



UNIVERSIDAD MICHOACANAN DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

Programa institucional de Maestría en Ciencias Biológicas

FACULTAD DE BIOLOGIA

“ESTRATEGIA TRÓFICA DE *Oreochromis spp.*
(ACTINOPTERYGII: CICHLIDAE) DEL LAGO DE CUITZEO,
MICHOACÁN, MÉXICO”

TESIS.

Que presenta:

PEDRO DE JESÚS MARTÍNEZ MORALES

Como requisito para obtener el título de:

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS.

Directora de tesis:

Doctora en Ciencias Biológicas. Martina Medina Nava.

Fecha de inicio: marzo 2014.

Fecha de término: marzo 2016.



AGRADECIMIENTOS

A mi familia: sin su ayuda jamás hubiera llegado tan lejos, especialmente a padres Esperanza y Pedro, con los que siempre puedo contar.

A mi asesora: la Dra. Martina Medina Nava por brindarme su apoyo, sus conocimientos, su amistad y sobre todo su la oportunidad de consumir este trabajo de tesis.

Al M.C. Valentín Mar Silva, no solo por sus valiosas aportaciones a este trabajo, sino por su invaluable amistad.

A las personas que me han apoyado en el laboratorio de biológica acuática: Mayra, Marín, Flor, Miguel, Zitla, Nayeli, Memo, Berenice y Rubén, con quienes estoy muy agradecido por ofrecerme sus consejos y recomendaciones. Pero en especial a mis mejores amigas: Arely, Marisol y Marisela con quienes he pasado muchos momentos agradables.

Este trabajo no se hubiera podido realizar sin las personas que esclavicé en el proceso: Richie.y Eliot

Esta tesis forma parte del proyecto: ESTADO ACTUAL DE LAS ESPECIES ÍCTICAS INVASORAS Y PROPUESTA DE MANEJO EN LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO. El cual fue presentado ante CONABIO.

ÍNDICE

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVOS PARTICULARES	6
HIPÓTESIS.....	6
CARATERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.	6
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Trabajo de campo.....	9
Método de recolecta.....	9
Determinación de la identidad de la tilapia del lago de Cuitzeo.....	10
Las variables morfométricas.....	10
Análisis de varianza y componentes principales para determinar la identidad de la tilapia en Cuitzeo.	12
Establecimiento de las clases de talla para el análisis trófico.	12
Número mínimo de tractos digestivos a revisar.....	13
Análisis de muestras para contenido del tracto digestivo.....	13
Análisis cualitativo.....	14
Análisis cuantitativo.....	14
Análisis entre dieta y condiciones fisicoquímicas a través del escalamiento multidimensional no métrico (NMDS).	17
RESULTADOS.....	18
IDENTIFICACIÓN DE LA TILAPIA	18
Variables merísticas	18
Análisis morfométrico.....	18
Agrupaciones entre las variables morfométricas de las tilapias de Cuitzeo.	18
ANÁLISIS DE CONTENIDO ESTOMACAL.....	31
Tamaño mínimo de muestra.....	31
Análisis cualitativo de la dieta.....	32

Análisis cuantitativo	32
Traslape de dieta.....	33
<i>Determinación de la amplitud de dieta.....</i>	<i>34</i>
Índice de omnivoría	37
Análisis trófico por talla	37
Condiciones fisicoquímicas y del ICAM en el lago de Cuitzeo.....	37
<i>DISCUSIÓN.....</i>	<i>42</i>
La acuicultura.....	42
Análisis trófico	43
<i>CONCLUSIONES</i>	<i>47</i>
<i>BIBLIOGRAFÍA.</i>	<i>48</i>

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.

FIGURA 1: Ubicación del lago de Cuitzeo y sitios de muestreo Lago de Cuitzeo:	8
TABLA 1. Variables morfométricas	11
TABLA 2. Variables merísticas	19
TABLA 3: Prueba de Tukey, deferencias en la variable “Distancia desde el origen de la mandíbula superior hasta el origen del radio anal” (19).	20
FIGURA 2: ACP para las 21 variables morfométricas	21
TABLA 4: muestra los Eigenvalores del ACP para las 21 variables morfométricas de tilapias del lago de Cuitzeo.	22
FIGURA 3: Análisis de Componentes Principales para las variables morfométricas 2, 4, 12, 13, 14y 15	24
TABLA 5: Eigenvalores correspondientes al ACP para las variables morfométricas 2, 4, 12, 13, 14y 15	25
FIGURA 4: ACP para las variables morfométricas 1, 2, 7, 13 y 19	26
TABLA 6: Eigenvalores del ACP para las variables morfométricas 1,2, 7 13 y 19	27
FIGURA 5: Análisis de Componentes Principales con las cuatro variables de los dientes faríngeos.	29
TABLA 7: El porcentaje de varianza acumulada para las cuatro variables de la placa de dientes faríngeos	30
FIGURA 6: Curva de rarefacción para los estómagos de tilapia del lago de Cuitzeo.	31
TABLA 8: Artículos alimentarios aprovechados por <i>Oreochromis spp</i> en el lago de Cuitzeo.	32
TABLA 10. Traslape de dieta de <i>Oreochromis spp</i>.	34
TABLA 12. Índice de importancia relativa (I.I.R. %) de cada artículo alimentario por clase de talla para <i>Oreochromis spp</i>. en el lago de Cuitzeo	35
TABLA 11. Los resultados del análisis de amplitud de dieta, nivel trófico e índice de omnivoría para <i>Oreochromis spp</i>.	36

FIGURA 7. Análisis NMDS	39
TABLA 13. Calidad del hábitat (HQ) y Calidad de agua (WQ) para todos los sitios y temporadas en el lago de Cuitzeo.	40
TABLA 14. Condiciones físicas de los sitios en el lago de Cuitzeo.	41

RESUMEN

Los efectos de la introducción de especies invasoras son una de las principales causas de extinción biológica. En México se han introducido peces que se consideran una amenaza para los sistemas dulceacuícolas, como por ejemplo *Oreochromis spp* (conocida como tilapia o mojarra). Fue introducida en el lago de Cuitzeo desde la década de los 1970's. La tilapia puede ocasionar modificaciones en la estructura de la comunidad biológica del lago. En el presente trabajo se tiene como objetivo establecer la estrategia trófica de *Oreochromis spp* del lago de Cuitzeo y su variación espacio-temporal, por medio del análisis de contenido estomacal. Se realizaron recolectas en cinco sitios en el lago durante un ciclo anual. Los resultados sugieren que *Oreochromis spp.* es un organismo que cambia su dieta a medida que aumenta de talla y opera en gremios tróficos específicos: es zooplanctófago cuando su talla es menor a 29 mm y herbívoros detritófago cuando su talla rebasa 51 mm. De acuerdo con el Índice de Importancia Relativa (IIR) fue posible establecer los artículos alimenticios más consumidos: cladóceros, copépodos, detritos y restos vegetales. Por otro lado, se analizaron las condiciones fisicoquímicas de los sitios contra la dieta de las diferentes tallas y aparentemente se ven afectados los alevines. Los resultados nos permiten comprender el papel trófico de *Oreochromis spp* dentro de la comunidad biológica en el lago Cuitzeo, además proporcionan las bases para posteriores investigaciones de competencia interespecífica entre otras.

Palabras clave: Contenido estomacal, mojarra, variación trófica espacio-temporal.

ABSTRACT

Introducing species is a major cause of biological extinction of species. In Mexico fishes have been introduced which are considered as threats to freshwater systems. Such as *Oreochromis spp* (known as tilapia or bream) introduced into lake of Cuitzeo since the early 1970's. The tilapia can cause changes in the biological structure of a community of a lake. However, it is not possible to establish whether there is damage and what is the magnitude of this without understanding the role that *Oreochromis spp* plays. In the present study we aim to establish the trophic strategy of *Oreochromis spp* in Lake Cuitzeo as well as the spatio-temporal variation by the analysis of stomach contents. Sampling was performed on five sites of the lake during an annual cycle. The results suggest that *Oreochromis spp.* is an omnivorous, with changes in the diet with increasing size and operates in specific trophic guilds: zoo planctovorous when the size is less than 29 mm and detritivorous when size exceeds 51 mm. According to the IRI it was possible to establish the most consumed food items: cladocerans, copepods, debris and plant debris. Additionally the physicochemical conditions of the sites against the diet of different sizes were analyzed. The results allow us to understand the trophic role of *Oreochromis spp* within the biological community in Lake Cuitzeo and also provide the basis for further investigations of interspecific competition among other fish.

INTRODUCCIÓN

Una de las principales causas de extinción de especies es la introducción de especies invasoras, estas son una amenaza importante para las especies nativas. Dichas especies pueden desplazar a las nativas por competencia, causar depredación, transmisión de enfermedades, hibridación, pérdida de diversidad genética, modificaciones en el hábitat y en la estructura trófica (García-Berthou y Moreno-Amich, 2007). El ser humano ha intensificado el proceso de introducción de especies especialmente durante los últimos 50 años, debido a la importancia económica y alimenticia que poseen algunas de éstas (Meyerson y Mooney, 2007).

Las especies invasoras causan severos daños al ambiente, lo que representa costos millonarios en materia de control y erradicación (Pimentel *et al.*, 2014). Es por esta razón que el trabajo de conservación de la biodiversidad en un país debe contemplar la prevención, detección temprana, manejo, control, erradicación, concienciación pública, la regulación y legislación, y la investigación sobre especies invasoras como una alta prioridad (CONABIO, 2014).

Como ejemplo de especies invasoras de agua dulce se encuentran las tilapias del género *Oreochromis* y la carpa (*Cyprinus carpio*), que son las más comunes en la acuicultura mundial (FAO, 2014). Si se considera a México como un país diverso en número de especies y con altos niveles de endemismo (ej. Familia Goodeidae), sobre todo en aguas continentales (SAGARPA, 2014), los efectos de las especies invasoras pueden ser preocupantes (Sánchez *et al.*, 2007). En México la mayoría de los lagos, presas y ríos, son utilizados para la introducción y producción de peces. Las personas se benefician al consumir estas especies de rápido crecimiento, es decir que alcanzan la talla comercial relativamente en poco tiempo. Sin embargo, en la mayoría de los casos no existe un control y manejo adecuado debido al cultivo de tipo extensivo (Arredondo *et al.* 2007).

Los sistemas lénticos son especialmente vulnerables al impacto de las especies introducidas ya que, a diferencia de otros sistemas como los marinos, los cuerpos de agua dulce están confinados (García-Berthou y Moreno-Amich, 2007). En el estado de Michoacán se localiza el lago de Cuitzeo, este es el segundo lago más extenso de México

(420 Km²) después del lago de Chapala (1,100Km²), atributo que lo ubica como uno de los principales sitios de pesca, para consumo local y comercialización regional (Alcocer y Bernal-Brooks 2010; Ortega *et al.*, 2011 y CONAPESCA, 2015). Otro rasgo diferencial es que el lago de Cuitzeo es un cuerpo de agua heterogéneo, donde las condiciones fisicoquímicas varían a través de un gradiente espacial y temporal, es decir, las condiciones como la profundidad, el pH y la disponibilidad de nutrientes cambian según el sitio y la temporada (Alcocer y Bernal-Brooks 2010).

Las primeras especies exóticas que se introdujeron fueron la capa común (*Cyprinus carpio*), la carpa dorada (*Carassius auratus*) y posteriormente se introdujo la tilapia (*Oreochromis spp.*) en la década de 1970 (Franco *et al.* 2011). En la actividad piscícola se prefieren a las tilapias con hábitos micrófagos, es decir, aptos para consumir zooplancton, algas y detritus, además con la capacidad de resistir rangos amplios de condiciones fisicoquímicas, entre las que destacan: temperatura del agua, la concentración de oxígeno disuelto, el dióxido de carbono, el pH y la turbiedad (Arredondo y Lozano, 2003; Arcos, 2011). Aunque estos peces han solucionado problemas nutricionales, en especial para las personas asentadas en las riberas (Sánchez *et al.*, 2007), las especies omnívoras introducidas son capaces de modular la dinámica de la comunidad de peces a través de la iniciación de relaciones inter e intraespecíficas y por tanto modificar la organización de las comunidades biológicas (Krebs, 2001 y Narváez *et al.*, 2005).

La tilapia es capaz de alimentarse del zooplancton, así como de macroinvertebrados que se encuentren en el bentos, el perifiton y además está preparada para consumir materia vegetal (Arredondo y Lozano, 2003). Es decir que aumenta su biomasa con el consumo de numerosos recursos y de naturaleza variada, con efectos negativos sobre la estructura de la comunidad y posibles consecuencias catastróficas para los lagos, si se aumenta su densidad poblacional (Zambrano *et al.*, 2001). Con motivo de generar información con respecto a la estrategia trófica de la tilapia introducida en el lago de Cuitzeo, en el presente trabajo se investiga la variación en su dieta a través de un gradiente espacio-temporal con relación al estado ontogénico y las condiciones fisicoquímicas de los distintos sitios de muestreo.

ANTECEDENTES

Los cíclidos son la familia de peces más rica en especies en agua dulce en el planeta (Nelson, 2006). En la actualidad y debido a su valor comercial y nutrimental, el ser humano las ha distribuido y cultivado en zonas tropicales y subtropicales del planeta. La acuicultura de estos peces se remonta al antiguo Egipto (1000 A.C), no obstante, es hasta la segunda guerra mundial (1940) que esta actividad empezó a adquirir un auge global (de Lanza-Espino y Arredondo, 1990).

Zambrano y Macías-García (1999) definen a las especies invasoras como organismos que son introducidos dentro de un sistema donde estas no han evolucionado. En otras palabras, especies transportadas, deliberada o accidentalmente, fuera de sus sitios de dispersión natural a causa de diferentes actividades humanas (Strayer, 2010). Tal es el caso de *Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus* y *O. aureus* especies provenientes de África y del Medio Oriente (Israel) (Caraballo, 2009), son peces con aletas radiadas (Actinopterygii) incluidos en el Orden Perciformes y la Familia Cichlidae (Nelson, 2006).

Estudios realizados en Sudáfrica y Latinoamérica revelan que la introducción de tilapias está asociada con la pérdida de especies y el paulatino declive de la producción pesquera (Franco *et al.*, 2011; Zengeya *et al.* 2011; Jiménez-Badillo y Nepita-Villanueva 2000; Caraballo, 2009 y García-Berthou y Moreno-Amich, 2000), ya que la introducción de especies exóticas altera los procesos del ecosistema, afectando las redes tróficas y esto a su vez, genera mayor competencia y cambios en la estructura de la comunidad nativa de peces y conducen a la disminución de las especies nativas (Zambrano *et al.* 2006, Caraballo, 2009 y Córdova-Tapia *et al.*, 2014).

En México la introducción de tilapia comenzó en 1964 con la adquisición de ejemplares de las especies *Tilapia rendalli* y *O. mossambicus*, provenientes de Estados Unidos, posteriormente se introdujo *O. niloticus* en 1978 procedente de Panamá (Morales, 1991). Dichas especies fueron distribuidas en cuerpos de aguas naturales y artificiales de las zonas cálidas del país (Morales, 1991). En 1986 es adquirida la línea roja de *O. niloticus* y partir de este año, el gobierno federal, los gobiernos estatales y productores privados, introducen nuevas variedades e híbridos de tilapias (Morales, 1991 y Toledo y García-Capote, 2000).

Una de las tilapias que se utiliza para acuicultura es *Tilapia rendalli*, la cual es de hábitos herbívoros. Pero hay preferencia por *O niloticus*, *O. mossambicus* y *O. aureus*, debido a que son omnívoros con tendencia a la herbivoría pero capaces de aprovechar el plancton (Wootton, 1990; Arredondo y Lozano, 1996; Jiménez-Badillo y Nepita-Villanueva 2000; Caraballo, 2009 y Zengeya *et al.*, 2011) lo cual es favorable en el “cultivo extensivo”. Este tipo de cultivo, fue el primer modelo utilizado en México y estuvo enfocado en la distribución de alevines en 20 de los cuerpos de agua más grandes de México, incluyendo el lago de Cuitzeo, donde todos los requerimientos nutricionales son aportados de fuentes autóctonas (de la Lanza-Espino y Arredondo, 1990). El primer registro de *Oreochromis spp.* en el lago de Cuitzeo lo realiza Chacón en 1980.

La introducción de tilapias ha sido promovida por los gobiernos federal y estatal, posiblemente sin información previa ya que la política en torno al lago ha tenido un enfoque más productivista que conservacionista, donde se han dejado de lado los aspectos ecológicos para obtener una producción importante en menor tiempo, a costa de la disminución o pérdida de especies en el lago (Zubieta, 1985; Toledo y García-Capote 2000 y Franco *et al.*, 2011).

El lago de Cuitzeo al igual que la mayoría de los lagos en México, presenta un fuerte deterioro caracterizado por la reducción del volumen de agua, el cambio de uso de suelo, la contaminación con aguas urbanas. Pasando de ser un lago eutrófico a uno hipertrófico, lo que ha traído múltiples consecuencias observables en el paisaje como el deterioro de la calidad del agua y la vida cotidiana de los habitantes que dependen del agua para el ganado o la agricultura (Castañeda Hernández, 2012; Huacuz-Lemus, 2007; Franco *et al.* 2011; Buenrostro e Israde, 2003; Israde *et al.*, 2008 y Ortega *et al.* 2011).

La introducción de especies, como la tilapia puede representar una amenaza a las especies nativas del lago. Para comprender la magnitud del problema después de la introducción de la tilapia, Zubieta (1985) realizó el análisis de contenido estomacal de seis especies de peces para determinar la dieta, el nivel trófico que ocupan y las posibles relaciones ecológicas que se dan entre los peces que habitan este lago. Realizó muestreos mensuales en la localidad de estación Queréndaro a lo largo de un año. Analizó el contenido estomacal, por medio del índice medio volumétrico, el método de

frecuencia de ocurrencia, el índice de importancia relativa, la diversidad trófica (H), el índice de similitud de Jaccard y el índice de similitud de Ellemberg. Concluyó que *O. niloticus* es una especie con tendencia a la herbívora que cambia sus preferencias alimentarias a medida que crece, encontrando que la materia orgánica y las plantas vasculares son los artículos alimentarios más abundantes en su dieta adulta.

Por otro lado, en la cuantificación de la dieta, dada la dificultad que representa ponderar tanto la materia orgánica como las diatomeas, Canto-Maza y Vega-Cendejas, 2008 sugieren utilizar el método de porcentaje de área y determinar la porción que ocupa cada artículo alimentario. En el presente trabajo se pretende determinar la identidad de la o las especies de *Oreochromis* en el lago de Cuitzeo así como dar continuidad al trabajo realizado por Zubieta (1985) incorporando un mayor número de sitios de muestreo para estimar la variación espacial en dieta de *Oreochromis spp.*

Recientemente se han elaborado trabajos de investigación en el lago de Cuitzeo, algunos de ellos se enfocan en la calidad del agua del lago (Hurtado, 2015); otros sobre aspectos poblaciones (Marín, 2015) y tróficos del charal *Chirostoma jordani* (Mar Silva, 2015) estos últimos ayudan a comprender la variación de la ecología trófica de los charales y realizar comparaciones con los observado en *Oreochromis spp* en el lago de Cuitzeo

OBJETIVO GENERAL

- Describir las variaciones espacio-temporales en la estrategia trófica (gremio, nivel y amplitud trófica) de *Oreochromis spp* en el lago de Cuitzeo.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Analizar la variación espacio-temporal en la dieta de *Oreochromis spp*.
2. Estimar la amplitud de dieta de *Oreochromis spp*.
3. Determinar el nivel y el gremio trófico de *Oreochromis spp*.
4. Relacionar las condiciones fisicoquímicas de los sitios de muestreo con las variaciones en la estrategia trófica de *Oreochromis spp*. a través de un gradiente espacio-temporal.

HIPÓTESIS

- Los peces cambian su dieta conforme aumenten su talla. Es decir, cambian su estrategia trófica (amplitud, nivel y gremio trófico) y este a su vez es afectado por las condiciones fisicoquímicas dadas en el lago a través de un gradiente espacio-temporal.

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El lago de Cuitzeo se encuentra localizado entre las coordenadas: 20°04'34" y 19°53'15" de latitud Norte y 101°19'34" y 100°50'20" longitud Oeste (Cram *et al*, 2010) (Figura 1). El cual se ubica a una altitud de 1820 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar) y está situado en la parte noroeste del estado de Michoacán abarcando los municipios de Huandacareo, Chucándiro, Santa Ana Maya, Zinapécuaro, y sur del estado de Guanajuato, en el

municipio de Acámbaro (Villalobos, 2007). Su máxima longitud es de 52 km de este a oeste, su ancho máximo es de 12.5 km y con una profundidad máxima de 2.2 m, en promedio 1 m (Ortega *et al.*, 2011; Ortega *et al.*, 2012 y Alcocer y Bernal-Brooks 2010). La zona del lago pertenece a la región hidrológica Lerma-Chapala-Santiago, la cual se considera endorreica (López *et al.*, 2001). Tiene una precipitación promedio anual menor a 1,000 mm, con lluvias en verano y climas predominantemente templados subhúmedos con una temperatura que oscila entre los 14 y 30°C; con un pH de 10.4; oxígeno disuelto cuyos valores fluctúan entre los 1.8 -15 mg/l y presenta una conductividad de 6,595µS/cm (Alcocer y Bernal-Brooks 2010). Además de una gran cantidad de maleza acuática (Ortega *et al.*, 2011 y Ortega *et al.*, 2012).

En el lago existen dos afluentes importantes: el Río Grande de Morelia y el río Queréndaro, el primero recoge, simultáneamente las aguas del río Chiquito y las descargas residuales domésticas e industriales de la ciudad de Morelia y sus alrededores; el segundo capta las descargas de los ríos Frío y Caliente. Ambos desembocan en la parte sur del lago de Cuitzeo (Villalobos, 2007 y Cram *et al.*, 2010).

Cuitzeo es un lago endorreico, sin embargo, el “Dren de la Cinta” construido en la época colonial (Cram *et al.*, 2010) drena hacia la laguna de Yuriria, así el lago de Cuitzeo ha perdido un gran volumen de agua y cedió terreno inundado, lo que favoreció las actividades agrícolas, pero afectó de manera negativa la actividad pesquera (CONABIO, 2005). A raíz de esto las familias de pescadores se organizaron y protestaron en contra de su apretura y posteriormente se cerró el Dren en 1988 (Villalobos, 2007 y Cram *et al.*, 2010). Debido al control del agua drenada, se recuperó el volumen del lago y se mejoró la extracción pesquera (Franco *et al.*, 2011).

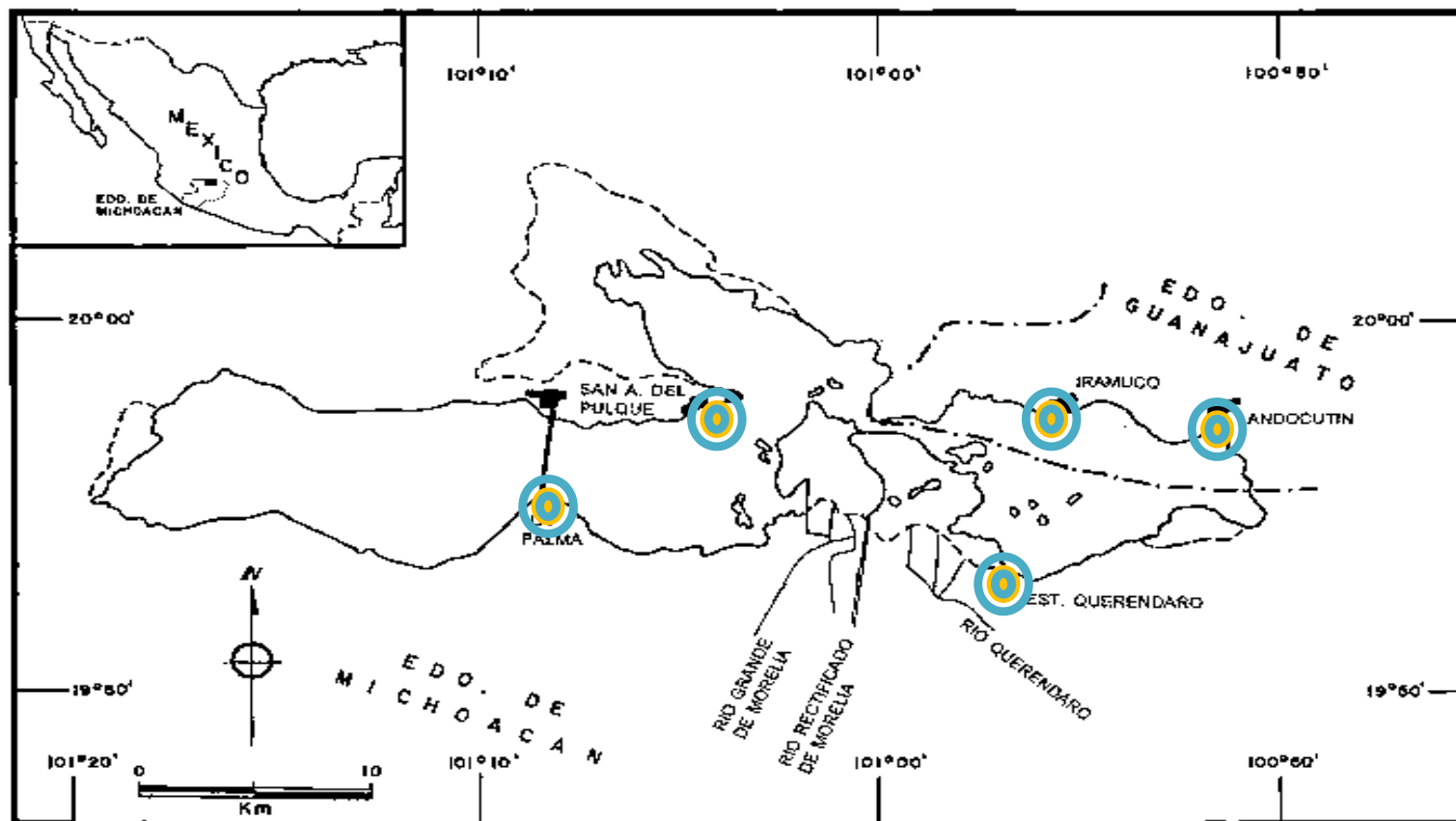


FIGURA 1: Ubicación del lago de Cuitzeo y sitios de muestreo Lago de Cuitzeo: San Agustín se localiza en las coordenadas 19°57'34" N y 101°04'18.5" W; La Palma se ubica entre las coordenadas 19°55'29" N y 101°08'22.5" W; Irámucio se encuentra entre las siguientes coordenadas 19°57'24" N y 100°55'21.5" W; Andocutín se sitúa en las coordenadas 19°56'35" N y 100°51'35" W y Estación Queréndaro está ubicada en las coordenadas 19°51'48" N y 100°57'35.9" W

En los asentamientos próximos al lago, la población se ha incrementado de 380,787 a 837,773 habitantes de 1970 al 2000 (INEGI, 2014). La principal actividad económica en el lago es la pesca. Esta actividad beneficia directamente a 1,200 familias de pescadores (Franco *et al.*, 2011). En la pesca se extraen peces como: el charal (*Chirostoma jordani*), las carpas (*Cyprinus carpio* y *Carasius auratus*) las cuales fueron introducidas en el lago a finales de la década de 1940, la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la década de 1970, y las ranas (*Rana moctezumae* y *Rana catesbiana*) en la de 1980. Además del acocil (*Cambarellus montezumae*), e insectos, como el mosco (*Buenoa* spp y *Noctonecta* spp), la conchilla (*Pisidium abditum*), el gusano de mosco y el gusano de fango (COMPESCA, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS.

Trabajo de campo.

Se realizó la recolecta durante un ciclo anual, con dos jornadas de campo en temporada de lluvias (octubre y noviembre del 2013) y dos en la temporada de secas (febrero y marzo 2014). Se llevaron a cabo muestreos diurnos, entre las 8:00 y las 17:00 horas. Dada la naturaleza enzimática del tracto digestivo de la tilapia, la cual presenta una mayor actividad a temperaturas más cálidas (Hlophe *et al.*, 2014), se espera que a lo largo de las horas más cálidas (día) estos peces inviertan más tiempo en conseguir comida que en las horas más frías (noche-madrugada). Se eligieron cinco sitios distribuidos en el lago: siendo San Agustín y La Palma pertenecientes a la región central; Irámuco, Andocutín y Estación Queréndaro ubicadas en el segmento este del lago (Figura 1).

Método de recolecta

Para obtener representantes de todas las clases de talla, los muestreos se realizaron con un arte de pesca no selectivo, una red de tipo “Chinchorro” de 30 m de largo, con una altura de 1.2 m y luz de malla de 1 cm.

Los peces capturados fueron transportados en hielo para minimizar la actividad enzimática siguiendo los criterios de Cailliet *et al.*, (1986).

Determinación de la identidad de la tilapia del lago de Cuitzeo.

Debido a las diferencias en los hábitos alimentarios de las especies de tilapias, es necesario realizar la identificación de la especie. Para esto se eligieron al azar 10 organismos de cada sitio: San Agustín, Andocutín y Estación Queréndaro. Adicionalmente para realizar las comparaciones, el área de acuicultura del Laboratorio de Biología Acuática “J. Javier Alvarado” de la U.M.S.N.H. donó dos especímenes de *Oreochromis niloticus*, certificados como la generación F2 de la línea “Stirling” importadas de la Universidad de Stirling en Escocia.

Las variables morfométricas

Para la identificación de la especie de tilapia presente en Cuitzeo, se siguieron los criterios de Espinoza-Lemus *et al.* (2009) y Barriga-Sosa *et al.* (2004). Se tomaron 21 variables morfométricas (tabla 1) y cuatro merísticas: a) número de escamas de la línea lateral, b) número de branquiespinas (primer arco braquial), c) número de espinas y d) los radios de la aleta dorsal. Cabe resaltar que Espinoza-Lemus *et al.* (2009) mencionan que de las 21 variables morfométricas, seis presentan los más altos porcentajes de varianza para discriminar entre las especies: la distancia desde el extremo de la abertura de la boca a la aleta dorsal más anterior (la variable 2); la distancia desde el extremo de la abertura de boca al origen superior del opérculo (la 4); la distancia del origen de la aleta dorsal al origen de la aleta anal (la 12); la distancia del origen de la aleta pélvica para el origen de la aleta anal (la 13); la distancia del origen de la aleta anal hasta el final de la aleta dorsal (la 14); y la distancia del origen de la aleta anal al extremo superior de la aleta caudal (la 15). De las cuales las primeras dos están relacionadas con alimentación y las cuatro restantes con la locomoción del organismo. Para determinar la identidad de la especie de tilapia, se probaron tres conjuntos de variables morfométricas: primero con las 21 variables, posteriormente con las seis mencionadas por Espinoza-Lemus *et al.* (2009) y finalmente con las variables que presentaron los porcentajes más altos de varianza para la tilapia de Cuitzeo.

**TABLA 1. Variables morfométricas (Tomado de Espinoza-Lemus et al. 2009).
Para determinar las especies de tilapia del lago de Cuitzeo.**

NÚMERO DE LA VARIABLE MORFOMÉTRICA	VARIABLE
1	Distancia desde el extremo anterior de la mandíbula superior hasta el origen de la aleta dorsal
2	Distancia desde el extremo de la abertura de la boca a la aleta dorsal más anterior
3	Distancia desde el extremo anterior de la mandíbula superior hasta el origen más superior del opérculo
4	Distancia desde el extremo anterior de la abertura de boca para el origen más superior de la opérculo
5	Distancia desde el extremo de la abertura de boca para el origen de la aleta pectoral
6	Distancia desde el extremo de la abertura de boca para el primer rayo de la aleta pélvica
7	Distancia desde el origen de la aleta pectoral a la más la primera espina de la aleta pélvica
8	Distancia desde el origen de la aleta pectoral a al origen superior del opérculo
9	Distancia desde el origen superior del opérculo al primer rayo de la aleta dorsal
10	Distancia desde el origen de la aleta pectoral a la que el primer rayo de la aleta dorsal
11	Distancia desde el origen de la aleta dorsal al origen de la aleta anal
12	Distancia del origen de la aleta pélvica para el origen de la aleta anal
13	Distancia desde el origen de la primera rayo de la aleta pélvica al extremo más anterior del primer rayo de la aleta anal
14	Distancia del origen de la aleta anal hasta el final de la aleta dorsal
15	Distancia del origen de la aleta anal al extremo superior de la aleta caudal
16	Ancho de la cabeza
17	Profundidad del cuerpo
18	Anchura del cuerpo
19	Distancia desde el origen de la mandíbula superior hasta el origen del rayo anal
20	Diámetro de la órbita
21	Longitud de la mandíbula inferior

Para las variables morfométricas del hueso faríngeo (HF) fueron: 1.-anchura total (ANT), 2.- la anchura de la zona dentada (AZD), 3.- longitud total (LOT), y 4.- la longitud de la zona dentada (LZD). Para obtener una agrupación de las variables y evidenciar a las posibles especies se corrió un análisis de componentes principales (ACP) (Barriga-Sosa *et al.* 2004; Arredondo *et. al* 2007 y Espinoza-Lemus *et al.* 2009).

Las variables merísticas a considerar fueron el número de espinas, radios, escamas y branquiespinas. Estas fueron comparadas con los criterios de Arredondo y Tejeda (1989), Morales (1991), Amador del Ángel *et al.* (2014) y la información disponible en FishBase (2015).

Análisis de varianza y componentes principales para determinar la identidad de la tilapia en Cuitzeo.

Una vez obtenidas las variables morfométricas los datos fueron transformados a proporciones, donde cada variable ij fue dividida entre la longitud patrón del individuo j . Los datos fueron separados por sitios. Se llevaron a cabo pruebas de ANOVA y posteriormente de Tukey. Se utilizó el programa estadístico JMP v.6 (Sall, 1996), con el cual se realizaron por separado las pruebas para las variables merísticas, las variables morfométricas y las cuatro medidas de la placa del HF, para cada sitio. Posteriormente, con ayuda del paquete estadístico PAST v.3 (Hammer, 2001), se corrieron análisis de componentes principales para observar posibles agrupaciones.

Establecimiento de las clases de talla para el análisis trófico.

Los peces fueron categorizados en intervalos de 10 mm, con el propósito de determinar probables cambios en la dieta con el incremento en la talla. Las clases de talla fueron obtenidas a través del análisis de varianza con un factor ANOVA (Ramírez-Herrejón, 2013).

Número mínimo de tractos digestivos a revisar.

Para estimar el número mínimo de estómagos a revisar, se elaboró una matriz de datos de artículos alimentarios encontrados en los tractos digestivos en una muestra de 130 peces. Para esto se utilizó el índice de Simpson con los datos de los artículos alimentarios de cada tracto digestivo.

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s (P_i)^2$$

Dónde:

D = Índice de Simpson

P = Proporción del artículo alimentario *i*

Los resultados fueron ordenados y graficados. Si la curva alcanza la asíntota significa que es la cantidad mínima de estómagos a estudiar (Krebs, 2001).

Análisis de muestras para contenido del tracto digestivo.

Se fijaron, con alcohol al 70%, todos los organismos procedentes de la colecta. Los organismos se pesaron con una balanza analítica y el peso fue registrado en gramos (g). Posteriormente se midieron con un vernier convencional y un ictiómetro, para obtener los rangos de variación y establecer las clase de talla según las medidas de LP (longitud desde la punta del hocico hasta el pedúnculo caudal) lo propuesto por Caillet, *et al.* (1986). Los resultados fueron analizados con el programa JMP versión 6.0, SAS institute (Sall, 1996).

El análisis de contenido del tracto digestivo se llevó a cabo extrayendo los tractos digestivos de la muestra de peces obtenidos en la recolecta. Las muestras se agruparon por sitio, temporada y talla. Se procedió a evaluar parámetros como la longitud del intestino (mm), sexo del individuo y grado de repleción gástrica de acuerdo a lo expresado por Martínez (1983). Se revisó el primer tercio de cada intestino de *Oreochromis spp* debido a que es el lugar donde se encontrarían los artículos alimentarios mejor

conservados (Trujillo-Jiménez y Díaz-Pardo, 1996). El contenido estomacal se analizó con una lupa estereoscópica (marca Carl Zeiss Modelo Stemi DR No. 1040) y con la ayuda de un microscopio compuesto (marca ZEISS Modelo AXIOSTAR plus No. 1097-701) y portaobjetos cuadrículados (400mm²) para estimar la superficie que ocupen los artículos alimentarios.

Análisis cualitativo

Se procedió a identificar los componentes alimentarios al menor nivel taxonómico posible, para ello se utilizaron las claves de Merrit y Cummins (1996), para insectos los criterios de Thorp y Covich (2001). para invertebrados a Edmonson (1959), Pennak (1978) para zooplancton. El alimento ingerido que no pudo ser identificado se clasificó como MONI (materia orgánica no identificada) siguiendo el criterio de Yañez-Arancibia *et al.* (1976).

Análisis cuantitativo.

Porcentaje de área (PA): Si los artículos son pequeños (tanto como 10µm) como las diatomeas o no poseen una forma definida como en el caso de la materia orgánica no identificable (MONI), es necesario implementar el método denominado “porcentaje de área” (PA) (Canto-Maza y Vegas-Cendejas, 2007). Básicamente el contenido estomacal es vertido y homogeneizado sobre un portaobjetos cuadrículado con una superficie de 10 x 10 cuadros, donde cada cuadro representa un área de 4 mm² (2 X 2 mm). El contenido estomacal disperso sobre la superficie del portaobjeto constituye el 100% de la dieta de cada individuo y cada artículo representa una fracción en mm² según el método propuesto por Ramírez-Herrejon *et al.* (2013).

Frecuencia de aparición: Indica qué tan frecuente es la presencia de cada artículo alimentario respecto a todos los tractos digestivos analizados (Stark y Schoroer, 1970) y se expresa en proporciones.

Índice de importancia relativa (IIR): Se usó el índice de importancia relativa (Cortés, 1997) además de una modificación del método cuadrático para el contenido del tracto que

fue usada por Hynes (1950), esto permitió la cuantificación de la importancia relativa de determinado grupo trófico dentro de la alimentación de la especie, se usó la fórmula:

$$IIR = F \cdot PA / 100$$

La relevancia de cada artículo alimentario se indica como importancia relativa, propuesto por Pinkas (1971) y modificado por Yáñez-Arancibia (1976) y por Ramírez-Herrejon *et al.*, 2013. $IRI = PA \cdot F / 100$ donde F es la frecuencia de aparición y PA es el área y expresados en porcentajes (Cortés 1997).

Traslape de dieta: El traslape de dieta fue estimado con el índice de Horn (Krebs, 1989), el cual varía desde 0, donde no existe un uso común de los recursos hasta 1, donde hay un completo traslape. Este índice considera un traslape significativo cuando los valores son mayores a 0.6 (Wallace, 1981).

Amplitud de dieta: Se estimó la amplitud de la dieta utilizando el índice de Levin (Krebs, 2001)

$$Bi = \frac{1}{\sum p_j^2}$$

Dónde:

Bi=Es el índice amplitud de dieta de Levin

pj = Es la proporción de individuos en estado de recurso *j*.

Con ayuda de este índice se pudo estimar si es generalista o especialista un organismo. Los valores van del 0 a 1. Siendo especialista aquellos individuos con un índice < 0.6 y generalista los que obtuvieron un $Bi > 0.6$ (Hurlbert, 1978).

Nivel trófico: Para estimar los niveles tróficos de los organismos se debía tener en cuenta tanto la composición de su dieta como el nivel trófico de los artículos alimentarios de los que se compone la dieta (Pauly *et al.*, 2000). El nivel trófico resulta del análisis TROPH, el cual se calcula con la siguiente ecuación (Pauly *et al.*, 2000):

$$Troph = 1 + \sum_{j=1}^G DC_{ij} \cdot troph_j$$

Dónde:

Troph = al nivel trófico del consumidor.

DC = la fracción de la presa (*i*) en la dieta del consumidor (*i*).

G = número de los artículos alimentarios en la dieta de (*i*).

Troph_j = el nivel trófico de presa

Índice de omnívora: los organismos que se alimentan de más de un nivel trófico son considerados omnívoros (Krebs, 2001). Al igual que el análisis TROPH en el índice de omnívora se necesita el nivel trófico de las presas. Con esta información se puede determinar si la tilapia es un organismo omnívoro. Cuando el índice de omnívora toma el valor de cero, todos los artículos alimentarios pertenecen al mismo nivel trófico y aumenta con la incorporación de artículos alimentarios de varios niveles tróficos (Pauly *et al.*, 2000). Para determinar el nivel de omnívora se utilizó una suma de cuadrados para obtener la varianza de los niveles tróficos tanto de las presas como del consumidor (Pauly *et al.*, 2000). El índice de omnivoría se expresa con la siguiente ecuación:

$$I.O. = \sum_{j=1}^G (troph_j - Troph_i)^2 \cdot DC_{ij}$$

Dónde:

I.O. = es el índice de omnivoría y este toma el valor de cero cuando todo el alimento pertenece al mismo nivel trófico.

Troph_i = al nivel trófico del consumidor.

DC = la fracción de la presa (*i*) en la dieta del consumidor (*i*).

G = número de los artículos alimentarios en la dieta de (*i*).

Troph_j = el nivel trófico de presa (Pauly *et al.*, 2000).

ICAM: Se evaluó la calidad ambiental de cada sitio siguiendo los criterios del índice de calidad ambiental (ICAM) para sistemas lénticos propuesto por Lyons *et al.* 2000 y utilizados por Medina Nava (2003) y Ramírez-Herrejón *et al.* (2013). El índice estima la calidad del hábitat y del agua en una escala del 0 al 10 donde, del 7 al 10 se posee una calidad buena, del 5 al 6 regular y del 0 al 4 pobre. Se examinó la calidad de los sitios de muestreo del lago de Cuitzeo.

Análisis entre dieta y condiciones fisicoquímicas a través del escalamiento multidimensional no métrico (NMDS).

Es una técnica de ordenación que representa distancias euclidianas en pocas dimensiones dentro de un sistema de coordenadas en 2D o 3D. Los ejes no tienen magnitud ni orden. Se usaron catorce variables fisicoquímicas (Transparencia, profundidad, pH, demanda bioquímica de oxígeno, amonio, temperatura, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, nitratos, alcalinidad total, fósforo total, cloruros, sulfatos, y clorofila), el porcentaje de área de cada artículo alimentario además del peso y la talla de los peces. De esta manera se estimó la relación que existe entre las variables fisicoquímicas, la dieta y el estado ontogénico de los peces. La técnica parte de una matriz de similitud-disimilitud de las muestras donde el algoritmo colocará los puntos en un mapa acorde con cualquiera de los índices de similitud o distancia disponibles. Para realizar la prueba se eligió el índice de similitud Bray-Curtis. El NMDS construye un mapa de las muestras en un número específico de dimensiones e intenta satisfacer todas las condiciones impuestas por los rangos (pueden ser coeficientes o transformaciones de datos). Después de varias pruebas, el algoritmo elige la respuesta óptima y un mapa con los datos ordenados por distancias, se utilizó el programa PAST v.3.0 (Hammer *et al.*, 2001). Para robustecer dicho análisis se corrió un Análisis de Similitud (ANOSIM) el cual es una prueba no paramétrica de diferencias significativas entre dos o más grupos basado en cualquier medida de distancia y estas son convertidas a rangos (Clarke, 1993).

RESULTADOS

IDENTIFICACIÓN DE LA TILAPIA

Variables merísticas

Se compararon los datos obtenidos de las tilapias del lago de Cuitzeo y la información disponible para varias especies (Tabla 2). La información hace referencia al número de branquiespinas, espinas y radios de la aleta dorsal, así como una descripción de forma y dentición de la placa faríngea presentada por las tilapias.

Análisis morfométrico.

La prueba de ANOVA demostró que no existen diferencias en la mayoría de los casos. Sin embargo, sí existe cierta diferencia en la siguiente variable: Distancia desde el origen de la mandíbula superior hasta el origen de la espina anal (variable 19), ($F = 7.8422$, grados de libertad = 2 y $p \leq 0.0021$). La prueba de Tukey demostró que existe cierta diferencia entre los sitios.

La variación que muestra la variable “Distancia desde el origen de la mandíbula superior hasta el origen del radio anal” (variable 19) mostró que los peces de Andocutín resultaron ser más largos que los peces de las otras dos localidades. Por otro lado los peces de San Agustín y Estación Queréndaro no presentan diferencias entre ellos (Tabla 3).

Agrupaciones entre las variables morfométricas de las tilapias de Cuitzeo.

El Análisis de Componentes Principales o ACP, es una herramienta estadística multivariada que ayuda a agrupar variables (Arredondo, *et al.* 2007). Por lo que se decidió aplicarlo debido al número de variables utilizadas en este trabajo y así observar agrupaciones entre los organismos. En los ACP se agregaron las variables obtenidas de *Oreochromis niloticus* variedad Stirling y así definir agrupaciones entre las tilapias de Cuitzeo y las certificadas

TABLA 2. Variables merísticas, proporción de la longitud mandibular y de la placa faríngea de las tilapias de Cuitzeo. (Basados en Morales, (1991), Fishbase y Angel *et al.*, 2014).

	Andocutín	San Agustín	Est. Que.	Reportado para <i>O. niloticus</i>	Reportado para <i>O. urolepis hornorum</i>
Branquiespinas	20-29 ± 2.86	20-26 ± 1.73	21-25 ± 1.8	19-22	19-27
Espinas	14-18 ± 3.6	14-17 ± 0.48	16-17 ± 0.91	16-17	13-14
Radios	11-14 ± 0.84	11-14 ± 1.45	10-15 ± 1.1	12-13	10-13
Escamas de la línea lateral	33	33	33	31-33	No lo menciona
Proporción de la mandíbula inferior/ longitud cefálica.	19-27%±2.55%	19-29%±3.34%	16-25%±2.88%	29-36%	No lo menciona
Tipo de dentición	Bicúspide	Bicúspide	Bicúspide	Bicúspide	Bicúspide
Pigmentación de los dientes	Ligera	Ligera	Ligera	Pigmentación solo en la parte superior de la zona dentada.	No prenota pigmentación
Forma de la parte superior del HF.	Ligeramente en forma de corazón	Ligeramente en forma de corazón	Ligeramente en forma de corazón	Recta	Ligeramente en forma de corazón
Lóbulos superiores.	Poco pronunciados	Poco pronunciados	Poco pronunciados	Poco pronunciados	pronunciados

TABLA 3: Prueba de Tukey, deferencias en la variable “Distancia desde el origen de la mandíbula superior hasta el origen del radio anal” (19).

Sitio		LeastSq Mean
Ando.	A	0.75286872
Esta.	B	0.70242802
Que.		
San Agus.	B	0.69352458

El resultado del ACP donde se consideran las 21 variables morfométricas propuestas por Espinoza-Lemus *et al.* (2009) (fig. 2), de acuerdo a los eigenvalores de ACP (tabla 4) la varianza acumulada solo es mayor al 70% a partir del componente cinco, es decir que muestra información poco sólida. En la figura 2 se muestra una separación amplia entre los organismos.

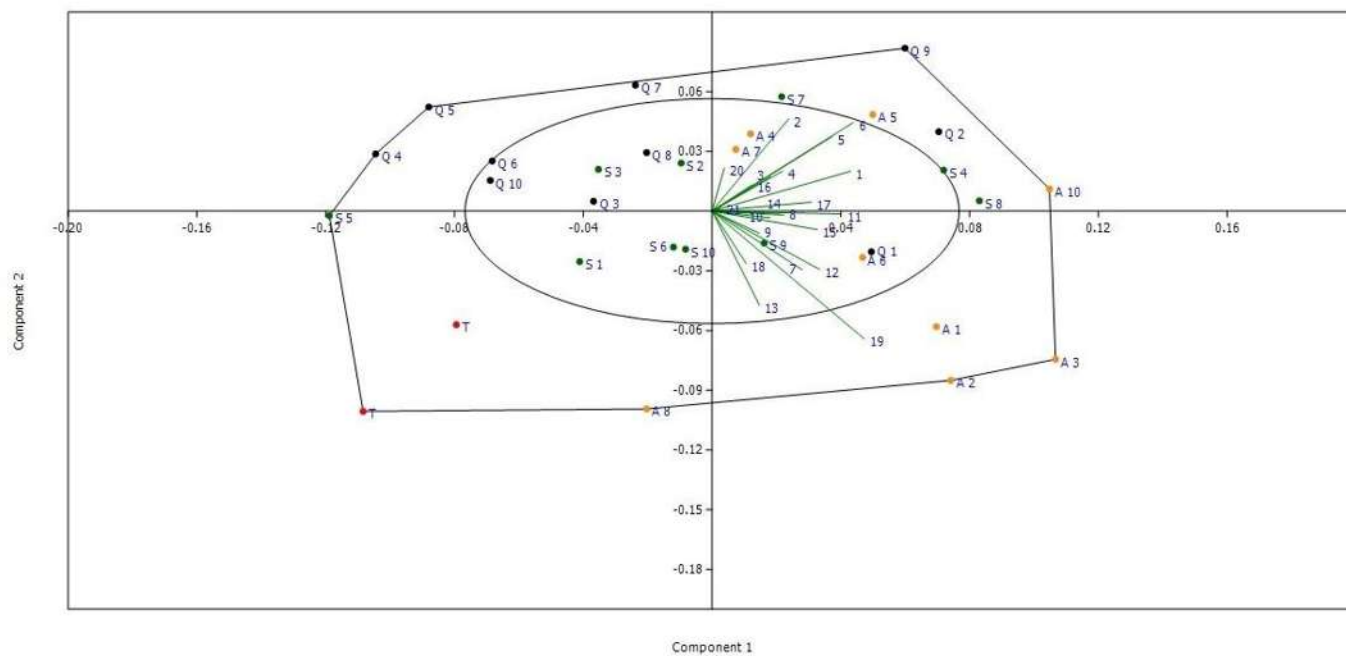


FIGURA 2: ACP para las 21 variables morfométricas evaluadas en las tilapias del lago de Cuitzeo y tilapias Stirling. Donde A = peces de Andocutín, S= San Agustín, Q= Estación Queréndaro y T= *Oreochromis niloticus* variedad Stirling.

TABLA 4: muestra los Eigenvalores del ACP para las 21 variables morfométricas de tilapias del lago de Cuitzeo.

PC	Eigenvalue	% variance
1	0.0042	27.602
2	0.0023	14.98
3	0.0017	11.55
4	0.0015	9.93
5	0.0011	7.60
6	0.00082	5.37
7	0.00071	4.62
8	0.00060	3.92
9	0.00044	2.89
10	0.00038	2.52
11	0.00033	2.19
12	0.00021	1.37
13	0.00018	1.22
14	0.00017	1.13
15	0.00015	1.0
16	0.00011	0.724
17	7.25E-05	0.47
18	5.04E-05	0.327
19	3.85E-05	0.25
20	2.25E-05	0.146
21	2.05E-05	0.133

Para obtener una varianza acumulada mayor a 70% en los primeros componentes principales (PC), se probó con las seis variables que Espinoza-Lemus *et al.* (2009) sugiere en su trabajo como las variables que brindan un mayor porcentaje de varianza. Los resultados de las seis variables morfométricas utilizadas por Espinoza-Lemus *et al.* (2009) muestran altos porcentajes de varianza. A partir del CP 3 se observa una varianza superior al 70%, en la tabla 5 se muestran los valores para cada componente principal utilizado en el ACP. En la figura 3 se muestran una tendencia a agruparse, solamente los peces San Agustín 10 y Andocutín 2 forman una agrupación consistente.

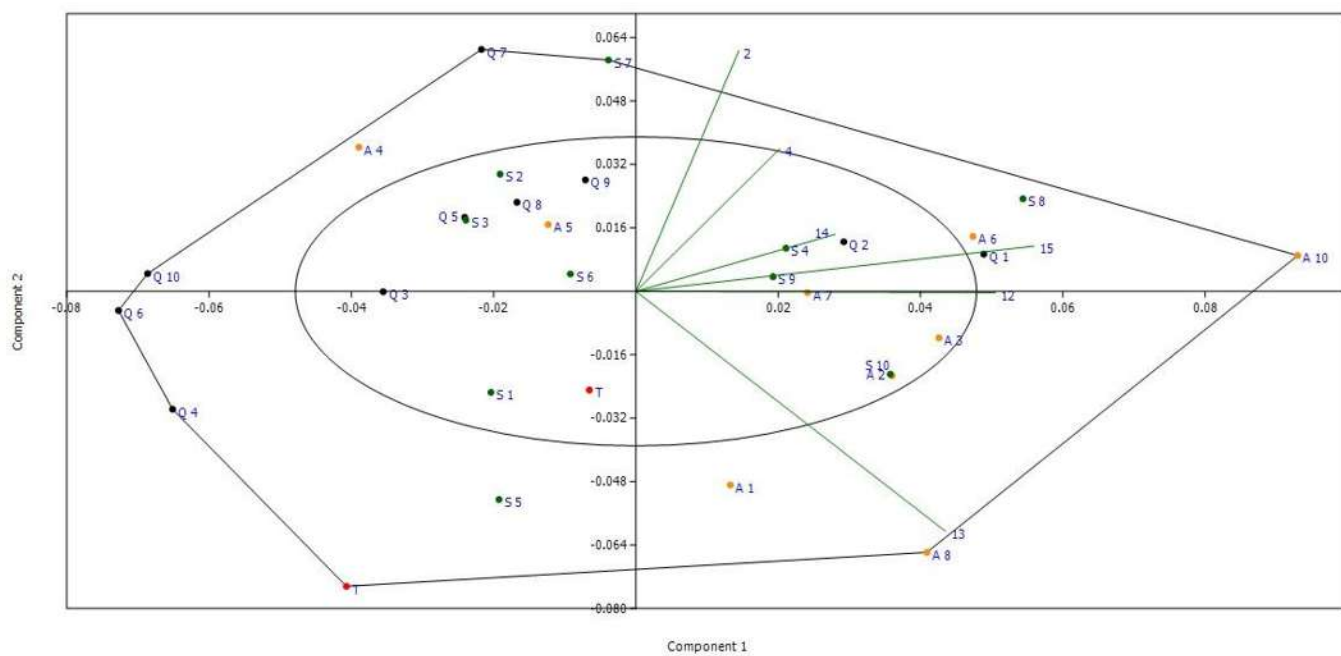


FIGURA 3: Análisis de Componentes Principales para las variables morfométricas 2, 4, 12, 13, 14y 15 (ver tabla 1 para referencia).

TABLA 5: Eigenvalores correspondientes al ACP para las variables morfométricas 2, 4, 12, 13, 14y 15 (ver tabla 1 para referencia).

PC	Eigenvalue	% variance
1	0.00156	36.013
2	0.00103	23.856
3	0.000798	18.418
4	0.000412	9.5248
5	0.000340	7.8646
6	0.000187	4.3234

Con la finalidad de obtener el mayor porcentaje de varianza posible acumulada entre los primeros dos o tres componentes principales, se depuró la matriz de variables. Las variables que se seleccionaron fueron las siguientes: la distancia desde el extremo anterior de la mandíbula superior hasta el origen de la aleta dorsal (1); Distancia desde el extremo de la abertura de la boca a la aleta dorsal más anterior (2); Distancia desde el origen de la aleta pectoral a la primera espina de la aleta pélvica(7); Distancia desde el origen de la primer radio de la aleta pélvica al extremo más anterior del primer radio de la aleta anal (13) y distancia desde el origen de la mandíbula superior hasta el origen del radio anal (19).

Los resultados de las cinco variables morfométricas utilizadas después de depurar la matriz de datos (ANOSIM: $p=0.0395$, $R=0.1059$ con 9999 permutaciones) muestran porcentajes de varianza más altos que las obtenidas anteriormente. Ya que a partir del ACP 2 se observa una varianza superior al 70%, en la tabla 6 se muestran los valores para cada componente principal utilizado en el ACP. En la figura 4 se muestran leves agrupaciones, pero sin formar agrupaciones consistentes.

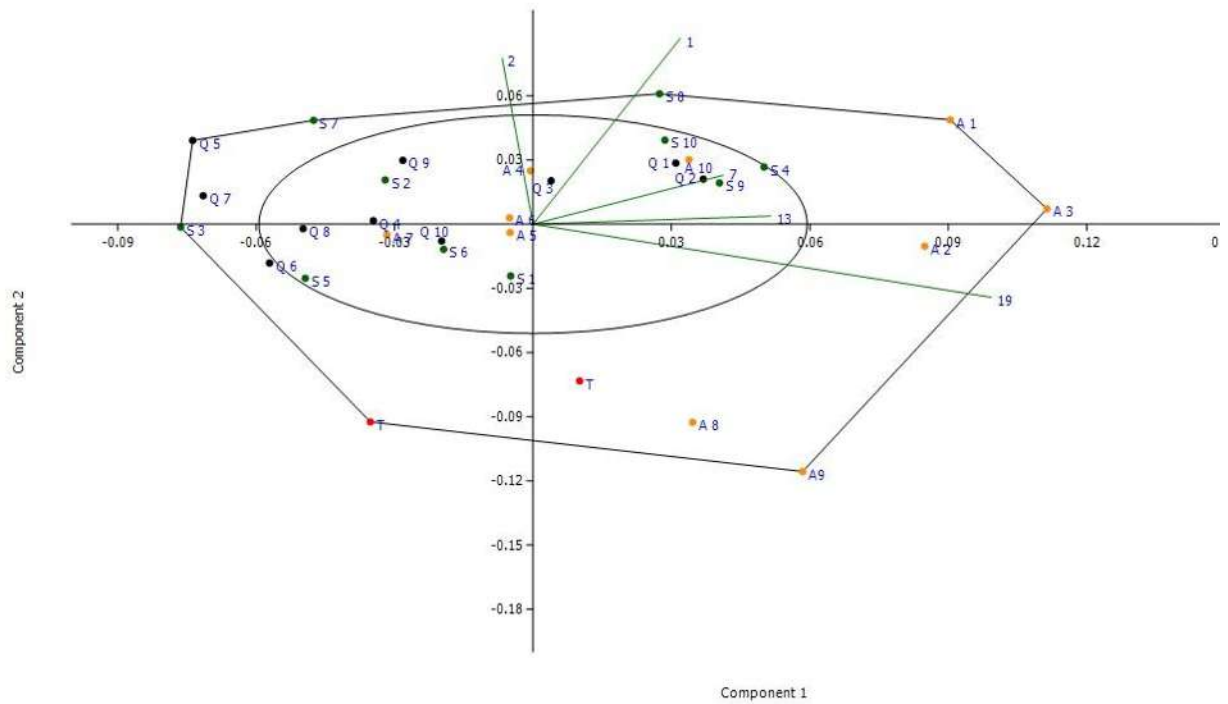


FIGURA 4: ACP para las variables morfométricas 1, 2, 7, 13 y 19 (ver Tabla 1 para referencia).

TABLA 6: Eigenvalores del ACP para las variables morfométricas 1,2, 7 13 y 19 (ver Tabla 1 para referencia).

PC	Eigenvalue	% variance
1	0.0024	41.69
2	0.0017	30.82
3	0.00085	14.79
4	0.000619	10.72
5	0.000113	1.96

Finalmente el ACP para los dientes faríngeos. Donde se utilizaron las variables: 1.- anchura total (ANT), 2.- la anchura de la zona dentada (AZD), 3.- longitud total (LOT), y 4.- la longitud de la zona dentada (LZD). El porcentaje de varianza es mayor al 90% desde el primer ACP (Tabla 7). Sin embargo no es posible establecer una agrupación (fig. 5). Se distingue una leve tendencia al distanciamiento entre las tilapias de estación Queréndaro y San Agustín, pero no es posible confirmar grupos definidos.

Los resultados del ACP muestran cierta tendencia a la agrupación, sin embargo, ninguna prueba resultó contundente. Por lo que se puede decir que las tilapia en Cuitzeo están muy relacionadas, lo que sugiere que sean de la misma especie y la dispersión de los puntos es solo un reflejo de la variación que existe entre los individuos de la especie.

Si consideramos los valores de la variedad Stirling certificada, etiquetados como “T”, como una referencia, estos nunca están muy lejos de los puntos que representan a las tilapias de Cuitzeo. Sin embargo, el análisis no puede ser concluyente debido a la muestra tan baja de *O. niloticus* Stirling, por lo que se aconseja aumentar el número de individuos en la muestra.

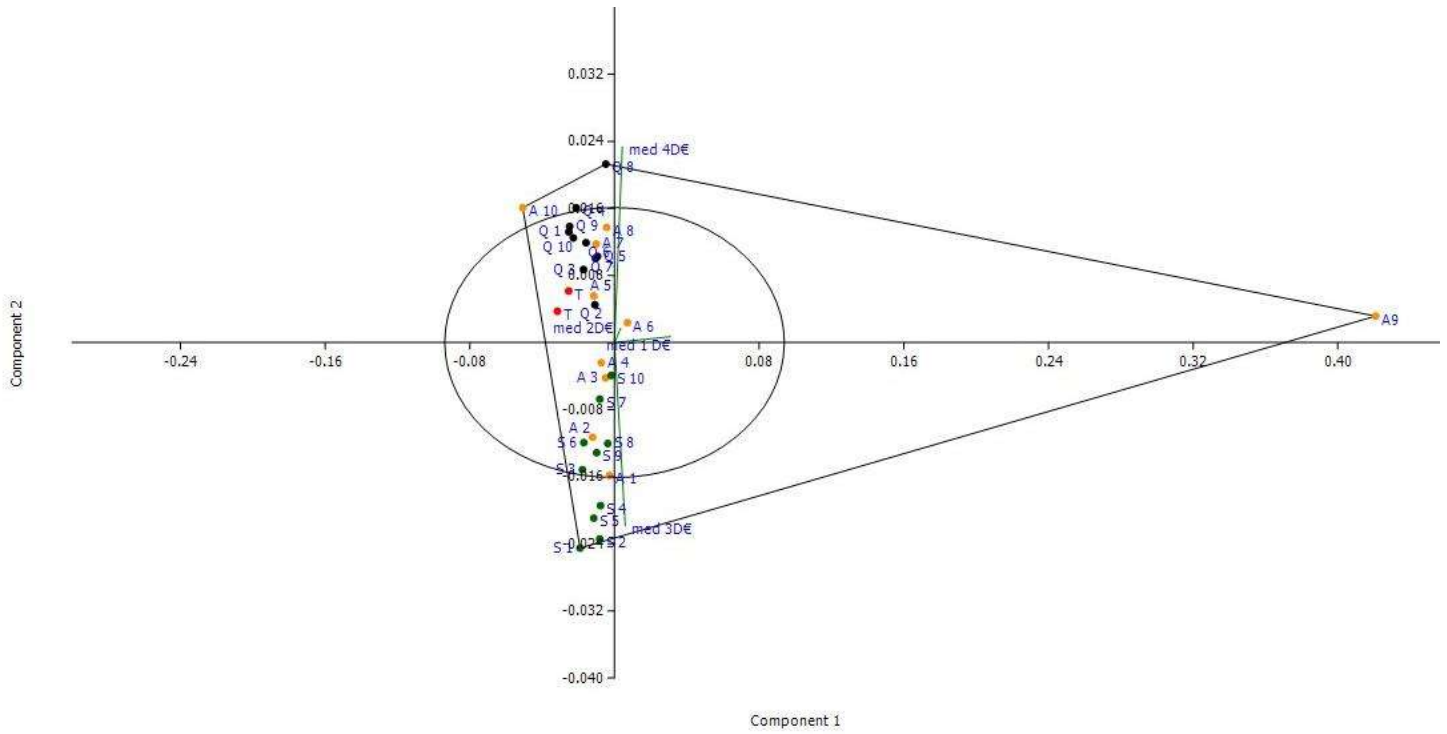


FIGURA 5: Análisis de Componentes Principales con las cuatro variables de los dientes faríngeos.

TABLA 7: El porcentaje de varianza acumulada para las cuatro variables de la placa de dientes faríngeos.

PC	Eigenvalue	% variance
1	0.00601	94.69
2	0.000176	2.784
3	0.000126	1.98
4	3.4E-05	0.536

ANÁLISIS DE CONTENIDO ESTOMACAL.

Tamaño mínimo de muestra.

Se realizó la curva de acumulación de presas con comparaciones del índice de Simpson (D) para determinar el mínimo de tractos digestivos por analizar. Sin embargo, en la curva no se alcanza a apreciar una asíntota clara. Como alternativa se usó una curva de rarefacción para determinar el tamaño mínimo de muestra, con el indicador MaoTao para estimar la diversidad. En la curva de rarefacción se observa que el mínimo de tractos digestivos a revisar bien pueden ser 17 ó 18 (Fig. 6).

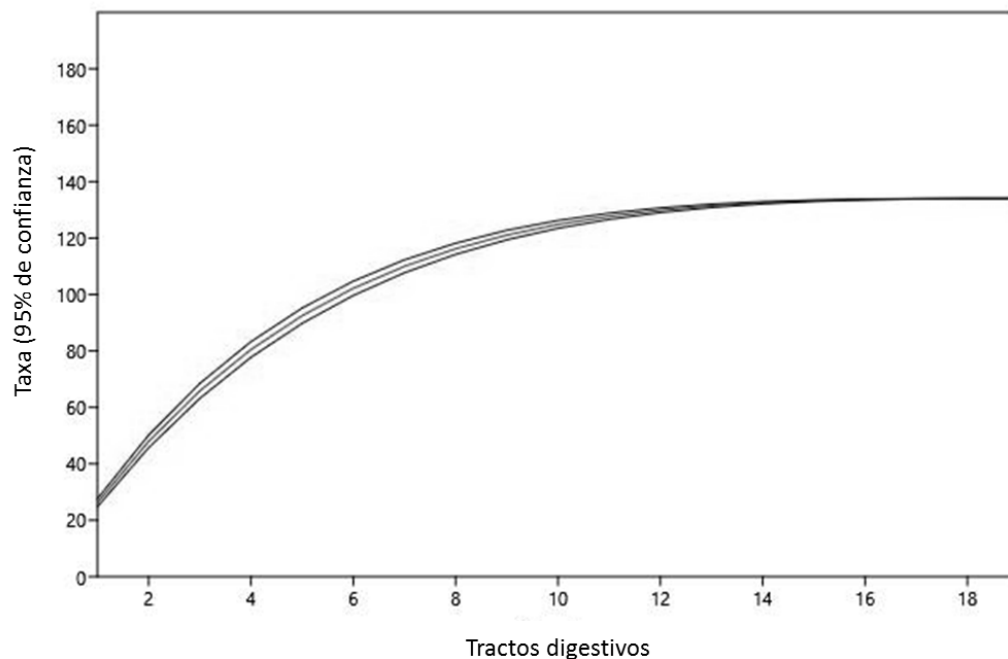


FIGURA 6: Curva de rarefacción para los estómagos de tilapia del lago de Cuitzeo.

Análisis cualitativo de la dieta.

Para la parte cualitativa se identificó y agrupó a los artículos alimentarios por grupos afines. Se observó un total de nueve artículos alimentarios (Tabla 8).

TABLA 8: Artículos alimentarios aprovechados por *Oreochromis spp* en el lago de Cuitzeo.

ARTÍCULOS ALIMENTARIOS
Materia Orgánica
Restos Vegetales
Copépodos
Algas
Insecto
Cladóceros
Rotíferos
Ostrácodos
Quironómidos

Análisis cuantitativo

Se analizaron 338 tractos digestivos de tilapias. En la tabla 9 se muestran los valores del índice de importancia relativa para cada artículo alimentario, siendo la materia orgánica (39.2%) y los restos vegetales (20.2%) los artículos con los valores más altos del Índice de Importancia Relativa (IIR).

TABLA 9: Los resultados del índice de importancia relativa (I.I.R. %) para los artículos alimentarios M.ON.I. = Materia orgánica no identificable. AN = Andocutín, SA = San Agustín, IR = Irámuco, EQ = Estación Queréndaro y LP = La Palma. h = estación húmeda y s = estación seca.

	ESTACIÓN HÚMEDA					ESTACIÓN SECA					TOTAL
	AN h	SA h	IR h	EQ h	LP h	AN s	SA s	IR s	EQ s	LP s	
M.O.N.I.	19.8	16.2	49.5	63.4	30.1	46.8	43.5	56.8	41.6	24.1	39.2
Restos vegetales	5.3	2.6	21.2	31.2	33.5	16.6	29.9	28.9	29.2	3.9	20.2
Cladóceros	10.4	50.9	9.7	0.8	19.9	2.4	17.1	6.0	6.1	0.2	12.4
Chironomidos	11.1	0.4	3.2	1.0	0.0	0.5	0.0	1.3	3.0	0.0	2.1
Insectos	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.2	0.0	1.4	1.7	0.2	0.6
Ostrácodos	45.8	25.6	0.5	0.9	8.2	18.8	4.3	2.8	9.5	0.8	11.7
Algas	5.5	0.9	2.1	0.1	3.4	12.2	3.2	0.3	7.6	70.5	10.6
Rotíferos	0.6	2.8	1.3	1.8	0.4	1.2	2.0	2.4	1.2	0.2	1.4
Copépodos	1.2	0.3	12.1	0.5	4.1	0.3	0.0	0.2	0.1	0.0	1.9

Traslape de dieta.

Los resultados de la prueba de traslape de dieta muestran la similitud que existe en el consumo de los artículos alimentarios por sitio y temporada de *Oreochromis* spp (tabla 10). En lo que respecta a los sitios de Irámuco y Estación Queréndaro durante la temporada seca, el traslape es significativo (89%). De la misma forma los sitios de Andocutín y San Agustín presentan un traslape significativo con un valor de 80% en la estación de secas. Sin embargo, Andocutín y Estación Queréndaro presentan poco traslape de dieta en la estación de secas con un valor de 54%. Así mismo, los sitios de San Agustín e Irámuco de la estación seca con un valor de 59% y San Agustín y Estación Queréndaro en la estación de secas con un valor de 45%. Por último, en la estación húmeda La Palma es el sitio que no presenta traslape con los sitios de San Agustín (53%) e Irámuco (49%). Los sitios restantes presentan un traslape significativo (>60%).

TABLA 10. Traslape de dieta de *Oreochromis* spp. por sitio durante las estaciones de secas y húmedas (debajo de la diagonal). AN=Andocutín, SA=San Agustín, IR=Irámuco, EQ=Estación Queréndaro y LP=La Palma.

	AN	SA	IR	EQ	LP
AN	1	0.804	0.644	0.541*	0.732
SA	0.875	1	0.587*	0.451*	0.757
IR	0.875	0.947	1	0.895	0.898
EQ	0.958	0.942	0.942	1	0.820
LP	0.689	0.530*	0.486*	0.616	1

Determinación de la amplitud de dieta.

Los resultados muestran que la tilapia se comporta como un organismo especialista, debido a que los restos vegetales y la materia orgánica constituyen buena parte de su dieta (tabla 12). Los valores del índice de amplitud de dieta de las tilapias van desde el 0.1 al 0.37.

TABLA 12. Índice de importancia relativa (I.I.R. %) de cada artículo alimentario por clase de talla para *Oreochromis* spp. en el lago de Cuitzeo

	Talla 1 (12 - 29mm)	Talla2 (29 - 51mm)	Talla3 (51 - 154 mm)
M.O.N.I.	20.5	51.5	42.9
Restos vegetales	3.5	23.5	31.2
Cladóceros	37.8	4.3	1.7
Chironomidos	1.9	1.7	0.4
Insectos	0.2	0.6	0.9
Ostrácodos	26.5	5.3	6.1
Algas	1.6	11.5	16.1
Rotíferos	2.1	1.3	0.7
Copépodos	5.8	0.2	0.0

Los resultados muestran a las tilapias del lago de Cuitzeo en el segundo nivel trófico, en ambas estaciones (ANOSIM: $p=0.4183$, $R=0.048$ con 9999 permutaciones) (tabla 11). El segundo nivel corresponde a los consumidores primarios (herbívoros). Generalmente, las tilapias se comportan como especialistas que consumen mayormente restos vegetales (31.2 %).

TABLA 11. Los resultados del análisis de amplitud de dieta, nivel trófico e índice de omnivoría para *Oreochromis spp.*

	ESTACIÓN HÚMEDA					ESTACIÓN SECA					TOTAL
	AN h	SA h	IR h	EQ h	LP h	AN s	SA s	IR s	EQ s	LP s	
Amplitud de dieta	0.32	0.23	0.27	0.13	0.37	0.29	0.28	0.18	0.32	0.10	0.249
Índice de omnivoría	0.26	0.21	0.43	0.53	0.41	0.45	0.45	0.49	0.46	0.54	0.423
Nivel trófico + E.E.	2.77 ± 0.26	2.88 ± 0.27	2.29 ± 0.13	2.06 ± 0.07	2.36 ± 0.16	2.36 ± 0.16	2.27 ± 0.16	2.16 ± 0.12	2.25 ± 0.15	2.02 ± 0.04	2.342 ± 0.15

Índice de omnivoría

Los resultados apoyan que la tilapia es un organismo omnívoro (tabla 11). El resultado del índice de omnivoría para la tilapia de Cuitzeo en todos los sitios de estudio es mayor a uno.

Análisis trófico por talla

Se clasificaron los peces en tres tallas. Los peces de la talla 1 van de 12.0 a 29.1mm, los de la talla 2 son peces entre 29.12 a 51.5mm y por último los peces más grandes de 51.51 mm conforman la talla 3. En seguida se realizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon/Kruskal-Wallis para confirmar diferencias de los cuatro artículos alimentarios más consumidos entre las tres clases de talla. La prueba no paramétrica demostró que existen diferencias en el alimento consumido entre las diferentes tallas (Chi cuadrada = 89.5811, grados de libertad = 2 y $p < 0.0001$). La tabla 12 muestra el I.I.R. para cada artículo alimentario según la talla de los peces. Se muestra que la M.O.N.I. y los restos vegetales son mayormente consumidos a medida que los peces crecen. Por otro lado los cladóceros son un artículo alimentario altamente preferido por los peces de la talla 1.

El nivel trófico estimado para las tres clases de talla, muestra que los alevines son consumidores secundarios con un valor de 2.97 (± 0.37 E.E.). Por otro lado, el análisis trófico ubica a las clases de talla 2 y 3 como consumidores primarios con valores de 2.17 (± 0.17 E.E.) y 2.13 (± 0.16 E.E.) respectivamente.

Condiciones fisicoquímicas y del ICAM en el lago de Cuitzeo.

Los resultados del ICAM para cada sitio, donde todos los sitios obtuvieron una calificación de 4 en calidad ambiental y 3 en calidad de agua, las cuales lo clasifica como sitios con una calidad pobre (tabla 13). Se presentan las condiciones físicas en el lago de Cuitzeo durante el ciclo de muestreo (tabla 14).

Con la finalidad de observar la relación entre la dieta, la talla y los artículos alimentarios consumidos por los peces de todos los sitios y las condiciones fisicoquímicas (tabla 14) en las temporadas seca y húmeda se llevó a cabo un análisis no paramétrico de escalado multidimensional o non-metric MDS. Para realizar el análisis se tomaron en cuenta los promedios de 14 variables fisicoquímicas y los artículos alimentarios para cada sitio (figura 7). De entre estos las variables: transparencia, profundidad, pH, demanda bioquímica de oxígeno y amonio afectan la disposición de los puntos en el análisis y para el caso particular de los peces de la talla 1 las variables que repercuten en el consumo de los artículos alimentarios, no afectando al parecer a las tallas 2 y 3 (ANOSIM: $p=0.0001$, $R=0.1168$ con 9999 permutaciones).

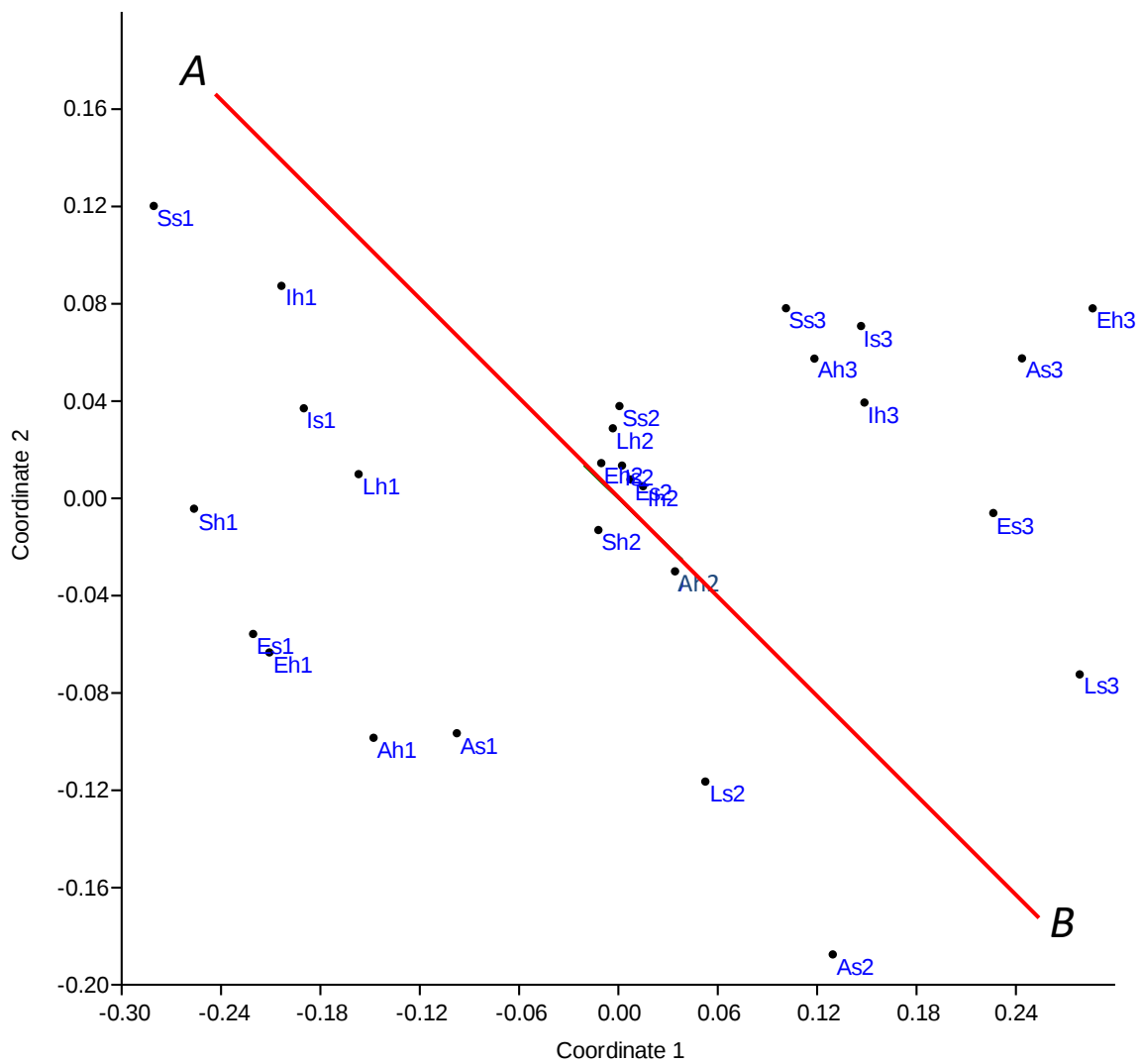


FIGURA 7. Análisis NMDS. *A* variables = Transparencia, profundidad, pH, demanda bioquímica de oxígeno y amonio. *B* variables = Temperatura, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, nitratos, alcalinidad total, fósforo total, cloruros, sulfatos, y clorofila.

TABLA 13. Calidad del hábitat (HQ) y Calidad de agua (WQ) para todos los sitios y temporadas en el lago de Cuitzeo.

	Calidad del Hábitat (HQ)	Calidad del Agua (WQ)	Categoría
La Palma (LP)	4	3	Pobre
San Agustín (SA)	4	3	Pobre
Andocutín (AN)	4	3	Pobre
Irámuco (IR)	4	2	Pobre
Estación Queréndaro (EQ)	4	2	Pobre

TABLA 14. Condiciones físicas de los sitios en el lago de Cuitzeo.

	CONDICIÓN	OCT.	DIC.	FEB.	ABR	MEDIA	MÁX	MÍN
IRAMUCO	Temp. aire	20	24	21	31	24 (± 4.966)	31	20
	Temp. agua	28	22.5	16	20	21.625 (± 5.022)	28	16
	Transparen. (cm)	27	19.5	26	18	22.625 (± 4.534)	27	18
	Profundidad (cm)	89	1	56	37	45.75 (± 36.763)	89	1
ANDOCUTIN	Temp. aire	23	17	16	25	20.25 (± 4.42)	25	16
	Temp. agua	25	19	19	18	20.25 (± 3.20)	25	18
	Transparencia (cm)	24	26	15	10.5	18.875 (± 7.352)	26	10.5
	Profundidad (cm)	37.5	32	18	14	25.375 (± 11.17)	37.5	14
EST. QUEREN.	Temp. aire	29	23	20	27	24.75 (± 4.03)	29	20
	Temp. agua	31.5	26	21	23	25.375 (± 4.57)	31.5	21
	Transparencia (cm)	23	22.5	21	18.5	21.25 (± 2.02)	23	18.5
	Profundidad (cm)	92		60	38	63.333 (± 27.153)	92	38
SAN AGUSTIN	Temp. aire	26	22.5	20	32	25.125 (± 5.202)	32	20
	Temp. agua	29	20	19	21	22.25 (± 4.573)	29	19
	Transparencia (cm)	29	58	17.5	15	29.875 (± 19.716)	58	15
	Profundidad (cm)	50	85	85	53	68.25 (± 19.379)	85	50
LA PALMA	Temp. aire	20	16	16	29	20.25 (± 6.13)	29	16
	Temp. agua	25	20	19	20.4	21.1 (± 2.66)	25	19
	Transparencia (cm)	25	26	28	17	24 (± 4.83)	28	17
	Profundidad (cm)	25	37	35	20	29.25 (± 8.09)	37	20

DISCUSIÓN

Es importante comprender cómo es el comportamiento trófico de la tilapia debido a que se trata de una especie introducida con fines de acuicultura. Esto con la finalidad de poner a disposición de las personas una fuente de proteína y al mismo tiempo generar ingresos (Stickney, 1993). No existen estudios acerca de los aspectos tróficos de *Oreochromis spp* hasta la actualidad (últimos 30 años). Para este estudio se establece que existe variación espacio-temporal en la composición de la dieta de la tilapia en Cuitzeo. El comportamiento trófico de la tilapia que se registra en el lago se debe a la disponibilidad y no a la preferencia de los artículos alimentarios.

La acuicultura

Desde finales de la década de 1970 se han introducido alevines con la finalidad de repoblar los sitios de producción. Sin embargo, las repoblaciones se han llevado a cabo sin la plena identificación de las tilapias (Espinosa-Lemus *et al.*, 2009), por lo que es difícil separar por especies, variedades e híbridos a las diferentes tilapias que pueden existir en el lago de Cuitzeo. En este trabajo se realizaron análisis morfométricos donde se incluyeron medidas corporales, merísticas e incluso mediciones de la placa de dientes faríngeos para discernir entre las posibles especies de tilapia.

El análisis de las variables morfométricas, no separó grupos entre las tilapias del lago de Cuitzeo. Por tanto, con este modelo matemático, no fue posible separar las especies de tilapia debido a las dificultades taxonómicas del grupo. Sin embargo, en Espinosa-Lemus *et al.*, (2009), señalan que las medidas morfométricas 4, 12, 13, 14 y 15 (ver Tabla 1 para referencia) son las de mayor variación y utilizan estas para identificar tres especies de tilapias en la presa de Infiernillo y Zicuirán. En el presente estudio fueron las medidas 1, 2, 7, 13 y 19 las que presentaron mayor variación. Sin embargo, no hubo una agrupación clara entre los peces a través del ACP. Esto puede ser el reflejo de la adaptabilidad y plasticidad fenotípica que presenta el grupo de las tilapias (Pérez *et al.*, 2004) o al reducido tamaño de muestra.

Por otro lado, el análisis merístico de los dientes (bicúspides) del hueso faríngeo reveló que se trata de un solo género: *Oreochromis* (Arredondo, 1989 y Espinosa-Lemus *et al.*, 2009). En el trabajo de Espinosa-Lemus, *et al.*, (2009) con el análisis de los dientes faríngeos identificaron dos géneros de tilapias: *Tilapia* y *Oreochromis*. Dada la importancia taxonómica que representa la placa de dientes faríngeos para discernir entre los diferentes géneros del grupo de las tilapias (Arredondo, 1989), el análisis de dicha placa arrojó que existe una fuerte similitud entre los peces muestreados. De este modo se confirma que el género presente en el lago de Cuitzeo es *Oreochromis*.

Con todo, parece ser que la manera más certera de identificar a las diferentes especies es utilizar herramientas moleculares (Barriga-Sosa *et al.*, 2004; Espinosa-Lemus *et al.*, 2009 y Arredondo *et al.*, 2007).

Análisis trófico

A partir del análisis del contenido estomacal se determinó que son nueve los artículos alimentarios mayormente consumidos por *Oreochromis spp.* Es un organismo que presenta el comportamiento de un omnívoro dada su capacidad para alimentarse de distintos gremios tróficos y aprovechar el consumo de diferentes niveles tróficos, cuando los artículos alimentarios preferentes son escasos (Jiménez-Badillo y Nepita- Villanueva, 2000). Esto se ve reforzado con los resultados del índice de omnivoría.

Sin embargo, la tilapia es un oportunista pues aprovecha los artículos alimentarios abundantes como son el detritus y los restos vegetales de plantas vasculares, dichos artículos representan aproximadamente el 60% y en algunos casos pueden alcanzar hasta el 90% de su dieta. Existen organismos omnívoros como la carpa común (*Cyprinus carpio*) que presentan un comportamiento especialista, esto posiblemente se debe a la alta disponibilidad ciertos artículos alimentarios como los restos vegetales en lagos eutróficos como Pátzcuaro (Ramírez-Herrejón, 2013, Ramírez-Herrejón *et al.*, 2014 y Ramírez-Herrejón *et al.*, 2015). La tilapia en la presa de Infiernillo (*Oreochromis aureus*) presentó un comportamiento semejante al del presente trabajo, es decir una fuerte tendencia a consumir detritus y resto vegetales, lo cual puede ser un efecto de la materia orgánica disponible cuando el nivel del agua en la presa se incrementa y cubre la ribera

del río y de esta manera aumenta la disponibilidad de dichos artículos alimentarios (Jiménez-Badillo y Nepita- Villanueva, 2000).

En la temporada de lluvia los peces de San Agustín y Andocutín consumen mayormente cladóceros y ostrácodos, esto se debe a que se capturó una mayor proporción de alevines en estas zonas. Una circunstancia similar se presenta en el Andocutín durante la estación de estiaje. Los peces en La Palma durante la misma temporada consumen en mayor proporción algas. Para el caso de los peces de La Palma durante la estación de estiaje se reporta una concentración elevada de clorofila *a* (564.5µg/L) (Hurtado, 2015), hecho que la tilapias pueden aprovechar debido a que estas son capaces de cambiar el consumo de sus presas pasando de detritívoros a fitoplanctófagos, cuando las algas son muy abundantes (Wootton, 1990). La variación en la composición de la dieta a través de un gradiente espacio temporal se aprecia mejor con la ayuda del análisis de traslape de dieta entre sitios y temporadas. En dicho análisis se demostró que durante la estación de estiaje los peces de San Agustín y Andocutín presentan menor traslape de dieta en comparación con los de Estación Queréndaro y los de San Agustín contra los de Irámucu, así mismo los peces de La Palma presentan diferencias en la composición de la dieta contra los de San Agustín e Irámucu en la estación de lluvias. Es posible que la variación espacio-temporal registrada en la composición de la dieta de *Oreochromis* spp se deba a la presencia de un mayor número de alevines, pues utilizan los recursos de manera distinta a los adultos. Mar-Silva (2015), no solo demostró que existe variación en la dieta de *Chirostoma jordani* del lago de Cuitzeo, además presentan cambios entre las tallas. Las poblaciones de peces son fluctuantes en el lago de Cuitzeo (Marín, 2015), seguramente como reflejo de los cambios fisicoquímicos que pueden presentar en este lago (Hurtado, 2015) y es posible que un fenómeno similar se aprecie con la tilapia, pero es necesario corroborarlo con estudios posteriores.

El análisis por clase de talla revela las diferencias en la estrategia trófica de la tilapia en el lago de Cuitzeo. A pesar de que el IIR en lo general sugiere que la tilapia consume detritus y restos vegetales, lo cierto es que únicamente los consume hasta que alcanza tallas mayores a 29 mm. Peces de talla pequeña son principalmente zooplanctófagos. El IIR para la clase de talla menor que 29mm muestra que los artículos alimentarios más importantes son los cladóceros y ostrácodos. En cuanto al nivel trófico en lo general *Oreochromis* spp. es un consumidor primario. Sin embargo, en un análisis más detallado del nivel trófico, las tallas mediana y grande son consumidores primarios, mientras que la

talla pequeña es consumidor secundario. Este hecho demuestra que la estrategia trófica de las tilapias, a medida que crecen es cambiar su dieta. En el trabajo de Jiménez-Badillo y Nepita- Villanueva (2000), mencionan que *O. aureus* también cambia su dieta a medida que crece, de esta manera los peces de talla adultas aprovechan el detritus mientras que las tallas pequeñas consumen diversos elementos alimentarios.

Es posible que los alevines (talla menor que 29mm) requieran de una dieta rica en proteína para desarrollarse rápidamente (Mc Bay, 1961). Una fuente rica en proteína es precisamente el zooplancton, esto ayuda al desarrollo del tracto digestivo y a la producción de enzimas digestivas (Prieto y Atencio, 2008). Otro aspecto que contemplar es la teoría del óptimo forrajeo, donde el tiempo para consumir artículos alimentarios sésiles es menor y por tanto se maximiza la ganancia calórica al aprovechar mayor cantidad de dicho recurso en contraste al cazar organismos móviles (Mc Arthur y Pianka, 1966 y Pyke 1984). Por otro lado es posible que el desarrollo enzimático de los alevines no esté completo y como consecuencia no consuma restos vegetales y detritus.

Finalmente se consideran las condiciones fisicoquímicas como una factor que modifica de las poblaciones de *Oreochromis spp* en el lago de Cuitzeo. El análisis NMDS pondera las variables fisicoquímicas contras las variables biológicas y de esta manera se puede entender mejor cómo interactúan ambos aspectos. En este caso se han agrupado las tres clases de talla. Dentro de cada grupo no todos los puntos se ven afectados de la misma forma.

Las variables como: transparencia, profundidad, pH y amonio aparentemente afectan a la presencia o ausencia de peces de talla pequeña, en especial a los peces de San Agustín e Irámuco de la estación de estiaje, así como a los de Irámuco y La Palma de la estación lluviosa. Las variables como transparencia, profundidad y temperatura limitan al plancton y a su vez la transparencia a la probabilidad de los alevines de capturar el zooplancton (Utne-Palm, 2001). En el resto de los sitios parece ser que los peces no son afectados por dichas variables. Esto se debe a que estas variables limitan al fitoplancton que a su vez afecta al zooplancton. Aunado a lo anterior en los sitios como Estación Queréndaro y Andocutín son lugares que mantienen sus condiciones fisicoquímicas durante la mayor parte del año favoreciendo la proliferación de las poblaciones de fitoplancton.

Por otro lado, las variables: temperatura, oxígeno disuelto, sólidos disueltos, alcalinidad, fósforos, cloruros y sulfatos son variables que afectan a la producción primaria (Hurtado,

2015), esto afecta al zooplancton y por tanto modifica la disposición de los puntos en la gráfica del NMDS para las clases de talla menores que 29mm. Con todo, el efecto parece ser menos contundente para las clases de talla dos y tres. Esto se debe en parte a la acumulación de detritus en el fondo del lago, debido a que Cuitzeo es un cuerpo de agua eutrófico (Hurtado, 2015), lo que le brinda a las clases mediana y grande alta disponibilidad de detritus.

Esto no implica que la mojara sea detritívora estricta, simplemente es el recurso más abundante y únicamente se aprovecha de este. Por otro lado, la estrategia trófica que presenta *Oreochromis spp* es clara, cuando se encuentra en etapa de alevín es principalmente zooplanctófago, al ir madurando cambia su dieta para aprovechar recursos más abundantes.

Resulta interesante comparar la dieta de los alevines de tilapias contra la de los chales (*Chirostoma jordani*) dado que se compone de zooplancton, particularmente de cladóceros y copépodos calanoideos de natación libre. Además, los charales consumen insectos de vida terrestre, esto nos indica que su zona de alimentación se encuentra en aguas abiertas (Mar Silva, 2015), a diferencia de las tilapias, que se alimentan de ostrácodos que pertenecen al perifiton (Moncayo-Estrada, 1996 y Acuña Lara, *et al.*, 2006). Por tanto, los resultados no muestran evidencia certera para soportar la hipótesis de que *Oreochromis spp* compite con el resto de las especies ictiológicas que existen en el lago de Cuitzeo, debido principalmente al aprovechamiento de los recursos más abundantes en el lago (lirio y detritos). Sin embargo, hace falta probar esta interacción y queda como sugerencia analizar el traslape de dieta de los alevines de tilapia contra la dieta de *Ch. jordani*.

Sin duda, los procesos ecológicos que con lleva introducir especies provoca alteraciones en las comunidades e incluso extinción de especies. *Oreochromis spp* lleva al menos 30 años en el lago de Cuitzeo y el efecto negativo que tuvo alguna vez ahora sea difuso. Sin embargo, la pérdida de hábitat es considerada como la principal causa de extinción biológica y Cuitzeo presenta una calificación pobre en cuanto a la calidad del agua y ambiental. Con todo, la tilapia es un recurso muy valioso para los lugareños. Muchas familias consumen y comercian con este pescado, por tal motivo se sugiere mejorar el manejo de cultivo de *Oreochromis spp*. Es indispensable cambiar las prácticas del cultivo extensivo por una de cultivo intensivo o semi-intensivo para incrementar y mejorar la producción, sin la necesidad de liberar peces.

CONCLUSIONES

- La dieta de *Oreochromis spp* se compone de nueve artículos alimentarios, de los cuales los más consumidos son los restos vegetales y el detritus. Existe variación en el aprovechamiento de los artículos alimentarios a través de un gradiente espacio-temporal.
- *Oreochromis spp* es un *oportunista* que aprovecha pocos artículos alimentarios pero los más disponibles.
- *Oreochromis spp* cambia su nivel así como su gremio trófico durante su desarrollo ontogénico. Inicia su vida como consumidor secundario zooplanctófago y cambia cuando se hace adulto a consumidor primario herbívoro-detritívoro.
- La dieta de los alevines de *Oreochromis spp* se encuentra influenciada por la heterogeneidad de los factores fisicoquímicos que se presentaron en el lago de Cuitzeo, mientras que los peces de tallas mayores no se ven influenciados por dichos factores.

BIBLIOGRAFÍA.

- Acuña Lara, J. O., M. Medina Nava y T. Zubieta Rojas. 2006. Hábitos alimenticios de dos especies de peces vivíparos de la Mintzita. Cuenca Lerma-Chapala, Michoacán, México. *Biológicas*. 8: 47-60.
- Amador del Ángel L.E., E. del C. Guevara Carrió, R. Brito Pérez y E. Endañú Huerta. 2014. Aspectos biológicos e impacto socio-económico de los plecos del género *Pterygoplichthys* y dos cíclidos no nativos en el sistema fluvio lagunar deltaico Río Palizada, en el Área Natural Protegida Laguna de Términos, Campeche. Universidad Autónoma del Carmen. Centro de Investigación de Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias Naturales. Informe final SNIB-CONABIO Ficha técnica tilapia *Oreochromis niloticus*, proyecto No. GN004 México D. F.
- Alcocer, J. y F. W. Bernal-Brooks. 2010. Limnology in Mexico. *Hidrobiología* 644 (1): 15–68.
- Arcos Guzmán, I. 2011. Cultivo de Tilapia en México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. (U.M.S.N.H.). Morelia, Michoacán, México.
- Arredondo Figueroa J.L. y M. Tejeda Salinas. 1989. El hueso faríngeo, una estructura útil para la identificación de especies de la tribu tilapiini (Pisces; Cichlidae), introducidas en México. *An. Inst. Cienc. Del mar y Limnol. Universidad Autónoma de México. U.N.A.M.* 16(1):59-68.
- Arredondo, F.J. y S.G. Lozano. 1996. El cultivo de la tilapia en México, en Primer Curso Internacional de Producción de Tilapia. UNAM, SEMARNAP, UAMI y Fac. Med. Vet. y Zoot. México: 7-18 p.
- Arredondo Figueroa J. L. y S. D. Lozano García. 2003. La acuicultura en México. Primera edición Departamento de Hidrobiología, planta experimental de producción acuícola PEXPA y Universidad autónoma Metropolitana. Iztapalapa, México D.F.
- Arredondo Figueroa J. L, G. Díaz Zavaleta y J. Ponce Palafox. (Compiladores). 2007. Limnología de presas mexicanas aspectos teóricos y prácticos. Primera edición. AGT Editor, S.A. México D.F.

- Barriga-Sosa, I. D. L. A., M. L. Badillo-Jiménez, A. L. Ibáñez-Aguirre y J. L. Arredondo-Figueroa. 2004. Variability of tilapias introduced in Mexico: morphometric, meristic and genetic characters. *Journal of Applied Ichthyology* 20: 7-14.
- Buenrostro, O. e I. Israde. 2003. La Gestión de Los Residuos Sólidos Municipales En La Cuenca Del Lago de Cuitzeo, México. *Rev. Int. Contam. Ambient* 19 (4): 161–69.
- Castañeda Hernández. 2012. La vida en la laguna: Cambio y rutina en la isla de Tzirio. En Bravo Espinosa M., G. Barrera Camacho, M. E. Mendoza, J. T. Sáenz Reyes, F. Bahena Juárez y R. Sánchez Martínez. (Editores) Contribuciones para el desarrollo sostenible de la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán. 15-24.
- Caraballo, P. 2009. Efecto de Tilapia *Oreochromis niloticus* sobre La Producción Pesquera Del Embalse El Guájaro Atlántico-Colombia. *Revista MVZ Córdoba* 14 (3).
- Cailliet G. M., M. S. Love y A. W. Ebeling. 1986. Fishes. A field and laboratory manual on their structure, identification, and natural history. California, Estados Unidos. 194 pp.
- Canto-Maza W. G. y M. E. Vega-Cendejas. 2008. Hábitos alimenticios del pez *Lagodon rhomboides* (Perciformes: Sparidae) en la laguna costera de Chelem, Yucatán, México. *Rev. Biol. Trop.* 56 (4): 1837-1846.
- Chacón Torres, A. 1980. Contribución al conocimiento de la ecología y composición de la ictiofauna del lago de Cuitzeo, Mich. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18: 117-143.
- Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54:726-738.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. ESTRATEGIA NACIONAL SOBRE ESPECIES INVASORAS EN MÉXICO, PREVENCIÓN, CONTROL Y ERRADICACIÓN. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México.
- COMPESCA <http://www.compesca.michoacan.gob.mx/>
Consultado el 27 de Julio del 2014.

- COMPECA <http://www.compesca.michoacan.gob.mx/index.php/noticias/42-comprometido-el-gobierno-del-estado-con-el-crecimiento-de-los-programas-pesqueros-y-acuicolas>
Consultado el 6 de enero del 2015.
- CONABIO. http://avesmx.conabio.gob.mx/lista_ave?tipo=aica&zona=2
Consultado el 24 de Julio de 2014.
- Córdova-Tapia, F., M. Contreras y L. Zambrano. 2014. Trophic Niche Overlap between Native and Non-Native Fishes. *Hydrobiologia*. DOI:10.1007/s10750-014-1944-z.
- Cram, S., L. Galicia e I. Israde-Alcántara (comps.). 2010. Atlas de la Cuenca del Lago de Cuitzeo: Análisis de su Geografía y Entorno Socioambiental. Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (U.N.A.M.).
- de la Lanza-Espino, G. y J. L. Arredondo Figueroa. (Comps.). 1990. La acuicultura en México: de los conceptos a la producción. Instituto de Biología. Universidad Autónoma de México (U.N.A.M.). México. 315 pp.
- Edmondson, W. T. 1959. *Fresh-Water Biology*. John Wiley & Sons, Inc, Nueva York. 1248 pp.
- Espinoza-Lemus V., J. L. Arredondo Figueroa e I. Barriga Sosa. 2009. Morphometric and genetic characterization of tilapia (Cichlidae: Tilapiini) stocks for effective fisheries management into two mexican reservoir. *Hidrobiológicas*, 19(2):95-107.
- ESQUEMA INTEGRAL PARA EL ORDENAMIENTO PESQUERO, EN CUERPOS DE AGUA CONTINENTALES DE MÉXICO. 2014. "SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN COMISIÓN NACIONAL DE ACUACULTURA Y PESCA. (SAGARPA)"
<http://207.248.177.30/mir/uploadtests/24313.177.59.1.ORD%20PESQ%20EMBALSES.pdf>.
Consultado el 20 de Julio de 2014.
- Jiménez-Badillo, M. L. y M. R. Nepita-Villanueva. 2000. Espectro Trófico de La Tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) En La Presa Infiernillo, Michoacán-Guerrero, México. *Rev. Biol. Tro.* 48-(2/3): 487-494.
- FAO: <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/tilapia-del-nilo-pagina-principal/es/>
Consultado el 24 de Julio de 2014.

- Franco, C., L. Galicia, L. Durand y S. Cram. 2011. Análisis del impacto de las políticas ambientales en el lago de Cuitzeo (1940-2010). *Investigaciones Geográficas*. 75: 7–22.
- García-Berthou y Moreno-Amich. 2000 Introduction of exotic fish into a Mediterranean lake over a 90-years period. *Arch. Hydrobiol.* 149(2): 271-284.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper y P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologica Electronica* 4(1): 9pp.
- Hlophe, S. N., N. A. G. Moyo e I. Ncube. 2014. Postprandial Changes in pH and Enzyme Activity from the Stomach and Intestines of *Tilapia rendalli* (Boulenger, 1897), *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) and *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Journal of Applied Ichthyology* 30 (1): 35–41.
- Hurlbert, S.H. 1978. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology* 59: 67-77.
- Hurtado, A. 2015. Limitación nutrimental y sus efectos en la productividad acuática en el lago de Cuitzeo, Michoacán, México. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich.
- Hyndman R. J. 1995. The problem With Sturges' Rule for constructing histograms. <http://robjhyndman.com/papers/sturges.pdf>
Consultado el 24 de Julio de 2014.
- Hynes, H. B. N. 1950. The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*) with a review of methods used in studies of the food of fishes. *J Anim Ecol.* 19: 36-58.
- INEGI:
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/productos/default.aspx?c=265&s=inegi&upc=702825590642&pf=Prod&ef=&f=2&cl=0&tg=3594&pg=2&ct=201100000#registroUsuario>
Consultado el 24 de Julio de 2014.
- Israde-Alcántara, I., O. Buenrostro-Delgado, V. H. Garduño-Monroy, V. M. Hernández-Madrigal y E. López Granados. 2008. Problemática Geológico-Ambiental de Los Tiraderos de La Cuenca de Cuitzeo, Norte Del Estado de Michoacán. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana* 60 (2): 203–11.
- Krebs, J. 1989. *Ecological methodology*. 2da Edición. Harper and Row, Nueva York, NY, Estados Unidos.
- Krebs, C. J. 2001. *Ecology*. Benjamin Cummings. Estados Unidos. 695 pp.

- López Granados E.M., G. Bocco y M.E. Mendoza 2001. Cambio en la cobertura vegetal y uso de suelo. En Mendoza, M.E., G Bocco y E. López. Regionalización ecológica, conservación de recursos naturales y ordenamiento territorial en la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán. Informe técnico, Proyecto No. 98306024. Programa SIMORELOS-CONACyT, México pp. 273
- Marín García, M.A. 2015. Parámetros poblacionales de *Chirostoma jordani* (Woolman, 1894) (Actinopterygii: Atheriniformes) en el lago de Cuitzeo, Michoacán, México. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich.
- Martínez, T. M. 1983. Contribución al conocimiento de *Poecilia sphenops Valenciennes* (Pisces: Poeciliidae), en la presa de Zicuirán, Mich. Tesis de licenciatura. UMSNH
- Mc Bay, L.G. 1961. The biology of *Tilapia nilotica* Linnaeus, recently redescribed as *T. aurea* Steindachner. Proceedings of the Fifteenth Annual Conference Southeastern Association of Game and Fish Commissioners. 208-218.
- Mendoza R. y P. Koleff (coords.). 2014. Especies Acuáticas Invasoras de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de La Biodiversidad. (CONABIO).
- MacArthur R. H. y E. R. Pianka. 1966. On optimal use a patchy environment *Am. Nat* 100: 603-609.
- Meyerson L. A. y H. A. Mooney. 2007. Invasive alien species in an era of globalization. *Front Ecol Environ* 5(4): 199–208
- Moncayo-Estrada R. 1996. estructura y función de la comunidad de peces de la laguna de Zacapu, Michoacán, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (C.I.C.I.M.A.R.). Instituto Politécnico Nacional (I.P.N.). La Paz, Baja California Sur, México
- Morales Díaz A. 1991. La Tilapia en México. Biología, cultivo y pesquerías. Primera edición. AGT, Editor, S.A. México D.F.
- Narváez, J. C., A. Acero y J. Blanco. 2005. Variación Morfométrica En Poblaciones Naturalizadas y Domesticadas de La Tilapia Del Nilo *Oreochromis niloticus* (Teleostei: Cichlidae) En El Norte de Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc* 29: 383–94.
- Nelson, J. S. 2006. Fishes of the world. Cuarta edición. Ed. John y Sons. Canadá. pp. 622.
- Ortega Murillo, M. R., R. Alvarado Villanueva, J. D. Sánchez Heredia, R. Hernández Morales, M. Arredondo Ojeda e I. Martínez Sánchez. 2011. Abundancia Y Distribución Del Fitoplancton en un Lago Hiposalino, Michoacán, México. *Revista Biológicas* 13 (2): 15–20.

- Ortega Murillo, M. R., I. Israde Alcántara, R. Alvarado Villanueva y M. Arredondo Ojeda. 2012. Las algas, su composición y abundancia en el lago de Cuitzeo de 1976 a 2002. En Bravo Espinosa M., G. Barrera Camacho, M. E. Mendoza, J. T. Sáenz Reyes, F. Bahena Juárez y R. Sánchez Martínez. (Editores) Contribuciones para el desarrollo sostenible de la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán. 95-104.
- Pauly, D.R. Froese, P. Sala, ML Palomares, V. Christensen y J Rius. 2000. Trophlab Manual. ICLARM, Manila.
<file:///C:/Users/56159/Documents/aaaa%20de%20maestria%20con%20tina/congreso%20internacional%20de%20ictiologia/trophlab/Troph.htm>
Consultado el 24 de Julio de 2014.
- Pérez J. E., C. Muñoz, L. Huaquín y M. Nirchio. 2004. Reagos de la introducción de tilapia (*Oreochromis sp.*)(Perciformes: Cichlidae) en ecosistemas acuáticos de Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 77: 195-199.
- Pimentel D., L. Lach, R. Zuniga y D. Morrison. 2000. Environmental and Economic Costs of Nonindigenous Species in the United States. Bio Science. 50(1): 53-65.
- Pyke G. H. 1984. Optimal foraging theory: A critical review. *Annual Review of Ecology* 15: 523-575.
- Pinkas, L., M. S. Oliphant e I. L. K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, Bluefin tuna and bonito in California waters. Fishery Bulletin. No. 152.
- Prieto G, Martha and Atencio G, Victor. 2008 Zooplankton en la larvicultura de peces neotropicales. Rev.MVZ Córdoba. 13 (2): 1415-1425
- Ramírez Herrejón J. P. 2013. Ecología trófica de *Cyprinus carpio* y su relación con la estructura comunitaria de peces del lago de Pátzcuaro, Michoacán. Tesis Doctoral. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México.
- Ramírez-Herrejón J. P., L. S. Castañeda-Sam, R. Moncayo-Estrada, J. Carabeo-Patiño y E. F. Balart. 2013. Trophic ecology of the exotic Lerma liverbearer *Poeciliopsis infans* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) in the Lago de Pátzcuaro, Central Mexico. Rev. Biol. Trop. 61 (3): 1289-1300.
- Ramírez-Herrejón J. P., R. Moncayo-Estrada, E. F. Balart, L. A. García Camacho, Vital Rodríguez, R. Alvarado Villanueva, R. Ortega Murillo y J. Carabeo-Patiño. 2014. Trophic interrelations between introduced common carp, *Cyprinus carpio* (ACTINOPTERYGII:

- Ramírez-Herrejón J. P., Mercado-Silva N., Balart E. F., Moncayo-Estrada R, Mar-Silva V. y Caraveo-Patiño J. 2015. Environment degradation in a Eutrophic Shallow lake due to abundance of non-native *Cyprinus carpio*. Environmental Management. 56 (3): 603-617.
- Rodríguez-Cázares D. G. 2008. Hábitos alimentarios de *Poeciliopsis fasciata* (Meek, 1904) y *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1948) en la porción oaxaqueña de la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca, México.
- Rush Miller, R. 2009. Peces dulceacuícolas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Sociedad ictiológica Mexicana A.C., El Colegio de la Frontera Sur y Consejo de los Peces del Desierto México-Estados Unidos. México, D.F. http://www.google.com/cse?cx=008095775353890783041:ua2nqooq8hq&q=miller&oq=miller&gs_l=partner.3..6202.7740.0.9428.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.gsnos%2Cn%3D13...0.2844j2298868j7..1ac.1.25.partner..0.0.0.#gsc.tab=0&gsc.q=miller&gsc.page=1
Consultado el 9 de abril de 2014.
- Sánchez, Ó., M. Herzig, E. Peters, R. Márquez-Huitzil y L. Zambrano. (EDITORES) 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Primera Edición. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, U.S. Fish & Wild life service, Unidos para la Conservación A.C. y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 297 pp.
- Sall, John (Fall 1996). "Deep Interactivity". SAS Institute, Inc. http://www.jmp.com/about/newsletters/jmpcable/pdf/03_fall_1996.pdf.
Revisado 8 de Julio de 2014.
- Stark, W. y R. Schroeder, 1970. Investigation on the grey Snapper *Lutianus griseus*. Studies in Tropical Oceanography. 101: 210-224.
- Stickney R.R. 1993. Tilapia. En: Stickney RR (ed) Culture of non-salmonid freshwater fishes: 81-115. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Strayer D. 2010. Alien species in fresh waters: ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future. Freshwater Biology.55: 152-174.

- Toledo-Pérez, S.J. y M. C. García-Capote. 2000. Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América Latina y el Caribe. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México. pp 83-137.
- Trujillo-Jiménez, P. y E. Díaz-Pardo. 1996. Espectro trófico de *Ilyodon whitei* (Pisces: Goodeidae) en el río del muerto, Morelos, México. Rev. Biol. Trop. 44: 755-761.
- Utne-Palm A. C. 2001. Visual feeding of fish in a turbid environment: Physical and behavioural aspects. Marine and freshwater Behaviour and Physiology. 35(1-2): 111-128.
- Villaseñor Gómez, L. E. 2005. La biodiversidad en Michoacán: estudio de estado. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad : Gobierno del Estado de Michoacán, Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente : Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Villalobos Castañeda B. 2007. Contenido de metales pesados en agua y sedimentos en la desembocadura del Río Grande de Morelia en el lago de Cuitzeo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. (U.M.S.N.H.). Morelia, Michoacán, México.
- Vital-Rodríguez B. 2011. Hábitos alimenticios del género *Chirostoma* del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. (U.M.S.N.H.). Morelia, Michoacán, México.
- Wallace R.K.Jr. 1981. An assesment of diet-overlap indexes. Transactions of the America Fisheries Society 110 (1): 72-76. DOI: 10.1577/1548-8659(1981)110<72:AAODI>2.0.CO;2
- Wootton, R.J. 1990. Ecology of Teleost Fishes. Chapman and Hall. Fish and Fisheries Series 1. Londres. 404 p.
- Yáñez-Arancibia A., J. Curriel-Gómez y V. L. de Yáñez. 1976. Prospección biológica y ecológica del bagre marino *Galeichthys caeruleus* (Gunther), en el sistema lagunar costero de Guerrero, México (Pises: Ariidae). Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. 3 (1): 125-180 pp.
- Zambrano L. y C. Macías-García. 1999. (Capítulo 6) Impact of Introduced Fish for Aquaculture in Mexican freshwater Systems. En Renata Claudi, Joseph H. Leach (Editor). Nonindigenous Fresh Water Organisms: Vectors, Biology, and Impacts. pp. 113-124.
- Zambrano, L., M. Scheffer, y Miguel Martínez-Ramos. 2001. Catastrophic Response of Lakes to Benthivorous Fish Introduction. Oikos 94 (2): 344–50.

- Zambrano, L., E. Martínez-Meyer, N. Menezes, P.A. Townsend. 2006. Invasive potential of common carp (*Cyprinus carpio*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in American freshwater systems. *Can J Fish Aquat Sci*; 63(9):1903–1910
- Zengeya, T. A., A. J. Booth, A. DS Bastos, y C. T. Chimimba. 2011. Trophic Interrelationships between the Exotic Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* and Indigenous Tilapiine Cichlids in a Subtropical African River System (Limpopo River, South Africa). *Environmental Biology of Fishes* 92 (4): 479–89.
- Zubieta Rojas, T. 1985. Estudios sobre los hábitos alimenticios de seis especies de peces del Lago de Cuitzeo, Mich. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. (U.M.S.N.H.) Morelia, Michoacán, México.