

**Análisis ecológico de la población de carpas
(*Cyprinus carpio*) Lobina (*Micropterus salmoides*) y
Tilapia (*Tilapia melanopleura*) en el lago de
Pátzcuaro, Mich.**

Informe Final

Luis Zambrano, Fernando Córdova Tapia, Teodiceldo Camargo, Eduardo
Bustamante, Laura Bustamante

Laboratorio de Restauración Ecológica

Instituto de Biología, UNAM

Marzo 23 del 2010, México D. F.

Índice

Introducción General

1 Análisis de la abundancia de la carpa (*Cyprinus carpio*) en el Lago de Pátzcuaro

1.1 Introducción

1.2 Zonas de pesca

1.3 Talleres con los pescadores

1.4 Métodos de Pesca

1.5 Resultados

1.5.1 Generalidades

1.5.2 Tallas de captura (longitud patrón, LP)

1.5.3 Relación talla-peso

1.5.4 Estimación de los parámetros de crecimiento

1.5.5 Proporción de sexos

1.5.6 Captura total por zona

1.5.7 Esfuerzo pesquero por zona

1.5.8 Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) por zona

1.5.9 Captura total por temporada y esfuerzo pesquero

1.5.10 Captura por unidad de esfuerzo por temporada

1.5.11 Estimación de la abundancia y densidad de carpas

1.5.12 Relación densidad-peso

1.5.13 Mortalidad

1.5.14 Rendimiento máximo sostenible (RMS)

1.6 Conclusiones y Recomendaciones

2 Caracterización de la estructura trófica del lago de Pátzcuaro: impacto de las especies exóticas carpa (*Cyprinus carpio*) y tilapia (*Oreochromis aureus*) en la fauna nativa

2.1 Introducción

2.2 Método

2.2.1 Zona de estudio

2.2.2 Colecta en campo

2.2.3 Procesamiento de muestras

2.2.4 Análisis de isótopos estables

2.2.5 Caracterización de la estructura trófica

2.2.6 Análisis multivariado de varianza

2.2.7 Contenido estomacal

2.2.8 Análisis de envoltura convexa

2.2.9 Análisis de nicho trófico

2.3 Resultados

2.3.1 Caracterización de la estructura trófica

2.3.2 Regionalización

2.3.3 Peces

2.4 Discusión

2.4.1 Caracterización de la estructura trófica

2.4.2 Regionalización

2.4.3 Peces

2.5 Conclusiones

Conclusiones generales

Bibliografía

Anexo 1

Anexo 2

Introducción General

Para realizar un proyecto de reducción de especies exóticas en Pátzcuaro es necesario realizar un análisis de la abundancia de las especies exóticas y de sus efectos por competencia de alimento. Esta información ayudará a comprender la magnitud del problema que estos peces están haciendo en el ecosistema. Así, este proyecto se dividió fundamentalmente en dos partes: la primera se basó en un análisis pesquero mientras que la segunda se basó en un análisis de nicho trófico. Así está dividido este informe final.

Dentro de la primera parte el proyecto buscó el entender los efectos de las diferentes especies exóticas dentro del lago. Sin embargo, los datos iniciales del estudio indicaron que las abundancias de las especies como la Lobina (*Micropterus salmoides*) y Tilapia (*Tilapia melanopleura*) no eran lo suficientemente grandes como para hacer un proyecto de reducción de esas especies en particular. Por lo tanto, la primera parte del informe que trata sobre análisis de pesquerías se centró en las carpas (*Cyprinus carpio*). Los resultados generales sugieren que la abundancia de carpas es menor a la esperada, pero que se puede realizar una pesca intensiva con el fin de reducir su abundancia significativamente.

La segunda parte del informe versa sobre redes tróficas y los efectos que pueden tener las especies exóticas en el nicho trófico de las especies nativas en el lago de Pátzcuaro. En este caso, no logramos coleccionar ninguna lobina por lo que el estudio sólo se centró en las carpas y las tilapias haciendo una comparación con las especies nativas. En este caso el estudio encontró que tanto la carpa como la tilapia se sobrelapan en el nicho trófico con todas las especies de peces nativos lo que genera una posible competencia con toda la riqueza íctica del lago. Esto es particularmente interesante porque las especies nativas ninguna sobrelapa su nicho trófico lo que sugiere que pueden convivir por que no existe competencia por alimento. Así la competencia por alimento puede estar generando la reducción de las especies nativas por parte de las exóticas.

1 Análisis de la abundancia de la carpa (*Cyprinus carpio*) en el Lago de Pátzcuaro

1.1 Introducción

Este documento informa sobre resultados del análisis de la pesca de la carpa (*Cyprinus carpio*) en Pátzcuaro. Puesto que los resultados preliminares indicaron que las carpas tienen el 98% de la captura mientras que las tilapias únicamente el 0.6% y la lobina no apareció en las redes, el informe pesquero se basó únicamente en un análisis poblacional de los ciprínidos.

Los resultados servirán para entender la dinámica poblacional de las carpas y en consecuencia sugerir las cantidades mínimas necesarias para su reducción. Estos resultados parciales incluyen ya las tres salidas de colecta de datos durante el 2009. El documento no pretende ser el informe definitivo del proyecto, el cual incluirá información de las otras especies y las relaciones tróficas de la carpa.

A continuación se describen variables utilizadas para llegar a las recomendaciones sugeridas en la pesca del Lago de Pátzcuaro. La talla de peces capturados permite hacer análisis poblacional y es la base para determinar los parámetros de crecimiento. La relación Talla-Peso ayuda a comprender si el crecimiento es isométrico o alométrico y da elementos para poder extrapolar de la talla de peces colectados a la biomasa total. Los valores de mortalidad complementan el estudio poblacional de los peces y además permiten tener una evaluación general de los organismos pescados. La proporción de sexos permite conocer cuantas hembras pueden ser reproductivas. La estimación de la cantidad de carpas en el lago se realizó por dos métodos. Un primer método utilizó el tamaño y área de barrido de la red para evaluar la abundancia y densidad de carpas. El segundo método fue el de captura y recaptura, que evalúa cuantos organismos se vuelven a capturar después de liberarlos. Ambos complementaron la información que se obtuvo por la Captura por Unidad de Esfuerzo, que indica la cantidad de peces capturados por un esfuerzo realizado. Con todo lo anterior, se puede hacer un cálculo de la abundancia de peces que hay en diferentes regiones de lago o en diferentes épocas del año, estandarizando a las distintas artes de pesca y número de horas de pesca. Toda esta información permite determinar el Rendimiento

Máximo Sostenible que indica la cantidad de peces que se pueden capturar de manera eficiente y puede ser, de manera indirecta, un estimador del mínimo a pescar para comenzar a reducir las poblaciones de carpas en el Lago de Pátzcuaro.

1.2 Zonas de pesca

Fueron muestreadas un total de 12 localidades, buscando abarcar la heterogeneidad ambiental del lago de Pátzcuaro (Figura 1) y las coordenadas se encuentran en el Anexo 1. El lago se puede dividir en las regiones norte, centro y sur. Cada una de estas regiones tiene diferentes tipos de suelo que afectarían la dinámica poblacional de los peces. En la región norte el uso del suelo predominante es agricultura temporal y reforestación. La región centro no presenta canales de navegación y el uso del suelo es de tipo forestal-boscoso, con la presencia de bosque de pino y encino. La región sur es muy somera, con numerosos canales de navegación que son dragados continuamente para permitir el movimiento de embarcaciones. Esta área se encuentra rodeada por vegetación hidrófila.

Para los análisis pesqueros estas tres regiones agruparon a cinco zonas en donde se encontraron las 12 localidades.

Región sur:	Zona 1: Ihuatzio
	Zona 2: Pancada, Puacuario, Colonia Revolución y Yunuen
Región norte:	Zona 3. San Jerónimo, Santa Fe y San Andrés
	Zona 4: Tarerio, Ojo de Agua y Tzintzuntzan
Región centro:	Zona 5. Ucasanastacua

Las cinco zonas de muestreo cubren diferentes ambientes lo que permite una mayor representatividad de muestreo pesquero del lago de Pátzcuaro (Fig. 1).

1.3 Talleres con los pescadores.

Previo a la captura de peces, se realizó un taller informativo con los pescadores de la localidad. El taller se utilizó para discutir las técnicas de colecta y los objetivos del proyecto. Se hizo énfasis en la necesidad de la colaboración conjunta entre pescadores de

diferentes regiones del lago y de los investigadores del proyecto. La comercialización fue uno de los puntos más importantes en la discusión. Lo anterior con el fin de que la pesca se vuelva económicamente atractiva. En todas las comunidades con las que se trabajó, los pescadores manifestaron su preocupación por la problemática de la carpa en el lago y destacaron los cambios observados en el lago desde su introducción. Entre ellos mencionaron: aumento en la turbidez, disminución del espejo de agua, y disminución de especies nativas (i.e. “pez blanco”, “ajolote”, “acúmara”, “chegas”). Todos expresaron interés en colaborar en el proceso de erradicación de la carpa, recalcando la necesidad de percibir algún tipo de beneficio económico que les permita continuar en dicha actividad y recuperar las especies de peces nativos con mayor valor económico.



Figura 1. Localización de las zonas (color amarillo) de muestreo en el Lago de Pátzcuaro.

Durante la primera etapa se puso a prueba la posibilidad de que los pescadores ayudaran a coleccionar los datos de marca recaptura, previamente con entrenamiento. Por lo cual se les dejó a ellos unas plantillas de llenado. Sin embargo, al evaluar los datos registrados por los pescadores al cabo de dos semanas, concluimos que el método mostró poca confiabilidad

en los resultados, puesto que solo tres planillas de 15 parecía que tenían datos certeros. Con estos resultados, decidimos no continuar con el programa de plantillas.

1.4 Métodos de Pesca

En cada comunidad participaron entre cuatro y nueve pescadores para la captura de carpas. En dos comunidades también colaboró un pescador de Xochimilco puesto que tenía experiencia en el proyecto de reducción de especies exóticas en su localidad.

En cada comunidad la pesca abarcó tres días. En los primeros dos días se marcaron, midieron y pesaron las carpas, mientras que el tercer día se utilizaba para contar los individuos capturados y los recapturarlos. En zonas con poca abundancia de peces como zonas 2 y 3 se trabajó solo dos días uno en el marcaje y otro en la recaptura.

Se utilizó en todas las comunidades el chinchorro. En un inicio se realizó una captura piloto con una red tipo “calcetín” utilizada previamente en Xochimilco. Sin embargo, este tipo de captura no fue exitosa, posiblemente por la diferencia en morfología entre Pátzcuaro y Xochimilco y la densidad de peces más baja en Pátzcuaro. Por lo tanto, se mantuvo la colecta con el arte tradicional del Lago.

En las comunidades de Ihuatzio, Puacuaró, Tzinzuntzan, Yunuen y Ucasanastacua se utilizó un chinchorro de 300 m de largo y 4 cm de luz de malla. En Ihuatzio además se utilizó un chinchorro 150 m y una luz de malla de 1 cm. En el caso de San Jerónimo se utilizó un chinchorro de 250 m de largo y 1.5 cm de luz de malla. En Pacanda se empleó un chinchorro de 140 m de largo y una luz de malla de 2 cm. En las siguientes localidades se utilizaron chinchorros de ojo de malla de 1 cm: Santa Fe de 60 m, Colonia Revolución de 150 m, Ojo de Agua de 200 m, San Andrés 30 m y Tarerío 60 m. En las zonas lacustres correspondientes a las comunidades de Ihuatzio y Puacuaró se realizaron lances en aguas abiertas, mientras que en las 10 localidades restantes los lances fueron en la zona ribereña del lago. El tiempo de pesca en cada comunidad fue de 5 a 6 horas, y el tiempo promedio por lance fue de 20 a 40 minutos.

Para evaluar la cantidad de carpas en la zona abierta se utilizó una atarraya de nylon de 3 m de radio y una luz de malla de 1.5 cm el 25 de septiembre de 2009. Para esto se realizó un transecto en los que se establecieron 12 puntos, abarcando todo el centro del lago: desde el norte (Santa Fe) hasta el sur (Ihuatzio) del lago de Patzcuaro, realizándose cinco lances por punto, para un total de 60 lances. El muestreo con la atarraya no se utilizó para los análisis pesqueros de la carpa. Los resultados que se dan a continuación están dados con base en los datos obtenidos con los chinchorros

1.5 Resultados

1.5.1 Generalidades

Se capturó un total de 7,287 organismos con un peso total de 942.2 Kg en un total de 212 lances. La relación machos y hembras fue de 1:1. Se capturaron un total de 3,847 (52.8 %) adultos y el resto juveniles. La talla promedio de los peces estuvo cerca de los 12 cm (mucho menor a una talla comercial). Extrapolando las tallas con base en la ecuación relación talla-peso, se obtuvo un peso promedio de $129 \text{ g} \pm 253$. El crecimiento tanto de hembras y machos fue isométrico. En el lago de Pátzcuaro se estima un total de más de un millón de individuos, equivalentes a más de 210 toneladas. El rendimiento máximo sostenible está cercano a los 36 Kg/día por zona. Por lo tanto, pescar valores menores o iguales a este número no afectarían en nada a la población, incluso pescando menos que esto, la carpa podría seguir creciendo poblacionalmente. Así, se debe de extraer mucho más de este valor para hacer efectiva la reducción de carpas en el lago. De los 60 lances realizados con la atarraya a lo largo de todo el lago, solo se capturaron un total de cinco carpas, por lo que los datos no fueron suficientes para realizar una comparación entre las carpas de la zona ribereña y las de la zona abierta.

1.5.2 Tallas de captura (longitud patrón, LP)

La talla promedio de longitud patrón fue de $119 \text{ mm} \pm 86.6$. La alta variación de tallas está relacionada con las zonas del lago. Así, en la mayoría de las zonas hubo diferencia significativa con respecto a la talla promedio excepto entre la zonas 1 (Ucasamastacua), 2

(Pancada, Puacuario, Colonia Revolución y Yunuen) y 4 (Tarerio, Ojo de Agua y Tzintzuntzan) (Anexo 2). El ejemplar de mayor tamaño se capturó en la localidad de Tzintzuntzan (Zona 4) alcanzando una longitud patrón de 68 cm y un peso aproximado de 7 Kg. Esta diferencia en tamaños por zonas sugiere que existe una regionalización por parte de las carpas en el lago. Por ejemplo, en la zona 5 (Ucasanastacua) parece haber un criadero de esta especie dado la alta abundancia de organismos pequeños (Fig. 2). Hay también una diferencia significativa entre las carpas capturadas en las zonas litorales y las de aguas abiertas, siendo de mayor tamaño las carpas de aguas abiertas (Fig. 3). Por lo que es posible que los juveniles permanezcan cerca de las plantas.

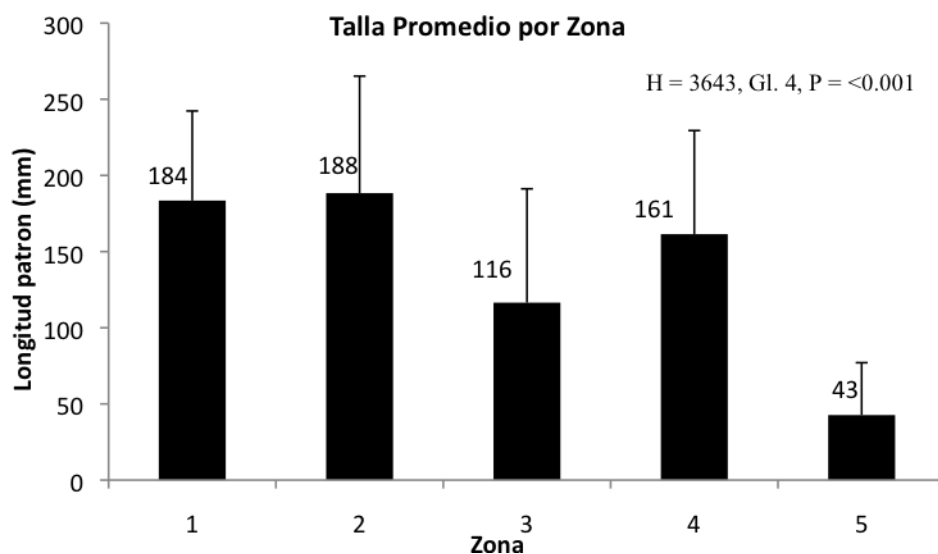


Fig 2. Longitud patrón promedio (cm), de la carpa (*Cyprinus carpio*) capturada por zonas y de todo el lago de Pátzcuaro. Zona 1: Ihuatzio; Zona 2: Pancada, Puacuario, Colonia Revolución y Yunuen; Zona 3. San Jerónimo, Santa Fe y San Andrés; Zona 4: Tarerio, Ojo de Agua y Tzintzuntzan y Zona 5. Ucasanastacua. El análisis de comparaciones múltiples está en el anexo 2.

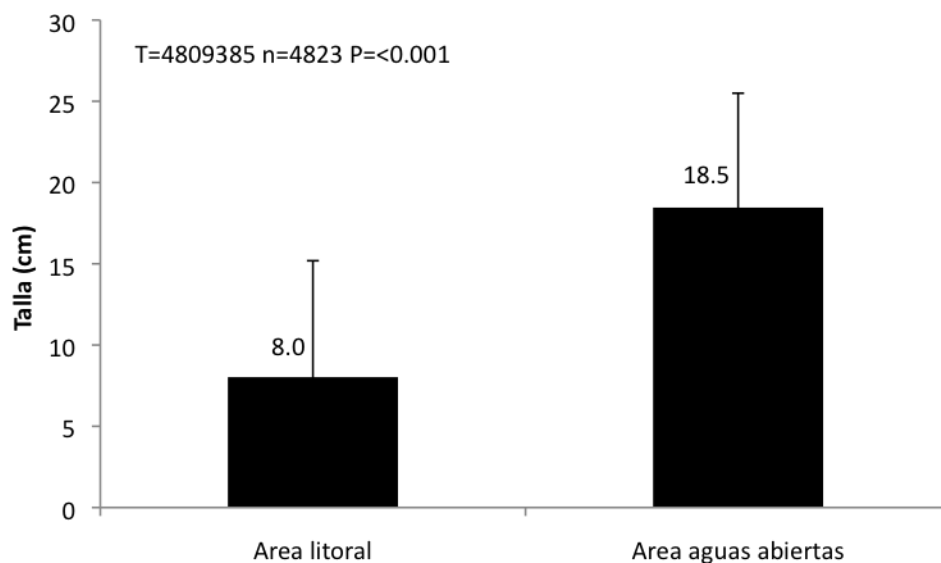


Fig 3. Longitud patrón promedio (cm) de la carpa (*Cyprinus carpio*) capturada en áreas litorales y de aguas abiertas.

1.5.3 Relación talla-peso

El crecimiento de la carpa en el lago de Pátzcuaro es isométrico, lo que indica que crece en la misma proporción tanto en longitud como en peso. El mismo tipo de crecimiento se presentó para las hembras y los machos (Fig.4).

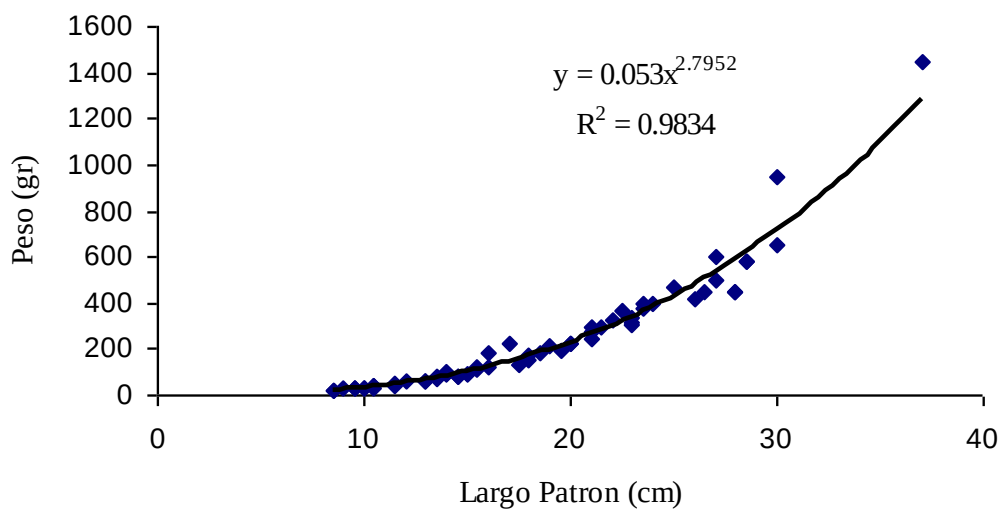


Fig 4. Relación entre la talla y el peso de todas las carpas (*Cyprinus carpio*) en el lago de Pátzcuaro.

La pendiente está muy cercana al de carpas de cultivo en embalses del Estado de México (2.90; González Yáñez et al 2002) o de Sevilla (2.74 - 2.94; Encina et al 2001). Esto no es de extrañarse puesto que las temperaturas pueden ser similares a lo largo de todo el año.

1.5.4 Estimación de los parámetros de crecimiento

Se utilizó la ecuación de von Bertalanffy para describir el crecimiento en longitud:

$$L(t)=L_{\infty} *[1-\exp(-k*(t-t_0))]$$

Donde, L_{∞} es la longitud asintótica; k es tasa de crecimiento y t_0 es el tiempo hipotético al cual el pez pudo tener longitud 0. Utilizando los datos obtenidos en las capturas, se generó un histograma de frecuencias de talla a 1.2 cm de intervalo, en el cual las modas se ajustaron con base en los supuestos de este modelo. Así, se pudieron visualizar las cohortes o modas compuestas de una población. A partir de estos datos se estimó la composición por edades utilizando el método de Bhattacharya (1967) y posteriormente se realizó un análisis de progresión modal (Fig. 5).

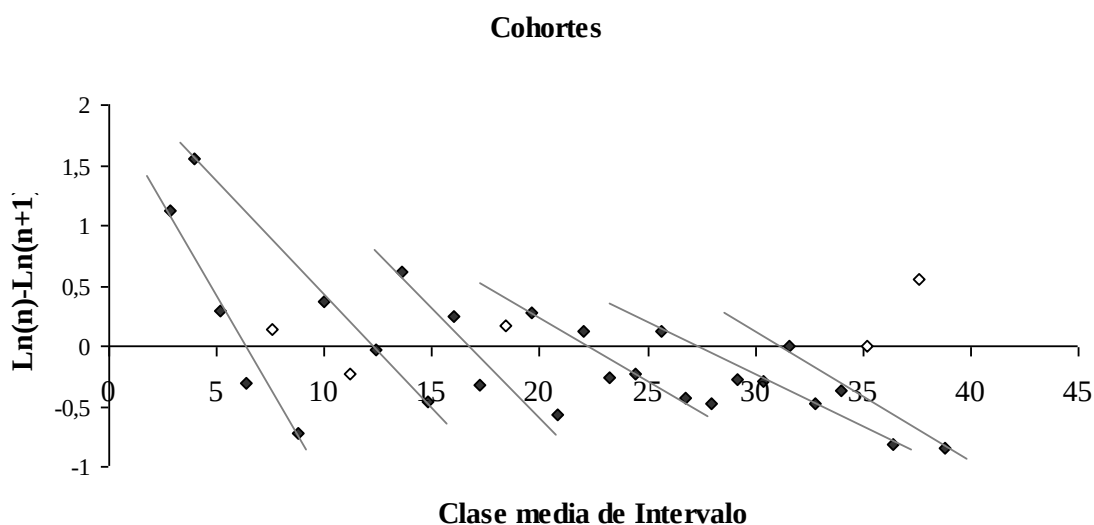


Figura 5. Método de Battacharya para determinar las cohortes de la carpa (*Cyprinus carpio*) en el lago de Pátzcuaro.

Como se puede observar en la Fig. 5, existe al menos seis cohortes cuyos interceptos del eje x se encuentran en la tabla 1. Una vez obtenidas las modas se obtuvieron los parámetros de crecimiento k y L_{∞} por el medio de los modelos de Ford-Walford y Gulland y Holt y la estimación de t_0 se hizo mediante el método de von Bertalanffy (1934). Los resultados que se presentan en la tabla 2.

Tabla 1. Datos de las cohortes calculadas por el método de Battacharya de la carpa (*Cyprinus carpio*) en el lago de Pátzcuaro.

Cohorte	Interceptos	R ²
1	6.1	0.96
2	12.2	0.99
3	16.9	0.89
4	22.2	0.91
5	26.8	0.98
6	31.3	0.99

Tabla 2. Valores de los parámetros de crecimiento k , L_{∞} y t_0 para la carpa (*Cyprinus carpio*) del Lago de Partzcuaro. Los valores de t_0^* se obtuvieron por medio de la figura de Von Bertalanfy utilizando como dato de entrada de L_{∞} de los modelos de Ford-Walford y Gulland y Holt.

Parámetro	Ford-Walford	Gulland y Holt
k	0.0683	0.0668
L_{∞}	93.08	94.78
t_0^*	0.0007363	0.01355

Los valores obtenidos se encuentran representados en la Fig. 6. Puesto que los parámetros de crecimiento obtenidos por los métodos independientes son muy similares, las curvas de crecimiento prácticamente idénticas. Esto sugiere que la evaluación de crecimiento debe estar cercana a la realidad. La medida de tiempo está dada en cohortes, debido a que no se conoce el tiempo entre eventos reproductivos. Por lo tanto, en este momento no es posible estandarizar esta medida de tiempo a meses o años. Para hacerlo tendríamos que realizar análisis de crecimiento por métodos directos como análisis de otolitos u otras estructuras duras, además de un estudio intensivo en las zonas de reproducción del lago.

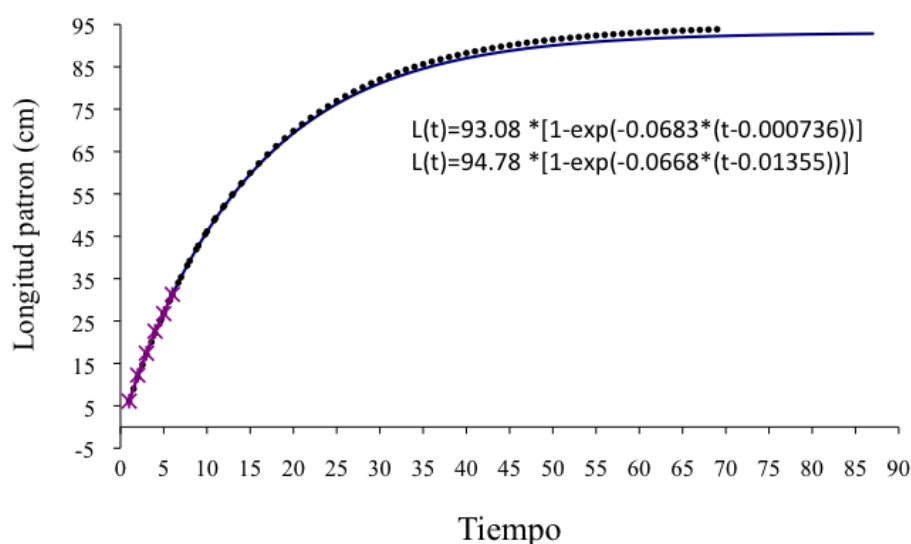
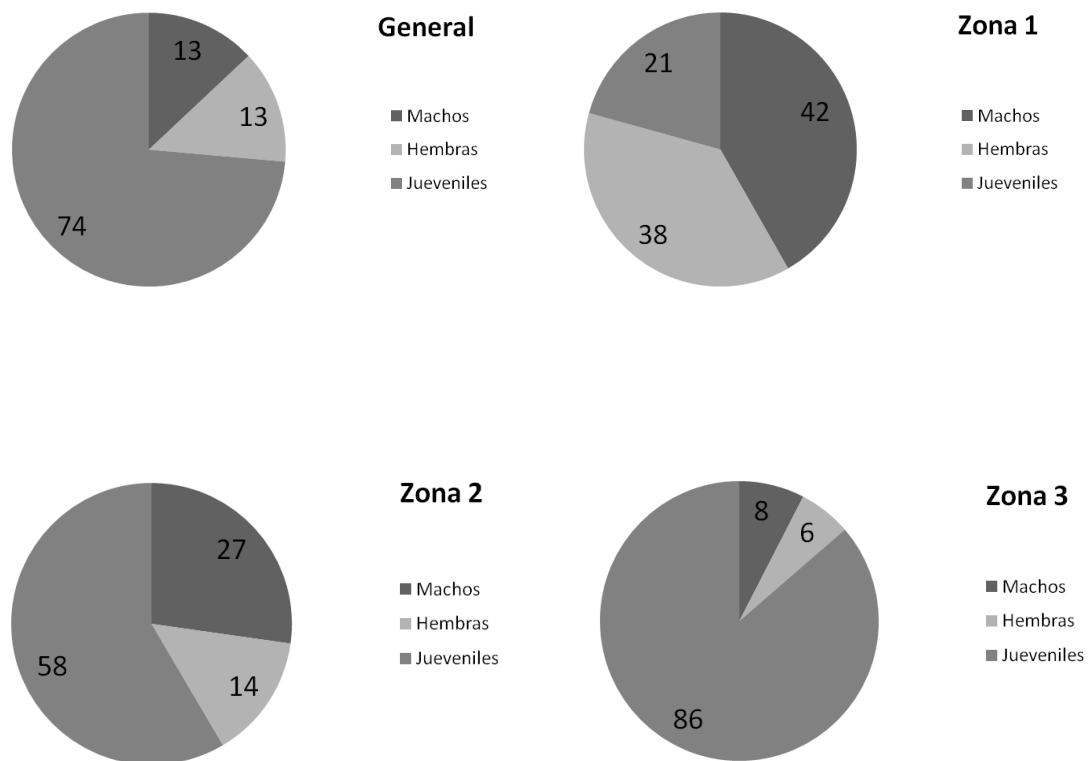


Figura 6. Curvas de crecimiento con base a la ecuación de von Bertalanffy (1934) para las carpas (*Cyprinus carpio*) del Lago de Pátzcuaro. La línea punteada corresponde a la curva de crecimiento de Ford Walford, mientras que la línea continua corresponde a las del modelo de Holt. La unidad de tiempo son las cohortes (que son los intervalos de reproducción de los organismos). El tamaño de estos intervalos todavía no está determinado para las carpas en Pátzcuaro.

1.5.5 Proporción de sexos

La proporción de sexos del total de las capturas fue cercana a 1:1. El mayor porcentaje de individuos capturados fueron juveniles (individuos menores a 12 cm) que no fue posible conocer el sexo a simple vista (Fig. 7). Esta talla puede estar cerca de la talla mínima reproductiva. Es necesario realizar estudios histológicos que permitan verificar esta

afirmación. En otros sistemas con una temperatura constante de 15 °C, las hembras alcanzan la madurez sexual a los 15 meses (Billard, 1999), en sistemas de Francia la madurez alcanza a los 2 años y en Israel al año de edad. Las edades de peces dentro de los sistemas mencionados, que pueden ser unos cuantos grados más fríos que en Pátzcuaro, concuerdan con el tiempo necesario para que las carpas lleguen a los 12 cm de edad que es aproximadamente entre un año y dos. Sin embargo, existen otros casos en sistemas más fríos en donde la edad a la cual las carpas alcanzan la primera madurez sexual son más tardíos. En los lagos del Volga, por ejemplo, la madurez sexual se alcanza a los 4-5 años, mientras que en Polonia esta se da a los 3-4 años.



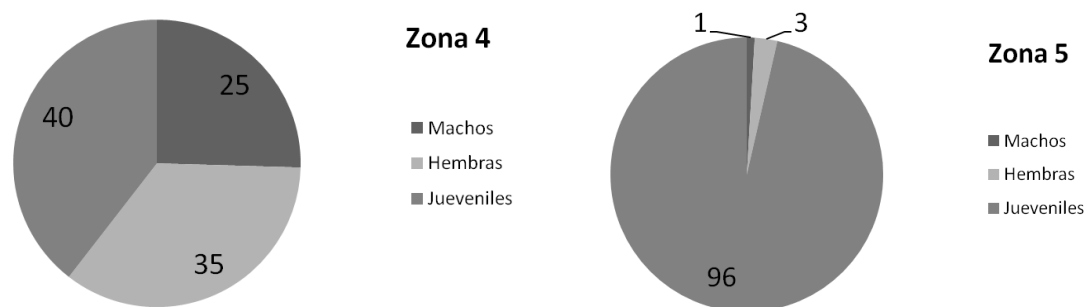


Figura 7. Proporción de sexos de la carpa (*Cyprinus carpio*) en el lago de Pátzcuaro. Zona 1: Ihuatzio; Zona 2: Pancada, Puacuario, Colonia Revolución y Yunuen; Zona 3. San Jerónimo, Santa Fe y San Andrés; Zona 4: Tarerio, Ojo de Agua y Tzintzuntzan y Zona 5. Ucasanastacua.

En algunas zonas la relación de machos:hembras varió como es el caso de la zona 1 (Ihuatzio) y 2 (Pancada, Puacuario, Colonia Revolución y Yunuen) en la que se presentó una relación de 2:1. En la zona 4 (Tarerio, Ojo de Agua y Tzintzuntzan) con una relación de 1:1.4 y en la zona 5 (Ucasanastacua) en relación de 1:3, en las que predominaron las hembras. En la mayoría de las zonas los juveniles ocupan más del 40%, siendo mayor en la zona 5 (Ucasanastacua) que tiene una abundancia cercana al 96%. En la zona 1 (Ihuatzio) se encontró la menor cantidad de juveniles (Fig.7).

1.5.6 Captura total por zona

La captura en el número organismos fue diferente en cada zona. En la zona 5 (Ucasanastacua) se tuvo la mayor captura de individuos mientras que en la zona 2 (Pancada, Puacuario, Colonia Revolución y Yunuen) se obtuvo la mayor cantidad en Kg (Fig. 8).

Estos resultados sugieren que existe una zonificación de esta especie en el lago. Estas variaciones se deben a los tamaños de los organismos capturados, en los que en la zona 5 (Ucasanastacua) la mayoría fueron juveniles. Las diferencias entre zonas se encuentran en el anexo 2.

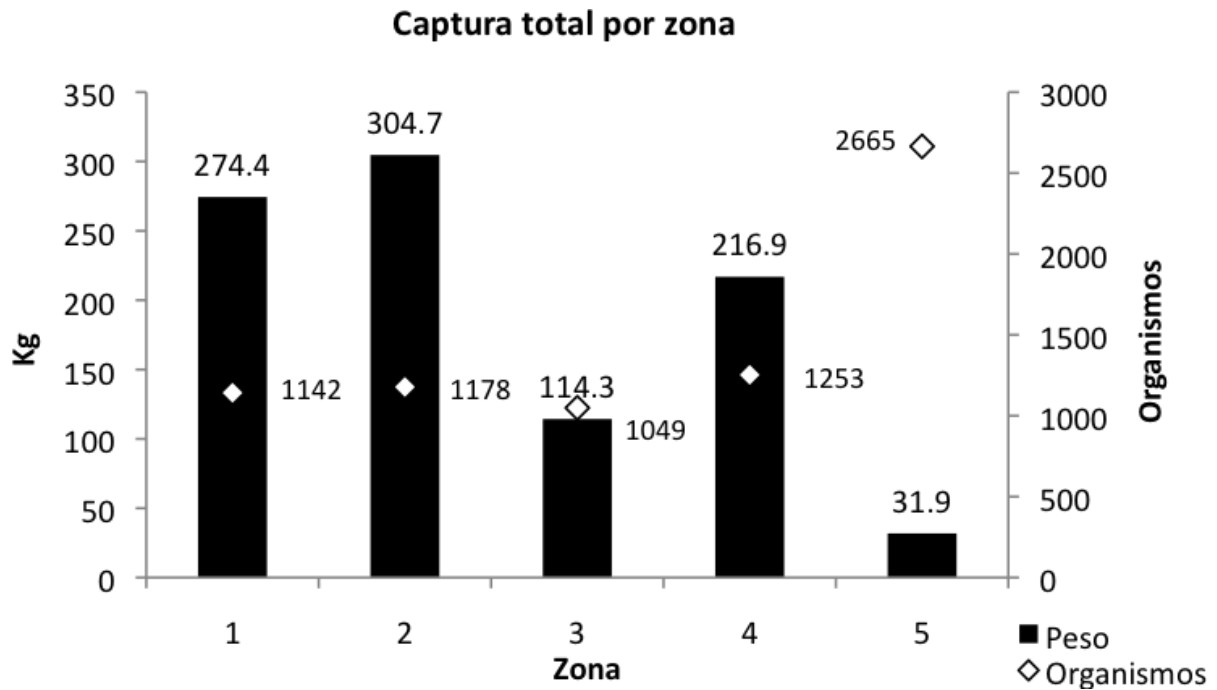


Figura 8. Captura total de carpa (*Cyprinus carpio*) en kilogramos y en número de organismos en el Lago de Pátzcuaro por zona. Zona 1: Ihuatzio; Zona 2: Pancada, Puacuario, Colonia Revolución y Yunuen; Zona 3. San Jerónimo, Santa Fe y San Andrés; Zona 4: Tarerio, Ojo de Agua y Tzintzuntzan y Zona 5. Ucasanastacua. Las diferencias de captura por zona se pueden ver en el Anexo 2.

1.5.7 Esfuerzo pesquero por zona

El mayor esfuerzo se realizó en la zona 3 (San Jerónimo, Santa Fe y San Andrés), mientras que en la zona 5 fue el menor (Fig. 9). La diferencia en el número de lances se asoció con el tipo de pescadores que trabajaron en la zona, la factibilidad de hacerlos, el tiempo trabajado y el rendimiento que cada lance generó.

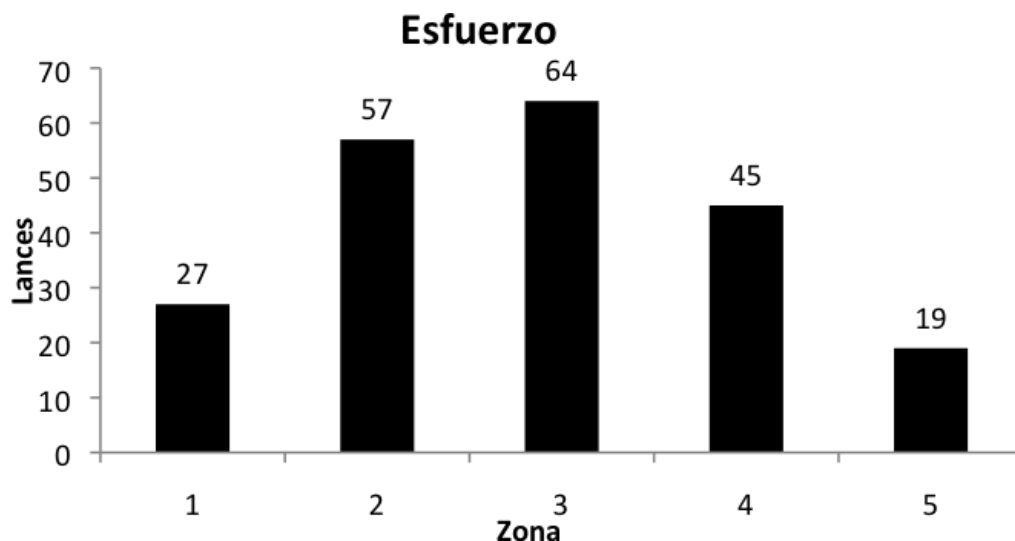


Figura 9. Esfuerzo pesquero (Lances) realizado en la captura de la carpa (*Cyprinus carpio*) en el Lago de Pátzcuaro por zona. Zona 1: Ihuatzio; Zona 2: Pancada, Puacuario, Colonia Revolución y Yunuen; Zona 3. San Jerónimo, Santa Fe y San Andrés; Zona 4: Tarerio, Ojo de Agua y Tzintzuntzan y Zona 5: Ucasanastacua.

1.5.8 Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) por zona.

Los mayores rendimientos se obtuvieron en la zona 1 (Ihuatzio) en Kg/lan y en org/lan en la zona 5 (Ucasanastacua) (Fig. 10). En general la CPUE fue muy baja comparado con otros sistemas como Xochimilco. Esto quizá se deba a las diferencias en el tamaño de las artes y método de pesca.

1.5.9 Captura total por temporada y esfuerzo pesquero

La mayor captura se generó en el primera temporada, que corresponde a los meses de febrero, marzo y mayo (Fig 11). La segunda (julio) y la tercera (septiembre-octubre) temporada, las capturas fueron muy bajas, posiblemente se deben a las condiciones climáticas, como es la época de lluvias y a las diferencias en el esfuerzo pesquero.

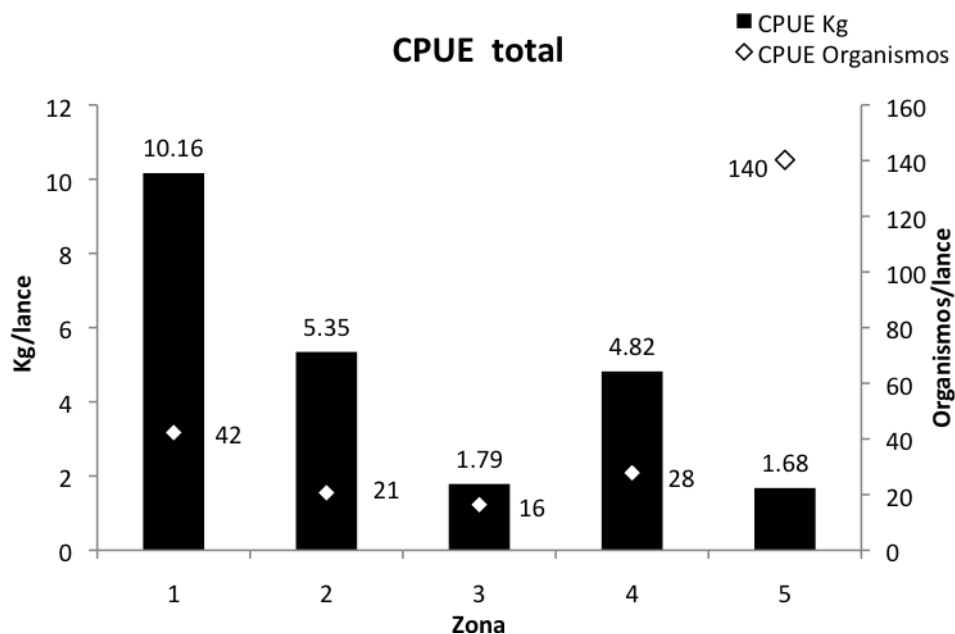


Figura 10. Captura por unidad de esfuerzo para la carpa (*Cyprinus carpio*) en Kg/lan y org/lan en el Lago de Pátzcuaro por zona. Zona 1: Ihuatzio; Zona 2: Pancada, Puacuario, Colonia Revolución y Yunuen; Zona 3. San Jerónimo, Santa Fe y San Andrés; Zona 4: Tarerio, Ojo de Agua y Tzintzuntzan y Zona 5: Ucasanastacua.

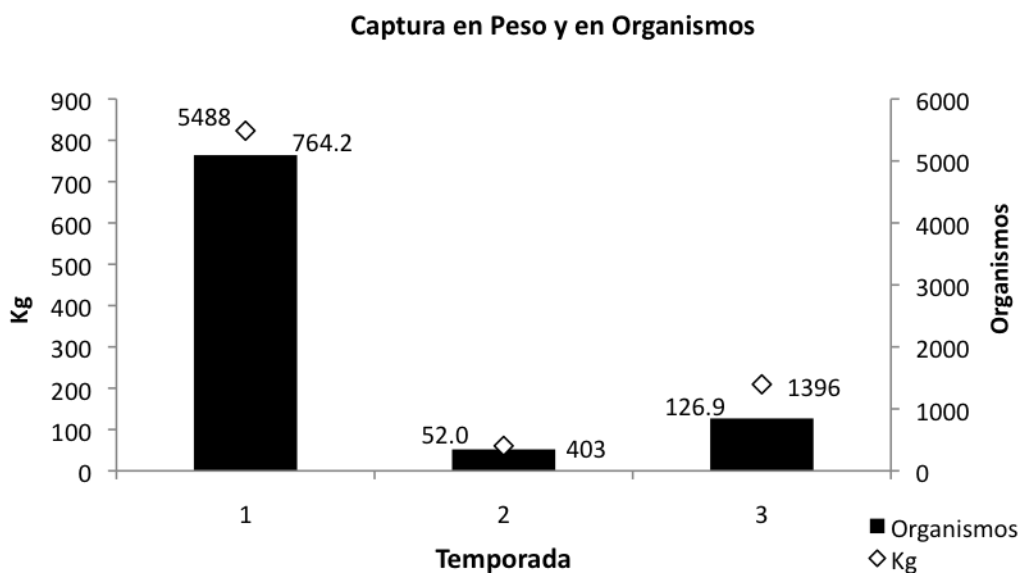


Figura 11. Captura total de carpa (*Cyprinus carpio*) en kilogramos y en número de organismos por temporada. Primera temporada: febrero, marzo y mayo; segunda temporada: julio y tercera temporada: septiembre-octubre.

El mayor esfuerzo pesquero se realizó en la primera temporada (febrero, marzo y mayo), seguido de la tercera (septiembre-octubre) (Fig. 12).

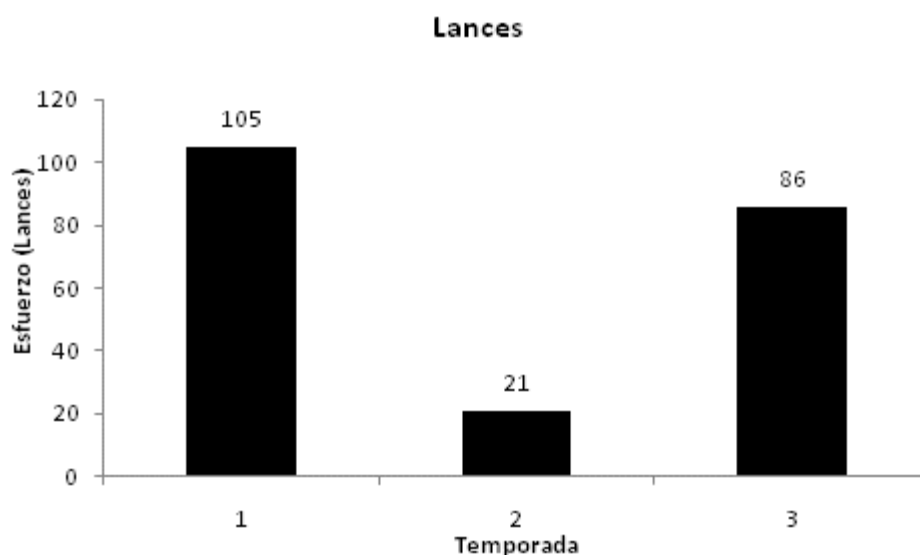


Figura 12. Esfuerzo en lances realizado en el lago de Pátzcuaro para la captura de la carpa (*Cyprinus carpio*) por temporada. Primera temporada: febrero, marzo y mayo; segunda temporada: julio y tercera temporada: septiembre-octubre.

1.5.10 Captura por unidad de esfuerzo por temporada

En concordancia con la cantidad de organismos y el esfuerzo en los diferentes zonas, la mayor CPUE por temporada se presentó en la primera temporada. En las dos temporadas restantes las CPUE fueron menores (Fig.13).

1.5.11 Estimación de la abundancia y densidad de carpas

A partir de los datos de pesca obtenidos y calculando el área de las artes de pesca se realizaron estimaciones totales de la abundancia de carpa en el Lago. Para determinar el área de barrido, se tuvo en cuenta el largo del chinchorro el área de un círculo. En total se estima 1,696,002 org. equivalentes a 210.7 ton por el método de captura/área. La densidad de carpas mayores de 12 cm se estimó por dos métodos, el de captura/área y el de captura-recaptura. Por el primer método se estimó un total cercano a 795,805 org. y 204.7 ton. Por

el segundo método 1,076,775 ind y 206.5 ton. Entre estos dos métodos hay una diferencia del 26.1 % y 0.87 % en organismos y en Kg respectivamente. Esto sugiere que aun cuando la estimación es baja es muy posible que la cantidad de carpas esté cercana al millón de organismos dentro del lago.

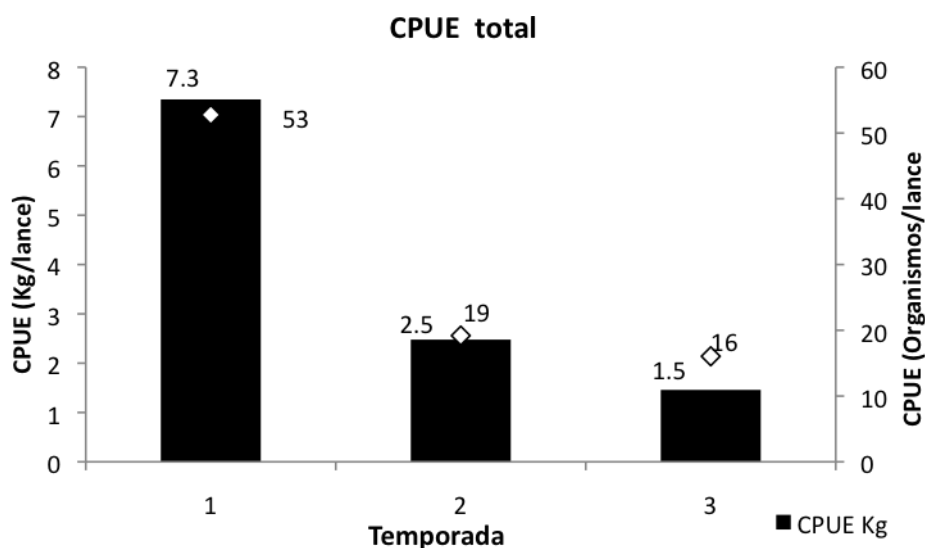


Figura 13. Captura por unidad de esfuerzo para la carpa (*Cyprinus carpio*) en Kg/lan y org/lan en el Lago de Pátzcuaro por temporada. Primera temporada: febrero, marzo y mayo; segunda temporada: julio y tercera temporada: septiembre-octubre.

Las densidades de peces fueron significativamente diferentes entre cada una de las zonas (Ver anexo 2). La mayor densidad de carpas se presentó en la zona 3 (San Jerónimo, Santa Fe y San Andrés), que también contó con la mayor variación (Fig. 14).

En cuanto a la captura-recaptura, se realizaron entre seis y 14 lances de captura mientras que la recaptura los lances variaron entre cuatro y diez. El éxito de la recaptura fue muy bajo en la mayoría de los casos, sin embargo permitió tener una idea general de cuantos organismos existen en cada región.

En el area litoral hay una mayor abundancia de carpas comparada con el area de aguas abiertas (Fig. 15). Esto no es de extrañar puesto que los peces pequeños prefieren zonas poco profundas y en los que hay normalmente vegetación acuática.

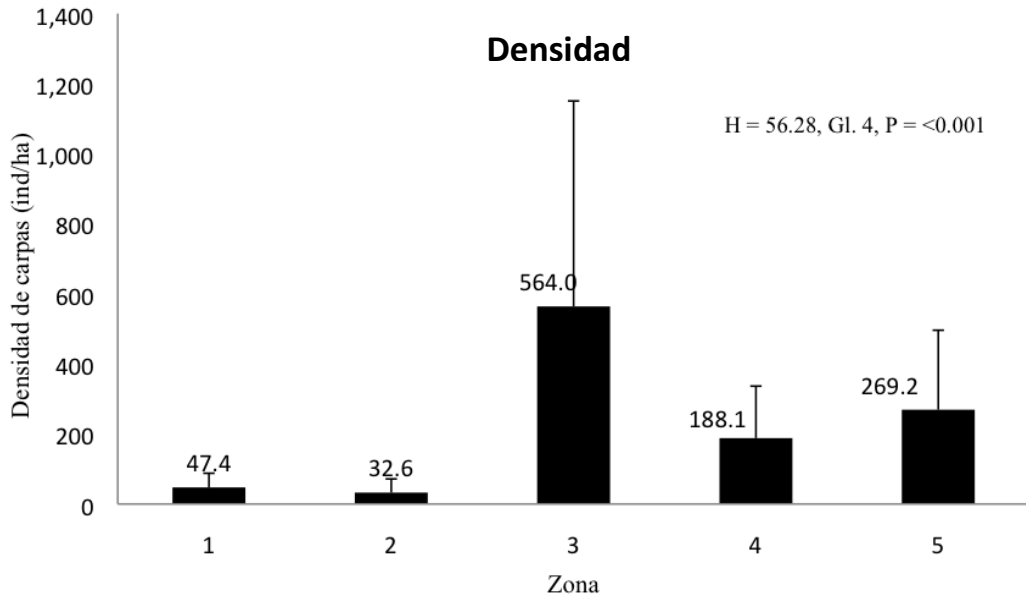


Figura 14. Densidad estimada de carpas (*Cyprinus carpio*) en el Lago de Pátzcuaro. Zona 1: Ihuatzio; Zona 2: Pancada, Puacuaró, Colonia Revolución y Yunuen; Zona 3. San Jerónimo, Santa Fe y San Andrés; Zona 4: Tarerío, Ojo de Agua y Tzintzuntzan y Zona 5: Ucasanastacua.

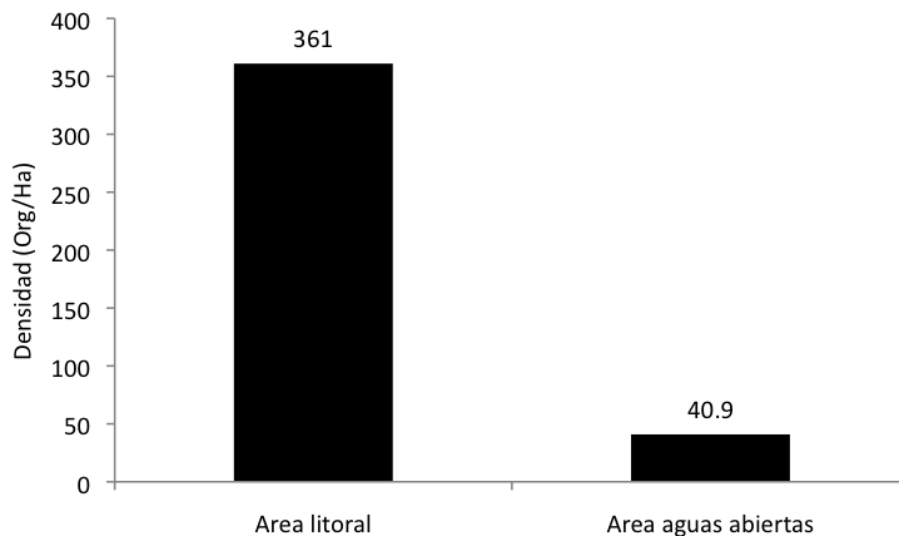


Figura 15. Densidad de carpas (*Cyprinus carpio*) en área litoral y áreas de aguas abiertas en el lago de Pátzcuaro.

Tabla 3. Muestreo en lances de captura y recaptura por sitio realizados en el Lago de Pátzcuaro para la carpa (*Cyprinus carpio*).

Sitio	Actividad	Captura Lances	Recaptura Lances
Ihuatzio		12	5
Puacuaro		14	7
Tzinzuntzan		13	5
Ucasanastacua		13	6
San Jeónimo		13	5
Pacanda		7	7
Santa Fe		6	6
Tarerio		7	8
Ojo de Agua		6	6
Santa Fe		7	7
Col. Revolución		10	
Ihuatzio		6	4
San Andrés		10	10
Yunuen		6	6

Tabla 4. Fechas de muestreo de captura y recaptura por sitio realizados en el Lago de Patzcuaro para la carpa (*Cyprinus carpio*).

Sitio	Captura	Captura	Recaptura
Ihuatzio	19/02/2009	20/02/2009	18/03/2009
Puácuaro	19/03/2009	20/03/2009	25/03/2009
Tzinzuntzan	26/03/2009	27/03/2009	30/03/2009
Ucasanastacua	11/05/2009	12/05/2009	13/05/2009
San Jeónimo	14/05/2009	15/05/2009	16/05/2009
Pacanda	06/07/2009		07/07/2009
Santa Fe	08/07/2009		09/07/2009
Tarerio	21/09/2009		22/09/2009
Ojo de Agua	23/09/2009		24/09/2009
Santa Fe	25/09/2009		26/09/2009
Colonia Revolución	29/09/2009		
Ihuatzio	30/09/2009		01/10/2009
San Andrés	02/10/2009		03/10/2009
Yunuen	05/10/2009		06/10/2009

1.5.12 Relación densidad-peso

Estos resultados sugieren que cuanto mayor es la densidad de carpa, menor es el peso promedio de los individuos capturados. Esto puede deberse a sitios más aptos para el crecimiento y desarrollo de juveniles, por lo cual se concentra un alto número de individuos pequeños, que podrían migrar a sitios más aptos para la reproducción. Los peces de tamaños pequeños tienden a agruparse como mecanismo de defensa ante los depredadores. Lo que se confirma con la relación inversamente proporcional de la densidad de las carpas y su tamaño (Fig. 16).

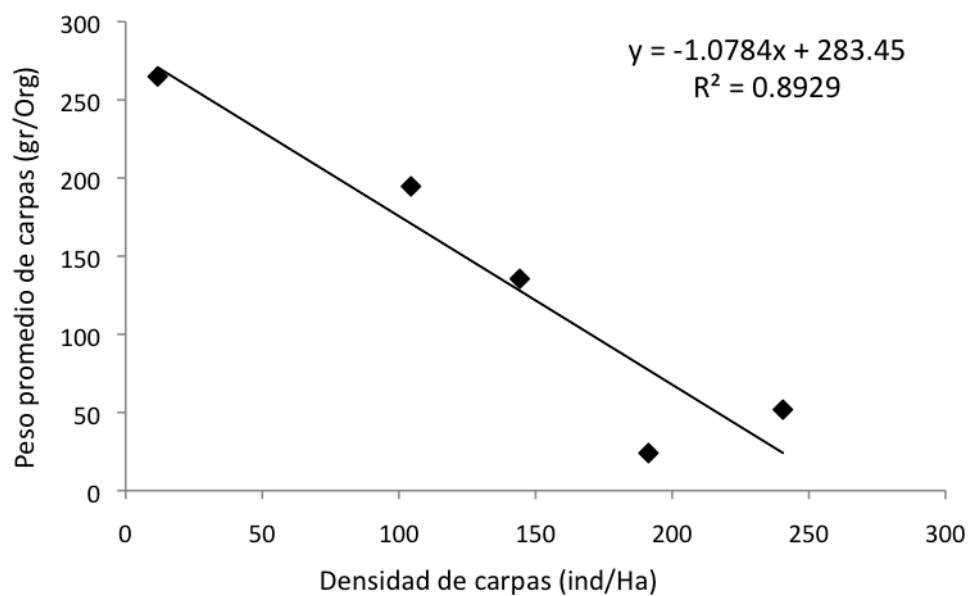


Figura 16. Relación entre la densidad de carpas y el peso promedio de los individuos. Los puntos son los promedios de cada zona.

1.5.13 Mortalidad

La mortalidad por pesca promedio fue de 23.6 ± 8.6 . Hay una relación positiva entre la mortalidad por pesca y las clases de edad de las carpas (Fig. 17). Esta mortalidad no es constante entre cada clase de talla, siendo mayor en las últimas edades. Este resultado se da por la utilización de aparejos de pesca selectivos a edades mayores.

1.5.14 Rendimiento máximo sostenible (RMS)

Para determinar el RMS se utilizó el método de Fox y el de Schaefer (Fig. 18). En donde se puede ver una clara tendencia negativa en la pesca con diferentes esfuerzos de pesca a lo largo de las tres temporadas.

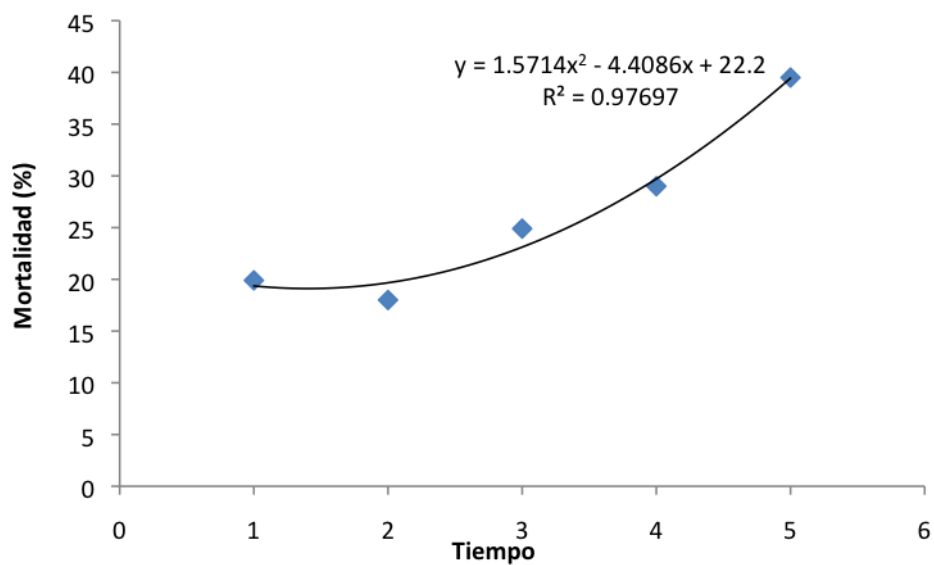


Figura 17. Mortalidad por pesca en las diferentes clase de edades de la cartpa (*Cyprinus carpio*) del lago de Pátzcuaro.

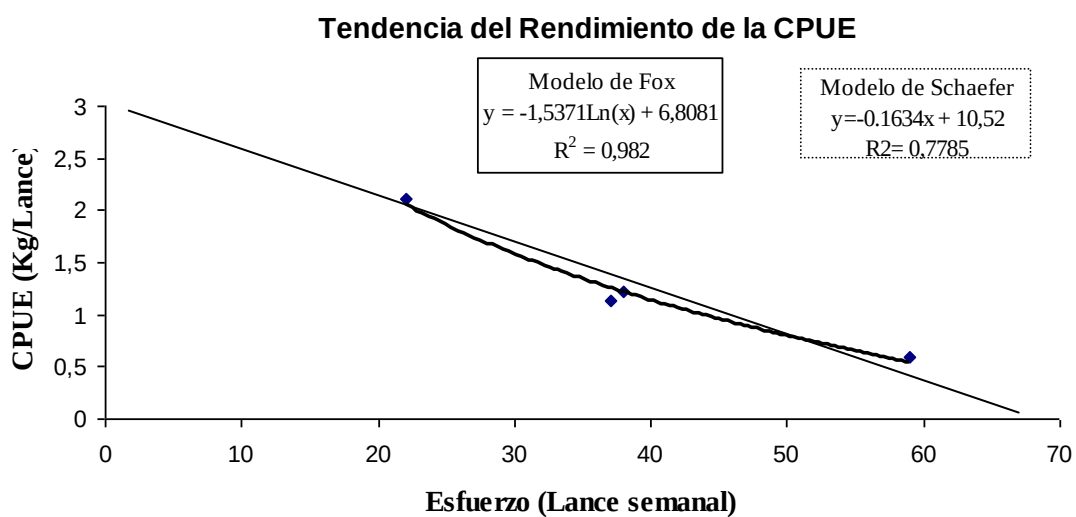


Figura 18. Modelos de Fox y Schaefer para determinar el RMS de la carpa (*Cyprinus carpio*) en el Lago de Pátzcuaro.

A partir de las ecuaciones obtenidas por los dos métodos se obtuvo el RMS, estimándose por el modelo de Schaefer una captura de 179 Kg (36 Kg por día/zona) que corresponderían a 32 lances (6 lances día/zona). Por el método de Fox una captura de 154 Kg o 25 lances en las cinco localidades (Fig. 19). Para la reducción de carpas es conveniente utilizar una mayor captura o un mayor esfuerzo de los datos obtenidos por el método de Schaefer.

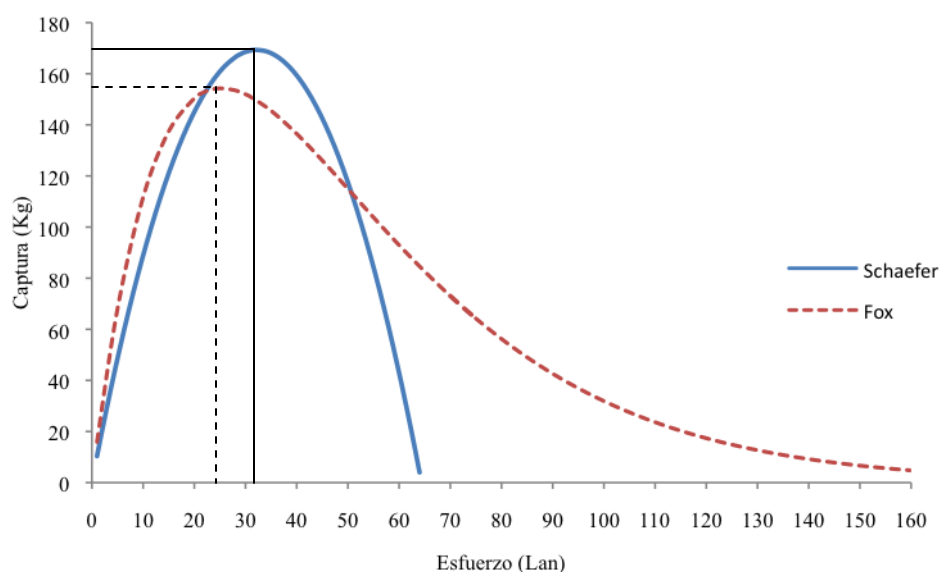


Figura 19. Rendimiento máximo sostenible por el método de Fox y Schaefer para la pesquería de la carpa (*Cyprinus carpio*) en el lago de Pátzcuaro.

1.6 Conclusiones y Recomendaciones

Diferentes métodos de estimación de abundancia de carpas en Pátzcuaro sugieren que existen entre 700mil y un poco más de un millón de carpas en el Lago. En biomasa esta población corresponde a un poco más de 200 toneladas. Este número es sorprendentemente pequeño y quizá se deba a la temporalidad de la pesca o el sesgo pesquero. Sin embargo, estos números son los obtenidos con base en diferente análisis y supuestos, que los respaldan. Para tener datos más confiables es necesario realizar muestreos mensuales durante todo el año, ya que son modelos determinísticos y pueden variar, las predicciones.

La distribución de las carpas no es homogénea. Existe una mayor abundancia de juveniles en la Zona 3 (San Jerónimo, Santa Fe y San Andrés); Zona 4 (Tarerio, Ojo de Agua y

Tzintzuntzan) y Zona 5 (Ucasanastacua). Este resultado indica que son áreas de reducción y serian lugares prioritarios para la los programas de erradicación de la carpa en el lago de Pátzcuaro. De igual manera, la mayor densidad de carpas se encuentran en las zonas costeras que en aguas abiertas. Por lo tanto sería recomendable intensificar la pesca en estas áreas.

Dentro de la estrategia de erradicación zonificada, se pueden atacar dos flancos: por un lado incentivar a los pescadores de las zonas que aparentemente son de criadero (peces menores a 12 cm) para que, aún cuando no son comerciales, estos organismos se extraigan. Hay que considerar no afectar a las especies nativas, especialmente el pez blanco. El pescar organismos menores a 12 cm es muy efectivo para reducir la población de carpas porque no se está permitiendo su reproducción. Por lo tanto se recomienda capturar individuos por encima de los 6 cm, que equivaldría a usar una luz de malla de aproximadamente 1¼ pulgadas (3 cm) a 1½ pulgadas (3.8 cm). Para que esta malla sea más eficiente, debe estar construida en nylon monofilamento. Este material tiene ventajas con respecto al multifilamento; de ser liviano, ocupa menos espacio, es más económico y es más fácil de conseguir en el mercado.

El segundo flanco buscaría incentivar a los pescadores de las zonas con peces con tallas comerciales para que se promueva el mercado y se extraigan más organismos, pescando en zonas de aguas abiertas ya que en esta área se encuentran los peces de mayor tamaño. Se debe de considerar el diseño y la utilización de aparejos de pesca para la pesca en zonas abiertas muy similares a las zonas de mar.

Los resultados de RMS indican que hay que pescar cantidades mucho mayores a 36 Kg /día por zona para poder estar afectando a la población. Sin embargo, entre más se pesque menos eficiente será la pesca, lo cual generará malestar entre los pescadores y por lo tanto hay que trabajar este tema con los ellos.

El análisis de las cohortes sugiere que las carpas cuentan con múltiples eventos de reproducción en el año. Esto también es fundamental para las estrategias de reducción, puesto que la colecta entonces debe de ser a lo largo de todo el año.

Es importante que se vuelva a realizar una evaluación pesquera al año de haber comenzado el programa con el fin de hacer comparaciones entre años y redefinir las zonas y cantidades a pescar.

2 Caracterización de la estructura trófica del lago de Pátzcuaro: impacto de las especies exóticas carpa (*Cyprinus carpio*) y tilapia (*Oreochromis aureus*) en la fauna nativa

2.1 Introducción

El lago de Pátzcuaro representa una de las zonas pesqueras dulceacuícolas más importantes del país. Sin embargo, enfrenta serios problemas debido a la sobreexplotación de peces y a la introducción de especies exóticas. A partir del año de 1998, la industria pesquera comenzó a decaer debido principalmente a la pesca de organismos que no habían alcanzado la edad reproductiva. Existen 12 especies de peces que tienen importancia comercial en Pátzcuaro de los cuales cuatro son especies introducidas (Orbe-Mendoza et al. 2002) (Tabla 1).

Tabla 1. Especies de peces que tienen importancia económica en el lago de Pátzcuaro (Orbe-Mendoza et al. 2002).

Nombre común	Nombre científico	Familia
Peces nativos		
Pez Blanco	<i>Chirostoma estor</i>	Atherinopsidae
Charal blanco	<i>Chirostoma grandocule</i>	Atherinopsidae
Charal pinto	<i>Chirostoma patzcuaro</i>	Atherinopsidae
Charal prieto	<i>Chirostoma attenuatum</i>	Atherinopsidae
Acúmara	<i>Algansea lacustris</i>	Cyprinidae
Tiro	<i>Goodea atripinnis</i>	Goodeidae
Chagua	<i>Allophorus robustus</i>	Goodeidae
Choromu	<i>Allotoca diazi</i>	Goodeidae
Peces introducidos		
Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>	Cyprinidae
Lobina negra	<i>Micropterus salmoides</i>	Centrarchidae
Tilapia	<i>Oreochromis aureus</i>	Cichlidae
Charal	<i>Chirostoma humboldtianum</i>	Atherinopsidae

Uno de los primeros pasos para determinar que tan afectado se encuentra un ecosistema debido al establecimiento de las especies exóticas, consiste en caracterizar las interacciones alimenticias entre las especies introducidas y las nativas (Vander Zaden et al. 1999).

Caracterizar la estructura trófica de un sistema acuático permite entender los cambios causados por las especies exóticas, debido a que las interacciones depredador-presa tienen un papel central en la dinámica de la población y en la estructuración de las comunidades.

Las especies exóticas además de alterar la estructura trófica de un sistema, también compiten directa e indirectamente por el alimento con las especies nativas (Zambrano et al. 2010 a).

El uso tanto del contenido estomacal como de los isótopos estables provee una herramienta muy eficaz para entender las relaciones tróficas en un sistema (Layman y Post 2008). El análisis de contenido estomacal es un método tradicional para entender las relaciones tróficas. Recientemente, el análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno ha sido utilizado para caracterizar la estructura trófica de ambientes acuáticos, así como para entender el impacto de las actividades antropogénicas sobre la misma. (Zambrano et al. 2010 b).

Los isótopos son formas del mismo elemento que difieren en el número de neutrones. Los neutrones evitan que el núcleo de un elemento se vuelva inestable. Para que un elemento se encuentre en su estado estable, el número de neutrones debe de ser igual o parecido al número de protones. Un número mayor o menor de neutrones tiene como consecuencia que el elemento decaiga radiactivamente. Un mismo elemento puede tener varios isótopos estables, los cuales se comportan químicamente muy parecido, es por eso que son difíciles de diferenciar unos de los otros. El superíndice indica el número de neutrones que tiene el isótopo, esto permite diferenciar entre el isótopo pesado y el liviano ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{12}\text{C}$). Al momento de crear o romper enlaces, los isótopos livianos reaccionan más rápido que los pesados, por lo que en las relaciones depredador-presa el depredador se enriquece del isótopo pesado de su presa (Fry 2006).

El análisis de isótopos estables permite la caracterización de las redes tróficas así como de los niveles tróficos (Vander Zaden et al. 1999). El $\delta^{15}\text{N}$ sirve para estimar la posición trófica, debido a que el consumidor está enriquecido en 3-4 ‰ relativo a su dieta (Minagawa et al. 1984). La proporción de $\delta^{13}\text{C}$ cambia poco (0.5-1 ‰) conforme se mueve dentro de las redes tróficas (Peterson y Fry 1987) y puede ser usado para determinar la fuente alimenticia de los consumidores (Vander Zaden et al. 1999; Fry 2006).

El análisis de nicho trófico utilizando las firmas isotópicas es un método poderoso para entender las relaciones tróficas en un sistema, sobre todo si se combina con el análisis de contenido estomacal (Bearhop et al. 2004). El análisis de nicho trófico provee el rango de variación de nitrógeno (NR), rango de variación de carbono (CR) y el área total (TA). El NR es la diferencia entre el organismo más enriquecido y el menos enriquecido en $\delta^{15}\text{N}$. El CR es la diferencia entre el organismo más enriquecido y el menos enriquecido en $\delta^{13}\text{C}$. El TA representa la amplitud del nicho trófico de una especie (Layman et al. 2007).

Entender el funcionamiento de la red trófica de un ecosistema permite conocer el impacto que tienen las especies introducidas sobre las nativas. Esto facilita la elaboración de planes de manejo para la rehabilitación de las especies en peligro de extinción (Valiente-Riveros 2006), debido a que se pueden predecir los efectos que tendría la manipulación de la estructura trófica (Granado-Lorencio 1996) y de esta forma desarrollar planes de restauración adecuados.

2.2 Método

2.2.1 Zona de estudio

El lago de Pátzcuaro (19°31' a 19°41' N y 101°32' a 101°43' O) cubre una superficie de 97.5 km² y está localizado en el estado de Michoacán, en el centro de México. El lago se encuentra dentro de una cuenca endorreica de 934 km², es decir, que el agua no tiene salida superficialmente. El clima es sub-húmedo (precipitación anual 900 a 1,400 mm) y la temperatura es sub-tropical (media anual 16 °C), la época de lluvias abarca desde junio hasta octubre. (Orbe-Mendoza et al., 2002).

Para entender la dinámica del lago se dividió en tres regiones: sur, centro y norte. La regionalización del lago se realizó con base los estudios realizados por Sánchez-Chávez et al. (2007) tomando en cuenta los siguientes parámetros físicos, químicos y biológicos: turbidez, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, conductividad eléctrica, sulfatos, nitrógeno total, fósforo total, coliformes fecales y coliformes totales. Así como en el uso de suelo y la vegetación de las regiones cercanas a la costa.



Figura 1. Regionalización del lago de Pátzcuaro en tres zonas y seis localidades. Zona sur: I: Pátzcuaro, II: Jarácuaro. Zona centro: III: Púacaro, La Pacanda. Ucasanastacua. Zona norte: IV: San Jerónimo, V: Santa Fe, VI: Tzintzuntzan.

La zona sur es la parte del lago más contaminada debido principalmente al aporte de desechos provenientes de la ciudad de Pátzcuaro, siendo ésta la zona con mayor afluencia turística. La zona norte se encuentra en mayor medida rodeada por suelo utilizado para la agricultura. La zona centro representa la parte del lago más conservada debido a la abundancia de vegetación y a que no ha sido tan impactada por las actividades humanas.

Para este estudio se muestrearon 6 localidades, dos en la zona sur, una en la zona centro y tres en la zona norte (fig. 1). Cada región recibe el nombre de la comunidad indígena más cercana, los integrantes de estas comunidades fueron los encargados de la captura de los peces.

2.2.2 Colecta en campo

Los muestreos se realizaron durante los meses de marzo, mayo y julio de 2009. Cada localidad se muestreó una vez por mes.

Se obtuvieron varias muestras de cada uno de los siguientes componentes del sistema trófico: sedimento, fitoplancton, zooplancton, *Hyalella*, sanguijuelas, caracoles, acociles, larvas de Chironomidae, Coleoptera, Hemiptera, Odonata, Ephemeroptera, Tricoptera, Dipetra, Poeciliopsis, *Chirostoma* (charales), *Chirostoma estor estor* (pez blanco), *Goodea atripinnis* (tiro), *Alloophorus robustus* (chegua), *Cyprinus carpio* (carpa) y *Oreochromis aureus* (tilapia). En cada sitio se colectó hasta obtener la cantidad suficiente de muestras para poder realizar el análisis de las firmas isotópicas. Todas las muestras se colocaron en congelación hasta el día de su procesamiento.

El sedimento se obtuvo de manera manual mediante el uso de una draga. Las muestras que se colectaron fueron de 150 ml cada una. Se tomaron 3 muestras de cada una de las regiones y posteriormente para el análisis, se mezclaron las que pertenecían a una misma zona.

Para la recolección de fitoplancton y zooplancton se utilizó el método de filtración. Primero se filtraron las muestras de agua con una red de 150 μm para obtener el zooplancton. Para obtener el fitoplancton se filtró nuevamente la muestra con una red de 63 μm (Bonilla 1983). El volumen de agua que se filtró dependió de la cantidad de muestra que se iba recolectando.

La colecta de insectos, otros invertebrados y *Hyalella* se realizó mediante el uso de una red de golpeo. Se muestrearon los sitios que tenían abundante vegetación, el número de golpes realizados con la red dependió de la cantidad de organismos que se iban colectando. Se muestreó hasta obtener una cantidad suficiente de organismos para poder realizar el análisis de isótopos estables.

El pez blanco se diferencio de los charales por su tamaño, por lo que todos los organismos de esta especie son peces mayores a 12 centímetros de largo patrón. El grupo de los charales contempla indistintamente a los peces del género *Chirostoma* menores a 10 centímetros de largo patrón. Los peces se obtuvieron mediante el uso de chinchorros de distintos tamaños y luces de malla. Los pescadores de las comunidades indígenas cercanas al los sitios de muestreo fueron los encargados de la manipulación del chinchorro. Se colectaron un total de 186 individuos de peces en todo el lago.

2.2.3 Procesamiento de muestras

Para realizar el análisis de isótopos estables de sedimento es necesario conocer la cantidad de carbono que presenta, por lo que se realizó un análisis de porcentaje de carbono. Las muestras de sedimento se procesaron por duplicado, una muestra de cada localidad fue puesta en un desecador con HCl al 37% para eliminar los carbonatos presentes.

El fitoplancton (materia orgánica particulada con un tamaño menor de 150 μm y mayor de 63 μm) se filtró al vacío a baja presión (8 lbs) hasta la saturación de los filtros colectores de fibra de vidrio (Millipore APFF). Las muestras de fitoplancton se procesaron por duplicado, una muestra de cada localidad fue puesta en un desecador con HCl al 37% para eliminar los carbonatos presentes.

El zooplancton se colectó de manera manual con la ayuda de unas pinzas finas y un microscopio estereoscópico, se colectaron uno por uno los individuos de los grupos de copépodos, cladóceros, ostrácodos y rotíferos.

Los macro invertebrados se clasificaron en los siguientes grupos: *Hyaletta*, larvas de Chironomidae, sanguijuelas, arañas, caracoles, acociles y otros insectos. Los insectos que no eran larvas de quironomidos se clasificaron en ordenes y posteriormente se juntaron aquellos órdenes que presentan hábitos alimenticios similares, quedando en un grupo los Ephemeroptera, Tricoptera y Diptera; en otro los Hemiptera y Odonata; y en el último grupo los Coleoptera (Merritt 2008). Cada una de las muestras corresponde a un grupo de individuos de la misma categoría.

Cada una de las muestras de peces corresponde a un individuo. Para el procesamiento, a cada organismo se le quitaron las escamas y se obtuvo una muestra de tejido blanco que se limpió con agua destilada, fue colocada en un vial y puesta en congelación.

2.2.4 Análisis de isótopos estables

Para el análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno se utilizó el protocolo de la *UC Davis Stable Isotope Facility*, que consiste en colocar las muestras limpias en viales, secarlas en un horno a 50 °C durante 48 horas, macerarlas con un mortero de procela y colocar cada una de las muestras en una cápsula de aluminio de acuerdo con los siguientes parámetros: sedimento de 5 a 10 mg, dependiendo de la cantidad de porcentaje de carbono; tejido vegetal de 2 a 3 mg de peso de la muestra sin contar el peso del filtro; tejido animal de 0.8 a 1.2 mg.

Se procesaron un total de 356 muestras de los diferentes componentes del sistema trófico del lago de Pátzcuaro (tabla 2). El análisis de espectrometría de masas se realizó en la *UC Davis Stable Isotope Facility*.

2.2.5 Caracterización de la estructura trófica

La caracterización de la comunidad trófica se realizó graficando los valores promedio y la desviación estándar de las firmas isotópicas de cada uno de los elementos muestreados en este estudio.

2.2.6 Análisis multivariado de varianza

Se realizó un análisis multivariado de varianza (MANOVA) para entender las diferencias en los valores de carbono y de nitrógeno para las tres zonas (sur, centro y norte). Se utilizaron las firmas isotópicas de los siguientes componentes: fitoplancton, zooplancton, *Hyalella*, quironómidos, hemípteros y odonatos, charal, tiro, carpa y tilapia (tab. 2).

Tabla 2. Número de muestras analizadas en cada zona del lago de Pátzcuaro. ETD = ephemeropteros, tricópteros y dípteros. HO = hemípteros y odonatos.

Nombre	Nombre científico	Sur	Centro	Norte	Total
Acocil	<i>Cambarellus montezumae</i>	0	1	0	1
Araña	Araneomorphae	1	0	0	1
Caracol	Pulmonata	4	1	5	10
Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>	16	16	18	50
Charal	<i>Chirostoma</i>	8	12	20	40
Chegua	<i>Allophorus robustus</i>	1	9	0	10
Coleóptero	Coleoptera	9	5	1	15
ETD	Ephemeroptera, Trichoptera y Diptera	6	5	0	11
Fitoplancton	Fitoplancton	6	2	9	17
HO	Hemiptera y Odonata	7	5	10	22
Huevo Charal	<i>Chirostoma</i>	0	0	4	4
Hyalellas	<i>Hyalella</i>	10	5	11	26
Pez Blanco	<i>Chirostoma estor</i>	0	4	11	15
Poeciliopsis	<i>Poeciliopsis infans</i>	4	5	0	9
Quironómidos	Chironomidae	10	5	7	22
Sanguijuela	Hirudinea	1	5	8	14
Sedimento	Sedimento	2	1	3	6
Tilapia	<i>Oreochromis aureus</i>	4	3	10	17
Tiro	<i>Goodea atripinnis</i>	14	14	13	41
Zooplancton	Zooplancton	10	5	10	25

2.2.7 Contenido estomacal

El análisis de contenido estomacal se realizó para conocer los hábitos alimenticios de los peces. Se analizó el contenido estomacal de 23 individuos de las siguientes especies: tilapia, tiro, carpa, charal y pez blanco.

El contenido alimenticio se clasificó en las siguientes categorías: materia orgánica particulada (MOP, detritus y materia no identificable); vegetación (raíces, semillas, hojas de plantas acuáticas y algas); zooplancton (copépodos, cladóceros, rotíferos, cladóceros y *Hyalella*); insectos (restos de insectos, incluyendo quironómidos); Peces (restos de peces, huesos y escamas).

Para evaluar la importancia relativa de cada una de las categorías se empleó el método de estimación porcentual (Valiente-Riveros 2006). Se colocó una cuadrícula de 10 x 10 debajo de una caja de petri, se vació el contenido estomacal sobre la caja y se observó con la ayuda de un microscopio estereoscópico. Se registró la presencia de las categorías en cada uno de los cuadrantes. La suma de todas las presencias se estableció como el 100% y con base en este se calculó el porcentaje de cada una de las categorías.

2.2.8 Análisis de envoltura convexa

El análisis de envoltura convexa se realizó de acuerdo con Layman *et al.* (2007) para comparar los nichos tróficos de las especies de peces. Se graficaron las firmas isotópicas de cada uno de los componentes y se trazó un polígono utilizando los valores de los componentes más externos para encerrar a todos los elementos del sistema. Al polígono resultante se le conoce como envoltura convexa, se trazó utilizando el programa Matlab.

2.2.9 Análisis de nicho trófico

El análisis de nicho trófico se realizó para comparar la amplitud de los nichos tróficos de las especies de peces, se realizó de acuerdo con Bearhop *et al.* (2004) utilizando el programa Matlab. Se calcularon los valores de variación que incluyen el rango de variación de nitrógeno (NR), rango de variación de carbono (CR) y área total (TA).

2.3 Resultados

2.3.1 Caracterización de la estructura trófica

Las firmas isotópicas de los componentes muestreados proveen una visión general de la estructura trófica del lago de Pátzcuaro (fig 2). La comunidad trófica se encuentra circunscrita dentro de los valores promedio de $\delta^{13}\text{C}$, que van desde -19 ‰ (poeciliopsis) hasta -27‰ (zooplancton) y los de $\delta^{15}\text{N}$ que van desde 6 ‰ (sedimento) hasta 18 ‰ (pez blanco) (fig. 2). El grupo de los peces presenta la mayor variación en cuanto a los valores promedio de $\delta^{15}\text{N}$, siendo el tiro el que presenta los valores más bajos (12 ‰) y el pez blanco los más altos (18 ‰).

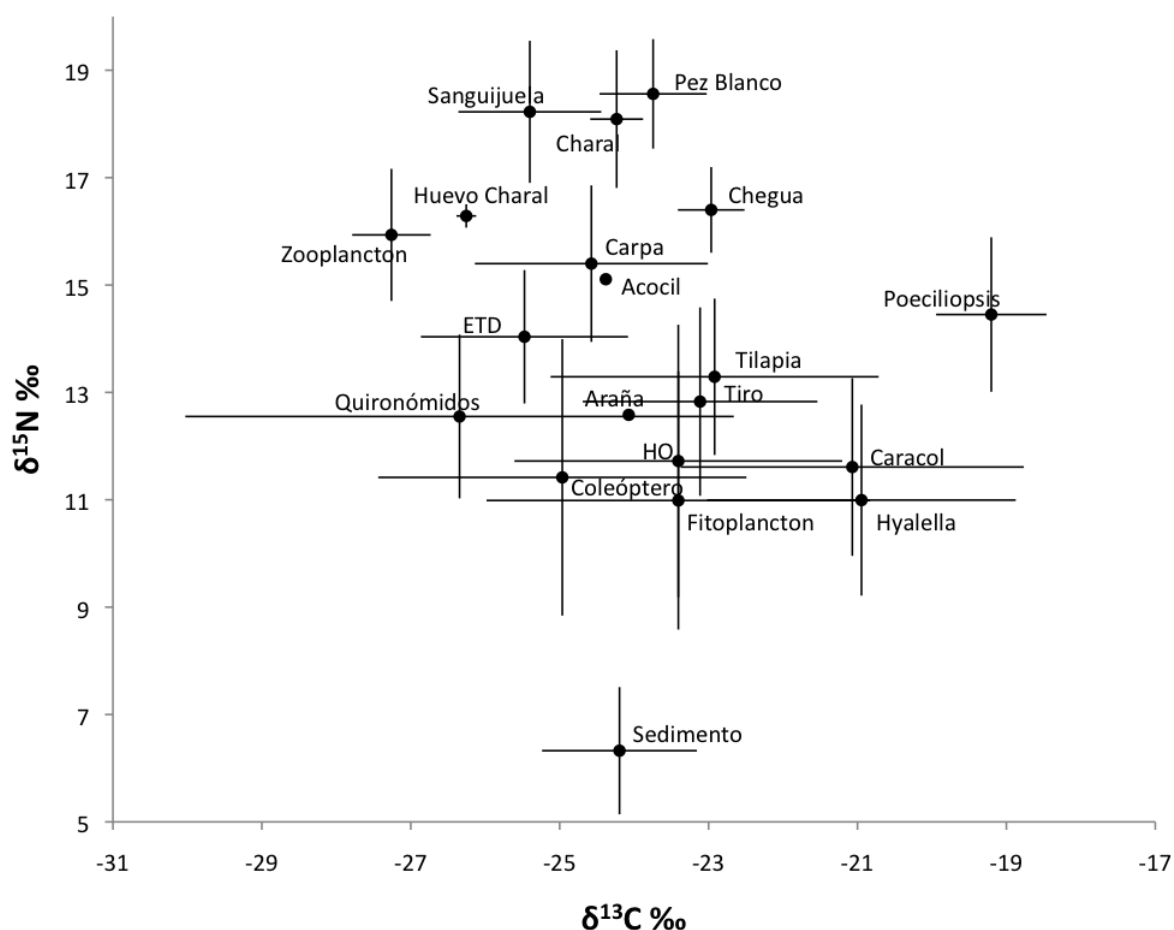
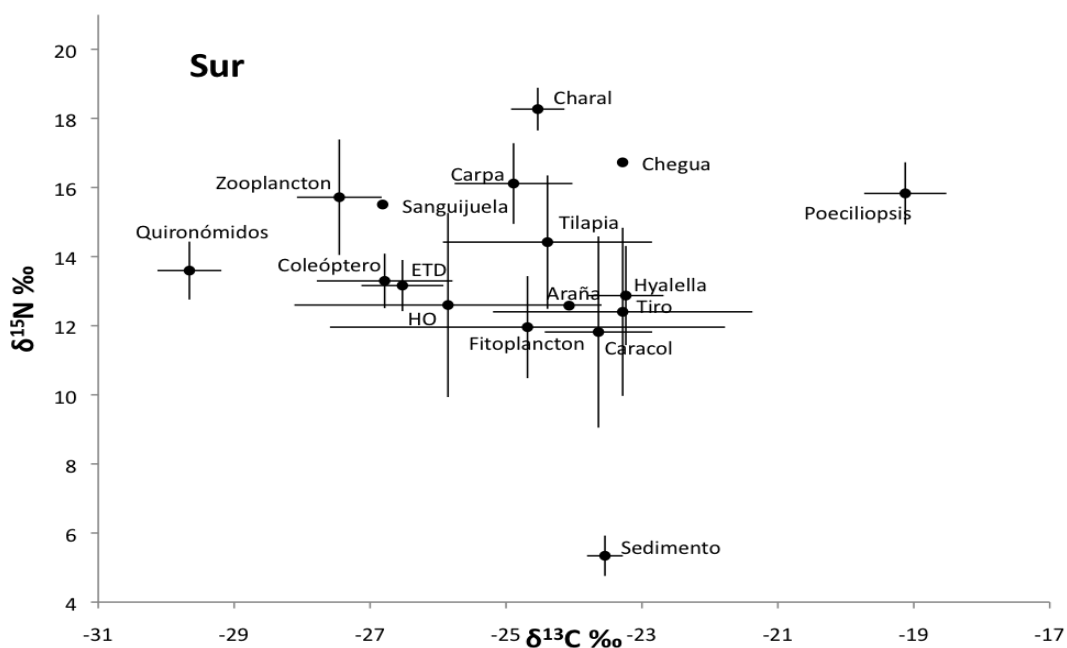


Figura 2. Estructura trófica del lago de Pátzcuaro utilizando cada uno de los componentes tróficos analizados. La desviación estándar de los valores promedio está representada por líneas. ETD: ephemeropterios, tricópteros y dípteros; HO: hemípteros y odonatos.

2.3.2 Regionalización

El análisis de la estructura trófica de las tres zonas (sur, centro y norte) muestra que los distintos componentes del sistema presentan una distribución diferencial (fig. 3). Los componentes que se encuentran en la base de los sistemas tróficos varían dependiendo de la zona. En la zona sur se encuentra el fitoplancton y los caracoles, en la zona centro el sedimento y los coleópteros, en la zona norte se encuentran el fitoplancton y las hyalellas. Los quironómidos muestran una distribución diferencial entre las zonas, siendo los de la zona sur los que presentan un valor más enriquecido en $\delta^{15}\text{N}$ y los de la zona centro un valor menos enriquecido. El zooplancton muestra un enriquecimiento de $\delta^{15}\text{N}$ en las tres zonas. La ubicación trófica de los peces se mantiene constante en las tres zonas.

El análisis multivariado de varianza (MANOVA) muestra que entre las tres zonas existen diferencias significativas en cuanto a los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ [$F(27) = 0.65$; $p > 0.05$]. La zona sur se encuentra más enriquecida de $\delta^{15}\text{N}$ y presenta diferencias significativas con la zona norte, que se encuentra menos enriquecida (Tukey, $p > 0.05$). La zona sur presenta un menor enriquecimiento de $\delta^{13}\text{C}$ y presenta diferencias significativas con respecto a las otras dos zonas, siendo la zona centro la que tiene un mayor enriquecimiento de $\delta^{13}\text{C}$ (Tukey $p > 0.05$).



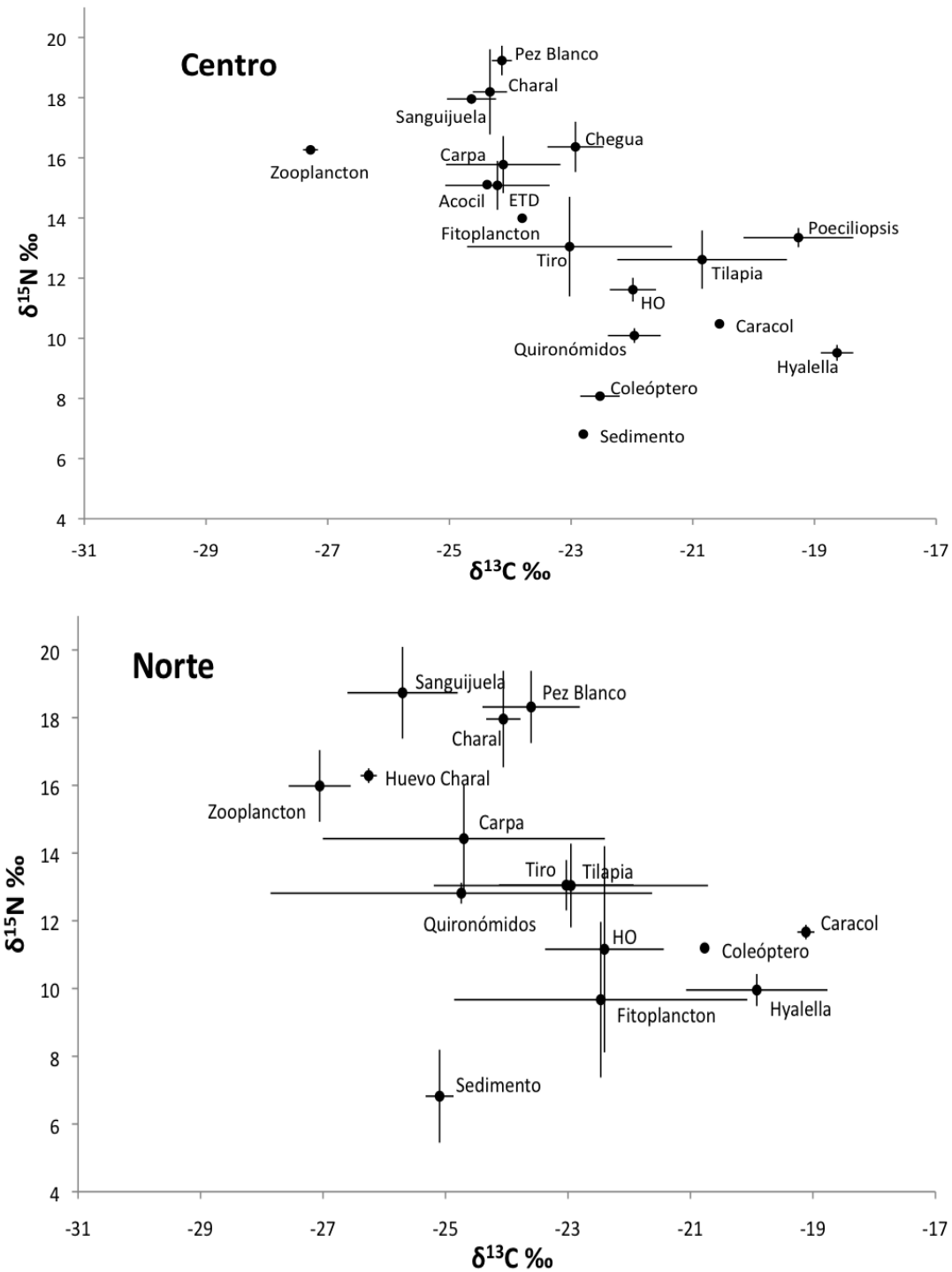


Figura 3. Estructura trófica de las tres zonas del lago de Pátzcuaro (sur, centro y norte) utilizando cada uno de los componentes muestreados. La desviación estándar de los valores promedio está representada por líneas. ETD: efemerópteros, tricópteros y dípteros; HO: hemípteros y odonatos.

2.3.3 Peces

El análisis de contenido estomacal muestra las diferencias entre los hábitos alimenticios de las distintas especies de peces (fig. 4).

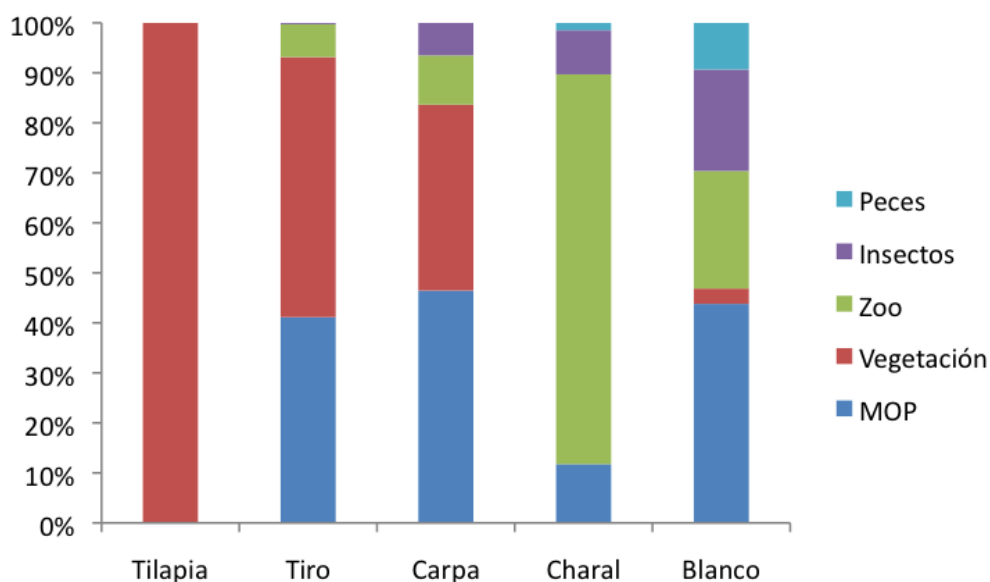


Figura 4. Porcentaje de la presencia de cada categoría en el contenido estomacal de peces. MOP: materia orgánica particulada (detritus y materia no identificable).

El análisis de los valores isotópicos de las especies de peces muestra que tanto la carpa como la tilapia ocupan niveles tróficos parecidos a los de las especies nativas (fig. 5). La carpa y la tilapia ocupan la parte baja y media de la estructura trófica de peces. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de las distintas especies se encuentran dentro de un mismo intervalo de variación, con excepción de los poeciliopsis que presentan valores más enriquecidos de $\delta^{13}\text{C}$.

El análisis de envoltura convexa muestra que entre las especies nativas existe una clara diferenciación entre los nichos tróficos, siendo únicamente los charales y el pez blanco los que se sobrelapan (fig. 6). La carpa y la tilapia presentan nichos tróficos amplios. El nicho trófico de la tilapia se encuentra casi completamente dentro del de la carpa. Existe un sobrelapamiento entre los nichos tróficos de todas las especies nativas con al menos una de las especies exóticas.

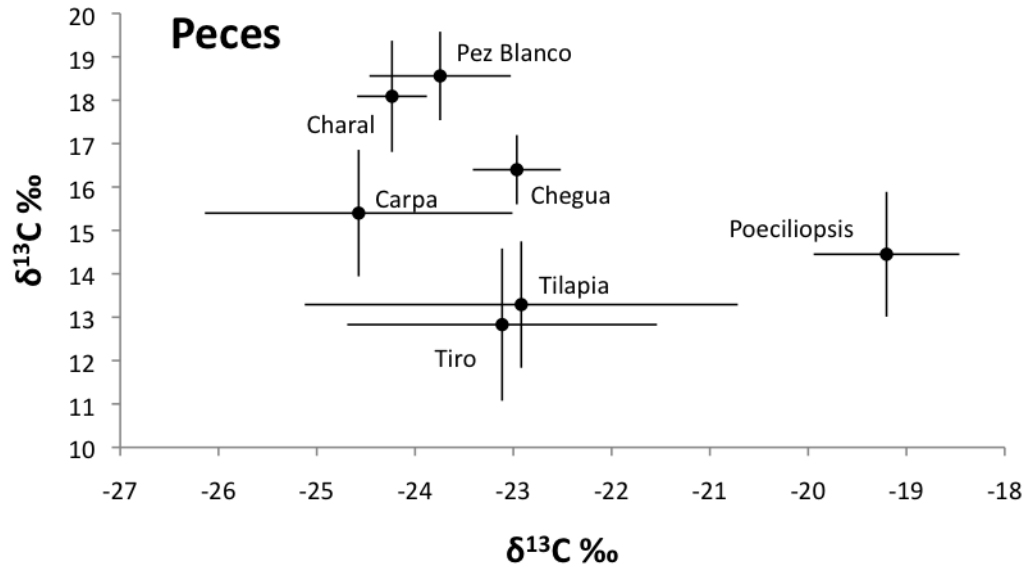


Figura 5. Firmas isotópicas de las especies de peces. La desviación estándar de los valores promedio está representada por líneas.

El análisis de nicho trófico muestran que el tiro es la especie nativa con un nicho más amplio, con una amplitud 4.7 veces mayor a la del charal, que es la especie nativa con una amplitud más cercana, y 14.6 veces mayor que la chegua que es la especie nativa con menor amplitud de nicho (tab. 3).

La carpa presenta un nicho 1.8 veces mayor que la tilapia. La carpa es la especie exótica con un nicho trófico más amplio, con una amplitud de nicho 1.3 veces mayor que el tiro, que mostró ser la especie nativa con un nicho más amplio, y 18.9 veces mayor que el de la chegua, que es la especie nativa con el nicho trófico más estrecho. La amplitud promedio de los nichos tróficos de las especies exóticas es 3 veces mayor que el promedio de la amplitud de las especies nativas.

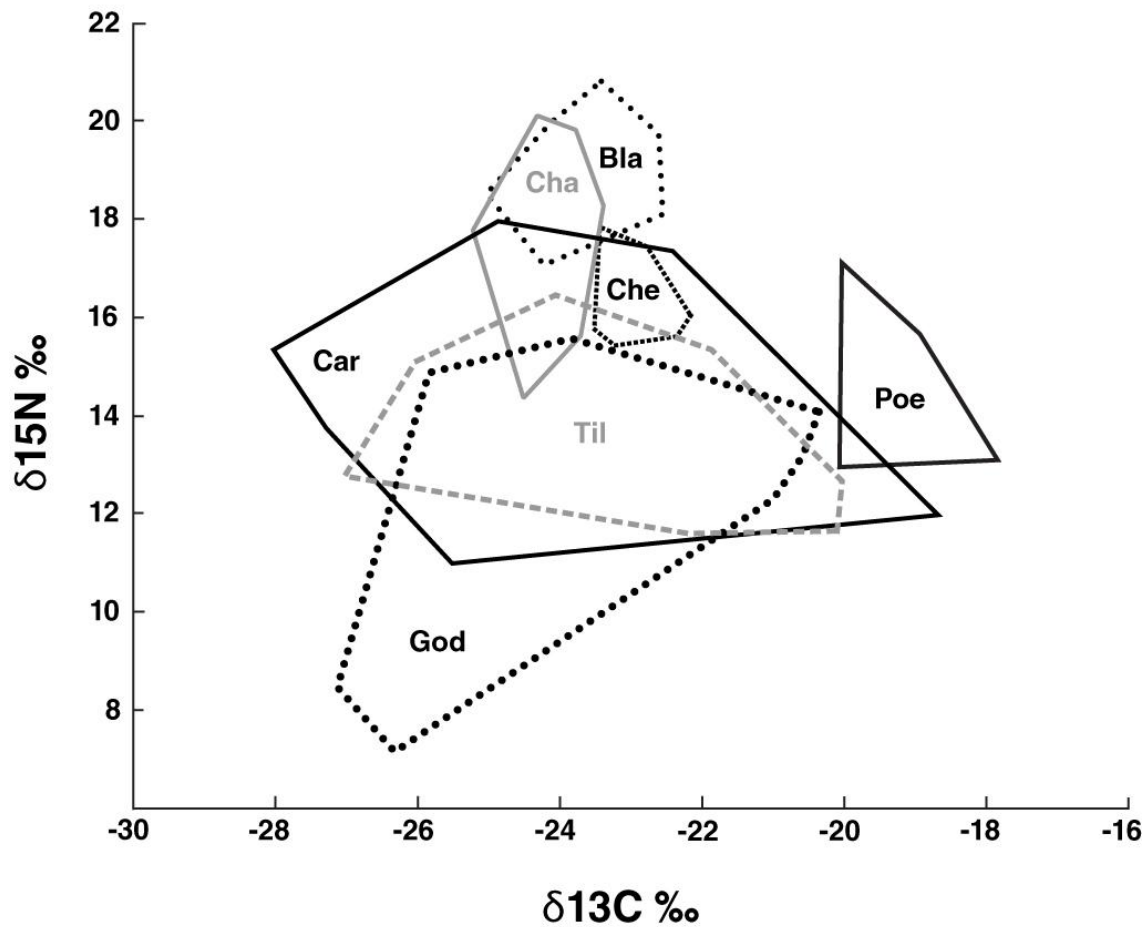


Figura 6. Análisis de envoltura convexa para las especies de peces. God = tiro, Che = chegua, Poe = poeciliopsis, Cha = charal, Bla = pez blanco, Car = carpa, Til = tilapia.

Tabla 3. Análisis de nicho trófico para las especies de peces. NR = rango de variación de $\delta^{15}\text{N}$, CR = rango de variación de $\delta^{13}\text{C}$, TA = área tota. Se muestran los promedios y desviaciones estándar del conjunto de especies nativas y el conjunto de especies exóticas (TA, p y sd).

	<i>Nativas</i>					<i>Exóticas</i>	
	Tiro	Chegua	Charal	Pez blanco	Poeciliopsis	Carpa	Tilapia
NR	8.4	2.4	5.8	3.7	4.2	7.0	4.8
CR	6.8	1.3	1.9	2.5	2.2	9.4	7.0
TA	30.7	2.1	6.5	5.5	5.3	39.7	21.5
TA (p y sd)	10 ± 12.9					30.6 ± 11.7	

Discusión

2.4.1 Caracterización de la estructura trófica

Las firmas isotópicas proveen una visión general de la estructura trófica del lago de Pátzcuaro. El lago de Pátzcuaro presenta aproximadamente 4 niveles tróficos, debido a que se considera que cada 3.4 – 4 valores de nitrógeno implica un cambio de nivel trófico (Minagawa et al. 1984). El sedimento forma parte del sistema trófico debido a que los coleópteros se alimentan de él. El fitoplancton y las hyalellas representan la base de la estructura estrófica.

El zooplancton presenta valores más enriquecidos de nitrógeno que la mayoría de los componentes, por lo que únicamente los charales y el pez blanco se alimentan de él. Los quironómidos muestran una amplia variación de carbono, lo que implica que se alimentan de una amplia variedad de elementos. Los invertebrados se encuentran en la parte central de la estructura al igual que las especies exóticas de peces lo que implica que presentan hábitos alimenticios generalistas.

El pez blanco y el charal se encuentran en la cima de la estructura trófica debido a que se alimentan de otros peces, son los únicos carnívoros secundarios. Las sanguijuelas por otra parte se alimentan de la sangre del charal, el pez blanco y la carpa por lo que su firma isotópica presenta valores enriquecidos en $\delta^{15}\text{N}$.

2.4.2 Regionalización

Los componentes tróficos se distribuyen de manera diferente en las tres zonas, lo que sugiere que cada zona está conformada por una comunidad trófica independiente. Las comunidades tróficas varían en cuanto a la ubicación de la mayoría de sus componentes, sin embargo la ubicación de los peces no cambia entre las zonas.

Tanto en la zona sur como en la norte el fitoplancton es la base del sistema trófico. El sedimento no forma parte de estos sistemas debido a que sus valores de $\delta^{15}\text{N}$ se encuentran más de 4 valores por debajo de cualquier otro componente trófico, lo que sugiere que no es

la fuente alimenticia de ningún organismo. En la zona centro el sedimento representa la base del sistema trófico, es el componente desde donde comienza el flujo de energía.

El nitrógeno de los quironómidos presentan una relación positiva con el nitrógeno disuelto en el agua (Grey et al. 2004), por lo que las diferencias en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de los quironómidos entre las zonas sugieren que en la zona sur existe una mayor cantidad de nitrógeno disuelto en el agua, en la zona centro una menor y en la zona norte una cantidad intermedia de nitrógeno disuelto.

Los peces no presentan diferencias en cuanto a su ubicación en la estructura trófica en las tres zonas, lo que sugiere que se desplazan y se alimentan indiferencialmente en las tres zonas del lago.

Las firmas isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ son mayores en la región del centro, lo que indica que existe una menor cantidad de aporte externo al sistema (Merlo-Galeazzi 2010). La cantidad de $\delta^{15}\text{N}$ en un sistema se encuentra relacionada con la cantidad de nitrógeno disuelto en el agua (Cabana y Rasmussen 1996), una mayor cantidad de nitrógeno disuelto sugiere que existe una mayor contaminación proveniente de las actividades humanas.

La zona sur presenta menores valores de $\delta^{13}\text{C}$ y mayores de $\delta^{15}\text{N}$ que las otras dos zonas. Ambos resultados indican que la zona sur es la que tiene mayor cantidad de aportes externos provenientes de las actividades humanas y que la zona centro es la que presenta una menor cantidad de estos aportes.

Los estudios realizados por Sánchez-Chávez et al. (2007) muestran que la región sur efectivamente tiene una mayor contaminación debido a que presenta una mayor cantidad de turbidez, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, conductividad eléctrica, sulfatos, nitrógeno total, fosforo total, coliformes fecales y coliformes totales. Esto se debe a las descargas antropogenicas provenientes de los poblados de Napizaro, Erongaricuaró, Pátzcuaro, Janitzio y Tzurumutaro. En menor proporción la zona norte también se

encuentra contaminada por estos mismos parámetros, debido a las descargas de los poblados de Tzintzuntzan, Quiroga, Santa Fe de la Laguna y San Jerónimo.

El enriquecimiento y la mayor disponibilidad de nutrientes en los sistemas acuáticos tienen un efecto en la estructura y función de las comunidades (Cabana y Rasmussen 1996). En este caso cada zona está conformando una comunidad trófica diferente en cuanto a la base de los sistemas. Sin embargo, los hábitos alimenticios de los peces tienden a homogenizar las comunidades tróficas.

2.4.3 Peces

El análisis de contenido estomacal por sí solo no es un método muy preciso para entender la estructura trófica de los cuerpos de agua, debido a las deficiencias que presenta; Sin embargo, este análisis en conjunto con el análisis de isótopos estables nos permite comprender mejor las interacciones tróficas dentro de un sistema acuático (Layman y Post 2008).

El contenido estomacal muestra que tanto el tiro como la carpa se alimentan de zooplankton, aunque no lo hacen en una gran proporción, lo que explica porque las firmas isotópicas no muestran que estos peces se alimenten de él. El pez blanco y los charales si se alimentan de zooplankton, un dato que con las firmas isotópicas no es posible determinar precisamente.

El pescado blanco muestra en su contenido estomacal una mayor proporción de restos de peces en comparación con los charales, esto se debe a que únicamente se analizaron peces blancos mayores a 12 centímetros de largo patrón, lo que implica que tienen una mayor facilidad para alimentarse de peces pequeños en comparación con el grupo de los charales que está representado por organismos menores a 10 centímetros de largo patrón.

El solapamiento de las firmas isotópicas muestra que las especies invasoras se establecieron en el sistema y ocupan los mismos nichos tróficos que las especies nativas. Esto supone que existe una competencia directa por la alimentación entre la tilapia y el tiro.

La carpa y la chegua se encuentran en un mismo nivel trófico por lo que también se espera que exista competencia.

El pez blanco y el charal presentan firmas isotópicas muy similares debido a que taxonómicamente pertenecen al mismo género y ecológicamente se comportan de manera similar. El pez blanco se encuentra un poco más arriba de la estructura debido a que únicamente se analizaron peces blancos mayores a 12 centímetros de largo patrón, lo que implica que tienen una mayor facilidad para alimentarse de peces pequeños en comparación con el grupo de los charales que está representado por organismos menores a 10 centímetros de largo patrón.

Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de los poeciliopsis se encuentran alejados de los de las otras especies de peces, lo que implica que su fuente alimenticia es distinta, por lo que se espera que no se encuentre en competencia directa por el alimento con ninguna otra especie de pez.

El análisis de envoltura convexa muestra que existe una diferenciación en el nicho trófico de las distintas especies nativas, cada especie presenta un nicho trófico separado del de las otras especies, lo que sugiere que no existe competencia directa por el alimento entre las especies nativas. Los nichos tróficos del pescado blanco y de los charales se sobrelapan, esto se debe a las similitudes tanto taxonómicas como ecológicas que presentan.

El tiro presenta una amplitud de nicho varias veces mayor a cualquier otra especie nativa, lo que sugiere que esta especie presenta los hábitos más generalistas. La chegua es la especie con el nicho trófico más estrecho, lo que implica que los cambios en la estructura trófica sumados a la competencia por alimento podrían tener consecuencias graves en su población.

Los charales y el pescado blanco se encuentran en la parte más alta de la estructura trófica, por lo que representan el eslabón más vulnerable debido a que cualquier cambio en la estructura trófica tiene repercusiones en la estabilidad de los componentes que se encuentran en la cima de la estructura.

Los amplios nichos tróficos tanto de la carpa como de la tilapia sugieren que ambas especies son resistentes a los cambios que puedan producirse en la estructura trófica, debido a la alta variedad de presas que pueden ingerir. El nicho trófico de la tilapia se encuentra dentro del de la carpa casi completamente. Comparando estos resultados con los del contenido estomacal, podemos inferir que la tilapia se alimenta únicamente de vegetación y que el solapamiento entre estas dos especies se debe a los hábitos omnívoros de la carpa. Los hábitos generalistas de la carpa le proporcionan un nicho trófico más amplio.

El solapamiento de los nichos tróficos entre las especies nativas y las exóticas, sugiere que cada una de las especies nativas se encuentra en competencia por los recursos alimenticios con al menos una de las especies exóticas. Las especies exóticas presentan nichos tróficos más amplios que las nativas, por lo que las variaciones en la estructura trófica y la competencia por los recursos alimenticios afecta en mayor grado a las especies nativas, con excepción del tilapia que tiene un nicho trófico amplio.

Otro problema que representan las especies introducidas en el lago de Pátzcuaro es que al aumentar la competencia por los recursos tróficos, tanto las especies nativas como las introducidas no logran tener un desarrollo óptimo ni en talla ni en peso, lo que tiene como consecuencia la disminución del valor comercial de todos los peces que habitan el lago.

Este estudio muestra lo perjudicial que son las especies exóticas en la salud del ecosistema. Una vez que se han establecido las especies exóticas en un ecosistema la erradicación no es una opción viable, por lo que los esfuerzos de restauración deben enfocarse en programas para el control del crecimiento de las poblaciones, más que en la completa erradicación de las especies (Lodge 1993).

Las especies exóticas están afectando de manera drástica la estabilidad de las especies nativas, lo que tiene graves consecuencias tanto para las especies, la estructura del sistema, la diversidad biológica y la estabilidad económica de la industria pesquera de la región.

2.5 Conclusiones

1.- Existe una diferenciación de las firmas isotópicas debido al uso de suelo, lo que sugiere que el flujo de energía es diferente en las distintas regiones del lago.

2.- Las especies nativas no presentan competencia por los hábitos alimenticios entre ellas.

3.- Cada una de las especies nativas se encuentra en competencia por los recursos alimenticios con al menos una de las especies exóticas

4.- Los amplios nichos tróficos tanto de la carpa como de la tilapia, las hacen más resistentes a los cambios que puedan producirse en el ambiente, lo que las convierte en especies que amenazan la integridad de las poblaciones nativas.

5.- Las especies exóticas presentan un grave riesgo para las especies nativas, la estructura del sistema, la diversidad biológica y la estabilidad económica de la industria pesquera de la región.

Bibliografía

Bearhop S., Adams C. E., Waldron S., Fuller R. A. y Macleod H., 2004. *Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis*. Journal of Animal Ecology 73: 1007-1012.

Billard., R. 1999. Carp: Biology and Culture. *Springer–Praxis Series in Aquaculture and Fisheries*, Praxis Publishers Ltd., Chichester, UK, 342 p.

Bonilla, A. P., 1983. *El zooplancton de las islas Galápagos*. Acta oceanográfica del Pacífico. INOCAR, Ecuador, 2 (1).

Cabana G. y Rasmussen J. B., 1996. *Comparison of aquatic food chains using nitrogen isotopes*. Proc. Natl. Acad. Sci. 93, pp. 10844-10847.

Encina Encina L., Rodriguez R. A. Granado Lorenzo C y Escot Muñoz C. (2001). *Gestión y Evaluación de Embalses. Estudio de las Poblaciones de Peces*. Universidad de Sevilla. Pp.213.

Fry B., 2006. *Stable isotope ecology*. Springer Science+Business Media. USA.

González-Yáñez J., Ocampo A. A y Tolentino V. (2002) *Evaluación del crecimiento de carpa común (Cyprinus Carpio) alimentada con cerdaza ensilada*. Vet. Méx 33(2) pp 109-118

Granado-Lorencio, C., 1996. *Ecología de peces*. Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla. España., 308 pp.

Grey J., Kelly A. y Jones R. I., 2004. *High intraespecific variability in carbon and nitrogen isotope ratios of lake chironomid larvae*. Limnol. Oceanogr., 49(1), 239-244.

Layman C. A., Arrington A., Montana C. G. y Post D. M., 2007. *Can stable isotope ratios provide for community-wide measures of trophic structure?* Ecology, 88(1), pp. 42-48.

Layman, C. A. y Post D. M., 2008. *Can stable isotope ratios provide for community-wide measures of trophic structure?* Reply. Ecology 89: 2358–2359.

Lodge, D. M. 1993. *Biological invasions: Lessons for ecology*. Trends in Ecology and Evolution 8: 133-137.

Merlo-Galeazzi A., 2010. *Variación especial de la firma isotópica de quironómidos, MOP y sedimento en los canales de Xochimilco, México: implicaciones en la red trófica*. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., 47 pp.

Merritt R.W., Cummins K. W., Berg M. B., eds, 2008. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Fourth edition, Kendall/Hunt, Iowa, U.S.A.

Minagawa, M. y Wada E., 1984. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between ^{15}N and animal age. Geochim. Cosmochim. Acta, 48: 1135 – 1140.

Orbe-Mendoza, A. A., Acevedo-García J. y Lyons J., 2002. *Lake Pátzcuaro fishery Management plan*. Reviews in fish biology and fisheries 12: 207-217.

Peterson, B. J. y Fry B., 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. Ann. Rev. Ecol. Syst. 18: 293 – 320.

Sanchez-Chavez J. J., Bravo-Inclan L.A., Tomasini-Ortiz A. C., Cordova-Rodriguez M. A., Sandoval-Villasana A. M., Mijangos-Carro M. A., Saldana-Fabela M. del P., Salado-Huerta E., Hernandez-Lopez R. D., 2007. *Monitoreo periódico de la calidad del agua del lago de Pátzcuaro y de las descargas*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

UC Davis Stable Isotope Facility, Department of plant sciences one shields ave. mail stop 1
Davis, CA 95616 USA. <http://stableisotopefacility.ucdavis.edu/>

Valiente-Riveros, E. L., 2006. *Efecto de las especies introducidas en Xochimilco para la rehabilitación del hábitat del ajolote (Ambystoma mexicanum)*. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., 92 pp.

Vander Zaden, M. J., Casselman, J. M., Rasmussen, J. B., 1999. *Stable isotope evidence for the food web consequences of species invasions in lakes*. Nature 401: 464-467.

Zambrano L., Valiente E., Vander Zanden M. J., 2010 a. *Food web overlap among native axolotl (Ambystoma mexicanum) and two exotic fishes: carp (Cyprinus carpio) and tilapia (Oreochromis niloticus) in Xochimilco, Mexico City*. Biol Invasions, Feb 2010.

Zambrano L., Valiente E., Vander Zanden M. J., 2010 b. *Stable isotope variation of a highly heterogeneous shallow freshwater system*. Hydrobiologia 646:327–336

Anexo 1

Coordenadas de las localidades muestreadas en el lago de Patzcuaro.

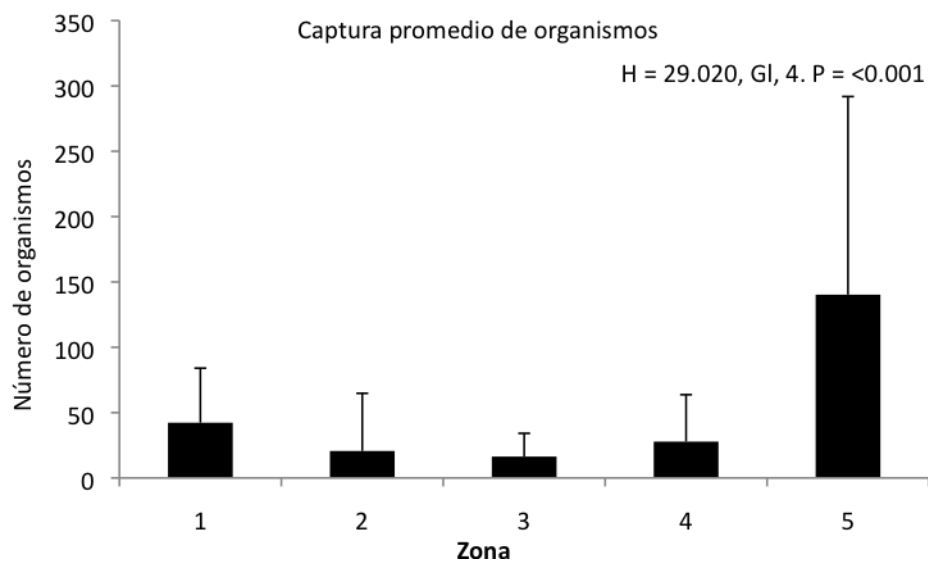
Comunidades	Latitud	Longitud
Yunuen	19° 33' 09''	101° 38' 17.03''
Tarerio	19° 37' 45''	101° 36' 58.1''
San Andrés	19° 40' 5''	101° 37' 7.2''
Ojo de agua	19° 38' 19''	101° 33' 33.1''
Ihuatzio	19° 33' 59"	101° 37' 09"
Col. Revolución	19° 35' 10''	101° 41' 5.8
Puacuario	19°36'26"	101° 40' 04"
Tzinzuntzan	19°37'43"	101° 34' 36"
Ucasanastacua	19°37'03"	101° 37' 43"
San Jerónimo	19°40'43"	101° 36' 46"
Pacanda	19°36'25"	101° 38' 57"
Santa Fe	19°40'20"	101° 33' 20"

Anexo 2

Anova de tallas de las carpas por zona por el método de Dunn's, la Z indica la zona

Comparison	Diff of Ranks	Q	P<0.05
Z 1 vs Z 2	52.307	3.633	Si
Z 1 vs Z 4	21.822	1.460	No
Z 1 vs Z 3	16.818	1.189	No evaluada
Z 1 vs Z 5	0.781	0.0423	No evaluada
Z 5 vs Z 2	51.526	3.156	Si
Z 5 vs Z 4	21.042	1.252	No evaluada
Z 5 vs Z 3	16.037	0.996	No evaluada
Z 3 vs Z 2	35.489	3.162	Si
Z 3 vs Z 4	5.005	0.420	No evaluada
Z 4 vs Z 2	30.485	2.496	No

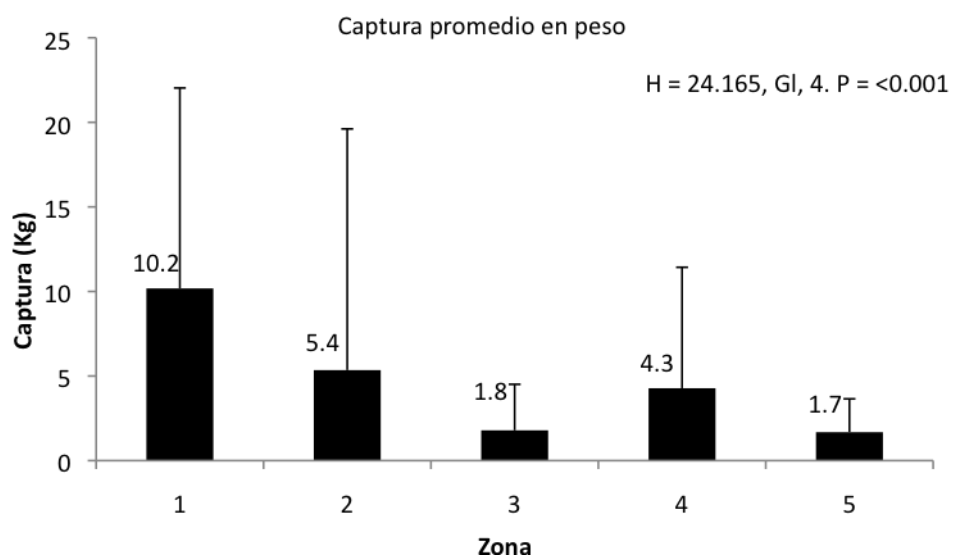
Promedio de captura en organismos por zona.



Anova del promedio de captura en organismos por zona, por el método de Dunn's, La Z indica la zona.

Comparison	Diff of Ranks	Q	P<0.05
Z 1 vs Z 2	65.919	4.600	Si
Z 1 vs Z 3	43.708	3.105	Si
Z 1 vs Z 4	32.296	2.163	No
Z 1 vs Z 5	3.972	0.216	No evaluada
Z 5 vs Z 2	61.947	3.812	Si
Z 5 vs Z 3	39.736	2.479	No
Z 5 vs Z 4	28.325	1.688	No evaluada
Z 4 vs Z 2	33.623	2.749	No
Z 4 vs Z 3	11.411	0.956	No evaluada
Z 3 vs Z 2	22.211	1.988	No evaluada

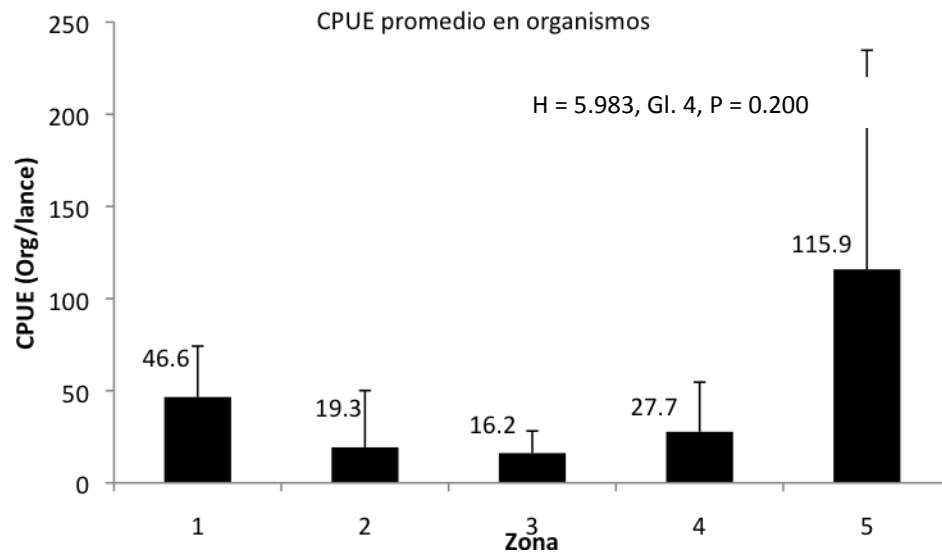
Promedio de captura en peso por zona.



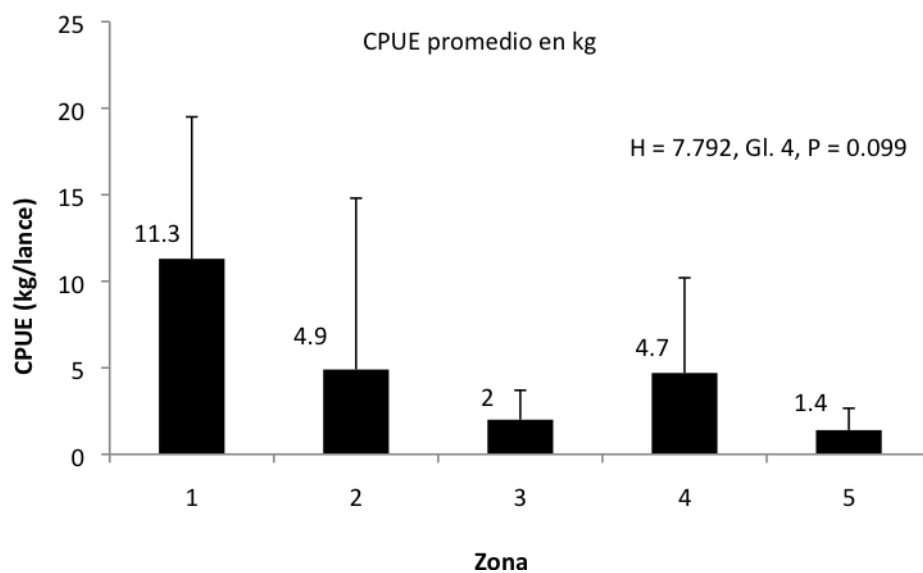
Anova del promedio de captura en peso por zona, por el método de Dunn's, La Z indica la zona.

Comparison	Diff of Ranks	Q	P<0.05
Z 1 vs Z 2	64.980	4.534	Si
Z 1 vs Z 5	61.260	3.335	Si
Z 1 vs Z 3	57.038	4.052	Si
Z 1 vs Z 4	38.933	2.607	No
Z 4 vs Z 2	26.046	2.129	No
Z 4 vs Z 5	22.327	1.330	No evaluada
Z 4 vs Z 3	18.105	1.517	No evaluada
Z 3 vs Z 2	7.941	0.711	No evaluada
Z 3 vs Z 5	4.222	0.263	No evaluada
Z 5 vs Z 2	3.719	0.229	No evaluada

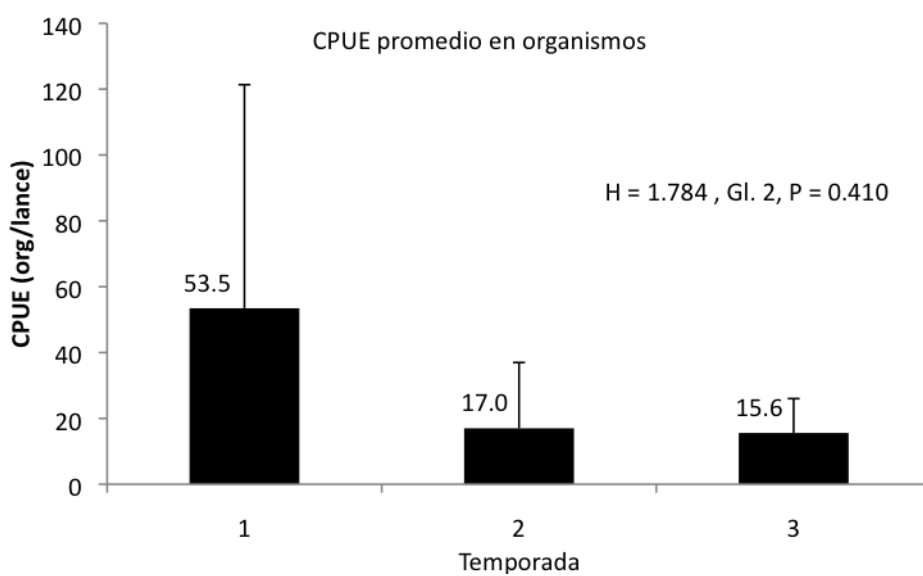
Captura por unidad de esfuerzo promedio por organismos por zona.



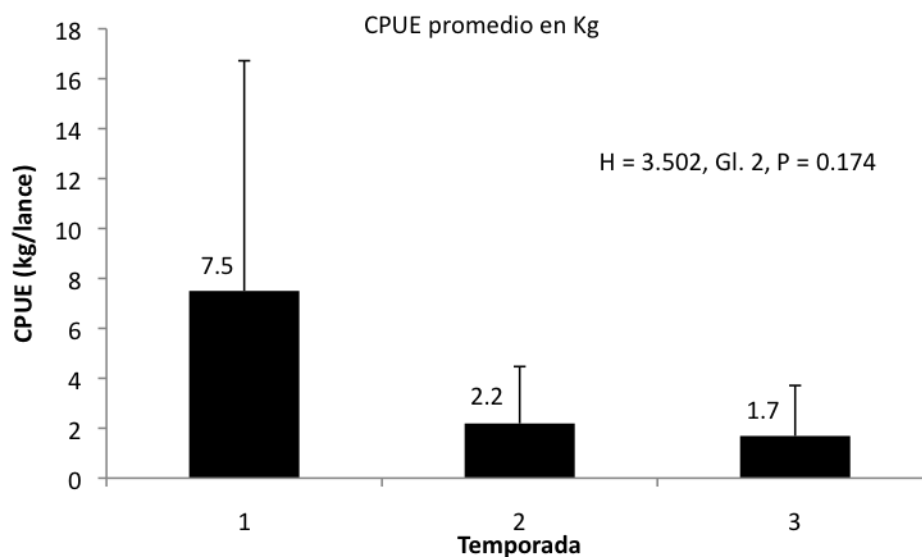
Captura por unidad de esfuerzo promedio en peso por zona.



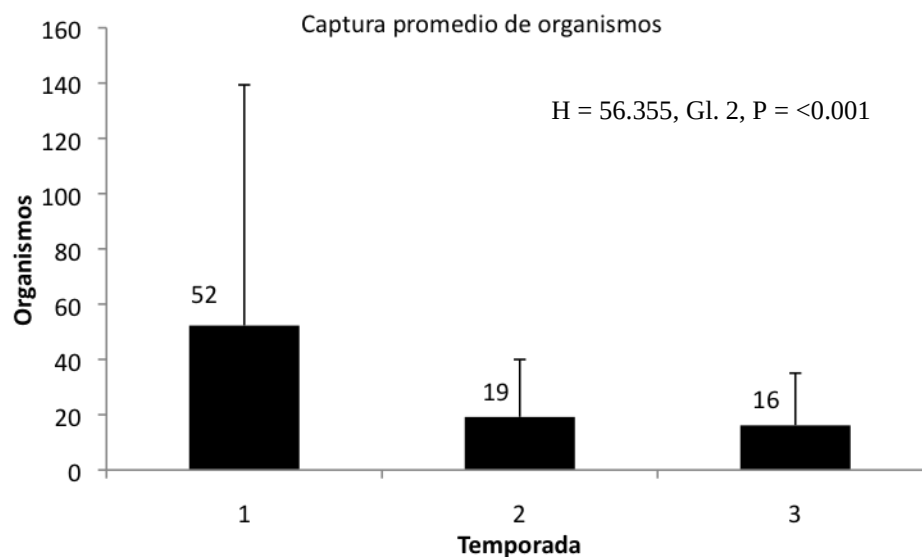
Captura por unidad de esfuerzo promedio en organismos por temporada.



Captura por unidad de esfuerzo promedio en peso por temporada.



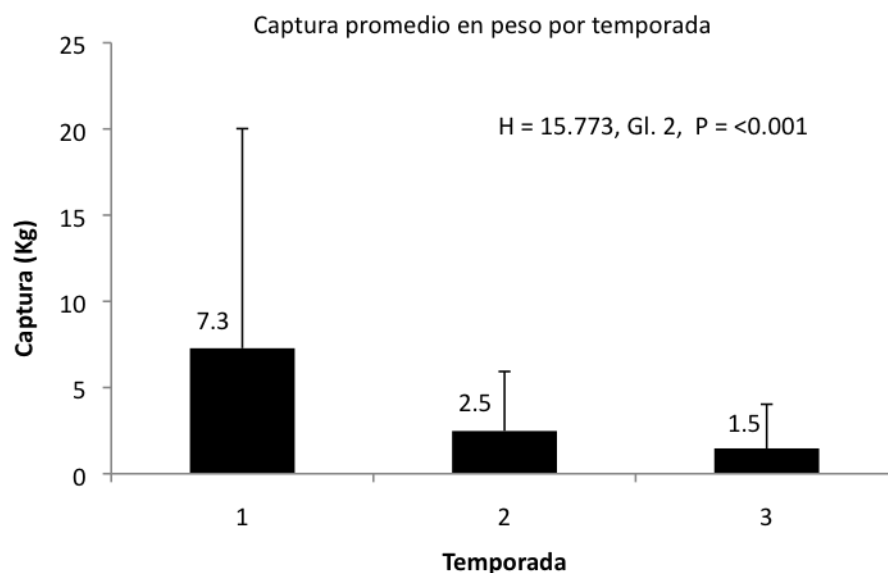
Promedio de captura en organismos por temporada.



Anova del promedio de captura en organismos por temporada, por el método de Dunn's, La T indica la temporada.

Comparison	Diff of Ranks	Q	P<0.05
T 1 vs Z 3	64.571	7.238	Si
T 1 vs Z 2	1.167	0.079	No
T 2 vs Z 3	63.40	4.246	Si

Promedio de captura en organismos por temporada.



Anova del promedio de captura en peso por temporada, por el método de Dunn's, La T indica la temporada.

Comparison	Diff of Ranks	Q	P<0.05
T 1 vs Z 3	35.398	3.968	Si
T 1 vs Z 2	14.062	0.959	No
T 2 vs Z 3	21.336	1.429	No

Anova de densidad de carpas por zona por el método de Dunn's, la Z indica la zona.

Comparison	Diff of Ranks	Q	P<0.05
Z 3 vs Z 2	74.612	6.967	Si
Z 3 vs Z 1	51.407	4.163	Si
Z 3 vs Z 4	25.048	2.324	No
Z 3 vs Z 5	7.567	0.495	No evaluada
Z 5 vs Z 2	67.046	4.267	Si
Z 5 vs Z 1	43.841	2.598	No
Z 5 vs Z 4	17.481	1.109	No evaluada
Z 4 vs Z 2	49.565	4.361	Si
Z 4 vs Z 1	26.360	2.040	No evaluate
Z 1 vs Z 2	23.205	1.804	No