.05$). En la Figura 17 se puede observar que el número de folículos aumenta conforme aumenta la longitud total del pez.

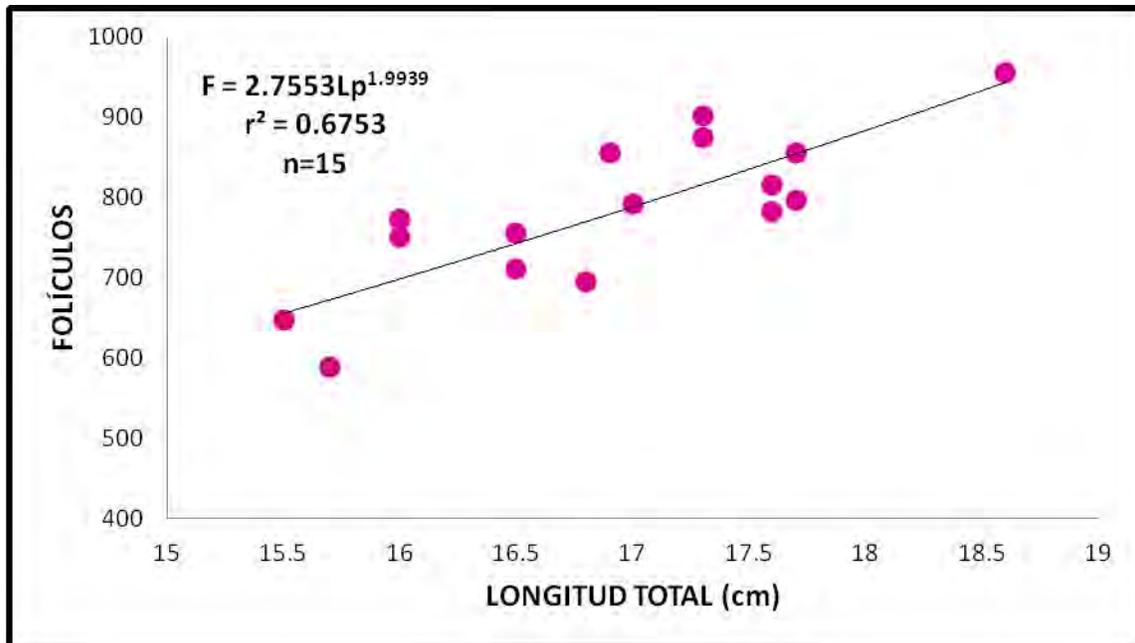


Figura 20. Fecundidad relativa para hembras de *Oreochromis niloticus*.

FECUNDIDAD MEDIA

El modelo que expresa la fecundidad media es el siguiente:

$$\phi_{DS} = \frac{1}{15} \sum_{j=1}^n 2.7553 Lp^{1.9939}$$

La fecundidad media que se obtuvo para esta población fue de 757 folículos, con un conteo mínimo de 589 y un máximo de 902 folículos. La longitud total de las hembras fue de 13.3 a los 18.6 cm.

Tabla 12. Descripción macroscópica y microscópica de la madurez gonádica en machos de *Oreochromis niloticus* de acuerdo a Peña-Mendoza *et al.* (2011)

Estadío	Descripción Macroscópica	Descripción microscópica
I (Inmaduro)	Ocupan un tercio de la cavidad abdominal, son de color blanquizco.	Hilos muy delgados, no es posible distinguir entre testículos y ovarios
II (Desarrollo)	Ocupan la mitad de la cavidad abdominal, son de color blanquizco a opaco más o menos simétrico.	Gran cantidad de espermatogonias en la periferia del testículo, espermatocitos primarios y secundarios ocupan casi todo el espacio interior del testículo, el lumen lobular está muy reducido.
III (Maduración)	Ocupan dos tercios de la longitud de la cavidad abdominal, son de color blanquizco a crema.	La cantidad de espermatogonias disminuye, los espermatocitos primarios y secundarios ocupan una gran parte del espacio interior del testículo, cistos de espermatídes se localizan en la periferia del lumen lobular presencia mínima a moderada. El lumen lobular ocupa de uno a dos tercios del espacio interior del testículo. Hay presencia de espermatozoides.
IV (Reproducción)	Ocupan de dos tercios a toda la longitud d la cavidad abdominal, son de color blanquizco crema y son blandos.	Las espermatogonias, espermatocitos primarios y secundarios son reducidos y relegados a la periferia del testículo. Las espermatídes ocupan la periferia del lumen lobular. Los espermatozoides ocupan totalmente la luz del lumen lobular. El lumen lobular abarca más de dos tercios del espacio interior del testículo.
V (Posdesove)	Ocupan más de la mitad de la cavidad abdominal, las paredes se encuentran flácidas y sanguinolentas	Coloración crema con paredes flácidas.

CORTES HISTOLÓGICOS DE TESTÍCULOS

ESTADÍO II (DESARROLLO)

Los machos de las tilapias presentan testículos de tipo lobular, están compuestos de numerosos lóbulos separados unos de otros por una delgada capa de fibras de tejido conectivo. Dentro de los lóbulos la espermatogonia tiene numerosas divisiones mitóticas para producir cistos que contienen varias células germinales que están aproximadamente en el mismo estadio de desarrollo. Cuando se da la espermatogénesis y la espermiogénesis, los cistos se expanden y habitualmente se rompen, liberando el esperma dentro del lumen lobular el cual se continúa con el conducto espermático (Rodríguez, 1992). En la imagen 5 se observa el corte transversal de un testículo en estadio (II).

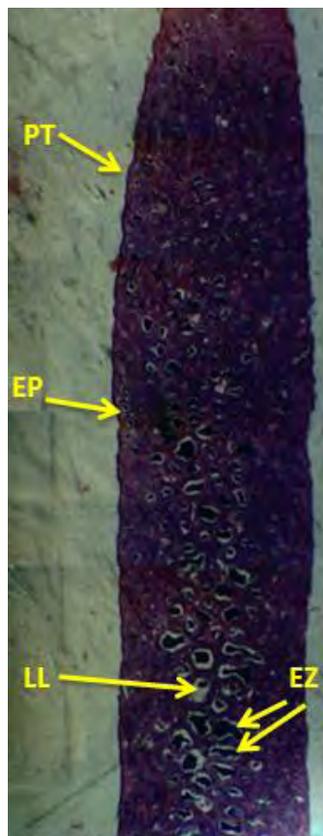


Imagen 5. Corte transversal de testículo de *Oreochromis niloticus* en estadio (II), se puede observar la pared testicular (PT), lumen lobular (LL), espermatocitos primarios (EPH-E (10 X)

ESTADÍO III (MADURACIÓN)

La imagen 6 es un corte transversal de un testículo en estadio de maduración. En ella se observa que en el lumen lobular existe una mayor cantidad de espermatozoides formando cúmulos, en el centro de este, ocupando alrededor de la mitad de la longitud del testículo, así mismo los espermatocitos primarios y secundarios han aumentado en número.

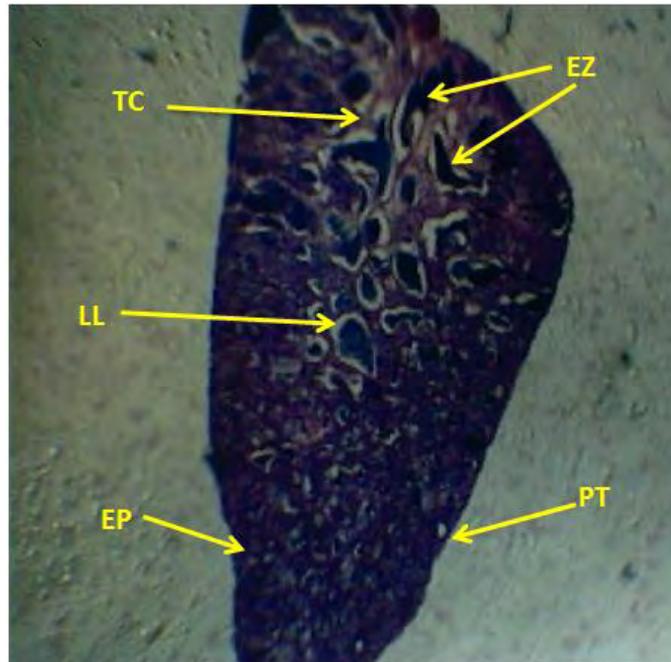


Imagen 6. Corte transversal del testículo de *Oreochromis niloticus*, en estadio de maduración III, en ella se puede apreciar, la pared testicular (PT), espermatocitos primarios (EP), tejido conjuntivo (TC), lumen lobular (LL) y los espermatozoides (EZ). H-E (10 X)

ESTADÍO IV (REPRODUCCIÓN)

En esta etapa del desarrollo del testículo, se observa que el lumen lobular ocupa más de dos terceras partes del testículo debido a que los espermatozoides han aumentado, los espermatocitos están en la periferia del testículo (Imagen 7).

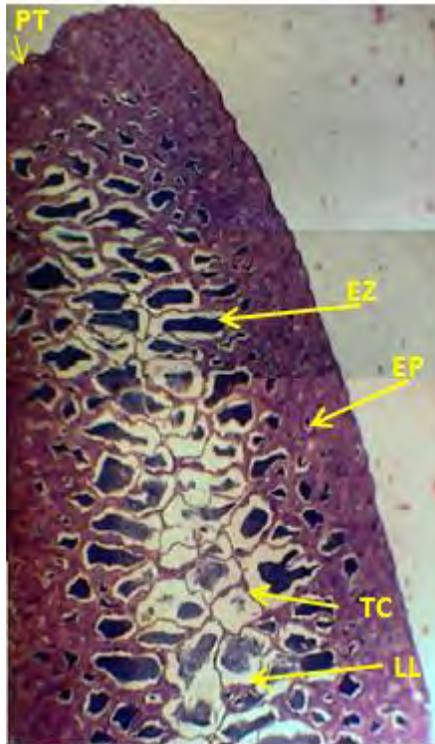


Imagen 7. Corte transversal del testículo de *Oreochromis niloticus*, en estadio de maduración IV, se observa la pared testicular (PT), espermatozoides (EZ), espermatocitos primarios (EP), lumen lobular (LL), tejido conjuntivo (TC).H-E (10 X)

Tabla 13. Descripción macroscópica y microscópica de la madurez gonádica en hembras de *Oreochromis niloticus* de acuerdo a Peña-Mendoza *et al.* (2011)

Estadio	Descripción Macroscópica	Descripción Microscópica
I (Inmaduro)	Ocupan un tercio de la longitud de la cavidad abdominal, presentan una coloración rosácea translúcida, los óvulos no son visibles a simple vista.	Hilos muy delgados. No es posible distinguir entre testículos y ovarios.
II (Desarrollo)	Ocupan la mitad de la cavidad abdominal, presentan una coloración rosácea translúcida, los óvulos son visibles a simple vista	Se observan dos tamaños de ovocitos de 100- 1000 μm y 1001-15000 μm . Folículos en previtelogénesis se observan células de la teca y granulosa poco diferenciadas, la membrana basal, la zona pelúcida, el citoplasma, el núcleo prominente con nucléolos y cromosomas. Folículos en vitelogénesis temprana comenzado la acumulación de las vesículas vitelinas.
III (Maduración)	Ocupan dos tercios de la cavidad abdominal. Coloración rosácea amarilla, son aspecto granular. No se observan óvulos transparentes o translúcidos.	Se observan tres tamaños de ovocitos de 1001-2000 μm , 2001-3000 μm y de 3001-3100 μm . Folículos en previtelogénesis, vitelogénesis temprana y avanzada, donde se observa la membrana vitelina diferenciada, células de la teca y granulosa. Las vesículas vitelinas ocupan la mayor parte del citoplasma del folículo.
IV (Reproducción)	Ocupan dos tercios de la cavidad abdominal. Son de color naranja con vasos sanguíneas superficiales visibles. Los óvulos son grandes, maduros y transparentes	Se observan dos tamaños de ovocitos de 100-1000 μm y 2001-3000 μm . Existe acumulación de glóbulos de vitelo en el citoplasma del folículo, el núcleo migra hacia el polo animal, los cromosomas se condensan, las células de la teca y la granulosa forman una capa sencilla de células, la membrana vitelina es más evidente
V (Posdesove)	Ocupan más de la mitad de la cavidad abdominal. Las paredes son flácidas, se observan restos de óvulos opacos maduros, en desintegración, oscurecidos o translúcidos.	No se aprecia diferencia entre este estadio y el estadio II.

CORTES HISTOLÓGICOS DE OVARIOS

ESTADÍO II (DESARROLLO)

En este estadio se registraron dos tamaños de folículos, en el ovario, que coinciden con los reportados por Peña-Mendoza *et al.* (2011) y que quedan dentro del intervalo de 100 a 1000 μm y de 1001 a 1500 μm . En la imagen 8 se observan folículos en previtelogénesis (PV 1), se puede identificar por presentar un núcleo grande y una capa delgada de citoplasma (C). También se encuentran folículos en vitelogénesis temprana (V).

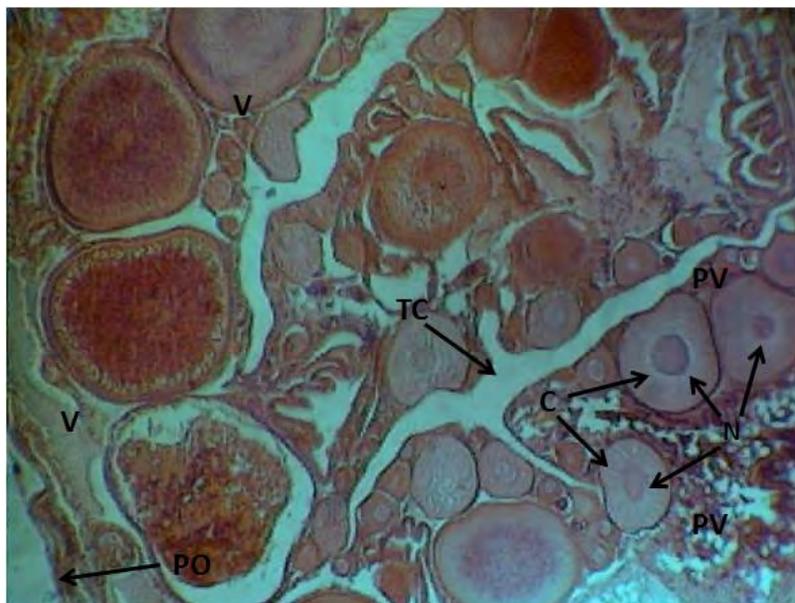


Imagen 8. Corte transversal de ovario en estadio II de *Oreochromis niloticus*, se observan folículos en previtelogénesis (PV) y vitelogénesis temprana (V), núcleo (N), citoplasma (C), tejido conjuntivo (TC) y la pared del ovario (PO). (H-E40 X)

ESTADÍO III (MADURACIÓN)

En el estadio III se observaron tres tamaños de folículos que quedan dentro del intervalo de de 1001 a 2000 μm , de 2001 a 3000 μm y de 3001 a 3100 μm . Los folículos se encontraron en previtelogénesis, vitelogénesis temprana y vitelogénesis avanzada, debido a que el ovario se encuentra en etapa de maduración (Imagen 9). También se puede observar un folículo atrésico, estos oocitos pueden observarse frecuentemente después y durante el desove, que no completaron su maduración por distintas causas por lo que ocurre un desorden metabólico durante la vitelogénesis causando su degeneración (Rodríguez, 1992)

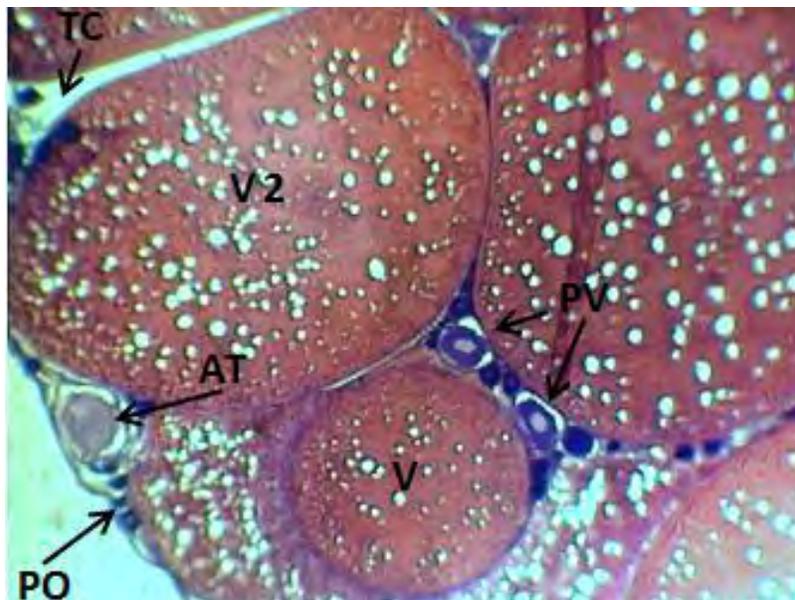


Imagen 9. Corte transversal de ovario en estadio III de *Oreochromis niloticus*, se observan folículos en previtelogénesis (PV), en vitelogénesis temprana (V), en vitelogénesis avanzada (V2) y atrésicos (AT). También se observa el tejido conjuntivo (TC) y la pared del ovario (PO). (H-E 40 X)

ESTADÍO IV (REPRODUCCIÓN)

En este estadio de reproducción se encontraron dos tamaños de folículos, de 1001 a 2000 μm y de 2001 a 3300 μm . En la imagen 10 se observa que los folículos han completado se desarrollo, los glóbulos de vitelo son grandes, aún se observan folículos inmaduros pero en menor cantidad. En esta etapa al llegar la vesícula germinal al polo animal, se da la primera división meiótica y el primer cuerpo polar es liberado y este ovocito es ovulado (Rodríguez, 1992).

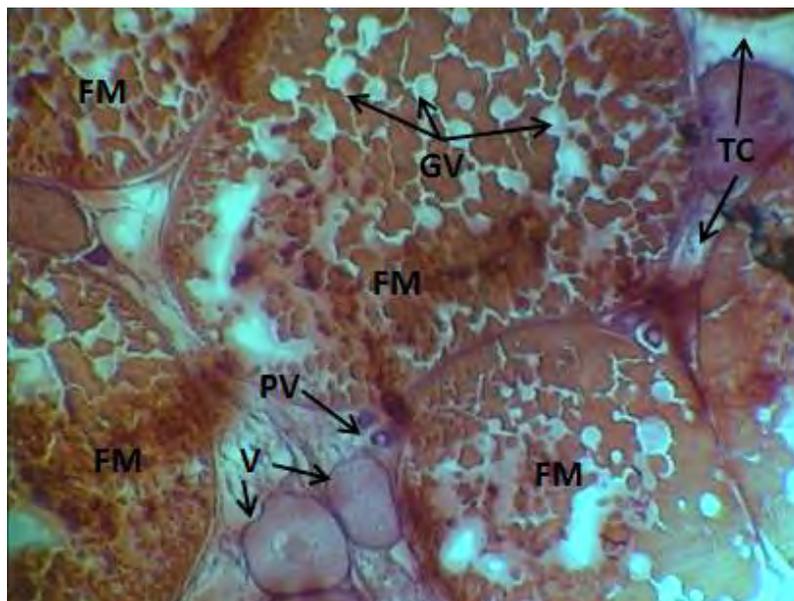


Imagen 10. Corte transversal de ovario de *Oreochromis niloticus*, en estadio IV, se observan folículos previtelogénicos (PV), en vitelogénesis, folículos maduros (FM), glóbulos de vitelo (GV) y tejido conectivo (TC). (H-E 40 X)

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS

El crecimiento, desarrollo y reproducción de la flora y fauna presentes en un sistema acuático no puede quedar independiente de las características físicas y químicas del agua en la cual se encuentra, por lo que es importante evaluar su calidad. Para esto se aplicó un análisis de comparación entre las muestras de las dos estaciones para determinar se existían diferencias estadísticamente significativas entre los niveles y posteriormente entre las estaciones, entre cada uno de los parámetros, estos análisis mostraron que no existían diferencias estadísticamente significativas entre los niveles y tampoco entre estaciones para cada parámetro analizado.

Primeramente se tiene que la temperatura del agua tiene un comportamiento muy parecido a la temperatura ambiente, registrando los valores más altos en el mes de marzo y los más bajos en el mes de enero. De manera general la temperatura ambiente presentó fluctuaciones que van de los 20.7° C a los 29.3° C, mientras que la temperatura del agua se registro entre los 18.92° C a los 27.87° C (Figura 21)

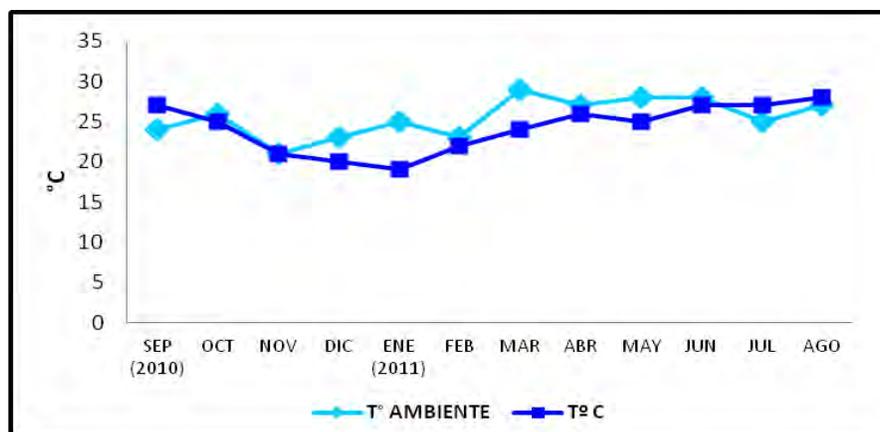


Figura 21. Comportamiento temporal de la temperatura ambiente y la temperatura del agua

La visibilidad al disco de Secchi tiene un comportamiento que va ligado a la profundidad del sistema, mismos que incrementan a partir del mes de junio cuando da inicio la época de lluvias, mientras que en la época de secas se registran los valores más bajos (Figura 22)

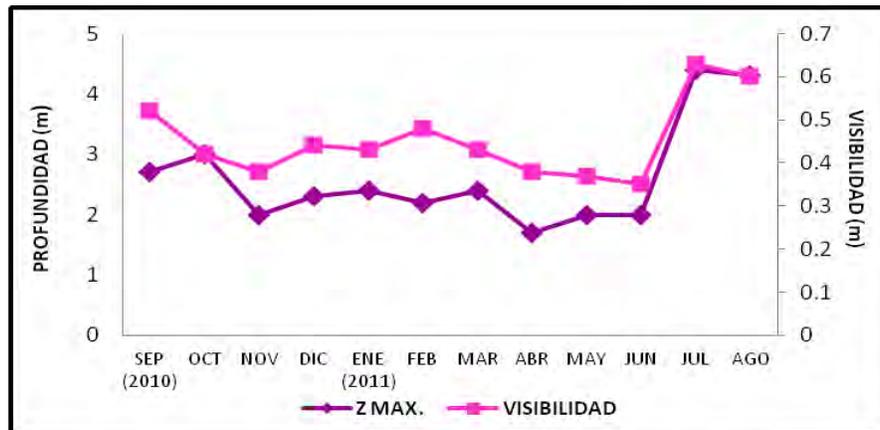


Figura 22. Comportamiento temporal de la profundidad y transparencia

La concentración de oxígeno disuelto en las aguas de todo sistema acuático es muy importante ya que de ella depende la vida de todo animal que respira mediante branquias y a pesar de que la tilapia soporta bajas concentraciones de oxígenos, lo más adecuado es que las aguas se encuentren bien oxigenadas. En el sistema estudiado la concentración más alta se registró en el mes de julio, seguida del mes de mayo y las menores concentraciones se presentaron en los meses de septiembre y enero. Por otro lado, se puede observar que los valores de pH de las aguas del sistema no presentaron grandes fluctuaciones registrándose a lo largo del estudio ligeramente básico (Figura 23).

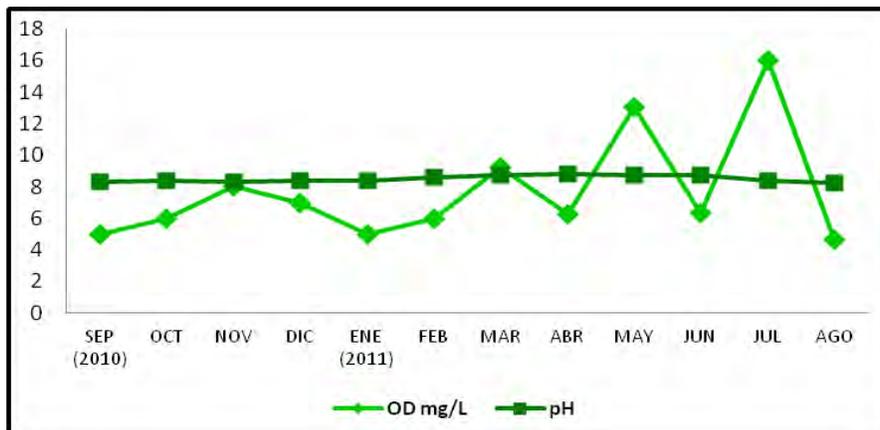


Figura 23. Comportamiento temporal del oxígeno disuelto y pH

Por lo que se refiere a la conductividad y sólidos totales disueltos (TDS), variables que se encuentran muy relacionadas, estas presentaron comportamientos similares a lo largo del estudio. Los valores más altos, para ambos parámetros, se registraron en el mes de agosto, mientras que el valor mínimo para la conductividad se presentó en el mes de septiembre y los TDS en octubre (Figura 24).

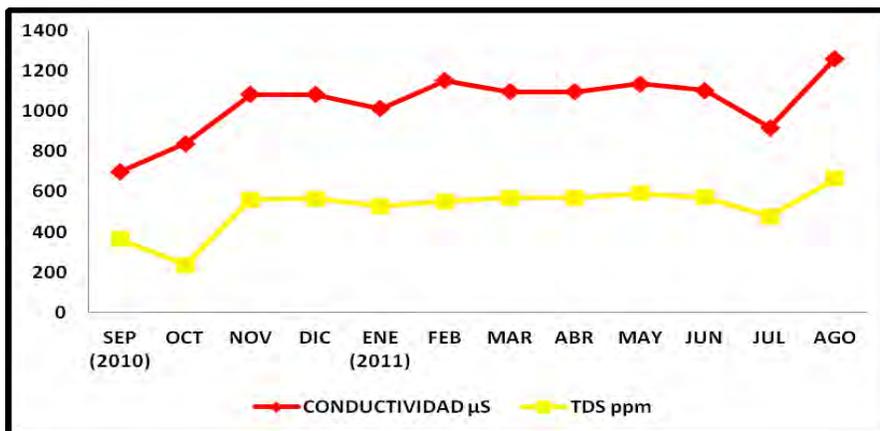


Figura 24. Comportamiento temporal de la conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos (TDS)

Finalmente se puede observar en la figura 25, que el sistema acuático presenta aguas productivas, ya que los valores de la alcalinidad total se encuentran entre los 106.25 y 257.81 mg CaCO₃/L, encontrándose el valor mínimo en el mes abril (106.25 mg CaCO₃/L) y el máximo en el mes de agosto (257 mg CaCO₃/L). Así mismo, se puede observar en dicha figura que las aguas del sistema son muy duras, ya que los valores de CaCO₃/L fluctúan entre 300 y 600 mg/L, registrando para el mes de mayo las concentraciones más altas y las más bajas en el mes de septiembre.

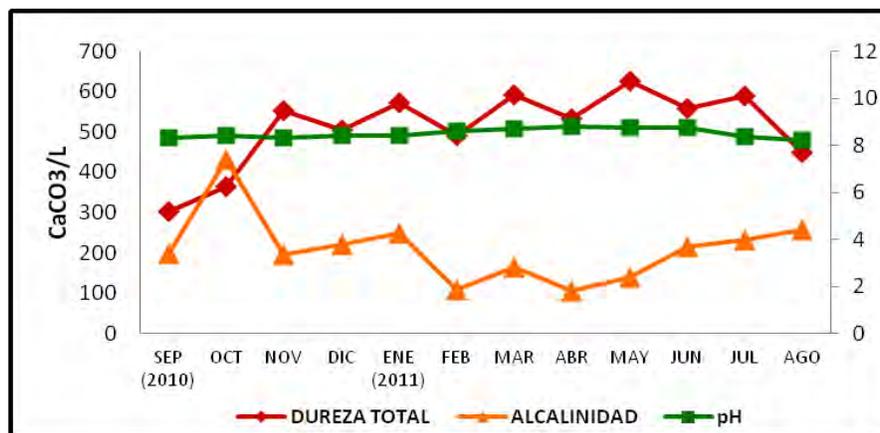


Figura 25. Comportamiento temporal de la dureza total, alcalinidad y pH

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para saber si existe alguna relación entre las variables registradas, se realizó un análisis de correlación de Pearson entre todos los parámetros ambientales y biológicos. En la tabla 14 se muestran los resultados de esta correlación que mide la fuerza de la relación lineal entre las variables. El segundo valor que se presenta en cada bloque es un valor de P, el cuál muestra la significancia estadística de las correlaciones estimadas, los valores de p por debajo de 0.05 indican correlaciones altamente significativas. Se encontraron correlaciones positivas entre la temperatura ambiente (T Am) y el pH, profundidad máxima (Z máx.), transparencia (Trans.), pH y la alcalinidad total (Alca total); la transparencia (Trans.) con el pH, el oxígeno (O²) y la dureza total, la conductividad (Cond) con la dureza total, el pH con la alcalinidad (Alca total). La única variable biológica que tuvo correlación con los parametros físicos y químicos fue el índice gonadosomático de los machos (IGS M) con la temperatura ambiente (T Am), profundidad máxima (Z Máx.), transparencia (Trans.) y el pH. Todas estas correlaciones fueron significativas.

Tabla 14. Análisis de correlación de Spearman de parámetros ambientales e índices de *Oreochromis niloticus*

	T.Am (°C)	T Ag (°C)	Z Máx. (m)	Trans (m)	O ² mg/L	Cond (µS)	pH	Alca total	Dureza a total	IGS M	IGS H
T Am (°C)											
T. Ag (°C)	0.519										
	0.083										
Z Máxima (m)	0.036	0.451									
	0.910	0.140									
Trans (m)	-0.14	0.365	0.901								
	0.651	0.242	0.0001								
O² mg/L	0.112	0.196	0.236	0.147							
	0.727	0.547	0.459	0.647							
Cond. (µS)	0.218	-0.12	-0.14	-0.18	-0.01						
	0.495	0.707	0.660	0.556	0.964						
pH	0.583	0.102	-0.64	-0.68	0.177	0.246					
	0.046	0.750	0.022	0.013	0.581	0.41					
Alca Total	-0.11	-0.01	0.626	0.412	-0.07	-0.22	-0.70				
	0.718	0.971	0.029	0.183	0.811	0.477	0.010				
Dureza Total	0.256	-0.21	-0.23	-0.32	0.591	0.580	0.470	-0.2			
	0.420	0.509	0.469	0.310	0.039	0.047	0.122	0.503			
IGS M	0.603	0.217	-0.60	-0.68	-0.08	0.398	0.746	-0.4	0.327		
	0.037	0.498	0.038	0.014	0.798	0.198	0.005	0.159	0.298		
IGS H	0.45	0.195	-0.17	-0.20	0.036	0.490	0.343	-0.4	0.189	0.570	
	0.142	0.542	0.593	0.522	0.911	0.105	0.274	0.166	0.555	0.052	
IHS	0.169	-0.47	-0.48	-0.53	-0.49	0.196	0.168	0.08	-0.12	0.314	0.383
	0.598	0.121	0.110	0.110	0.1	0.540	0.6	0.798	0.699	0.3	0.219

DISCUSIÓN

El estudio de la reproducción de *Oreochromis niloticus* en el bordo “Huitchila” se realizó de agosto de 2010 a septiembre de 2011, con tamaño de muestra de 354 peces, obtenidos por medio de la captura comercial con atarraya de 6.5 cm de luz de malla realizada por los pescadores del lugar. Se obtuvo una biometría de los peces con longitud total de 13.70 a 24 cm y peso de 35.8 a 168.8 g para los machos y hembras de 13.3 a 18.6 cm y peso de 34.3 a 102.3 g.

Autores como Ramos-Cruz (1995) registró una longitud total de 10.6 a 39.8 cm y un peso total de 48 a 1450 g en individuos de *O. aureus* en la presa Benito Juárez, mientras que Peña *et al* (2010) para la misma especie, *O. aureus*, registró una longitud estándar de 10 a 40.3 cm y un peso total de 20 a 1 800 g en el embalse de Aguamilpa. Beltrán-Álvarez (2010) describió la estructura poblacional de *Oreochromis aureus* en la presa Sanaloa, Sinaloa y reportaron pesos que variaron de 12.5 a 34.5 cm y un peso de 29 a 671 g. Para *Oreochromis niloticus*, Komolafe *et al.* (2007), encontraron en la reserva de Opa, Nigeria organismos que variaban en longitud total de 13.7 a 31 cm y peso de 56 a 540 g y Jiménez-Badillo (2006) al estudiar una población de esta especie en la Presa Infiernillo, determinó una longitud estándar de 15 a 30.5 cm y un peso total de 0.6 a 140.3 g. Para el estado de Morelos Peña-Mendoza *et al.* (2005) reportan para la población de *O. niloticus*, en la presa Emiliano Zapata, una longitud total de 14.1 a 25.5 cm y pesos de 40.2 a 271.4 g. Asimismo García (2006), reportó longitudes de 9.9 a 20.9 cm y con peso total de 17.6 a 158.7 g, para los organismos de la presa Emiliano Zapata. Para este mismo sistema, algunos años después Sastré (2008) menciona tallas entre 5.1 a 28.5 cm de longitud total y el peso total osciló entre 12.15 a 300 g en los machos, mientras que para las hembras fue de 7.8 a 25 cm de longitud total y de 8.1 a 271 g de peso total. Esta diferencia puede deberse a la abertura de luz de malla empleada por los pescadores en cada sistema acuático, así como al lugar de pesca (zona litoral o limnética), la hora del día y hasta al pescador, ya que algunos de ellos, regresan al sistema a los peces pequeños o en su caso a las hembras. García (2011), quien trabajó en el bordo “La Palapa”, sistema que se encuentra más cerca del reservorio “Huitchila”, reporta un intervalo de tallas de 9.2 a 25.5 cm de longitud total y un peso total de 15 a 252.6 g de peso total.

De manera general **los intervalos de talla y peso** de la población del bordo Huitchila, son similares a los reportados por los diferentes autores mencionados para el estado de Morelos, no así por los autores que se mencionan para los estados del norte y sur de la República Mexicana. En esta población se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la talla y peso de los machos y hembras y como siempre los machos son los que alcanzaron una mayor talla que las hembras. El que exista esta diferencia entre sexos se debe al dimorfismo sexual (SEPESCA, 1988), así como también a los factores exógenos, como la temperatura del agua y la

disponibilidad de alimento (Siddiqui, 1997) y factores endógenos, relacionados con el genotipo y la condición fisiológica de los peces (Cubillos y Alarcón, 2010). Guerrero (1982), citado en Sanz y Bayuelo (2005) y Sastré (2008), mencionan que en las tilapias, en general, el macho crece más que las hembras, ya que una vez que éstas últimas alcanzan la madurez sexual, destinan mayores recursos energéticos a la maduración de los productos sexuales que al crecimiento en comparación con los machos. Cabe mencionar que la tasa de crecimiento de los machos es mayor que la de las hembras como respuesta al comportamiento reproductivo, es decir, un organismo que alcance más talla tendrá mayor oportunidad de competir en eventos reproductivos que los machos que sean de menor talla (Gómez-Márquez *et al.*, 1999).

Sin embargo existen otros factores que afectan el crecimiento de la especie, entre ellas la dinámica poblacional, entre las que se encuentra la tasa de reproducción, ya que si se incrementa la densidad poblacional podría provocar una reducción de las tallas por efecto de la competencia intraespecífica por espacio y alimento (Hernández-Avilés *et al.*, 1992), además Coda (1996), citado en Medri *et al.*, (2000) afirma que el espacio tiene gran influencia en el crecimiento de los peces, y la adaptación que adquieran contra los depredadores en las diferentes etapas de de crecimiento.

La disponibilidad de alimento también juega un papel importante en el crecimiento de los peces Arredondo *et al.*, (1994) asegura que la combinación y calidad del alimento son directamente proporcionales a la capacidad de crecimiento. Además de factores como la temperatura del agua, la depredación, abertura de luz de malla y la explotación que se le da al sistema.

La proporción sexual registrada para la población de *Oreochromis niloticus* en el bordo Huitchila fue de 6.20:1 (macho:hembra) ($\chi^2=180.63$, $p<0.05$); viéndose favorecidos los machos lo que corresponde a un 84.18% mientras que las hembras representaron un 13.55% y un 2.25% de organismos a los que no se pudo determinar el sexo. Esta proporción no concuerda con lo sugerido por Nikolsky (1963) quien menciona que la proporción sexual esperada para la mayoría de las especies debe ser 1:1 (macho: hembra), pero puede variar año con año en la misma población, al hecho de que en algunos meses predominen los machos se le puede atribuir a que es un mecanismo de regulación para la proporción de sexos.

Estudios como el realizado por Blühdorn y Arthington (1990) registro una proporción de 1:1 (macho:hembra) en Australia para *Oreochromis mossambicus*. Ramos-Cruz (1995) por su parte, reporta una proporción sexual de 2.6:1 (macho: hembra) para *Oreochromis aureus*.

Para *Oreochromis niloticus* Shalloof y Salama (2008) encontraron que las hembras dominaron en el Lago Abu-zabal, Egipto con una proporción de 1:1.37 (macho: hembra), Komolafe y Arawomo

(2007) al estudiar el reservorio de Opa en Nigeria, menciona que la proporción sexual fue de 1:0.8 (macho:hembra). En el estado de Morelos Gómez-Márquez *et al.*, (2003) obtuvo una mayor proporción de machos de 8.8:1. En la presa “Emiliano Zapata” Ramírez y Cruz (2002) calcularon una proporción sexual de 1:1.15 (macho:hembra), mientras que Saito (2004) reportó una proporción de 1:1.99 para la misma especie y en el mismo sistema. Por otra parte Peña-Mendoza *et al.*, (2005) mencionan una proporción sexual de 1:1.29 ($\chi^2= 10.26$; $p<0.05$). Este ultimo resultado difiere de lo citado por Canseco (2004), Tovar (2005), García (2006) y Sastré (2008), para el mismo lugar, donde encontraron una proporción sexual de 6.9:1, 16.6:1, 5.75:1 y 8.77:1 (macho:hembra) respectivamente, resultados que se acercan más a los registrados en este estudio para el bordo Huitchila.

A lo largo del año los machos dominaron sobre las hembras. Por esta razón era de esperarse el resultado de la proporción sexual obtenida en el estudio (6.20:1 machos:hembras). Al respecto Jiménez (1999), quien también reportó para una población de *Oreochromis aureus* una proporción sexual donde los machos dominaron sobre las hembras, menciona que esta situación se puede deber al efecto de la sobre-pesca a la cual es sometida la tilapia. También es posible que la diferencia se deba a que una vez que se ha llevado a cabo la fertilización de los óvulos, los machos se queden en las áreas someras de desove (polígamos) o se dirijan hacia lugares de alimentación donde son capturados, mientras que las hembras permanecen en las partes más profundas, en áreas rocosas o entre la vegetación incubando y protegiendo los huevos o a sus crías (Gómez, 2002; Peña-Mendoza *et al.*, 2005). El hecho de que durante algún tiempo las capturas se compongan principalmente de machos, puede actuar como un regulador de la proporción sexual, al extraer los excedentes de alguno de los dos sexos, en el caso de este estudio los machos. De este modo cuando se llega al período de reproducción la proporción sexual tiende a normalizarse (1:1) (Ramos-Cruz, 1995). Esta misma fuente cita a Fryer *et al.*, (1972), quien señala que es normal encontrar poblaciones de cíclidos en donde el número de machos es mayor, ya que presentan una tasa de crecimiento mayor que la de las hembras, sin que la pesquería tenga algún riesgo.

Otros factores que pueden influir en el hecho de que sean los machos quienes dominen son: primero el arte de pesca que se uso (atarraya), ya que generalmente se pescaba en la parte media del sistema (en la zona limnética) o cercana a la orilla (zona litoral), siendo que las hembras se encuentran generalmente cerca de la orilla en donde están protegidas por la vegetación y las rocas. El segundo factor es la luz de malla utilizada, las hembras reportadas en este sistema son pequeñas, algunas de ellas tal vez pudieron escapar al encontrarse en las orillas del cardumen capturado y solo quedaron las que se encontraban en la parte media del cardumen.

Diversos autores como Devlin y Nagahama (2002), Conover y Heins (1987), Conover y Kynard (1981) Abucay *et al.* (1999), Strüssmann y Nakamura (2002), Mair *et al.* (1991) y Ospina-Álvarez y Piferrer (2008) afirman que la determinación del sexo en los peces está influenciada por factores genéticos, fisiológicos y ambientales (temperatura, pH, fotoperiodo) bajo los cuales se desarrollen las larvas, por lo tanto son muchos los factores que determinan la proporción sexual de la población. Baroiller y D’Cotta (2001) mencionan que hay evidencia de que los factores ambientales, la temperatura en especial, afectan a la diferenciación del sexo en los peces. Sin embargo, esto solo se ha demostrado para una especie *Menidia menidia*, lo cual fue evaluado por Conover y Kynard (1981).

La relación peso-longitud es importante en la industria pesquera, ya que permite la estimación media del peso de una población, es útil para evaluar su bienestar y la condición nutricional (Ayoade e Ikulala, 2007) que dependen de las características genéticas de la especie y su estado fisiológico así como de factores relacionados con el medio ambiente como la disponibilidad de alimento y condiciones físico-químicas del agua (García, 2006). Además permite establecer el peso como una potencia de la longitud, es decir la forma del cuerpo como reflejo de los cambios fisiológicos que sufre a través de su vida (Jiménez-Badillo, 2006). Permite efectuar estudios comparativos interpopulacionales que pueden ser usados en modelos predictivos del comportamiento o dinámica, tanto de la población como de la comunidad. De tal modo que conocer estas características en poblaciones de peces, que habitan sistemas con baja o nula intervención antrópica, es fundamental para predecir potenciales cambios en poblaciones amenazadas o que habitan en sistemas perturbados (Cifuentes *et al.*, 2012).

Morales (1991) y Granado (2002), afirman que el valor de la pendiente (b), en condiciones naturales oscila entre 2.5 y 4 siendo en muy raras ocasiones igual a 3 esto en diversos estudios realizados en distintas especies en diferentes ambientes acuáticos.

Los valores de la pendiente de las ecuaciones obtenidas en las regresiones peso-longitud para la población total en estudio fue de $b= 2.5346$, para los machos de $b=2.504$ y para las hembras $b=2.8477$, todas ellas mostraron un comportamiento de tipo alométrico negativo, es decir, los peces crecen más en longitud que en peso (Pauly, 1984).

Los resultados del análisis, de esta población, coinciden con lo encontrado por Ramos-Cruz (1995), para la población de *Oreochromis aureus*, en la presa Benito Juárez, Oaxaca. Para *O. niloticus* Jiménez-Badillo (2006) indicó que en la relación peso-longitud no existen diferencias significativas entre sexos, siendo el valor de la pendiente $b= 2.75$ y $b=2.69$, para machos y hembras respectivamente. Gómez-Márquez *et al* (2003) en el Lago Coatetelco, Saito (2004), García (2006) y Sastré (2008), en la presa “Emiliano Zapata”, así como García (2011) en el bordo

“la Palapa”, también reportan un crecimiento de tipo alométrico negativo para *Oreochromis niloticus*.

Autores como Bakhoum (1994) y Khallaf (2003) encontraron diferencias significativas en las variaciones del peso y longitud en poblaciones de *O. niloticus* en dos puntos, diferentes, de un mismo río (con contaminación y sin contaminación), ambas en Egipto. Beltrán-Álvarez *et al.* (2010) reportaron que el valor de la pendiente ($b=3.065$) fue mayor a 3, lo que significa que la población, de *Oreochromis niloticus* en la presa Sanalao, Sinaloa tiene un mayor crecimiento en peso que en longitud. Olurin y Aderibigbe (2006), en el criadero de peces Sanni Luba, Ijebu-Ode, Nigeria, encontraron en una población de *O. niloticus* un crecimiento de tipo isométrico. También Laghari *et al.* (2011) reportaron un crecimiento de tipo alométrico positivo para una población de *O. niloticus*, criadas en estanques de concreto en el poblado de Habib ADM Hub, Balochistan, Pakistán obteniendo un valor de $b=4.55$.

Los coeficientes de regresión obtenidos en la relación peso-longitud que indican crecimiento alométrico o isométrico no solo difieren entre especies sino también entre poblaciones de la misma especie, ya que el desarrollo de los peces implica varias etapas debido a la madurez sexual, la estación del año y condiciones ambientales (Bakhoum, 1994; Khallaf, 2003). Las diferencias en la relación peso-longitud se pueden atribuir a los efectos de la eutrofización y contaminación, al crecimiento y otros aspectos biológicos de la especie (Olurin y Aderibigbe, 2006).

Generalmente la ecuación $W=aL^b$ expresa la relación entre la longitud y el peso. Sin embargo tanto “a” como “b” tienen un significado biológico, “a” es el factor de condición o grado de robustez individual y “b” es un coeficiente de crecimiento relativo en concordancia con la longitud (Ramos-Cruz, 1995). En la mayoría de las tilapias los machos crecen más que las hembras, por factores como la temperatura, la cual es muy importante para el crecimiento y desarrollo, así como para su reproducción en donde tiene que ser mayor a 20 °C (SEPESCA, 1988; Morales, 1991). A partir del momento en que inicia la reproducción, las hembras destinan una mayor parte de energía para la producción de los productos sexuales, disminuyendo su crecimiento en longitud. Los periodos de maduración pueden ser detectados por medio de las variaciones de los parámetros “a” y “b” (Ramos-Cruz, 1995).

La primera talla de madurez sexual es un parámetro que está ligado a la coevolución especie-ecosistema. La madurez sexual precoz determina tiempos de generación cortos, con mayor supervivencia poblacional a la primera reproducción, pero existe una menor fecundidad inicial y peor calidad de los descendientes. Cuando los machos compiten entre sí, los jóvenes maduran

pronto o lo hacen tarde y alcanzan una mayor talla, lo que les asegura éxito por el tamaño en la competencia (Granado, 2002).

En lo que se refiere a la talla de primera madurez sexual, en el bordo “Huitchila”, los machos maduran a los 12.28 cm y las hembras a los 14.11 cm, siendo los machos más pequeños con respecto a las hembras. Los machos son precoces comparados con las hembras que tienen un largo período de crecimiento antes de la maduración (Gómez-Márquez *et al*, 2003), esto significa que los machos toman ventaja y tienen más periodos reproductivos que las hembras. Hernández-Avilés y Peña-Mendoza (1992) mencionan que a pesar de las ventajas que presenta la tilapia en su reproducción, el que la especie sea precoz es un problema ya que puede traer consigo sobrepoblación, competencia por espacio y alimento, todo esto se traduce en disminución en el crecimiento. Pérez *et al.* (2004) además de atribuir todas estas características a las tilapias, dicen que al tener una reproducción semipermanente y precoz, las convierte en organismos con potencial para competir exitosamente con las especies nativas.

Estas tallas se encuentran dentro de los intervalos reportados para la especie por autores como Morales (1991) quien afirma que las tilapias alcanzan su madurez sexual a partir de los 2 a 3 meses de edad y a una longitud de 8 a 16 cm, mientras en SEPESCA (1988) se menciona que las tilapias inician su etapa reproductiva con una talla de 7 a 9 cm. En trabajos realizados en el estado de Morelos, Canseco (2004), reporta para *O. niloticus* la talla de primera madurez sexual a los 15.45 cm en machos y 15.17 cm en hembras. Peña-Mendoza *et al.* (2005) afirman que *O. niloticus* madura con una talla de 15.13 cm para las hembras y a los 15.20 para los machos. Para la misma especie García (2006) en la presa “Emiliano Zapata” refiere un talla de 12.42 cm para los machos y 13.87 cm para las hembras, mientras que para la tilapia del lago “Coatetelco” reportó que los machos maduran a los 12.47 cm y las hembras a los 12.58 cm. García (2011) en el bordo “La Palapa” reporta que los machos maduran a los 14.3 cm y las hembras a los 13.4 cm. Igualmente, Cosson (2000) indica que todas las especies de tilapia son conocidas por su madurez temprana y que *O. niloticus* alcanza su madurez sexual entre los 30 y 40 g. Duponchelle y Legendre (2000) estimaron que la edad de primera madurez sexual de *O. niloticus* es a los 10 meses de edad cuando los organismos presentan una talla entre 11.6 cm y 13.5 cm de longitud. Sin embargo, Ramos-Cruz (1995), al evaluar una población de *O. aureus* reportó que los peces alcanzan la primera madurez sexual a los 23.5 cm de longitud total, cuando las condiciones ambientales son favorables para el crecimiento. Khallaf *et al.* (2003), en una investigación realizada en un canal contaminado en Egipto informo que esta especie alcanza la madurez sexual entre 8 y 9 cm y refiere que existe mucha variación en ese parámetro, que a veces esta influido por la modificación de su hábitat y contaminación de los sitios donde habitan los peces

Las diferencia entre estas tallas podría deberse a la capacidad de los peces para alcanzar la talla de reproducción por primera vez, la cual está en función del tamaño, la edad y puede estar influenciada por la abundancia y disponibilidad del alimento, el fotoperíodo y principalmente por la temperatura del agua y los diversos factores ambientales de cada sistema (Shalloof y Salama, 2008). Este último autor cita a Siddiqui (1997), quien también afirma que la edad de primera madurez está influenciada por la disponibilidad y calidad del alimento, lo cual tiene efectos en el crecimiento del individuo. Otro factor determinante pudiera ser el arte de pesca utilizado, ya que al usar una luz de malla pequeña, 6.5 en este caso, ocasiona que se capturen peces de menor tamaño.

Los factores de condición de Fulton (1902) y Clark (1928) se utilizan para comparar la “condición” o “bienestar” de un pez o población, basándose en que los peces de mayor peso y a una determinada longitud presentan una mejor condición, considerado varios factores como la variación estacional, la disponibilidad del alimento y la condición sexual antes y después del desove (Cifuentes *et al.*, 2012), además varía según la especie, morfotipo, sexo, edad, época del año y ambiente acuático (Granado, 2002). El índice de Fulton estima las modificaciones temporales del buen estado de los peces bajo las influencias de factores externos (ambiente) e internos (fisiológicos), independientemente de la longitud, expresa cuan “gordos” están los integrantes de la población. En este estudio se utilizó el factor de condición de Clark (1928) ya que al utilizar el peso eviscerado, en lugar del total, se evita enmascarar la verdadera condición del pez debida a la interferencia que causa el peso de las gónadas y el tracto intestinal (Nikolsky, 1963).

Los machos de esta población, presentaron valores estables del **factor de condición**, se observó el máximo valor en el mes de diciembre y el menor valor se registró en el mes de enero y febrero (posiblemente por ser la época fría del año) después se mantiene estable. De manera general, los machos presentan valores más altos que las hembras, debido a que durante el muestreo éstos mostraron una longitud y peso mayores (Weatherley *et al.*, 1987). El factor de condición de las hembras presenta dos períodos, uno de estabilidad y otro de variación, la estabilidad se da a partir del mes de marzo, en donde aumenta paulatinamente hasta alcanzar su máximo en el mes de septiembre, el factor de condición aumenta conforme se acerca la época de lluvias. Mientras que la mayor variabilidad se observa a partir del mes de octubre hasta febrero, en donde aumenta y disminuye frecuentemente, esto ocurre en la época de secas. Esta variación se puede explicar debido a que el factor de condición 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 del sistema, 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 la inducción al proceso reproductivo. Mientras que en el período de secas se tiene un menor volumen, lo que trae como 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 (Cifuentes *et al.*, 2012; Arredondo y Ponce, 1998; Dorantes y Zavala, 2003)

De acuerdo a SEPESCA (1988), el período de máxima reproducción se da cuando el sistema tiene un menor volumen, pero mayor temperatura, y la disponibilidad de alimento es baja razón por la cual las hembras mantienen a las crías en la boca alimentándose del saco vitelino. En el período de lluvias se lleva a cabo el período de recirculación produciendo una mayor descomposición de la materia orgánica que fue arrastrada de los campos de cultivo, proporcionando alimento a los peces, evento que se realiza cuando las crías comienzan a separarse de la madre para iniciar su alimentación natural.

Los resultados reportados para el bordo Huitchila concuerdan con lo reportado por Sastré (2008) quien observó que los valores del factor de condición de las hembras descienden en los meses de marzo y julio, debido al proceso de reproducción. En los machos se presenta el mismo comportamiento, ocasionado por la reproducción. Además observó una tendencia del factor de condición a disminuir conforme transcurre el ciclo reproductivo. Menocal (1988) menciona que este índice presenta marcados decrementos cuando se lleva a cabo la reproducción de ahí que sea un indicador del período reproductivo, lo que se debe probablemente al desgaste energético debido a la realización y protección del nido y el cortejo. Weatherley *et al.*, (1987), señala que en muchas especies la diferencia del factor de condición entre los sexos se da después de que los individuos llegan a la madurez. Las hembras presentan decrementos en su peso después de la reproducción debido a que en este período no se alimenta por la incubación bucal, se realiza el gasto de las reservas alimenticias que habían almacenado en su cuerpo en forma de grasa y la protección de las crías hasta que reabsorben el saco vitelino y una vez que ha pasado dicho proceso, el factor de condición aumenta gradualmente. Sanz y Bayuelo (2005) mencionan debido a la condición de incubadoras bucales, previamente se alimentan adecuadamente para tener reservas nutricionales para el período de incubación, y al finalizar la crianza vuelven a sus hábitos alimenticios normales lo cual trae como consecuencia pesos más altos.

La buena condición física es uno de los factores más importantes en el desarrollo de los organismos, ya que esto asegurará mayor tamaño, mejor calidad de los productos sexuales y

como consecuencia una mayor calidad del animal para su explotación. Por el contrario una mala condición, es significado de una baja reserva de energía y un metabolismo bajo, lo que provocaría una mayor mortalidad en los organismos (Cifuentes *et al.*, 2012).

El hecho de conocer el factor de condición es de vital importancia para comprender la dinámica de una población. Esto porque la madurez sexual está en función del tamaño del organismo y puede estar influenciada por la abundancia y disponibilidad de alimento, temperatura y fotoperíodo. Las tilapias al canalizar la mayor parte de su energía para la reproducción y su mantenimiento metabólico destinan muy poca energía para crecer (Fryer e Iles, 1972).

Sanz y Bayuelo (2005), mencionan que el obtener los valores y observar las variaciones del IGS, facilita la evaluación del grado de desarrollo de los productos sexuales, brinda una idea sobre el gasto de energía durante el proceso reproductivo. También se utiliza para seguir la evolución estacional de las gónadas y para determinar adecuadamente cuándo ocurrirá el período reproductivo de la tilapia en el bordo Huitchila. Se analizó la variación mensual del índice gonadosomático (IGS) para ambos sexos y se pudo observar que los valores para los machos se muestran estables a lo largo del año a excepción de cuando se incrementa progresivamente hasta alcanzar su valor máximo en los meses de mayo-junio. En las hembras se tuvieron dos períodos de reproducción el primero, que se superpone con el de los machos, en mayo y el segundo en el mes de agosto. Posteriormente se registraron valores bajos, el resto del estudio, debido probablemente a la falta de hembras capturadas ya que las pocas que se obtuvieron se encontraban en estadios de maduración incipientes. Esto indica que existe una relación entre el inicio de la época de lluvias y el desarrollo gonadal en varias especies de cíclidos, esto puede ser un mecanismo que asegura la sobrevivencia de las crías, en una época donde las condiciones son más favorables (Getinet *et al.*, 2007).

Babiker e Ibrahim (1979), mencionan que es posible que la mayoría de las especies de teleósteos se reproducen de forma cíclica a lo largo de su vida reproductiva (especies iteróparas). También señalan que el IGS incrementa con el desarrollo progresivo de las gónadas hasta cuando se da el desove, es por esto que la variación del IGS, se usa en los estudios de reproducción para verificar el tamaño y actividad de las gónadas de los organismos. Bardach *et al* (1986), menciona que cuando las tilapias alcanzan la madurez gonádica pueden reproducirse cada 3 o 6 semanas, siempre y cuando el agua este cálida, y cuando se presentan condiciones desfavorables se suspende la actividad reproductiva. Gómez-Márquez *et al.*, (2003), reportan que *O. niloticus*, en el lago Coatetelco tiene dos períodos de reproducción, uno en el mes de julio y otro en enero. Canseco (2004), menciona dos períodos de reproducción, uno alto en la estación de lluvias (julio-agosto) y otro bajo en la estación de secas (enero-febrero). Peña-

Mendoza *et al.*, (2005), registraron también dos períodos de reproducción para la misma especie en la presa Emiliano Zapata, uno en agosto y otro en febrero. Aún 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 ese tiempo las hembras podrían desovar en varias ocasiones.

Para verificar la época reproductiva se utilizó el índice hepatosomático (IHS), que también se considera un buen indicador de la condición fisiológica.

En las hembras del bordo Huitchila el **IHS** mostró una gran variabilidad durante todo el período de estudio. Los valores más altos se observaron en los meses de octubre, diciembre y marzo y los valores mínimos se presentaron en septiembre, noviembre, febrero, abril y junio, estos valores coinciden con lo reportado por Gómez (2002) quien menciona que en la temporada reproductiva, para esta especie, se muestra que el peso del hígado es siempre mínimo, condición de esperarse debido a que se habían liberado las vitelogeninas y como consecuencia se incremento el vitelo de los óvulos que se liberarían en la siguiente época reproductiva.

Se esperaba que el IHS fuera inverso al IGS, pero esto no ocurrió, ya que en el hígado se lleva a cabo el proceso de vitelogénesis. El cual 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 (Redshaw y Follet, 1971; Carnevali y Belvedere, 1991, citados por Guzmán, 2003; Thyler y Dunn, 1976; Granada, 1996; Patiño y Sullivan, 2002). Al observar un decremento del IHS sugiere que las hembras han usado los recursos almacenados en el hepatopáncreas, para cubrir los requerimientos fisiológicos, el desarrollo de los huevos y la protección de las crías, debido a que durante la etapa de incubación y protección de las crías la alimentación es limitada (Getinet *et al.*, 2007). Al no haber encontrado esta relación inversa entre estos dos índice, se piensa que probablemente sea porque el número de hembras capturadas a lo largo del año no fue suficiente para tener un buen análisis del IGS e IHS y poderlo comparar con los resultados obtenidos por otros autores.

Al realizar la **biometría de los ovarios y testículos** no se observó ninguna anomalía. En los testículos se observó que aumentan de tamaño (longitud, diámetro y peso) conforme avanza el estadio de madurez, a excepción del estadio V, en donde se encuentran en estado de reposo preparándose para la siguiente época reproductiva, solo aumentan en longitud pero no en

diámetro. Los ovarios presentan el mismo comportamiento aunque estos aumentan más en diámetro y peso que en longitud, debido a que se lleva a cabo el desarrollo de los ovocitos, en el estadio V se registra el diámetro más pequeño.

Autores como Babiker e Ibrahim (1979), Admassu (1996), y Gómez-Márquez *et al.*, (2003) reportan para *O. niloticus* más de un desove al año. 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. Peña-Mendoza *et al.*, (2005) menciona que para *O. niloticus* el 68% y el 55% de las hembras y machos, respectivamente, se encontraban en proceso reproductivo con dos períodos de reproducción uno en agosto y el otro en febrero. Ramos-Cruz (1995), registró un 24% de hembras maduras en *O. aureus* en la presa Benito Juárez, Oaxaca con tres períodos de desove de febrero- marzo, junio-julio y en octubre. Gómez-Márquez *et al.* (2003), mencionan que el 51% de las hembras se encontraba en estadio III y el 59% de los machos se encontró en estadio V, el estadio IV se presentó principalmente en febrero y de abril-junio. Komolafe y Arawomo (2007), mencionan que el 35% de los machos y el 43% de las hembras estaban en etapa reproductiva presentándose esta de junio a agosto.

En el bordo Huitchila, se encontraron que el 3.35% de los machos estaban en el estadio de reproducción, presentándose la mayoría en el mes de mayo y el 10.41% de las hembras en el mes de mayo. Para los machos se registro un período de reproducción de mayo-junio y en las hembras se registraron dos períodos, el primero de marzo-mayo y el segundo en agosto.

El desarrollo de las gónadas, óvulos y esperma no solo depende de la cantidad y calidad del alimento consumido, también de la cantidad de luz que aparénteme actúa en la activación de la función endocrina del cerebro, particularmente en el hipotálamo. Así mismo el intervalo de temperatura es de vital importancia ya que ejerce influencia en los cambios de la tasa metabólica (Nikolsky, 1963). Por ello, mientras las características ambientales se mantengan constantes y se presenten de forma cíclica, las especies tienden a desarrollan estrategias reproductivas en las que el desove se realiza en las fases ambientales más favorables. La reproducción se efectúa cuando el ambiente ofrece recursos ecológicos de mejor calidad ya sea para el fenómeno reproductivo como para los descendientes frente a las variaciones ambientales, las especies modulan sus estrategias realizando un control genético de la reproducción. Para la tilapia, los múltiples períodos de desove, constituyen un aspecto relevante en su vida. El gasto energético es muy intenso durante los períodos de desove y tiene un efecto importante en su crecimiento. En la tilapia es común observar cohortes mixtas como consecuencia de desoves múltiples (Granado, 2002).

La fecundidad es un factor importante, ya que aporta los datos necesarios para conocer el potencial reproductivo de la especie (Granado, 2002). Para estimar la fecundidad se utilizaron 15 hembras maduras, del bordo Huitchila. En el estadio II se registraron 649 ovocitos/pez, en el estadio III 675 ovocitos/pez y en el estadio IV se registraron 728 ovocitos/pez, en base a estos datos **la fecundidad media** fue de 757 ovocitos/pez.

De acuerdo con Arredondo (1986), el género *Oreochromis* es un incubador bucal, de gónadas pequeñas con menos de 700 óvulos. 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 en peces con una longitud de 11 a 32 cm para *O. niloticus*. Pérez (1982) menciona que el número de óvulos desovados no es muy elevado, pues varía de 100 a 6000 según el tamaño. La reproducción continúa a intervalos de 5-6 semanas. Omotosho (1987) registró una fecundidad de 8 110 y 10 712 óvulos en *Oreochromis niloticus* y el tamaño vario de 0.44 a 2.1 mm. SEPESCA (1988) mencionan que las hembras de *Oreochromis* producen menos de 700 óvulos, los cuales se caracterizan por tener una gran cantidad de vitelo y una cubierta adhesiva, debido a que presenta cuidados parentales muy marcados, la sobrevivencia es alta. Morales (1991), menciona una fecundidad de 1000 a 1800 óvulos para tallas de 31 a 33 cm. Ramírez y Cruz (2002) encontraron una fecundidad media de 446 folículos para los peces de la presa Emiliano Zapata, mientras que García (2006), para el mismo lugar, menciona una fecundidad de 287 a 733 folículos en peces de 12.1 a 16.2 cm, en el lago Coatetelco se encontró un rango de 127 a 1098 folículos en peces de 9.3 a 18.4 cm. Gómez-Márquez *et al.* (2003), en el lago Coatetelco encontró que la fecundidad se encuentra entre los 104 y 709 folículos. Peña-Mendoza *et al.* (2005), reportan un total de 243 a 847 ovocitos/pez con un tamaño que osciló entre las 300 y 3700 micras, obteniendo una mejor correlación con la longitud ($r=0.743$) que con el peso ($r=0.739$). Shalloof y Salama (2008), mencionaron la fecundidad de *Oreochromis niloticus* se encuentra entre 289 y 1456 huevos, en peces de 10 a 23 cm de longitud total, con un diámetro de 1.99 a 2.45 mm, la fecundidad relativa tuvo una mayor correlación con en peso ($r=0.9399$) que con la longitud patrón ($r=0.9236$). Baltazar (2007) menciona que las hembras de *Oreochromis* normalmente incuban las larvas en su boca por espacio de 10 días, además de que las tilapias incuban los huevos y protegen las larvas en la boca y durante este período se ven privadas de alimento. Morales (1991) dice que al ser una especie precoz se pueden encontrar hembras de 7 a 9 cm de longitud con intervalos de 80 a 100 huevecillos, cuando llegar a medir de 15 a 28 cm aumenta el intervalo de 800 a 1600 huevecillos. Low (1997); citado en Luna-Figueroa *et al.* 2003 menciona que la tasa reproductora no necesita ser muy alta o a intervalos muy frecuentes, pero debe de ser exitosa.

Para la **fecundidad relativa** se obtuvo una mayor correlación con la longitud total del pez ($r^2=0.6753$; $p>0.05$), esta relación fue de tipo potencial, al aumentar la longitud total aumenta el número de folículos. Estos datos concuerdan con lo reportado por Bagenal (1978), quien menciona que en las especies de tilapia se observan amplias fluctuaciones en la fecundidad de peces de la misma población, el tamaño y la edad se encuentran relacionados con la fecundidad de los peces, es decir a mayor longitud mayor será el número de folículos. Es bien conocido que existe una relación directa entre la longitud y el peso del pez con la fecundidad, sin embargo esta no se incrementa después de cierto límite. También se debe tomar en cuenta el ritmo de maduración del ovario, porque este guarda relación con el número de desoves en un ciclo de vida, así como la época de reproducción 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, entre otras (Rodríguez, 1992).

La fecundidad individual y relativa no son características de la capacidad reproductiva de la población, ya que la fecundidad de la población no sólo depende de la fecundidad individual si no también del inicio de la madurez sexual, de la periodicidad y la frecuencia de desoves durante la vida de los individuos.

Meyer (1999) menciona que el crecimiento de los peces depende en gran parte de la calidad del agua; por lo que para lograr una buena producción se necesita mantener las condiciones físicas y químicas del agua, dentro de los límites de tolerancia para la especie a cultivar. Mena (2002), citado en Castro *et al.* 2004; menciona que las tilapias desarrollan mecanismos fisiológicos para adaptarse en aguas con diferente calidad.

El manejo de la calidad del agua es uno de los aspectos fundamentales en los sistemas usados para la crianza de peces, el propósito de esto es regular y mantener las condiciones óptimas para la sobrevivencia y el crecimiento de los organismos en condiciones de cultivo, ya que una mayor calidad del agua, significa mayores ingresos económicos para el productor (Arredondo y Ponce, 1998)

El bordo Huitchila es un cuerpo que presenta una profundidad mínima de 1.7 m y una máxima de 4.4 m, con una visibilidad de hasta 0.62 m, la temperatura del agua probablemente es el factor más importante en los ecosistemas acuáticos, depende de la latitud y la regionalidad del sistema, ya que modifica el metabolismo de los organismos y por lo tanto la producción del sistema (Wetzel, 2001; Blancas *et al.*, 2011), con el aumento de la temperatura disminuye la capacidad de solubilidad de los gases, las reacciones químicas se realizan más rápidamente. También ejerce influencia en la tasa fotosintética, en el crecimiento y en la reproducción de las

especies. Debido a que el agua es un amortiguador de la temperatura, en embalses grandes los cambios de temperatura son menos marcados (Arredondo y Ponce, 1998; SEPESCA, 1988).

La temperatura del sistema se registro de los 18.92 a 27.85 °C, que son adecuadas para el cultivo de las tilapias ya que son organismos termófilos, prefieren las temperaturas altas, además concuerdan con lo sugerido por otros autores como SEPESCA (1988), en donde se sugiere mantener la temperatura óptima de 20 a 35 °C, mientras que para el crecimiento recomienda que se mantenga entre 25 y 32 °C. Bardach *et al.* (1986), reportan que cuando las tilapias han alcanzado la madurez sexual, se reproducen entre las tres y seis semanas siguientes mientras que al agua este cálida, y cuando las condiciones son desfavorables la actividad reproductora se suspende, para el sistema esto podría suceder en los meses de diciembre y enero cuando se registraron temperaturas del agua menores a 20 °C. Morales (1991), afirma que el intervalo óptimo para *Oreochromis niloticus* se encuentra entre 24 y 29 °C, ya que fuera de estos límites puede decaer la actividad reproductiva. Dorantes y Zavala (2003), reportaron que el intervalo de temperatura de 20 a 30 °C es adecuado para el cultivo de peces.

Por lo que respecta a la concentración de **oxígeno disuelto**, se sabe que este parámetro es uno de los parámetros más importantes de los cuerpos de agua, porque es esencial para el metabolismo de todos los organismos acuáticos que presentan una respiración aeróbica (Wetzel, 2001). Debido a que la difusión del oxígeno de la atmosfera es un proceso lento, la fotosíntesis es la fuente primaria del oxígeno disuelto en el agua, mientras que la fotosíntesis depende de la luz solar que penetra en el embalse, por lo tanto la producción de oxígeno disminuye con la profundidad (SEPESCA, 1988). Los peces requieren una concentración adecuada de oxígeno disuelto para la sobrevivencia y el crecimiento, la cual varía en el transcurso del día, por la mañana, generalmente la concentración y saturación de oxígeno disuelto baja, más tarde a medida que se incrementa el proceso de la fotosíntesis se puede observar un incremento gradual y constantemente que alcanza al atardecer una sobresaturación (Arredondo y Ponce, 1998). La solubilidad del oxígeno se ve afectada por la temperatura, la presión atmosférica y las sales disueltas. La productividad primaria depende de la entrada de energía solar y del oxígeno disuelto (Arredondo y Ponce, 1998)

En el bordo Huitchila este parámetro se registró entre 4.60 y 16.01 mg/L, lo cual es adecuado para el desarrollo de *Oreochromis niloticus*. Morales (1991) y SEPESCA (1988) sugieren un rango óptimo de 5 mg/L para que se lleve a cabo el proceso de la reproducción, así como el crecimiento, además menciona que cuando el sistema tiene una baja concentración de oxígeno menos de 3 mg/L y los peces son expuestos por períodos prolongados, son susceptibles a ser atacados por enfermedades y no se alimentan, por lo que no crecen y no se reproducen.

Shwoerbel (1975), consideró que el consumo principal de oxígeno depende del metabolismo de los peces, la actividad de las bacterias heterotróficas sobre el excremento y la materia orgánica en descomposición, además de la respiración del zooplancton y los organismos del bentos. Cuando no se mantienen niveles adecuados de oxígeno, los organismos se ven sujetos a una fuerte tensión y son más vulnerables a las enfermedades y parásitos, por lo que pueden morir o al menos cesar de alimentarse; además es posible que se incremente la concentración de otros elementos tóxicos, como el amonio y los nitritos,.

El pH es resultado de las interacciones de los procesos bióticos y abióticos, se ve influido por la concentración de bióxido de carbono, la fotosíntesis, la acidez, la alcalinidad o neutralidad del agua (Wetzel, 2001; SEPESCA, 1988). La mayoría de las aguas epicontinentales tienen un valor de pH que varía entre 6.5 y 9.0, este intervalo es el más apropiado para el desarrollo de los peces (Arredondo y Ponce, 1998). En el sistema se registraron valores constantes de pH, dentro del intervalo de 8.2 a 8.8, valores que coinciden con lo reportado por Morales (1991), quien menciona que para el crecimiento y reproducción de *Oreochromis niloticus* el intervalo es de 6.5 y 8.5 con un ideal de 7.5, ya que cuando el pH presenta un valor por debajo de 4 produce muerte ácida y por encima de él muerte alcalina, además de causar estrés y afectar específicamente las branquias, además de que la reproducción disminuye en valores inferiores de 6.5 a mayores de 9.5 (SEPESCA, 1988)

Una de las características muy relacionada con el pH es la alcalinidad que se refiere a la cantidad de ácido que se requiere para titular las bases contenidas en ella. Las bases que predominan en las aguas naturales son: bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos y con menor frecuencia los boratos, silicatos y fosfato, expresada en miligramos por litro de equivalentes de carbonato de calcio (mg/L CaCO₃). En aguas que se utilizan para actividades acuícolas, los bicarbonatos y carbonatos son las bases abundantes. Los niveles de alcalinidad total para aguas naturales pueden ir de menos de 5 a más de 500mg/L CaCO₃, aunque una alcalinidad superior a 175 mg/L CaCO₃ puede resultar perjudicial debido a las formaciones calcáreas que se producen afectan la productividad del sistema y puede dañar las branquias de los peces. La alcalinidad está determinada por el sistema de carbonatos, su importancia se debe a su función como amortiguador de los cambios de pH en el agua y a que favorece la fotosíntesis. Una alcalinidad de 20 a 15 mg/L CaCO₃ contiene suficiente bióxido de carbono para determinar la producción de plancton en el cultivo (Arredondo y Ponce, 1998; Blancas *et al.*, 2011).

La alcalinidad en el bordo Huitchila estuvo en el intervalo de 106 mg/L CaCO₃ a 258 mg/L CaCO₃, los valores máximos corresponden a la época de lluvias y los mínimos a la época de estiaje, este comportamiento es inverso a lo reportado por otros autores, ya que por lo general se espera

que los valores más altos se registren en la época de estiaje, cuando las aguas del sistema se concentran y los valores más bajos en la época de lluvias, debido a que las sales se diluyen al incrementarse el volumen del agua. Arredondo (1986) menciona que las aguas naturales presentan un intervalo de 5 mg/L a más de 500 mg/L, y las aguas que contienen 40 mg/L o más de alcalinidad total, se consideran más productivas que las de baja alcalinidad, aunque no existe ninguna relación directa entre la productividad y la alcalinidad, cuando aumenta esta última se presenta un aumento en la disponibilidad de fósforo y otros nutrimentos. Con base en lo mencionado anteriormente y según los datos obtenidos de alcalinidad para el bordo Huitchila, éste presenta aguas productivas, por lo que se les puede considerar aptas para el cultivo de peces.

La dureza total se refiere a la concentración de compuestos de calcio y magnesio disueltos en el agua, expresados como miligramos por litro de equivalente de carbonato de calcio (mg/L CaCO_3), estos minerales tienen su origen en las formaciones rocosas calcáreas; la cantidad de minerales disueltos en el agua hacen que ésta sea dura o blanda, cuanto mayor es la cantidad de minerales en el agua, mayor será la dureza de la misma. La dureza total se relaciona con la alcalinidad total porque los aniones de la alcalinidad y los cationes de la dureza se derivan de carbonatos minerales (Arredondo, 1986; Castro *et al.*, 2004). En base a los resultados obtenidos, durante el período de estudio, la dureza se encontró en un intervalo de 302 a 625 mg CaCO_3 /L por lo tanto este sistema tiene agua dura a muy dura (Blancas *et al.*, 2011) lo cual no representa ningún problema para *Oreochromis niloticus*, ya que es un organismo que resiste altas concentraciones de carbonatos.

Arredondo y Ponce (1998) 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. Las aguas muy duras disminuyen la toxicidad de los metales pesados como el cobre y el zinc en los peces e invertebrados además de que el calcio se presenta en mayor cantidad y es requerido para la formación de los huesos en peces y el exoesqueleto en crustáceos. Castro *et al.* (2004) considera que el valor óptimo de dureza en el agua para el cultivo de peces se encuentra en el intervalo de 20 a 350 mg/L de CaCO_3 . La alcalinidad y la dureza no afecta directamente a los peces, estos dos parámetros influyen en la productividad del sistema.

Además de todo lo anterior se debe considerar a **la visibilidad** al disco de Secchi, ya que es la medida de la profundidad hasta la cual se puede ver un objeto a través del agua, es un factor limitante para la vida en el agua, ya que es la fuente de energía para la fotosíntesis. Existen diversos factores que la modifican como los materiales disueltos y en suspensión, el humus, sedimento, detritos orgánicos, material coloidal, la producción planctónica, plantas y animales.

La transparencia que observó el bordo Huitchila, durante el período de estudio, fue de 35 cm como mínimo y de 62.5 cm como máximo. Al respecto SEPESCA (1988) recomienda una transparencia de 45 cm, ya que determina la productividad y abundancia de plancton adecuado para el desarrollo de los peces, el aporte adecuado de oxígeno al sistema y evita el desarrollo de plantas macrofitas que compitan con el plancton por nutrientes. Morales (1991) afirma que este parámetro se relaciona con la temperatura, ya que habiendo una buena penetración de los rayos solares, el agua tendrá un calentamiento uniforme en el sistema, lo que traerá consigo, una buena actividad reproductiva, además de evitar que las crías padezcan enfermedades branquiales por exceso de partículas suspendidas en el agua.

La turbiedad ocasionada por el plancton es benéfica porque favorece la producción y estimula el crecimiento de los peces. El aporte de sustancias húmicas no afecta directamente a los peces pero su presencia no es favorable ya que las aguas que presentan concentraciones elevadas de ácidos húmicos son distróficas debido a la acidez, con un bajo nivel de nutrimentos y una penetración limitada de luz que impide la fotosíntesis. La turbiedad ocasionada por arcillas restringe la penetración de la luz, esto afecta negativamente la fotosíntesis, reduce la productividad y destruye la fauna bentónica. Además pueden ocasionar el engrosamiento de las lamelas de las branquias en los peces, lo que reduce el consumo de oxígeno con la consecuente disminución de la tasa de crecimiento (Arredondo y Ponce, 1998; Blancas *et al.*, 2011).

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica. Depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se realice la determinación (Romero-Rojas, 1999). La conductividad de las aguas epicontinentales de México, varía desde 45 hasta 10 000 μS y en zonas con una elevada contaminación se puede exceder este valor. La conductividad en acuicultura se puede utilizar como un índice general de contaminación orgánica. Estimar la conductividad del agua ayuda a estimar la concentración total de materia iónica disuelta, la cual está relacionada con la fertilidad del agua. También ofrece un buen criterio de la cantidad de sólidos totales disueltos para conocer el efecto de los diversos iones sobre el equilibrio químico, los efectos fisiológicos en las plantas y animales acuáticos (Arredondo y Ponce, 1998).

La determinación de **los sólidos suspendidos** en el agua es importante porque pueden dañar las branquias de los peces e interferir con la respiración, también se sabe que el altos contenidos de sólidos orgánicos suspendidos producen una alta demanda biológica de oxígeno y por lo tanto una caída de la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua. Si las aguas tienen una baja concentración de sólidos disueltos, están altamente mineralizadas. Las aguas con altas concentraciones de sólidos totales y bajas concentraciones de sólidos disueltos y

volátiles, contienen grandes cantidades de materia orgánica en suspensión (Arredondo y Ponce, 1998). Los sólidos totales disueltos presentes en el sistema van de 235 a 665 ppm, los valores máximos se presentan en la época de lluvias debido al movimiento de la masa de agua y los valores mínimos se presentan en la época de estiaje, aunque aún así los valores no disminuyen demasiado y esto es debido a la actividad pesquera que se lleva a cabo en la zona ya que al lanzar las redes provoca que el sedimento se re suspenda. Iturra (2008) afirma que la cantidad de sólidos disueltos en el agua afecta la cantidad de luz que penetra en el cuerpo de agua y afecta la respiración de los organismos debido a que cubren las branquias y evitan el intercambio de gases entre el medio y el tegumento respiratorio de los peces.

El manejo adecuado de los parámetros fisicoquímicos en un programa de producción de crías puede llevar a resultados útiles y económicamente deseables, ya que en muchos centros de producción piscícola y estanques se incrementa notablemente la supervivencia de alevines, crías y juveniles con respecto a lo sucede en la naturaleza, lo anterior pone de manifiesto la importancia de mantener y vigilar de cerca estos parámetros

CONCLUSIONES

- ❖ Las tallas de *Oreochromis niloticus* se encuentran dentro del intervalo de 13.7 a 24 cm de longitud total y 35.8 a 168.8 g de peso en machos, mientras que las hembras están en el intervalo de 13.3 a 18.6 cm de longitud total y 34.3 a 102.3 g de peso.
- ❖ La población está integrada por un 84.18% de machos, un 13.55% de hembras y un 2.25% de organismos indiferenciados. La proporción sexual, encontrada en el sistema, fue de 6.20 machos por cada hembra ($\chi^2= 180.63$, $p<0.05$).
- ❖ El tipo de crecimiento reportado tanto para la población como para sexos separados, fue de tipo alométrico negativo, lo que significa que crecen más en longitud que en peso.
- ❖ Se estimó que los machos la madurez sexual a los 12.28 cm de longitud patrón y las hembras a los 14.11 cm de longitud patrón.
- ❖ De acuerdo al factor de condición los machos mantienen una buena condición a lo largo del año, mientras que la condición de las hembras tiene una mayor variación presentando su mejor condición en la época de lluvias y disminuye en la época de secas.
- ❖ De acuerdo al índice gonadosomático y hepatosomático se registro un período de reproducción para los machos (mayo-junio) y dos para las hembras (marzo-mayo y agosto).
- ❖ La fecundidad media encontrada en la población del bordo “Huitchila” fue de 757 folículos/pez en hembras que tuvieron una longitud patrón de 11.9 a 14 cm, el tamaño de los ovocitos fue de 100 a 3300 μm .
- ❖ Se encontró una mayor correlación entre la fecundidad relativa y la longitud patrón del pez ($r^2=0.6079$).
- ❖ El análisis de Pearson mostro correlaciones positivas entre algunos parámetros físicos, químicos y biológicos, sin embargo todas estas correlaciones no fueron significativas.
- ❖ De acuerdo a los parámetros físicos y químicos que se registran en el sistema, se puede decir que es un sistema productivo, con aguas duras y bien oxigenadas, con

temperaturas cálidas. Todas estas variables son adecuadas para que se lleve a cabo el proceso reproductivo y crecimiento de *Oreochromis niloticus*.

- ❖ La producción de *Oreochromis niloticus* se lleva a cabo satisfactoriamente en el bordo Huitchila, lo que genera una alternativa productiva que permite a la población obtener beneficios económicos.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Abucay, S. J., C. G. Mair, F. D. Skibinski y A. J. Beardmore. (1999). Environmental sex determination: the effect of temperature and salinity on sex ratio in *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*. Vol. 173. 219-234
- ❖ Admasu 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. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México, D. F. 80 p
- ❖ Alvarado, C. R. M., G. M. J. Fabila, D. V. A. Zamora. (1990). Algunos aspectos reproductivos de *O. nossambicus* (Osteichtyes: cichlidae) en la laguna “El Rodeo”, Mor. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 88 p
- ❖ Anónimo. (2005). Síntesis geográfica del estado de Morelos. INEGI. S. S. P. México. (www.inegi.gob.mx fecha de consulta 13 de agosto de 2010)
- ❖ Anónimo. (2008). Anuario estadístico de acuicultura y pesca. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Mazatlán, Sinaloa. 196 p
- ❖ Anónimo. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los estados unidos mexicanos. INEGI. 6 p
- ❖ APPHA AWWA Y WPCF (1992). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18 ed. American Public Health Association. EE. UU. 1100 p
- ❖ Arredondo, B., A. Beltrán y M. Torres. (1994). Desarrollo científico y tecnológico del banco de genoma de tilapia. Convenio SEPESCA/UAM-I. Secretaría de Pesca. 89 p
- ❖ Arredondo, F. J. L. (1986). Piscicultura: breve descripción de los criterios y técnicas para el mejoramiento de calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. Secretaría de Pesca. México, D. F. 182 p
- ❖ Arredondo, F. J. L. y J. T. P. Ponce. (1998). Calidad del agua en acuicultura. Conceptos y aplicaciones. AGT Editor, S. A. México, D. F. 222 p

- ❖ Ayoade, A. A. y O. O. A. Ikulala. (2007). Length weight relationship, condition factor and stomach contents of *Hemichromis bimaculatus*, *Sarotherodon melanotheron* and *Chromidotilapia guentheri* (Perciformes: Cichlidae) in eleiyele lake, southwestern Nigeria. *Rev. Biol. Trop.* 55(3-4):969-997
- ❖ Babiker, M. M. y H. Ibrahim. (1979). Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (L): gonadal maturation and fecundity. *J. Fish Biol.* 14. 437-448
- ❖ Bagenal, T. (1978). Aspects of fish fecundity: 75-102. En: Shelby, D. G. (eds). *Ecology of freshwater fish production*. Blackwell Scientific, Oxford, England.
- ❖ Baltazar, M. P. (2007). La tilapia en el Perú: acuicultura, mercado y perspectivas. *Revista Peruana de Biología* 13(3): 267-273
- ❖ Bakhoun, S. A. (1994). Comparative study on length-weight relationship and condition factors of the *Oreochromis* in polluted and non-polluted parts of Lake Mauriut, Egypt. *Bull. Natl. Inst. Oceanogr. Fish., Egypt*, 20:201-220
- ❖ Bardach, E. J., H. J. Ryther y W. O. Mclarney. (1986). *Acuicultura y crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce*. AGT Editor, S. A. 718 p
- ❖ Barbieri, G., D. M. T. Giamas, R. A. Teixeira-Filho, C. E. Campos, H. Vermulm. (2000). Bologia populacional da Tilápia, *Oreochromis niloticus*, da represa de Guarapiranga, São Paulo-II. Dinâmica da reprodução. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, 26 (1):9-13
- ❖ Baroiller, F.J. y H. D´Cotta. (2001). Environment and sex determination in farmed fish. *Comparative and Biochemistry and Physiology Part C* 130. 399-409 p
- ❖ Beltrán-Álvarez, R., J. Sánchez-Palacios, L. G. Valdez, A. Ortega-Salas. (2010). Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Pisces: Cichlidae) en la presa Sanaloa, Sinaloa, México. *Rev. Biol. Trop.* 58(1): 325-338
- ❖ Biswas, K. A., T. Morita, G. Yoshizaki, M. Maita., T. Takeuchi. (2005). Control of reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by photoperiod manipulation. *Aquaculture* 243: 229-239 Available online at www.sciencedirect.com (consultada 20 de agosto del 2010)
- ❖ Blancas, A. G. A, C. E. Constanzo, S. A. Cervantes, M. J. L. Gómez. (2011). *Manual de análisis de aguas naturales y su aplicación a la microescala*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México, D. F. 85 p

- ❖ Blühdorn, R. D. y H. A. Arthington. (1990). Somatic characteristics of an Australian population of *Oreochromis mossambicus* (Pisces: Cichlidae). *Environmental Biology of Fishes*. 29(4) 277-291 (URL: <http://dx.doi.org/10.1007/bf00001185>) (consultada el 20 de agosto de 2010)
- ❖ Cabrera, B.T., Q. J. Millán, C. J. Rosas. (1998). Tres experiencias de cultivo de tilapias en la Isla de Margarita, Venezuela. *Sitio Argentino de Producción Animal* (www.produccion-animal.com.ar) (consultada el 3 de octubre de 2010)
- ❖ Canseco, J. F. J. (2004). *Biología de la reproducción de O. niloticus*. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- ❖ Caraballo, G. P. (2009). Efecto de la tilapia *Oreochromis niloticus* sobre la producción pesquera del embalse del Guájaro Atlántico-Colombia. *Revista MVZ Córdoba* 3: 1796-1802
- ❖ Castro, R. R., G. J. Hernández, B. G. Aguilar. (2004). Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de tilapia (*Oreochromis* sp.) en aguas duras, en la región de la cañada, Oaxaca, México. *Revista AquaTIC* 20: 38-43
- ❖ Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortiz, N., Piedra, P., Habith, E. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana* 75(2). 101-110
- ❖ Clark, F. (1928). The length-weight relationship of the Californian sardine (*Sardina coerulea coerulea*) at San Pedro. *Fishery Bulletin* 12:22-44
- ❖ Comisión Estatal del Agua y Medio Ambiente (2007) (www.morelos.gob.mx, consultada el día 18 de agosto del 2010)
- ❖ Conover, O. D. y Kynard, E. B. (1981). Environmental sex determination: interaction of temperature and genotype in a fish. *Vol. 213 No. 4507*. 577-579
- ❖ Conover, O. D. y Heins, W. S. (1987). Adaptive variation in Environmental and genetic sex determination in a fish. *Nature* No. 326, 496-498
- ❖ Cosson, J (200). *Acuicultura en acuarios naturales*. *Aquatic* 10. National Center for Scientific Research. Villefranse sur Mer. 21 pp

- ❖ Cubillos, L. y C. Alarcón. (2010). Estimación de la talla media de madurez sexual en *Trachurus murphyi* mediante parámetros del consumo relativo de oxígeno. *Lat. Am. J. Rex* 38(2): 178-187
- ❖ Devlin, R y Y. Nagahama. (2002). Sex determination and differentiation in fish: an overview of genetic physiological, and environmental influences. *Aquaculture* Vol. 208: 191-39
- ❖ Dorantes, G. E. y M.M. Zavala (2003). Estudio de la calidad de agua de tres cuerpos de agua acuáticos en el Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 92 p
- ❖ Duponchelle, F. y M. Legendre. (2000). *Oreochromis niloticus* (Cichlidae in lake Ayame, Cote D'Ivoire: life distory traits of a strongly diminished population. *Cybiurn* 24(2):161-172
- ❖ Espinosa-Lemus, V., J. L. Arredondo-Figueroa, I. A. Barriga-Sosa. (2009). Morphometric and genetic characterization of tilapia (Cichlidae: Tilapiini) stocks for effective fisheries management in two mexican reservoirs. *Hidrobiológica* 19(2): 95-107
- ❖ 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.
- ❖ Gallardo-Pineda, V. (2013). Composición y abundancia del zooplancton en el Bordo Huitchila, Mor. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 87 p
- ❖ García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. 80 p.
- ❖ García, A. G. (2006). Histología y biología reproductiva de tilapia en el Estado de Morelos. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 139 p
- ❖ García, G. M. A. (2011) Reproducción de *Oreochromis niloticus* en el bordo “La Palapa”, Morelos, Méx. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 106 p

- ❖ Getinet, G. T. y N. B, Amrit. (2007). Characterization and comparison of variations in reproductive performance of Chitralada strain Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (l). Aquaculture Research. (Online early article). doi.1111/j.1365-2109.
- ❖ 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., J. L. Guzmán-Santiago, A. Olvera-Soto. (1999). Reproducción y crecimiento de *Heterandria bimaculata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la Laguna “El Rodeo”, Morelos, México. Rev. Biol. Trop. Vol. 47 No. 3
- ❖ Gómez-Márquez, J. L. (2002) Estudio limnológico-pesquero del lago de Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 181 p
- ❖ Gómez-Márquez, J. L, B. Peña-Mendoza, I. H. Salgado-Ugarte. (2003). Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelco lake, Morelos, México. Rev. Biol. Trop. 51(1): 221-228
- ❖ González, J., R. Ortiz, E. Solórzano, M. Campos, H. López. (2005). Distribución y caracterización de especies del grupo de tilapias (*Oreochromis* spp.) y petenia (*Caquetaia kraussii*) en ecosistemas naturales en la zona occidental de Venezuela. Zootecnia Trop. 23(4):447-464
- ❖ Granado, L. C. (2002) Ecología de peces. Universidad de Sevilla Secretariado de publicaciones. Sevilla, España. 197-200 p
- ❖ Guzmán, R.C.N. (2003) Análisis de los niveles de vitelogenina séricas en individuos neomachos de trucha arcoiris *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.
- ❖ Hernández, G. R., Herrerías G. G., (2004) Tecnologías de regeneración de cuencas para la obtención de agua. Alternativas y procesos de Participación Social A. C. Tehuacán, Puebla, México.
- ❖ Hernández-Avilés, J. S. y B. Peña-Mendoza. (1992). Rendimientos piscícolas en dos bordos semi-permanentes en el estado de Morelos, México. Hidrobiológica Vol. 3-4. México, D. F. 11-23 p.

- ❖ Holden, M. J., D. F. S. Raitt. (1975). Manual de ciencia pesquera, parte 2-métodos para investigar los recursos y su aplicación. Doc. Tec. FAO Pesca, (115) Rev. 1:211
- ❖ Inturias, C. D. A. (2007). Edad, crecimiento y reproducción de *Pseudoplatystoma fasciatum* y *Pseudoplatystoma tigrinum* en la amazonía boliviana. Tesis de maestría en ciencias biológicas y biomédicas. Universidad mayor de San Andrés. Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas. La Paz, Bolivia. 70 p
- ❖ Iturra, J. (2008). Manual de crianza de tilapia. Editorial Nicovita. Perú. 49 p
- ❖ Jiménez-Badillo, M. L. (1999). Análisis de la pesquería de tilapia *Oreochromis* spp. (Pisces: Cichlidae) en la presa Adolfo López Mateos, Michoacán-Guerrero. Tesis Doctoral. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 178 p
- ❖ Jiménez-Badillo, M. L. (2006). Age-growth models for tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes, cichlidae) the Infiernillo Reservoir, México and reproductive behavior. Rev. Biol. Trop. 54 (2): 557-588
- ❖ Khallaf, E. A., M. Galal y M. Authman. (2003). The biology of *Oreochromis niloticus* in a polluted canal. Ecotoxicology. Biomedical and Life Sciences Octubre 12(5):405-416 (URL: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1026156222685>) (consultada el día 26 de febrero de 2011)
- ❖ King, M. (1995). Fisheries biology, assessment and management. 2ed. Ed. Fishing News Books. 341 p
- ❖ Komolafe, O. O. y O. G. A. Arawomo. (2007). Reproductive strategy of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cihlidae) in Opa reservoir, Ile-Ife Nigeria. Rev. Biol. Trop. 55(002): 595-602
- ❖ Lagahari, M. Y., B. A. Dars y N. T. Narejo.(2011). Length-weight relationship of *Oreochromis niloticus* in a concrete pond of Habib Adm, Hub, Balochistan. Better science, better fish, better life. Proceedings of the ninth internationa. International Symposium on tilapia in Aquaculture. AquaFish CRP. 367-371
- ❖ Lagler, K. F., J E. Bardach, R. R. Miller y D. R. May. (1977). Ictiología. México, AGT Editor S. A., 489 p.
- ❖ Luchini, L. (1990). Revisión y compilación sobre técnicas de reproducción inducida. Boletín de Red regional de acuicultura (Bogota-Colombia), 4 (1), 3-8 p.

- ❖ Luna-Figueroa, J. L. Balán-González y J. Figueroa Torres. (2003). *Cichlasoma istlanum* (Pisces: Cichlidae): Evaluación de algunos aspectos reproductivos en organismos silvestres y obtenidos en cautiverio. *Ciencia y Mar* 39-44
- ❖ Luna-Figueroa, J. (2010). Bagre del Balsas y mojarra criolla. *Hypatia, Revista de Divulgación Científica-Tecnológica del Estado de Morelos*. No.20
- ❖ Manríquez, L Y. (2005). Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de otolitos en el lago Coatetelco, Morelos. Tesis de licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 111 p
- ❖ Mair, C. G, G. A. Scott, J. D. Penman, A. J. Beardmore y F. O. D. Skibinski. (1991). Sex determination in the genus *Oreochromis*. *Theoretical and Applied Genetics*. Vol. 82. 144-152
- ❖ Medri, V., G. V. Pereira y J. H. Leonhardt. (2000). Growth of nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed with different levels of alcohol yeast. *Rev. Brasil. Biol.*, 60 (1): 113-121
- ❖ Méndez-Villamil, M. M., N. Ma. Lorenzo, P. M. González y A. R. Soto. (1997). Periodo reproductor y madurez sexual de la sardina *Sardina Pilchardus* (Walbaum, 1792) en aguas de Gran Canaria (Islas Canarias). *Bol. Inst. Oceanogr.* 13(1-2): 47-55
- ❖ Menocal, R. R. (1988). Fecundidad de la Tilapia *Oreochromis aureus*, Steindachner (1864) en la Presa Zaza. *Latín Acuicultura*. Lima, Perú. 36:44-48.
- ❖ Meyer, D. E. (1999). La calidad del agua. Manual de Introducción a la Acuicultura. Zamarano, Honduras.
- ❖ Morales, D. A. (1991). La tilapia en México, biología, cultivo y pesquerías. AGT Editor. México, D. F. 3-13 p
- ❖ Nikolsky, D. V., (1963). The ecology of fishes. Academic Press, New York. 523 p
- ❖ Omotosho, J. S. (1987). Abnormal development in the ovaries of *Oreochromis niloticus* Linn (Perciformes: Cichlidae) in Nigeria. *Rev. Bio. Trop.*, 35 (1): 83-85
- ❖ Olurin, B. K. y A. O. Aderibigbe. (2006). Length-weight and condition factor of pond reared juvenile *Oreochromis niloticus*. *World Journal of Zoology* 1(2): 82-85

- ❖ Orozco, B. E. A. (2013). Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* en el bordo la Palapa, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. 67 p
- ❖ Ospina-Álvarez, N. y F. Piferrer. (2008). Temperature-Dependent Sex Determination in Fish Revisited: Prevalence, a Single Sex Ratio Response Pattern, and Possible Effects of Climate Change. www.PlosOne 3(7):e2837.doi:10.1371/journal.pone.0002837 (Consultado el 22 de Marzo del 2013)
- ❖ Patiño, R. y C. V. Sullivan. (2002). Ovarian follicle growth, maturation and ovulation in teleost fish. *Fish Physiology and Biochemistry* 26:57-70
- ❖ Pauly, D. (1984). Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila, Filipinas. 325 p
- ❖ Peña, M. B., (1999) Análisis de los factores ambientales y neuroendocrinos que regulan el crecimiento y la maduración sexual de la tilapia *Oreochromis niloticus*. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 92 p
- ❖ Peña-Mendoza, B., J. L. Gómez-Márquez, I. H. Salgado-Ugarte. (2005). Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Emiliano Zapata dam, Morelos, México. *Rev. Biol. Trop.* 53(3-4): 515-522
- ❖ Peña-Mendoza, B., J. L. Gómez-Márquez, G. García-Alberto. (2011). Ciclo reproductor e histología de las gónadas de tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae). *Ciencia Pesquera* 19(2):23-26
- ❖ Peña, M. E., T. R. Varela, J. Velasquez-Abunder, A. Orbe-Mendoza, J. Velasco-Arce. (2010). Growth, mortality and reproduction of the blue tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) in the Aguamilpa Reservoir, México. *Rev. Biol. Trop.* 58(4):1577-1586
- ❖ Pérez, E. J., C. Muñoz, L. Huaquín, M. Nirchio. (2004). Riesgos de la introducción de tilapias (*Oreochromis* sp.) (Perciformes: *Cichlidae*) en ecosistemas acuáticos de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural.* 77:195-199
- ❖ Pérez, S. A. L. (1982). Piscicultura, ecología, explotación e higiene. Editorial El Manual Moderno S. A. de C. V. México, D. F. 89 p

- ❖ Ramírez, N. D. y M. C. Cruz. (2002). Aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus* en la presa “Emiliano Zapata”, MORELOS. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 53 p
- ❖ Ramos-Cruz, S. (1995). Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Benito Juárez, Oaxaca, México, en 1993. INP-SEMARNAP. México. Ciencia Pesquera 11:54-61
- ❖ Romero, R. J. A. (1999). Calidad del agua. Editorial Alfa Omega. México, D. F. 273 p
- ❖ Rodríguez, G. M. (1992) Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. AGT editor, S. A. México, D. F. 1-42 p
- ❖ Saito, Q. V. M. (2004). Edad y crecimiento por lectura de otolitos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 68 p
- ❖ Salgado, U. I. H. (1992). Análisis Exploratorio de Datos Biológicos. Ed. Marc. México. 242 p.
- ❖ Salgado-Ugarte, I. H, J. L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza. (2005). Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 234 p
- ❖ Sánchez, M. J. M. y S. D. Z. Aparicio. (2012). Producción y calidad del agua del bordo Huitchila, Morelos, México. Tesis de licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 101 p
- ❖ Sanz, O. A. y E. V. Bayuelo. (2005). Reproducción de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el jardín zoológico de la Habana. Departamento de Biología Animal y Humana. Facultad de Biología. Universidad de la Habana, Cuba. (www.ilustrados.com) (consultado 03 de diciembre de 2010)
- ❖ SARH. (1982). Manual de técnicas de análisis fisicoquímicos para aguas. 5ta. Edición. México, D. F. 319 p
- ❖ Sastré, B. L. (2008). Análisis biológico-pesquero de *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata Morelos, México. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 137 p

- ❖ Shwoerbel, J. (1975). Métodos de Hidrobiología. Ed. Blume. Madrid, 228 p.
- ❖ Secretaría de Pesca (1988) Cultivo de tilapia. Secretaría de Pesca .México, D. F. 11-15 p
- ❖ Shalloof, A. K. y M. M. H. Salama (2008). Investigations on some aspects of reproductive biology in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1957) inhabited Abu-zabal Lake, Egypt
- ❖ Shoesmith, E., (1990). A comparison of methods for estimating mean fecundity. Journal Fish Biology. 36:29-37
- ❖ Siddiqui, A. Q, A. H. Al-Harbi y Y. S. Al-Hafedh. (1997). Effects of food supply on size at first maturity, fecundity an grow of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* (L) x *Oreochromis aureus* (Steindachner), in outdoor concrete tanks in Saudita Arabia. Aquatic Res., 28:341-349
- ❖ Sparre, P., S. C. Venema. (1997). Introducción a la evaluación de recursos pesqueros y tropicales. Parte I. Manual FAO Documento Técnico de Pesca. No. 306. Rev. 2:420 p
- ❖ Strüssmann, A. C. y M. Nakamura. (2002). Morphology, endocrinology, and environmental modulation of gonadal sex differentiation in teleost fishes. Fish Physiology and Biochemistry Vol. 26. 13-29
- ❖ Thyler, R. y S. R. Dunn. (1976). Ration, grow and measures of somatic and organ condition in relation to meal frequency in winter flounder, *Pseudopleuronecte americanus*, withhyphoteses rearding population homeostasis. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 33:63-17
- ❖ Tovar, G. A. (2005). Edad y crecimiento de (*Oreochromis niloticus*) por medio de estructuras duras. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 74 p
- ❖ Trewavas, E. 1983. Tilapiine fishes of the genera Sarotherodon, Oreochromis and Danakilia. British Museum (Natural History), London. 583 p.
- ❖ Vega-Villasante, F., M. C. Cortés-Lara, L. M. Zúñiga-Media, B. Jaime-Ceballos, J. Galindo-López, E. M. Basto-Rosales, H. Nolasco-Soria (2010) Cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a pequeña escala alternativa alimentaria para familias rurales y periurbanas de México. Revistas Electrónicas de Veterinaria, Abril 11(04) (www.veterinaria.org/revistas/redvet/consultada el 14 de abril de 2011)

- ❖ Weatherley, A. H., H. S. Grill, J. M. Casselman. (1987). The biology of fish growth. Academic Press. 443 p.
- ❖ Wetzel, G. R. (1981). Limnología. Editorial Omega. Barcelona, España. 679 p
- ❖ Wiegert, R. G. (1968). Ecological energetics, Dowden, Hutchinson and Ross, Inc. Thermodynamic in animal nutrition. In: R. Wieger (Ed). Benchmark Paper in Ecology, 15-25
- ❖ Zetina, C. P., M. J. L. Reta, P. C. Olgún, B. R Acosta, S. G. Espinosa. (2006). El cultivo de tilapia (*Oreochromis* spp) en la rentabilidad de seis agroecosistemas en el estado de Veracruz. Tec. Pecu. Méx. No. 44 (2):169-179