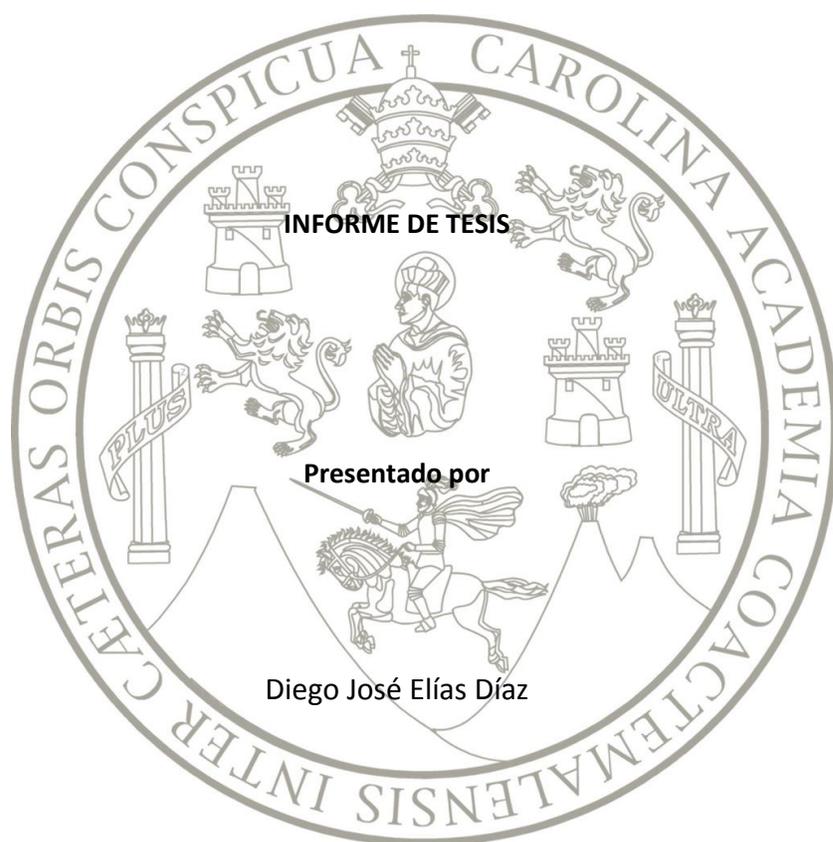


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Selección de hábitat y análisis de la dieta del pez Blanco (*Petenia splendida* Günther, 1962) y la anguila de pantano (*Ophisternon aenigmaticum* Rosen & Greenwood, 1976) en el Lago Petén Itzá



Para optar el título de

BIÓLOGO

Guatemala, Marzo de 2013

Junta Directiva

De la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Decano	Dr. Oscar Cobar Pinto
Secretario	Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto
Vocal I	Licda. Liliana Vides de Urizar
Vocal II	Dr. Sergio Alejandro Melgar Valladares
Vocal III	Lic. Luis Antonio Gálvez Sanchinelli
Vocal IV	Fayver Manuel de León Mayorga
Vocal V	Maidy Graciela Córdova Audón

A:

Mis Abuelos

José Eduardo y Blanca Alicia (Q.E.P.D) gracias por todo.

Mi Madre

Carmen Díaz por todos los sacrificios.

Agradecimientos:

A M. Sc. Christian Barrientos y a la Licda. Yasmin Quintana por enseñarme el fascinante mundo de la ictiología; por su amistad. Por la asesoría y paciencia para la elaboración de este trabajo y permitirme la oportunidad de poder tomar los datos dentro del proyecto “Evaluación del impacto de especies no nativas en los lagos Atitlán, Izabal y Petén Itzá y caracterización del hábitat de especies nativas y no nativas” 09-2009 financiado por el consejo nacional de ciencia y tecnología – CONCYT- . A la Autoridad para el manejo de la cuenca del Lago Petén Itzá –AMPI- en especial a el Ingeniero Emilio Matus por las facilidades brindadas en la logística del presente trabajo, a Don Julio Chan, y Obet Gonzales por su valiosa ayuda en el trabajo de campo, al centro de estudios conservacionista -CECON- a Luis Rodas de la administración del Biotopo Cerro Cahuí, por brindar el apoyo con guarda-recursos, en especial a Byron Cruz por su valiosa ayuda en la colecta. Al Lic. Diego Juárez por su apoyo en la fase de campo y comentarios para realizar la presente investigación, y a todas aquellas personas que colaboraron en la fase de campo. A Wendy Barillas y Jocelyn Prado por la colaboración en el trabajo de laboratorio. Y a todo el staff en el hotel La Casa de Don David, especialmente a Kelsey Kuhn, por todas las facilidades prestadas para poder montar un laboratorio y el almacenamiento de muestras.

A todas aquellas personas con las que compartí durante mi paso por la universidad, en especial a Pavel García, Gustavo Ruano, Elizabeth Alburez, Bianca Bosarreyes, y Lic. Julio Morales, por todos los buenos momentos. Al Dr. Jorge Erwin López por el asesoramiento y paciencia en la revisión de este trabajo.

A mis papás, hermanos y tíos muchas gracias por todo el apoyo brindado siempre, y a mi segunda familia que siempre estará allí: Alan, Claudia, Augusto, Alan, Hendrick, Rony, Job y Lupa.

Al pueblo de Guatemala, la Universidad de San Carlos de Guatemala y los catedráticos que me formaron profesionalmente.

INDICE

1. Resumen	1
2. Introducción	3
3. Antecedentes	5
3.1 Nicho ecológico.....	5
3.2 Competencia, principio de exclusión y partición del recurso.....	5
3.3 Predación.....	6
3.4 Electro-pesca	7
3.5 Trabajos previos.....	7
4. Justificación	9
5. Objetivos	10
5.1 General	10
5.2 Especificos.....	10
6. Hipótesis	11
7. Materiales y Métodos	12
7.1 Universo.....	12
7.2 Muestra.....	12
7.3 Métodos.....	13
8. Resultados	24
8.1 Caracterización tipos de hábitat y disponibilidad.....	24
8.2 Amplitud, traslape de nicho y selección de hábitat	28
8.3 Análisis de dietas	30
8.4 Análisis de dietas en base al ancho de boca.....	34
8.5 Análisis de la dieta piscívora	38
8.6 Dieta piscívora selección por familias y especie.....	39
9. Discusión	44
9.1 Selección de macro-hábitats	44
9.2 Análisis del espectro alimenticio.....	46
9.3 Macro-hábitats y su distribución en el la Petén Itzá	48
10. Conclusiones	51

11. Recomendaciones	53
12. Referencias	54
13. Anexos	62

1. Resumen

El lago Petén Itzá (100km²) en el norte de Guatemala posee una comunidad íctica con al menos dos piscívoros, el pez blanco *Petenia splendida*, y la anguila de pantano *Ophisternon aenigmaticum*. El presente trabajo evaluó si el pez Blanco y la anguila de pantano mostraban selección por algún hábitat en la zona litoral. Se caracterizó el espectro alimenticio de ambas especies, y se estimó si existía selección y traslape en los ítems consumidos.

Se determinó selección de hábitat a través de datos de uso de hábitat, los cuales se obtuvieron mediante electro-pesca en la zona litoral. La disponibilidad de los diferentes hábitats fue estimada mediante transectos de 25 metros cuadrados, en cinco diferentes localidades de la cuenca Sur del lago Petén Itzá. Los individuos colectados de ambas especies, fueron congelados y llevados al laboratorio para la toma de medidas biométricas y extracción del tracto digestivo. Se realizó una inspección macro y microscópica de los contenidos del tracto, para poder determinar el espectro alimenticio.

En la caracterización del hábitat se registraron cuatro especies de macrofitas acuáticas (*Vallisneria americana*, *Potamogeton illionensis*, *Potamogeton pectinatus*, *Chara sp.*) sumergidas, en la zona litoral del lago Petén Itzá. El pez Blanco mostró selección positiva por el hábitat con *Vallisneria americana*, *Potamogeton illionensis* y *P. pectinatus* (Índice Ivlev= **0.3**), y utilizó el hábitat con la macro-alga *Chara sp.* en proporción a su disponibilidad (Índice de Ivlev= **0**), mientras que la anguila de pantano mostró selección positiva por sitios con la presencia de la macro-alga *Chara sp.* (Índice de Ivlev= **0.5**), y ambas especies mostraron una selección negativa áreas sin vegetación (Índice de Ivlev < **-0.5**).

En el caso del espectro alimenticio se determinó que la dieta del pez Blanco está constituida por macroinvertebrados, huevos de pez y peces, mientras que la dieta de la anguila de pantano está constituida por macroinvertebrados, gasterópodos y peces. Las dos especies mostraron una tendencia hacia la piscivoria mientras aumentan de talla. Se determinó que la anguila de pantano es una especie más generalista (Levins= **0.54**) que el pez Blanco (Levins= **0.33**) y que en el nicho trófico presentan un alto índice de traslape (Morisita-Horn= **0.86**). Ambas especies consumieron peces en proporción a su disponibilidad en el ambiente. Aunque el pez Blanco mostró un mayor consumo de especies más evasivas en proporción a las consumidas por la anguila de pantano.

La selección de diferentes macro-habitats por parte de ambas especies puede responder, a estrategias de forrajeo, ya que *V. americana*, *P. illionensis* y *P. pectinatus* presentan menos estructura que el hábitat con la macro-alga *Chara sp.*, lo cual podría favorecer la estrategia de forrajeo de búsqueda activa que presenta el pez Blanco.

La presente investigación generó información importante sobre la biología y ecología del pez Blanco y la anguila de pantano en el lago Petén Itzá. Además resalta la importancia de las macrofitas acuáticas sumergidas de la zona litoral para el mantenimiento de la comunidad íctica, dentro del lago Petén Itzá. Siendo esta información útil para la toma de decisiones en el manejo no solo de los peces de importancia comercial, sino también en el manejo de los hábitats litorales que son vitales para la biodiversidad acuática en el Petén.

2. Introducción

En los sistemas lenticos los hábitats litorales son zonas muy importantes para los peces, ya que son sitios que están altamente relacionados con ciclos básicos de su biología, estas áreas son usadas para la reproducción, alimentación, evitar predación, desarrollo de estadios juveniles, entre otros (Gotceitas y Colgan, 1989; Weaver *et al.*, 1997; Barrientos y Allen, 2008; Crippa, 2009).

En las aguas continentales del país, los estudios ictiológicos se han centrado en su mayoría a realizar análisis de la riqueza de especies presentes (Willink *et al.*, 2000; Granados, 2001; Valdez-Moreno *et al.*, 2005; Kinh *et al.*, 2006; Granados-Dieseldorff *et al.*, 2012) y solo recientemente se han realizado estudios que abarcan enfoques ecológicos y de manejo (Barrientos y Allen, 2008; Barrientos y Quintana, 2012; Quintana *et al.*, 2011, Ixquiac *et al.*, 2010) siendo estos de importancia para asegurar la preservación de la diversidad íctica del país, ya que proveen información primordial para la toma de decisiones a nivel institucional y gubernamental para la implementación de medidas de manejo de poblaciones de especies (algunas de interés comercial, e.g. el pez Blanco) y sus hábitats.

En el lago Petén Itzá existen depredadores que en algún momento de su desarrollo ontogénico se convierten en piscívoros entre los cuales se pueden mencionar: El pez blanco y la anguila de pantano. Siendo el pez blanco el de mayor importancia comercial de la región, lo cual ha sometido a la(s) población(es) de esta especie en el lago Petén Itzá a una fuerte presión por sobrepesca (Ixquiac-Cabrera, *et al.*, 2010, p. 15). También se conoce que la anguila de pantano es utilizada como alimento por personas de el área (Valdez-Moreno *et al.*, 2005), teniendo potencial comercial y de pesca para subsistencia en la zona. Además de poseer un valor comercial, estas dos especies tienen una alta importancia ecológica como depredadores.

Hasta la fecha se desconoce si estas dos especies el pez Blanco y la anguila de pantano presentan preferencia por algún tipo de hábitat litoral en el lago Petén Itzá. Se ha documentado que los cíclidos son peces que seleccionan hábitat con estructura (Barrientos y Allen, 2008, p. 104) por lo cual se podría esperar este tipo de respuesta en el pez Blanco. En el caso de la anguila de pantano se sabe que habita zonas con sedimento. Para el caso del espectro alimenticio existe un trabajo cualitativo de la dieta del pez Blanco (Sosa, 2009, p. 1) y para la anguila de pantano no se ha

realizado ningún trabajo sobre el tema. A la fecha no existe ningún trabajo que compare el traslape en las dimensiones del nicho, dieta y hábitat, para estas especies en la zona.

Este trabajo evaluó la selección de macro- hábitats litorales por los dos depredadores, el pez Blanco y la anguila de pantano, en función de variables físico-químicas y estructurales del hábitat. También se caracterizó la composición de la dieta de cada especie, evaluando si existe traslape, en función de la composición de presas consumidas de los dos depredadores. Generando así información básica sobre la biología y ecología de estas dos especies de depredadores, que pueda ser utilizada como una herramienta de manejo y conservación de las comunidades ícticas, enfatizando la importancia de los depredadores y las zonas litorales, para el mantenimiento de las poblaciones ícticas en el lago Petén Itzá.

3. Antecedentes

3.1 Nicho ecológico

El concepto de nicho *sensu* Hutchinson (1957, p. 416) dice que este es un hiper-volumen de n dimensiones, en el cuál se consideran variables bióticas y abióticas características o particulares donde las especies poseen una aptitud positiva.

Hutchinson plantea que el concepto de nicho se puede dividir en dos tipos: el nicho fundamental; el cuál es aquella combinación de variables tanto bióticas como abióticas, pero esta conceptualización no toma en cuenta las interacciones inter-específicas; y el nicho realizado, el cual si toma en cuenta las interacciones inter-específicas, y forma parte del nicho fundamental (Hutchinson, 1957, p. 416; Rocwood, 2006, p. 156), siendo la segunda conceptualización la más viable de medir en condiciones naturales.

Dado que los conceptos planteados por Hutchinson, aplican al nicho de una especie en todo su rango de distribución, Colwell y Futuyma, plantean dos conceptos equivalentes, que son aplicados a poblaciones locales. Estos conceptos son nicho virtual el cual es equivalente a nicho fundamental, y el nicho real el cual es equivalente a nicho realizado (Colwell y Futuyma, 1971, p. 575).

3.2 Competencia, principio de exclusión competitiva y partición del recurso

Ya que en todos los sistemas los recursos son finitos en cierta medida, cuando dos especies comparten el mismo nicho y habitan en ambientes similares, se sugiere que estas especies “compiten” interespecíficamente. La competencia es una interacción en la cual las especies implicadas se ven afectadas negativamente, dando como resultado una disminución en su aptitud (Begon y Mortimer, 1996, p. 78; Rocwood, 2006, p. 155) Por lo cual se teorizó que cuando existen especies que “compiten” por los mismos recursos, no pueden coexistir, ya que la especie que posea alguna ventaja sobre la(s) otra(s) especies tiende a desplazar(las) del ambiente, lo cual se conoce como “principio de exclusión competitiva” (Hardin, 1960, p. 1292)

Para que especies que “compiten” puedan coexistir, en los mismos ambientes, y evitar la exclusión competitiva, estas deben diferir en la utilización del al menos una dimensión (recurso) del nicho (Hardin, 1960, p. 1296; Pianka, 1974, p. 2141). Se sugiere que existen varias estrategias

para disminuir la “competencia” y facilitar la coexistencia, entre especies simpátricas, podemos mencionar: La segregación espacial, segregación temporal, partición del recurso alimenticio (Pianka, 1974, p. 2142). Las cuales permiten minimizar la interacción inter-específica y los efectos que esta pueda tener sobre cada especie, dando como resultado la segregación del nicho la cual se evidencia en la selección y/o preferencia de un hábitat en particular por cada una de las especies, la selección y/o preferencia por presas características (Diehl y Eklöv, 1995), o mayor actividad a ciertas horas del día (Sanders, 1992, p. 56; Dumont y Dennis, 1997, p. 944)

Cochran-Biederman y Winemiller (2010) analizaron la comunidad de Cíclidos del río Bladen en Belice. Los autores compararon los hábitats utilizados y la dieta de seis cíclidos en función de la ecomorfología de estas especies. Encontraron que las especies difieren en características morfológicas, que les permite hacer una partición del recurso tanto alimenticio como de hábitat; lo cual da como resultado un bajo traslape de nicho entre estas (Cochran-Biederman y Winemiller, 2010, p. 150) lo cual sugiere que la competencia entre especies es mínima.

Wheeler y Allen (2003) compararon la preferencia de hábitat y el traslape de dietas de dos peces de la familia Centrarchidae (*Micropterus cataractae* y *Micropterus salmoides*), en el río Chipola en Florida. El traslape alimenticio fue alto, pero sugieren que esto puede verse afectado ya que únicamente utilizaron cinco categorías de ítems alimenticios (peces, crustáceos, insectos, otros invertebrados y otros) (Wheeler y Allen, 2003, p. 446) Para el caso de macrohábitat observaron que el traslape es bajo. *Micropterus cataractae* es más abundante en playas arenosa y rocosas, y *M. salmoides* es más abundante en ensenadas en el río Chipola. Los autores concluyen que la partición del recurso espacial, es más importante que la partición del recurso alimenticio para la coexistencia de estas dos especies, en el área de estudio (Wheeler y Allen, 2003, p. 247)

3.3 Predación

La predación es una interacción entre dos organismos, en la cual la aptitud del depredador se ve favorecida, mediante el consumo de las presas (Begon, *et al.* 1996, p. 117; Rockwood, 2006, p. 155) Los depredadores mediante sus interacciones con el medio y con las otras especies coexistentes, juegan un rol importante en los ecosistemas, manteniendo y regulando las poblaciones de las presas y estructura en las comunidades de peces en ecosistemas acuáticos (Estes *et al.*, 2001). La predación es un mecanismo que permite aumentar la diversidad en las

comunidades. “La diversidad local de especies está directamente relacionada con la eficiencia en que los depredadores previenen la monopolización de la mayoría de recursos en un ambiente por una sola especie” (Begon *et al.* 1996, p. 217). Por lo cual la pérdida o disminución de depredadores tiene importantes influencias (Reznick y Endler 1982) siendo el principal efecto del detrimento, la disminución en la diversidad local (Begon *et al.* 1996, p. 218)

3.4 Electro-Pesca

La electro-pesca (electrofishing) es una técnica de muestreo activa, que permite obtener datos poblacionales en pesquerías (Vincent, 1971). Esta técnica está estandarizada en los Estados Unidos de América, para hacer estimaciones poblacionales de Lobina (*M. salmoides*) (Hill y Willis, 1994). Una de las ventajas que presenta esta técnica en relación a métodos pasivos de captura de peces (ej. trasmallos) es que los peces son colectados inmediatamente, lo cual evita que continúen algunos procesos fisiológicos, como la digestión lo cual es importante tomar en cuenta cuando se analizan contenidos estomacales.

Esta técnica se basa en la teoría de corrientes eléctricas, donde el aparato crea una corriente eléctrica entre el cátodo y el ánodo. El impulso de electrificación (electroshock), promueve un movimiento involuntario en los peces, que los atrae hacia la superficie y los inmoviliza (Reynolds, 1996). Esta respuesta se obtiene debido a que el campo eléctrico interfiere en la ruta de transmisión de información entre cerebro y músculo, y lo que hace es redirigir la señal de los impulsos nerviosos musculares y por lo tanto los peces se ven atraídos hacia el cátodo por un fenómeno conocido como galvanotaxis (Emery, 1984) lo cual facilita la captura de los peces. El uso de esta técnica se ve afectada por la conductividad del agua en los sitios de muestreo, disminuyendo su efectividad en aguas con alta conductividad (Hill y Willis, 1994; Reynolds 1996) lo cual es importante tomar en cuenta a la hora de utilizar esta metodología.

3.5 Trabajos previos

En los sistemas lenticos, las zonas litorales con vegetación acuática sumergida, son áreas que proveen a los peces de una alta disponibilidad de alimento y refugio espacial contra la depredación en relación a sitios con ausencia de vegetación (Stein y Savino, 1982, p. 262; Gotceitas y Colgan, 1989, p. 163; Diehl y Eklöv, 1995, p. 1720). Lo cual se ha demostrado en experimentos de laboratorio, donde se ha medido el éxito de forrajeo y comportamiento de

depredadores (e.g. *Micropterus salmoides*) y presas (e.g. *Lepomis macrochirus*) en tratamientos con diferentes densidad de vegetación acuática sumergida. Observándose que el éxito de forrajeo disminuye al aumentar la complejidad del hábitat, no siendo esta, una relación lineal, sino más bien existe un punto de inflexión, en el gradiente de la densidad de vegetación sumergida, donde el éxito de captura por parte de los depredadores decae drásticamente, en zonas con complejidad de hábitat intermedia (Stein y Savino, 1982, p. 262; Gotceitas y Colgan, 1989, p. 164) Lo cual proponen que es resultado del comportamiento de caza (predadores), de defensa (presas) y morfología de las especies, entre otros.

En Guatemala los estudios ecológicos enfocados en comunidades ícticas de aguas continentales son escasos (Willink et al 2000; Barrientos y Allen 2008; Barrientos y Quintana 2012; Quintana *et al.*, 2012). Para el caso de el espectro alimenticio en peces de agua dulce, se conocen pocos trabajos que evalúan este parámetro en poblaciones silvestres (Barrientos y Quintana, 2012; Quintana *et al.* 2012), y para el lago Petén Itzá, existe un trabajo cualitativo de la composición de la dieta de el pez Blanco (Sosa, M. 2009, p. 1). No se han realizado estudios comparativos sobre preferencia y traslape de hábitats y espectro alimenticios en dos especies que cumplan la misma función ecológica y coexistan en un ecosistema acuático.

El departamento de Petén se encuentra ubicado al norte del país, y es considerado uno de los departamentos con mayor diversidad para la ictiofauna del país (Valdéz-Moreno *et al.*, 2005; Kinh *et al.*, 2006). El lago Petén Itzá se encuentra ubicado al centro del departamento de Petén, este es un lago de origen kárstico, con una extensión aproximada de 100 Km² y una profundidad máxima de 160 metros (Pérez *et al.*, 2010). Para el lago Petén Itzá están reportadas dos especies de peces que son depredadores tope: El pez blanco, el cual tiene una alta demanda comercial, por lo que sufre de una fuerte presión de explotación pesquera en el lago. Y la anguila de pantano de la cual no se tiene ninguna evidencia de presión por pesca. Esta última ha sido reportada como especie de captura incidental, que es utilizada para consumo de subsistencia por pescadores locales (Valdéz-Moreno, *et al.*, 2005).

4. Justificación

Los estudios ictiológicos en las aguas continentales del país se han centrado en su mayoría a realizar análisis de la riqueza de especies presentes y son pocos los estudios que abarcan enfoques ecológicos y de manejo. Estos trabajos son importantes porque permiten conocer las interacciones de las especies con su medio. Y sirven como base para realizar evaluaciones a futuro para conocer el estado de las poblaciones y las comunidades ícticas en el área donde se realicen o para poder detectar cambios de estas a lo largo del tiempo, o en función de eventos ocurridos por efectos antropogénicos (*e.g.* contaminación) y/o eventos estocásticos (*e.g.* cambios de nivel cíclicos del lago, cambio climático, etc.) que ocurran en el área.

Muchas veces debido a la falta de información, generada en el país, las medidas de manejo para preservar la biodiversidad, se basan en información generada en otros países, lo cual puede llevar a tomar medidas no acertadas, que se pueden reflejar en detrimentos de las poblaciones de ciertas especies y/o hábitats, especialmente en sitios donde las especies están sujetas a presiones de extracción, degradación de hábitat, introducción de especies no nativas, entre otros. Por lo cual es de vital importancia, generar información que permita a los tomadores de decisiones, implementar medidas de conservación y de manejo para preservar la biodiversidad y los ecosistemas de Guatemala. El presente trabajo de investigación pretende generar información sobre básica sobre la biología y ecología del pez Blanco y la anguila de pantano, dos peces depredadores de importancia y potencial comercial en el lago Petén Itzá.

5. Objetivos:

5.1 General

5.1.1 Analizar las interacciones ecológicas entre dos depredadores acuáticos: el pez Blanco y la anguila de pantano en el lago Petén Itzá, Guatemala

5.2 Específicos

5.2.1 Describir los hábitats presentes (disponibles) en la zona litoral y evaluar si existe selección de hábitat por el pez Blanco y la anguila de pantano en el lago Petén Itzá.

5.2.2 Caracterizar y evaluar si existe traslape en la composición de la dieta del pez Blanco (y la anguila de pantano en el lago Petén Itzá).

6. Hipótesis:

Las variables estructurales de hábitat: Vegetación acuática y profundidad de sedimento, definen la selección positiva o negativa de hábitat por parte de *Petenia splendida* y *Ophisternon aenigmaticum*.

Petenia splendida y *Ophisternon aenigmaticum* no muestran selección positiva o negativa en el espectro alimenticio, y este responde a la disponibilidad de presas en las zonas litorales del lago Petén Itzá.

7. Materiales y Métodos

7.1 Universo

7.1.1 Población:

Peces de las especies *Petenia splendida* y *Ophisternon aenigmaticum* presentes en el lago Petén Itzá.

7.1.2 Muestra:

Individuos de las especies *Petenia splendida* y *Ophisternon aenigmaticum* capturados en la zona litoral del lago Petén Itzá.

7.2 Materiales

7.2.1 Equipo

Tabla No. 1 Materiales y equipo a utilizarse para la realización de la presente investigación

Cantidad		Tipo
1	Equipo de Electrificación marca Smith & Rooth modelo 1.5 K.V.A.	Equipo
1	Generador de electricidad marca Honda modelo EP2500CX	Equipo
1	Lancha de aluminio	Equipo
2	Hieleras de 50 galones	Equipo
3	Redes de mano tipo D	Equipo
2	Redes de mano pequeñas	Equipo
1	Geoposicionador global	Equipo
3	Cuadrantes hechos de tubos de PVC de 1 metro cuadrado	Equipo
1	Tubo de PVC de dos metros de longitud, marcado cada cinco centímetros	Equipo
1	Balanza digital semianalítica de 0.01 gramos de precisión, de soporte de 60 libras	Equipo de precisión
1	Balanza digital semianalítica de 0.01 gramos de precisión, de un soporte máximo de 20 gramos	Equipo de precisión
1	Ictiómetro	Equipo
1	Escalímetro de +/- 0.1 mm de precisión	Equipo de precisión
1	Congelador	Equipo
2	Kit de disección	Equipo quirúrgico
4	Cajas de Petri	Cristalería
2	Estereoscopios	Equipo óptico
2	Bandejas de aluminio	Equipo
300	Viales	Material plástico desechable
500	Bolsas plásticas, con cierre y etiqueta para rotular, especiales para almacenar muestras de peces.	Material plástico desechable
2	Galones de alcohol al 95 %	Químico
4	Marcadores indelebles marca Sharpie®	Útiles de oficina
1	Caja de hojas de papel algodón	Útiles de oficina

7.3 Métodos

7.3.1 Área de Estudio

El lago Petén Itzá se encuentra ubicado al centro del departamento (17°0'N, 89°51'W) (Pérez *et al.*, 2010, p. 873), este es un lago de origen kárstico, con aproximadamente 160 metros de profundidad en la zona más profunda, una extensión aproximada de 100 Km² y se le considera una cuenca cerrada (Pérez *et al.*, 2010, p. 874). El lago Petén Itzá se puede dividir en dos grandes cuencas, la cuenca Norte y la cuenca Sur. La cuenca Norte presenta las zonas con mayor profundidad que van desde los cero metros hasta los 160 metros de profundidad, y la cuenca Sur presenta las zonas que van desde los cero metros hasta los 50 metros de profundidad (Pérez *et al.*, 2010, p. 873).

La comunidad de plantas acuáticas (sumergidas, emergentes y flotantes) del lago Petén Itzá está compuesta por: *Pistia stratiote* L., *Cabomba palaeformis* Fasset., *Chara sp.*, *Claudium jamaicensis* Crantz, *Eleocharis cellulosa* Torr., *E. intersticta* (Vahl) Roem. & Schult, *Oxyxaryum cúbense* (Poepp), *Dalbergia glabra* (Mill.) Standl., *Vallisneria americana* Michx., *Utricularia gibba* L., *Mimosa pigra* L., *Najas guadalupensis* (Spreng) Magnus, *Nymphaea ampla* (Salisb.) Dc., *Andropogon glomeratus* (Walter) Stearn, Britton & Poggenb, *Phragmites australis* (Cav) Trinx. ex Steud., *Eichornia crassipes* (Mart.) Solms, *Halodule beaudetti* (Hartog) Hartog, *Potamogeton illinoensis* Morong, *P. pectinatus* L., *Typha domingensis* Pers., *Ceratophyllum sp.* (Reyes *et al.*, 2009, p. 59-66)

La comunidad íctica del lago Petén Itzá está compuesta por: : *Petenia splendida*, Günther, 1862, *Ophisternon aenigmaticum* Rosen & Greenwood, 1976, *Vieja melanura* (Günther, 1862), *Thorichthys meeki* Brind 1918, *Cichlasoma urophthalmum* (Günther 1862), *Dorosoma petenense* (Günther 1867), *Carlhubbsia stuarti* Rosen & Bailey 1959, *Hyphessobrycon compressus* (Meek 1904), *Poecilia mexicana* Steindachner 1863, *Poecilia petenensis* Günther 1866, *Belonesox belizanus* Kner 1860, *Atherinella sp.*, *Cichlasoma salvini* (Günther 1862), *Amphilophus robertsoni* (Regan 1905), *Gambusia sp.*, *Parachromis sp.* Y recientemente se ha documentado la presencia de especies exóticas dentro del lago: la tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758) y el pez diablo o pleco (*Pterygoplichthys sp.*) (Barrientos y Quintana, 2012).

Rosenmeier y colaboradores (2004) realizaron una extracción de un núcleo de sedimento en la cuenca Sur del lago Petén Itzá. Utilizaron radioisótopos (²¹⁰Pb, ²²⁶Ra, ¹³⁷Cs) para datar los

sedimentos. Para medir la eutrofización en esta área utilizaron medidas de carbono total, nitrógeno total, fósforo total y los isótopos $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (Rosenmeier *et al.* 2004, p. 163,166) Encontraron que durante el último siglo, se observa un aumento en los nutrientes en el lago, aumento en la acumulación de materia orgánica, así como un aumento en la productividad de algas, concluyen que esto ha dado como resultado un incremento en la eutrofización del Lago Petén Itzá. Los autores encontraron que estos aumentos están correlacionados con el crecimiento en la población humana a la orilla del Lago Petén Itzá en los últimos 70 años. Siendo esto producto de procesos tales como el cambio de uso de suelo, uso de fertilizantes y la descarga directa de aguas servidas en la cuenca Sur del Lago Petén Itzá (Rosenmeier *et al.* 2004, p. 168-170)

7.3.2 Muestra y diseño de muestreo

Recorridos de electro-pesca

Durante el estudio se realizaron recorridos utilizando la técnica de electro-pesca (Reynolds, 1996) la cual es una metodología de reciente aplicación en el país (Barrientos y Quintana, 2012), que permite capturar peces de diferentes tallas; aunque es más efectivo para peces de tallas que van de los 150mm hasta los 650 mm, esto debido a que dentro de un gradiente de voltaje, conforme aumenta la talla de los peces, el voltaje del cuerpo del pez aumenta, lo que resulta en una mayor respuesta a una descarga eléctrica (Reynolds, 1996).

Ya que la efectividad del equipo de electro-pesca disminuye conforme se aumenta la distancia y la profundidad al sistema de electrificación, se decidió trabajar en la cuenca Sur la cual es la cuenca con menor profundidad.

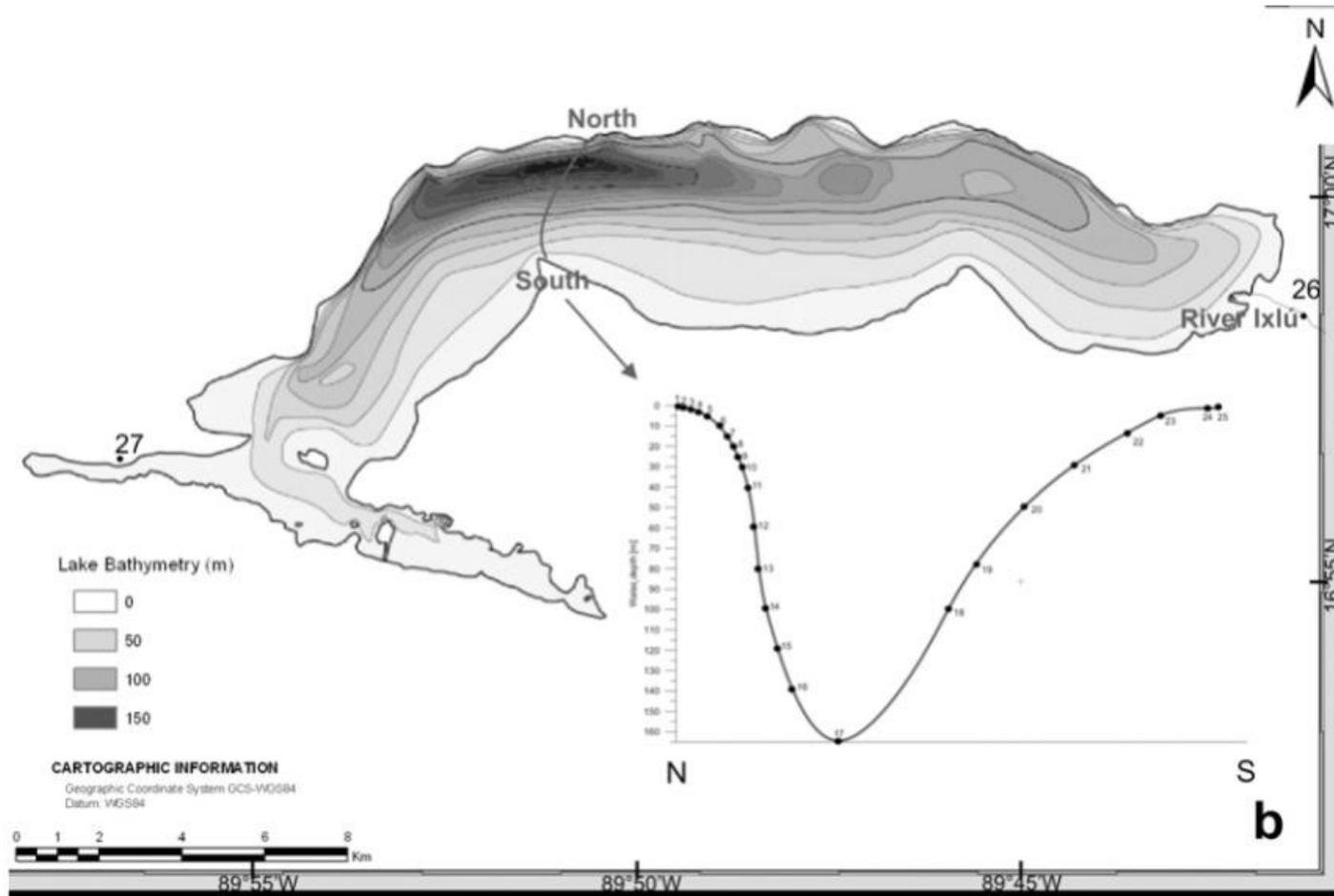


Figura No.1 Batimetría del Lago Petén Itzá (Tomado de Pérez *et al.*, 2010)

En los sitios donde se capturaron individuos de las especies de interés, anguila de pantano y el pez Blanco, a lo largo de la zona litoral muestreada del lago Petén Itzá, se caracterizó el hábitat, midiendo variables estructurales y físico-químicas. Todos los organismos colectados fueron trabajados en el laboratorio para obtener medidas biométricas y se extrajo el tracto digestivo para analizar los contenidos estomacales de los individuos de las dos especies.

En los sitios de muestreo se realizaron recorridos de electrificación en dos jornadas una matutina y una nocturna. Los horarios de los recorridos fue el siguiente: recorridos matutinos de 7:00 am hasta las 11:00 am, y recorridos nocturnos de 19:00 horas a 23:00 horas. La realización de dos jornadas se realizó para aumentar la probabilidad de capturar individuos de las especies de interés, Sanders (1992) observó que existen diferencias en la CPUE al electrificar de día y de noche, y concluye que esto se puede deber a los hábitos y comportamientos diarios de las especies.

Se utilizó un aparato de electrificación marca Smith & Rooth 1.5 K.V.A, el cual se conecta a un generador de electricidad marca Honda modelo EP2500CX. El equipo se instaló en una lancha de aluminio, a la que se conectó el cable del ánodo (-), para que la lancha funcionará como el negativo del sistema, y utilizando un tubo de PVC de una pulgada se instaló el cable del cátodo (+) y un anillo de acero inoxidable con extensiones conectado al cátodo, para que este funcionará como el positivo del sistema. Un anillo con cinco cables de acero inoxidable se colocó fuera de borda, en la punta de la lancha a una distancia aproximada de 120 cm de la punta de la lancha.

La lancha cuenta con una plataforma en la punta donde dos personas colectaron los organismos con redes de mano tipo D, una con un mango de dos metros de largo y la otra con un mango de metro y medio de largo. Los peces colectados fueron puestos en bolsas plásticas con la información pertinente, estos fueron colocados en una hielera para acelerar el proceso de la muerte de los peces y así evitar la digestión y degradación de los organismos.

El aparato de electro pesca funciona con un pedal que sirve como un interruptor de la corriente generada durante el recorrido. Una de las dos personas en la parte de enfrente de la lancha fue la encargada de controlar el pedal, durante los recorridos el pedal se presiono por un lapso aproximado entre 15 a 20 segundos y se colectaban los peces que eran atraídos hacia el cátodo,

posteriormente se liberaba el pedal por un lapso aproximado de 10 a 15 segundos y así se repitió el muestreo en la zona litoral.

En los sitios de muestreo durante cada recorrido se anotó el tiempo efectivo de electrificación, este fue medido en segundos y proporcionado por el aparato de electrificación y fue utilizado para cuantificar la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) para cada especie, la cual se calculó de la siguiente manera:

$$\text{CPUE} = \text{NIC} / \text{TTE}$$

donde:

- NIC es el Número de individuos capturados y
- TTE es el tiempo total de electrificación durante un recorrido de electrificación.

Clasificación de hábitats litorales y cuantificación de su disponibilidad

Para caracterizar los tipos de hábitats litorales disponibles y cuantificar su disponibilidad, se realizaron recorridos en la cuenca sur del lago Petén Itzá. La medición se realizó tomando puntos al azar, a lo largo de la orilla en cinco áreas diferentes de la cuenca sur (Figura No. 2). Estos puntos se tomaron como transectos lineales de 25 metros. Durante el recorrido de los 25 metros se anotaron las especies de plantas que se observaron por metro lineal y el porcentaje de área cubierta (PAC) en un metro cuadrado sobre el transecto lineal, y se midió el PAC a un metro hacia la orilla y a un metro hacia el fondo del lago. También se midió la profundidad al inicio y al final de cada transecto, y en estos puntos se midió la altura de la vegetación y/o la altura de lodo.

Con esta información se cuantificó la proporción en la zona litoral de la siguiente manera: se utilizó el total de transectos medidos, y el número de veces que el hábitat apareció dentro de los transectos, y multiplicado por 100 para obtener el dato de frecuencia en porcentaje. Para eso se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Frecuencia de hábitat} = (\text{No. de veces que apareció el hábitat} / \text{No. de puntos tomados}) * 100$$

Esta fórmula se utilizó como una medida indirecta de la disponibilidad de cada tipo de hábitat para los peces en la zona litoral de la cuenca Sur del lago Petén Itzá.

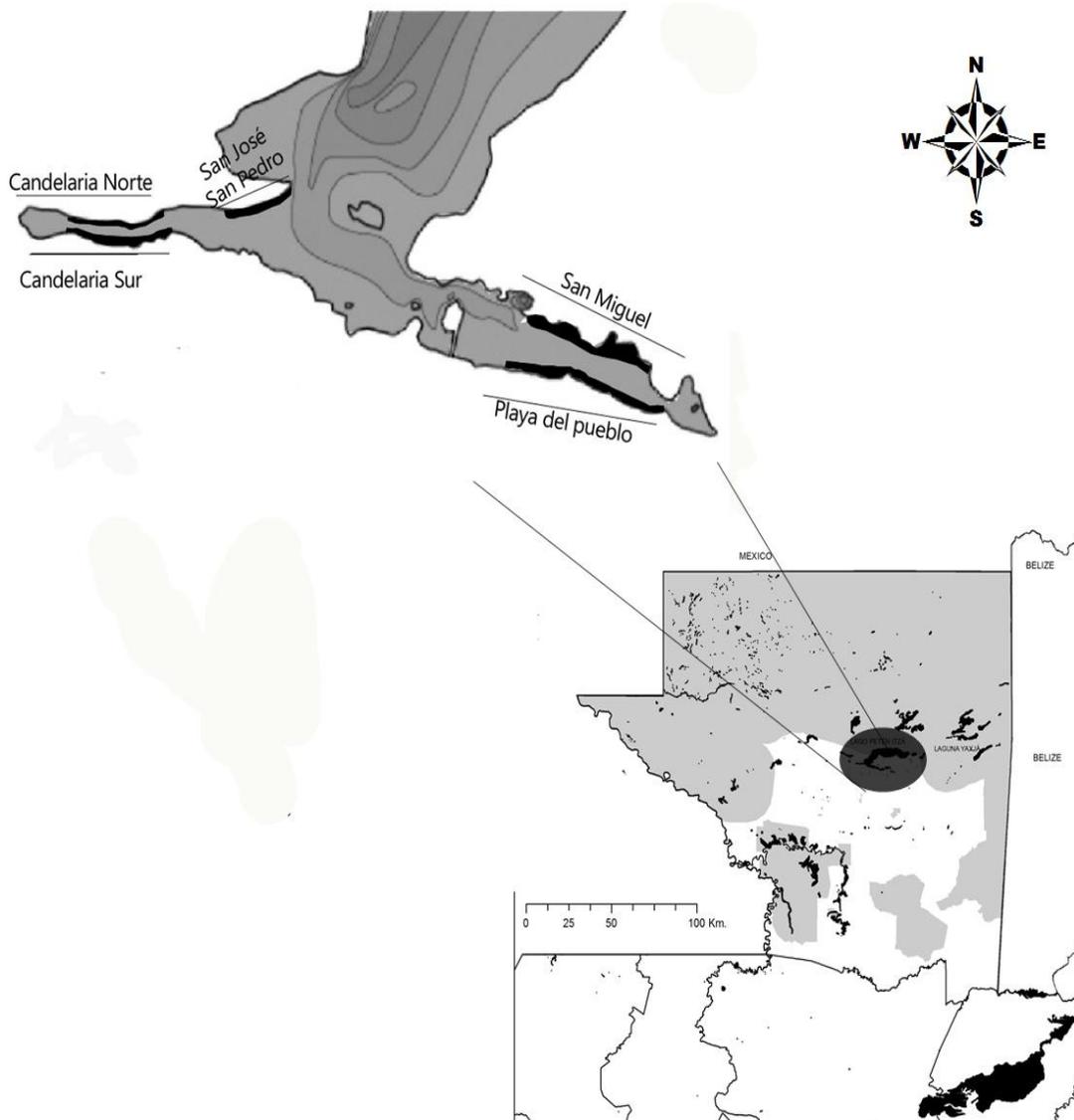


Figura No. 2 Localidades de colecta en la zona litoral del lago Petén Itzá, las localidades se encuentran sombreadas de color negro. (Modificado de Pérez *et al.* 2010)

Uso y caracterización de hábitat

Para determinar el uso y caracterizar el hábitat litoral, durante los recorridos de electro-pesca en los sitios donde se capturaron individuos de las dos especies se tiró una boya (botellas plásticas) unida a un plomo (~ 2 a 4 onzas de peso) con un cordel de seda para pescar de aproximadamente 2.5 metros de largo, esto para marcar el sitio exacto donde se colectó al o los organismos. Cuando se capturaban individuos de la anguila de pantano se utilizaron boyas de color azul, y cuando se

capturaban individuos de el pez Blanco, se utilizaron boyas de color blanco. Si los recorridos de electro-pesca se realizaban durante el día, con el uso de otra lancha se realizaron recorridos simultáneos en busca de las boyas, y cuando los recorridos de electro-pesca fueron nocturnos al día siguiente se procedía a buscar las boyas.

En los sitios donde se encontraban las boyas se tomaron los siguientes parámetros: 1) altura de la columna de agua (cm), 2) altura de la vegetación sumergida (cm), 3) profundidad del sedimento (cm), 4) porcentaje de área cubierta por la vegetación acuática a 1 metro de radio de la boya, 5) distancia de la boya a la orilla, , 6) vegetación acuática, la cual se dividió en dominante, secundaria, terciaria; la vegetación riparia que también se dividió en la proporción de dominancia en el sitio, y la biomasa de vegetación en 1 metro cuadrado (McMahon *et al.*, 1996; Dutterer y Allen 2008) y se midieron los siguientes parámetros físico-químicos del agua: 7) Oxígeno disuelto, 8) pH, 9) temperatura, 10) conductividad y 11) salinidad (McMahon *et al.*, 1996) Estos parámetros tomados se utilizaron para analizar si existe algún tipo de selección de los hábitats litorales disponibles por cada una de las especies.

Medidas biométricas y análisis de contenidos de tracto digestivo:

Los individuos colectados de las dos especies fueron congelados y trasladados al laboratorio, donde se tomaron las medidas biométricas de largo y peso de cada individuo (Anderson y Neumann, 1996) utilizando un ictiómetro y una balanza semi-analítica con una sensibilidad de 0.1 gramos. Se tomaron medidas del alto y el ancho de la boca de cada individuo utilizando un escalímetro con una precisión de 0.1mm y se extrajo el tracto digestivo (estomago e intestino), además de obtenerse datos de sexo y madurez sexual de cada individuo (Bowen, 1996). La extracción del contenido del tracto digestivo se realizó siguiendo la técnica de disección y extracción de dietas en piscívoros descrita en Bowen (1996). La identificación de los contenidos estomacales se realizó hasta el nivel taxonómico más bajo posible, ya sea por medio de identificación directa, si los organismos se encontraban en un estado de digestión que lo permitía, además se realizo búsqueda de partes duras con mayor resistencia al proceso digestivo como exoesqueletos y otolitos (Bowen, 1996). En el caso de los otolitos debido a características estructurales y ornamentaciones, se utilizó una guía fotográfica, que permitió usarlos como una herramienta para la identificación de especies de peces consumidos (Bowen, 1996; Martínez *et al.*, 2007).

7.3.3 Análisis estadístico:

Disponibilidad de hábitats en la zona litoral

Para determinar si los hábitats litorales propuestos, se encontraban disponibles en proporciones similares en las diferentes localidades muestreadas en la zona litoral, se utilizó una prueba de Chi cuadrado (Gotelli y Ellison, 2004, p. 354). La cuál nos permite evaluar si los valores de disponibilidad de cada tipo de hábitat observado, difieren de los valores esperados. Los valores esperados para cada hábitat fueron determinados bajo el supuesto de que si los tres tipos de hábitats están disponibles en la misma proporción, se esperaría que estuvieran en una proporción de 0.333.

El valor de Chi cuadrado fue estimado con la siguiente fórmula:

$$X^2 = \sum (\text{proporción observada} - \text{proporción esperada})^2 / \text{proporción esperada}$$

(Gotelli y Ellison, 2004, P. 355)

Amplitud y traslape de nicho hábitat:

Para medir la amplitud del nicho en los hábitats utilizados por ambas especies, se utilizó el índice de Hulbert estandarizado, este toma en cuenta el uso del recurso, y la disponibilidad del recurso en el ambiente (Krebs, 1989, p. 374, 390). El índice de Hulbert se obtiene de la siguiente fórmula:

$$B' = 1 / \sum (P_j^2/a_j)$$

donde:

- B' = índice de amplitud de nicho de Hulbert
- P_j = proporción de individuos que utilizan el recurso j (∑ P_j = 1.0)
- a_j = proporción total disponible del recurso utilizado j (∑ a_j = 1.0)

Debido a que esta estimación puede tomar valores entre 1/n hasta 1.0 es necesario estandarizar el índice para facilitar la interpretación, esta estandarización permite que el índice tome valores entre 0 y 1 siendo 0 la mínima amplitud (especie especialista) y siendo 1 la máxima amplitud (especie generalista).

El índice de Hulbert estandarizado se obtiene de la siguiente fórmula:

$$B'_A = B' - a_{\min} / 1 - a_{\min}$$

donde:

- B'_A = índice de amplitud de nicho de Hulbert estandarizado.
- B' = índice de amplitud de nicho de Hulbert.
- a_{\min} = la proporción del recurso más baja observada (a_j más baja)

Para evaluar el traslape de amplitud de nicho en los hábitats utilizados se utilizó el índice de Morisita-Horn el cual se obtiene de la siguiente fórmula:

$$C_H = 2 \sum P_{ij} P_{ik} / \sum P_{ij}^2 + \sum P_{ik}^2$$

Donde:

- C_h = Valor del índice de Morisita-Horn para las especies j y k
- P_{ij} , P_{ik} = proporción del recurso i del total de los recursos utilizado por las dos especies ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)
- n = Total de los estados del recurso analizado

Este índice es propuesto como uno de los mejores índices para evaluar el traslape de nicho entre dos especies, ya que presenta poco sesgo, y no se ve afectado por el tamaño de la muestra (Krebs, 1989, p. 385,387)

Selección de hábitat:

Se estimó la selección de hábitat por parte de las dos especies, es importante aclarar que en el presente estudio, se hace referencia a el término selección, propuesto por Rosenfeld (2003) “La selección de hábitat ocurre cuando un organismo evita un hábitat en particular (selección negativa) o usa un hábitat en mayor proporción a su disponibilidad en el ambiente (selección positiva)” El autor propone que este término es los más adecuado en estudios que tratan de

determinar un uso diferencial por parte de las especies, en campo, y que el término preferencia es el adecuado cuando se hacen este mismo tipo de trabajos en situaciones en donde interacciones con el medio y otras especies son controladas (Rosenfeld, 2003,p. 955)

Para poder determinar si existía selección por algún tipo de hábitat por el pez blanco (*Petenia splendida*) y por la anguila de pantano (*Ophisternon aenigmaticum*), se midió la frecuencia de captura en los distintos hábitats litorales presentes en el lago Petén Itzá. Y mediante estadística descriptiva se obtuvo la proporción de captura de cada especie en cada hábitat en particular. Se utilizó el índice de electividad de Ivlev, el cual fue elaborado como un índice de preferencia alimenticia (Krebs, 1989, 394pp), este índice toma en cuenta la proporción del recurso en el ambiente, y el porcentaje de frecuencia de uso del recurso.

$$E_i = (r_i - n_i) / (r_i + n_i)$$

donde:

- E_i : es el índice de electividad
- r_i : es la frecuencia de uso del hábitat i
- n_i : es el porcentaje del hábitat i en el ambiente

Los valores de este índice varían entre -1 y +1 , cuando el valor del índice se encuentra es mayor a cero significa que existe selección positiva por el recurso, y cuando el valor del índice es menor a cero significa que existe selección negativa por el recurso (Krebs, 1989,p. 394) y en el caso que el valor sea igual a cero esto se interpreta que el uso del recurso es proporcional a su disponibilidad en el ambiente.

Análisis de Dietas:

Para realizar el análisis de la dieta de los dos depredadores se utilizó estadística descriptiva mediante histogramas de frecuencia de los ítems consumidos. Se evaluó la amplitud del nicho trófico, la cual es la medición cuantitativa del uso de los recursos por parte de una especie (Krebs, 1989, p. 372), para esto se utilizó el índice de Levins estandarizado, para expresar la escala del índice de 0 a 1 (Krebs, 1989, p. 374), este índice es utilizado cuando no se cuenta con información sobre la disponibilidad del recurso evaluado.

El índice de Levins se obtiene de la siguiente fórmula:

$$B = 1 / \sum P_j^2$$

donde:

- B = amplitud de nicho de Levins
- P_j = la proporción de individuos que utilizan un estado del recurso *j* ($\sum P_j = 1.0$)

Y la estandarización del índice para que tome valores entre 0 y 1 se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$B_A = B - 1 / n - 1$$

donde:

- B_A = amplitud de nicho de Levins estandarizada
- B = amplitud de nicho de Levins
- n = al número total de recursos evaluados

La estandarización de este índice permite obtener valores entre 0 y 1, siendo 0 cuando la especie utiliza un solo recurso de todos los disponibles (especialistas) y siendo 1 cuando utilizan todos los recursos evaluados (generalista)

(Krebs, 1989, p. 373,374)

Para evaluar el traslape en el nicho trófico se utilizó el índice de traslape de Morisita- Horn (Krebs, 1989, p. 385)

8. Resultados

8.1 Caracterización tipos de hábitat y Disponibilidad.

Se utilizó la presencia de plantas acuáticas para caracterizar el tipo de hábitat. Para el lago Petén Itzá se identificaron cuatro especies de plantas acuáticas sumergidas que dominan las zonas con vegetación en la zona litoral de la cuenca Sur: *Vallisneria americana*, *Potamogeton illionensis*, *Potamogeton pectinatus*, y *Chara sp.* Se cuantificó la proporción de los diferentes tipos de vegetación en la zona litoral, mediante transectos lineales de 25 metros en cinco diferentes localidades de la cuenca sur (Ver figura. No.3). Las zonas sin vegetación también fueron cuantificadas.

Se realizaron un total de 79 transectos lo que equivale a un total de 1975 metros cuadrados recorridos. En la localidad Candelaria Norte, se realizaron 16 transectos; en la localidad Candelaria Sur, se realizaron 15 transectos; en la localidad San José- San Pedro se realizaron de 20 transectos; en la localidad Playa del Pueblo se realizaron 16 transectos y en la localidad de San Miguel se realizaron 12 transectos.

En la toda zona litoral el hábitat dominante fue sin vegetación acuática presente (40.10 %) seguido de *Chara sp.* (27.90 %), *V. americana* (17.06 %). Las zonas con *P. pectinatus* eran menores del 2%, por lo cual se decidió unir a *P. pectinatus* y *P. illinoensis* en lo que denominamos como Poth (9.06%). Las zonas restantes de vegetación acuática sumergida eran parches mixtos de *V. americana* y *P. illionensis* (5.87 %). Es importante hacer notar que la distribución espacial de las diferentes especies de plantas acuáticas sumergidas en la zona litoral, aunque es un mosaico, tiende a mostrar asociaciones características en las diferentes localidades (ver figura No. 3).

En la localidad Candelaria Norte (Figura No. 2) se midió exclusivamente *V. americana* y sitios sin vegetación; en menor proporción *P. illionensis* y vegetación mixta (*P. illionensis* y *V. americana*) (Ver Tabla No.1 y figura No. 3) En la localidad Candelaria Sur (Figura No. 2) se midieron sitios sin vegetación, *V. americana*, *P. illionensis* y *P. pectinatus* (Potha), *Chara sp.* y en menor proporción vegetación mixta (Ver Tabla No.1 y figura No. 3). En la localidad San José-San Pedro (Figura No.2), un alto porcentaje de la zona no tiene vegetación acuática sumergida presente. Esta localidad difiere de las otras cuatro, ya que en esta zona en las áreas sin vegetación acuática presente (NoVeg), se observaron piedras grandes y troncos caídos. En esta localidad se observó mayor

porcentaje de vegetación mixta y de Potha; y menor proporción *V. americana* y *Chara sp.* (Ver tabla No. 1 y figura No. 3) En la localidad Playa del pueblo (Figura No. 2) se observó que la vegetación que domina la zona es *Chara sp.*, y se observó en menor proporción *P. illinoensis* y sitios sin vegetación los cuales se encontraron entre parches densos de *Chara sp.* En la localidad de San Miguel (Figura No. 2), dominan sitios sin vegetación, seguidos de *Chara sp.* y *V. americana*; y en menor proporción vegetación mixta (Ver Tabla No.1 y Figura No. 3)

Tabla No 1. Porcentaje de la vegetación presente en las cinco localidades de muestreo donde se midió la disponibilidad de hábitat presente en la zona litoral del lago Petén Itzá, mediante transectos lineales (n=79) de 25 metros cuadrados en la cuenca sur del Lago Petén Itzá. **Val**= *Vallisneria americana*, **Poth**= *Potamogeton illionensis* y *P. pectinatus*, **Mixto Pot/Val**= *V. americana* y *P.illionensis*. **NoVeg**= sin vegetación presente y **Sar**= *Chara sp.*

Localidad	Val (%)	Poth (%)	Mixto Pot/Val(%)	NoVeg (%)	Sar (%)
Candelaria Norte (n=16)	38.50	1.50	1.50	58.50	0.00
Candelaria Sur (n=15)	25.07	25.07	2.13	27.73	20.00
San José - San Pedro (n=20)	4.40	14.60	18.80	59.00	3.20
Playa del Pueblo (n=16)	0.00	1.50	0.00	1.25	97.25
San Miguel (n=12)	22.33	0.00	2.67	51.33	23.67

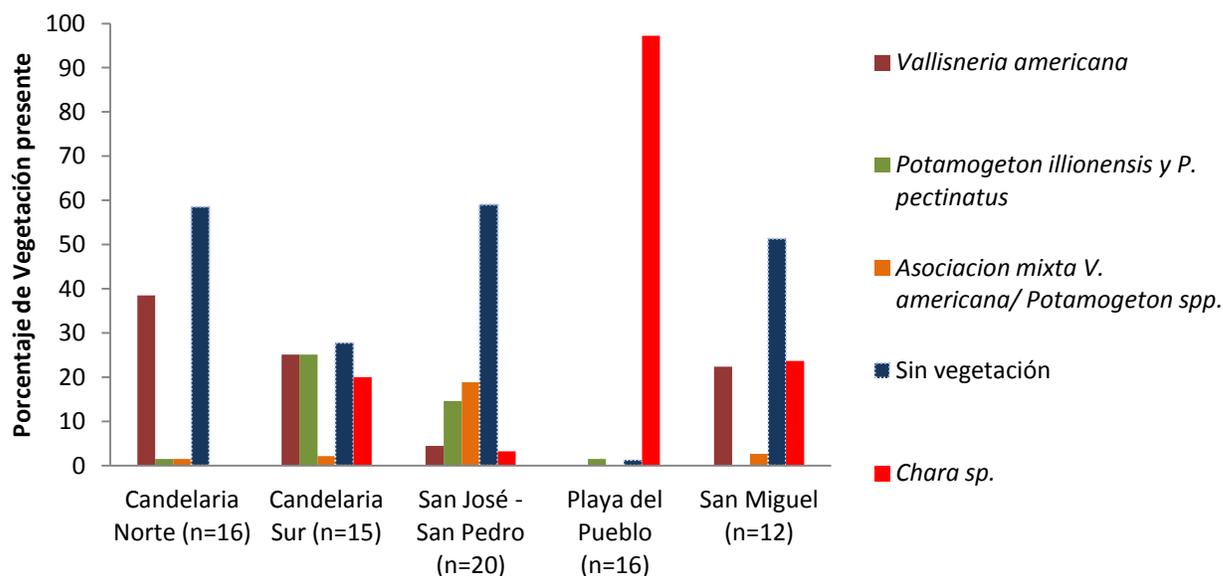


Figura. No.3 Vegetación acuática dominante (porcentaje por sitio), presente en las cinco localidades, de la cuenca Sur del Lago Petén Itzá en Abril/2011

La altura de la columna de agua en la zona litoral varía en un rango que va desde los 40 cm hasta los 250 cm (Ver Tabla No.2). La localidad con mayor profundidad promedio en la columna de agua fue San José- San Pedro (184 cm), seguida de las localidades San Miguel (133 cm) y Playa del Pueblo (130 cm), y las localidades con menor altura promedio en la columna de agua son Candelaria Norte (86 cm) y Candelaria Sur (89 cm) (Ver tabla No.2)

Tabla No. 2, Valores mínimos, máximos y promedios en centímetros y desviación estándar(DS) (cm) de la altura de la columna de agua y la altura de la vegetación en las cinco localidades muestreadas. Para el caso de San Miguel*, (NM = no medido) debido a problemas logísticos no fue posible medir la altura de la vegetación.

Localidad	Altura columna agua (cm)					Altura Vegetación (cm)				
	n	Min	Max	Promedio	DS	n	Min	Max	Promedio	DS
Candelaria Norte	32	60	125	86	21	12	50	105	75	18
Candelaria Sur	30	40	140	89	27	20	40	140	75	24
San José - San Pedro	39	100	250	184	33	14	5	35	18	10
Playa del Pueblo	31	75	200	130	22	27	75	160	98	24
San Miguel *	23	80	210	133	34	NM	NM	NM	NM	NM

Se observó que la vegetación en la zona litoral tiene un rango de altura que va de los 5 cm hasta los 160 cm (Ver tabla No. 2); la zona con mayor altura promedio de vegetación acuática sumergida fue la localidad Playa del Pueblo (98 cm) seguida de las localidades Candelaria Norte (75 cm) y Candelaria Sur (75 cm) y la localidad San José-San Pedro presento la menor altura de vegetación acuática sumergida (18 cm) (ver tabla No.2) La altura de la vegetación, en la localidad de San Miguel no se pudo medir.

Se propone la presencia de tres macro-hábitats diferentes en la zona litoral de la cuenca Sur del Lago Petén Itzá, basados en abundancia y morfología de las plantas presentes (Dibble y Thomaz, 2006, p. 425) El hábitat 1 compuesto por *Vallisneria americana*, *Potamogeton illinoensis*, *P. pectinatus* y asociaciones mixtas de estas especies se denominó "VAL", el hábitat 2 compuesto por *Chara sp* (sargazo) se denominó "SAR" y el hábitat 3 carece de vegetación acuática sumergida y se denominó "NOVEG".

Utilizando transectos se cuantificó la proporción de disponibilidad de hábitat en la cuenca Sur del Lago Petén Itzá (Ver Tabla No. 3). Durante el trabajo de campo, se observaron asociaciones características de los diferentes hábitats en las cinco localidades (ver figura No. 4), existiendo

diferencia significativa en la proporción de hábitats en las distintas localidades; Candelaria Norte ($\text{Chi}^2=130.81$, $p < 0.001$), posee el hábitat VAL y el hábitat NOVEG; en Candelaria Sur ($\text{Chi}^2=70.81$, $p < 0.001$), se encontraron los tres hábitats; en la localidad San José – San Pedro ($\text{Chi}^2=158.06$, $p < 0.001$), se encontró en mayor proporción los hábitat NOVEG y VAL y en muy baja proporción el hábitat SAR; en la Playa del Pueblo ($\text{Chi}^2=951.52$, $p < 0.001$) el hábitat SAR domina la localidad y en bajas proporciones se encontraron los hábitat VAL y NOVEG ; y en la localidad de San Miguel ($\text{Chi}^2=7.82$, $p = 0.019$) se encontraron los tres hábitat (Ver tabla 2 y figura no. 4).

Tabla No. 3. Proporción de los macro-hábitats presentes en las cinco localidades de la zona litoral de la cuenca Sur del Lago Petén Itzá. VAL= *V. americana*, *P. illinoensis*, *P. pectinatus*. SAR= *Chara sp.* NOVEG= Sin vegetación acuática presente.

Localidad	VAL	SAR	NOVEG
Candelaria Norte	0.41	0.00	0.59
Candelaria Sur	0.52	0.20	0.28
San José - San Pedro	0.38	0.03	0.59
Playa del Pueblo	0.02	0.97	0.01
San Miguel	0.25	0.24	0.51

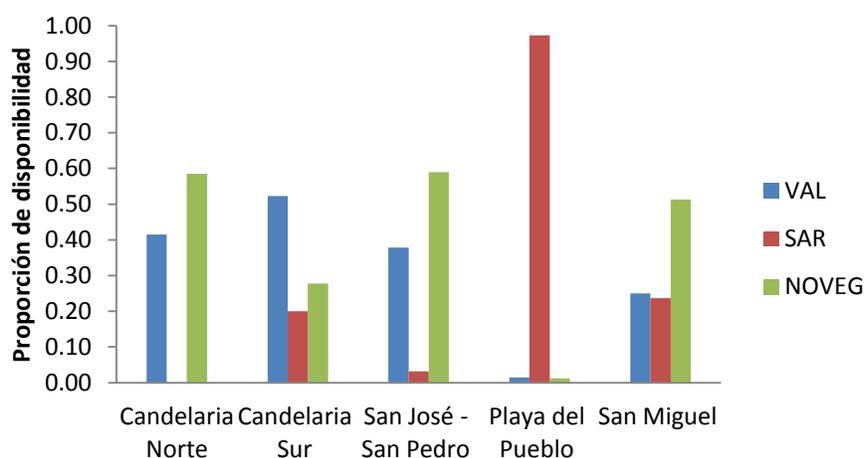


Figura. No 4 Proporción de la disponibilidad de los tres diferentes macrohábitat en las cinco localidades en la cuenca Sur del Lago Petén Itzá. Los macrohábitats están definidos en base a la presencia de diferentes macrofitas acuáticas, VAL= *Vallisneria americana*, *Potamogeton illionensis* y *P. pectinatus*. SAR = *Chara sp.* NOVEG = sin vegetación acuática presente.

8.2 Amplitud, traslape de nicho y selección de hábitat:

Se estimó la amplitud de nicho en la dimensión del hábitat, y se evaluó el traslape entre las dos especies. El pez Blanco posee mayor amplitud de nicho en relación a la anguila de pantano (Ver tabla No. 4). Siendo esta especie más generalista en cuanto a los hábitat que utiliza en la zona litoral del lago Petén Itzá. La anguila de pantano es una especie más especializada en cuanto a los hábitats utilizados mostrando selección positiva por el hábitat SAR.

Tabla No. No. 4 Índices de amplitud de nicho (Hulbert estandarizado), para el pez Blanco y la anguila de pantano respectivamente. Los dos índices van de 0 a 1 siendo 0 menor amplitud de nicho y 1 la máxima amplitud del nicho

Índice de Amplitud de Nicho	
Especie	Hulbert estandarizado
Pez Blanco	0.48
Anguila de pantano	0.21

Se evaluó el traslape de nicho que existe para las dos especies en la dimensión del uso de hábitat, de la zona litoral del lago Petén Itzá. Utilizando el índice de Morisita- Horn, se determinó que existe un traslape intermedio (ver tabla No. 5), del hábitat litoral utilizado por las dos especies.

Tabla No. 5 Índice de traslape de nicho (Morisita-Horn), para evaluar el traslape del uso de hábitat entre el pez Blanco y la anguila de pantano, en la zona litoral del lago Petén Itzá.

	Valor índice	Traslape
Morisita Horn	0.56	Intermedio

Se evaluó si existía algún tipo de selección (positiva ó negativa) por parte de cada especie, para los hábitats propuestos, utilizando el índice de electividad de Ivlev (Tabla No. 5) y se generaron gráficos de contraste (Montenegro y Acosta, 2008) entre la proporción de hábitat disponible y la proporción de captura de la especie en cada tipo de hábitat en particular.

Mediante los gráficos de contraste se observó que el pez Blanco utiliza en diferentes proporciones los hábitats disponibles en la zona litoral del lago Petén Itzá, siendo más frecuente en el hábitat VAL en relación a los otros hábitats disponibles, la ocurrencia en este tipo de hábitat sobrepasa la

proporción de la disponibilidad de este en la zona litoral (ver Fig. No.5); para el hábitat SAR la ocurrencia de esta especie, coincide con la disponibilidad de este hábitat en la zona litoral en la cuenca sur del lago Petén Itzá (ver fig. No.5).

Para el caso de la anguila de pantano, se observó que existe una alta ocurrencia por parte de esta especie en el hábitat SAR, mayor a su disponibilidad en la zona litoral (Ver figura 6). Para los otros dos hábitats disponibles (VAL y NOVEG), la ocurrencia de esta especie en estos es muy baja (Ver figura No.6).

Mediante el índice de Ivlev se muestra que ambas especies presentan selección negativa por el hábitat NOVEG (Ver tabla No. 6); el pez Blanco selecciona positivamente el hábitat VAL y hace uso del hábitat SAR en proporción a su disponibilidad (Ver tabla No.6). La anguila de pantano selecciona positivamente el hábitat SAR y selecciona negativamente el hábitat VAL (Ver tabla No.6). Lo cual refleja por parte de ambas especies un uso asimétrico de los hábitats disponibles en la zona litoral de la cuenca Sur del lago Petén Itzá.

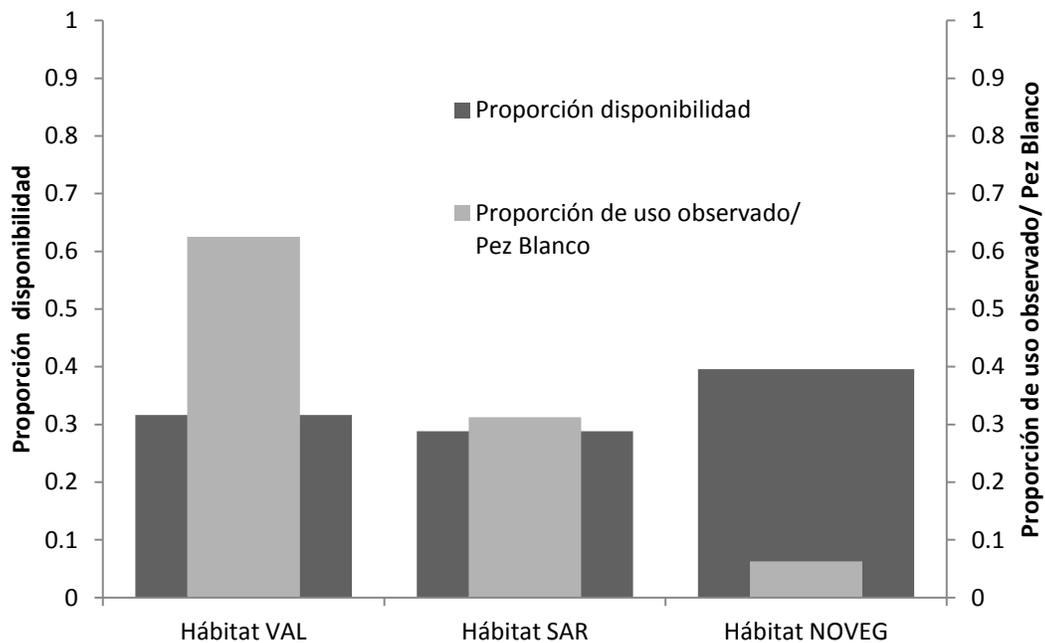


Figura. No. 5 Contraste de la proporción de disponibilidad de los diferentes tipos hábitats presentes en la zona litoral del lago Petén Itzá y la proporción de uso observado de estos hábitats por el pez Blanco.

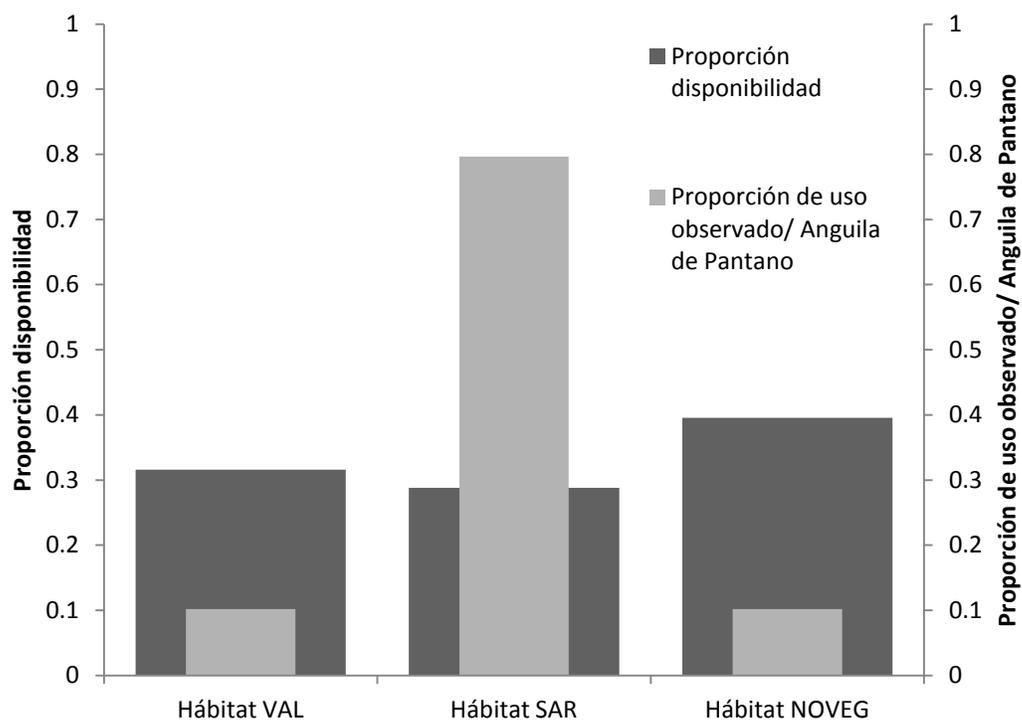


Figura. No. 6 Contraste de la proporción de disponibilidad de los diferentes tipos hábitats presentes en la zona litoral del lago Petén Itzá y la proporción de uso observado de estos hábitats por la anguila de pantano.

Tabla No.6 Índice de electividad de Ivlev, en la zona litoral del lago Petén Itzá, para el pez Blanco y la anguila de pantano. El índice tiene un rango entre -1 y +1, si el valor del índice es > 0 esto indica selección positiva y si el valor del índice es < 0 esto indica selección negativa, cuando el valor del índice es $= 0$ esto indica que utilizan el recurso en proporción a su disponibilidad.

Especie	VAL	SAR	NOVEG
Pez Blanco	0.3	0	-0.7
Anguila de pantano	-0.5	0.5	-0.6

8.3 Análisis de dietas

Se realizó un análisis cualitativo de la dieta de los dos depredadores. Para esto se analizó un total de 218 individuos de anguila de pantano con rango de talla de 80 mm hasta los 640 mm (Ver figura No. 8) y 142 individuos de pez Blanco, en un rango de talla entre los 20 mm hasta los 380 mm (Ver fig. No. 6). La ocurrencia de tractos digestivos vacíos fue arriba del 40% para ambas especies.

Para la anguila de pantano el 41 % y para el pez Blanco el 49 % de tractos digestivos se encontraron vacíos.

El análisis de la dieta de la anguila de pantano mostro tres diferentes categorías de ítems alimenticios: peces, macroinvertebrados y gasterópodos (Ver tabla No.6). Similar a esto el pez Blanco consume tres categorías de ítems alimenticios: peces, huevos de peces, y macroinvertebrados (Ver tabla No.7). En ambas especies se encontraron restos en el tracto digestivo que no pudieron ser identificados, correspondientes a materia orgánica digerida que se clasificó como (MOD).

Tabla No. 7 Frecuencia de ocurrencia de las diferentes categorías de ítems alimenticios encontrados en los tractos digestivos de la anguila de pantano y el pez Blanco, **FO**= frecuencia de ocurrencia (Número de tractos digestivos donde se encontró el ítem), **%FO**=porcentaje de frecuencia de ocurrencia. En el caso de la anguila de pantano algunos individuos presentaron más de un ítem alimenticio dentro de los tractos digestivos.

Especie	Categorías	FO	%FO	Proporción
<i>O. aenigmaticum</i> (n peces =129)				
	Materia orgánica digerida (MOD)	24	18.60	0.19
	Gasterópodos	30	23.26	0.23
	Macroinvertebrados	29	22.48	0.22
	Huevos Pez	0	0	0
	Peces	45	35.66	0.36
<i>P. splendida</i> (n peces =73)				
	Materia orgánica digerida (MOD)	13	17.81	0.18
	Gasterópodos	0	0.00	0.00
	Macroinvertebrados	21	28.77	0.29
	Huevos Pez	2	2.74	0.03
	Peces	37	50.68	0.51

Para el espectro alimenticio de la anguila de pantano, los peces fueron la categoría alimenticia más consumida seguida de gasterópodos; macro invertebrados y MOD (Ver tabla No. 7) Para el pez Blanco los peces fueron el ítem alimenticio más consumido, seguido de macroinvertebrados y en menor proporción huevos de pez y MOD (Ver tabla. No. 7 y Fig. No. 7). Se analizó la dieta sin incluir MOD, y se obtuvo que para la anguila de pantano y el pez Blanco la categoría alimenticia más consumida son los peces en un 44 y un 62 por ciento respectivamente. En la anguila de

En el pantano, los gasterópodos fueron consumidos en un 29 %, y estos no se encontraron dentro de la dieta del pez Blanco (Ver fig. No.7). En el caso de la categoría macroinvertebrados, fue la tercera categoría alimenticia más consumida por la anguila de pantano (27 %) y la segunda categoría más consumida por el pez Blanco (35 %). Para ambas especies se calculó la amplitud de nicho de la dieta, utilizando el índice de Levins estandarizado (Krebs, 1989). La anguila de pantano tiene mayor amplitud de nicho, mientras que el pez Blanco presentó la menor amplitud de nicho (ver tabla No. 8), por lo cual podríamos considerar a la anguila de pantano una especie más generalista en cuanto a su dieta en relación a el pez Blanco.

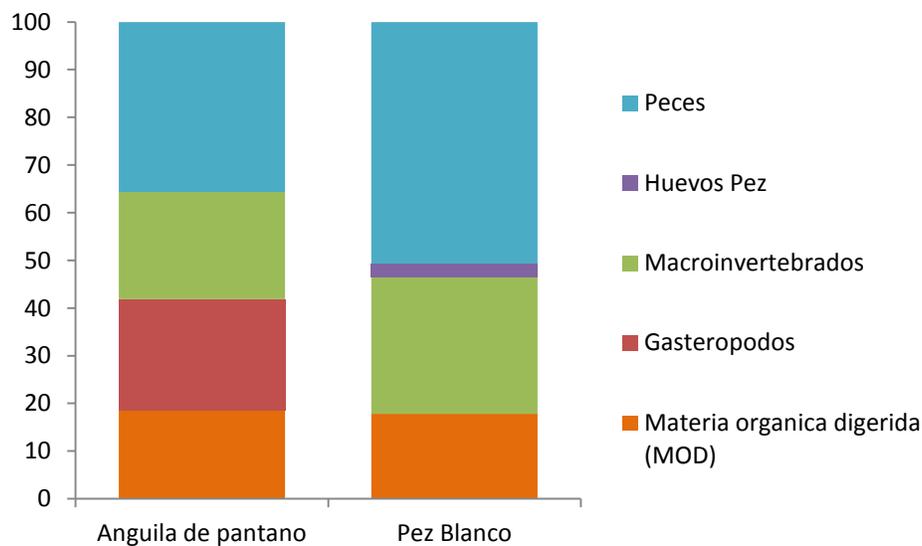


Figura No. 7 Porcentaje de la frecuencia de ocurrencia de las diferentes categorías del espectro alimenticio encontradas en los tractos digestivos de la anguila de pantano (n=113) y el pez Blanco (n=60)

Tabla No. 8 Índice de amplitud de nicho de Levins estandarizado. Este índice puede tomar valores entre 0 y 1, siendo 0 la menor amplitud de nicho y 1 la mayor amplitud de nicho.* Para el cálculo de este índice no se tomaron en cuenta los valores de materia orgánica digerida (MOD)

	Levins estandarizado
Anguila de pantano	0.61
Pez Blanco	0.33

Se evaluó el traslape de nicho alimenticio entre las 2 especies mediante el índice de Morisita Horn (Krebs 1989), y se determinó que existe un traslape alto (Ver Tabla No.9) entre las categorías de ítems alimenticios consumidos por la dos especies

Tabla No. 9 Índice de traslape de nicho (Morisita-Horn), para evaluar el traslape de categorías alimenticias consumidas entre el pez Blanco y la anguila de pantano, en la zona litoral del lago Petén Itzá.

	Valor índice	Traslape
Morisita Horn	0.86	Alto

Se calculó la amplitud de nicho en diferentes épocas del año (época seca y época lluviosa), se observó que para la anguila de pantano la amplitud de nicho es media durante las dos épocas (ver tabla No. 10), en el caso de el pez Blanco, se observó que durante la época seca presentan una amplitud de nicho mínima, y durante la época lluviosa la amplitud de nicho para esta especie aumenta, aunque se mantiene dentro del rango de una especie especialista. (ver tabla No.10)

Tabla No. 10 Proporción de categorías alimenticias encontradas en los tractos digestivos de anguila de pantano y el pez Blanco. Índice de amplitud de nicho de Levins estandarizado (para el cálculo de este, no se utilizaron los tractos con MOD)

Especie	Categoría	Época	
		Seca	Lluviosa
Anguila de pantano		n = 41	n = 74
	Gasterópodos	0.29	0.26
	Macro invertebrados	0.27	0.19
	Huevos pez	0	0
	Peces	0.37	0.38
	MOD	0.39	0.15
	Levins Estandarizado	0.65	0.59
Pez Blanco		n=27	n=46
	Gasterópodos	0	0
	Macro invertebrados	0	0.46
	Huevos pez	0.07	0
	Peces	0.85	0.30
	MOD	0.07	0.24
	Levins Estandarizado	0.06	0.31

8.4 Análisis de Dietas en Base al ancho de boca.

Debido a su morfología la anguila de pantano presenta mayor longitud total (LT) que el pez Blanco (ver Fig. No.8). Por esto se utilizó el ancho de la boca, la cual es una medida que influye en la obtención presas y se puede relacionar con la talla de los peces (LT). Se observó una alta correlación positiva entre el LT y el ancho de la boca (ver Fig. No.9) En base al ancho de la boca se generaron cinco rangos para la anguila de pantano (1-24 mm) y ocho rangos para el pez Blanco (1-54 mm) en intervalos de cada cinco mm (ver Fig. No. 9).

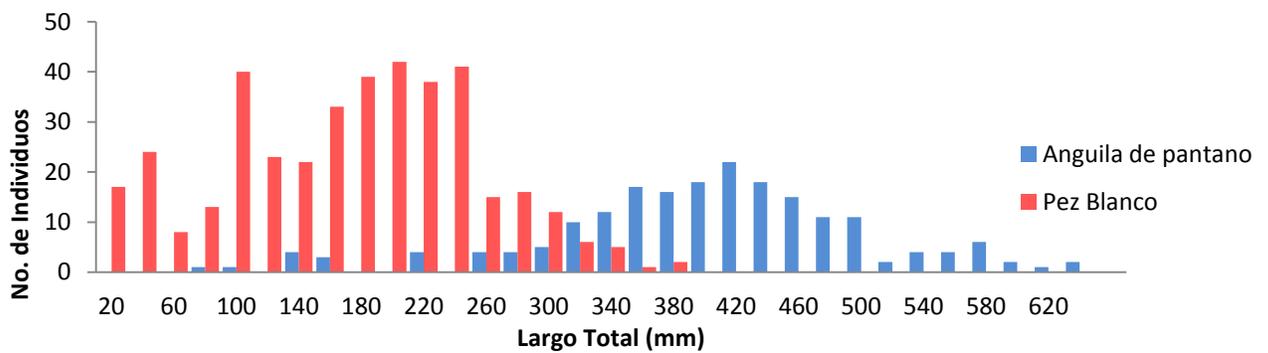


Figura No. 8. Distribución de frecuencias de rangos de talla (largo total) de los individuos colectados de anguila de pantano y pez Blanco.

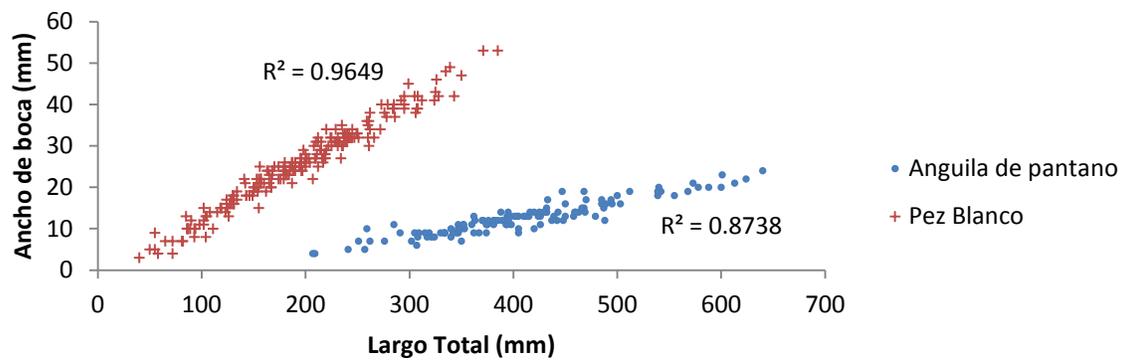


Figura No. 9 relación del largo total y el ancho de boca para la anguila de pantano y el pez Blanco

En el caso de la anguila de pantano en el menor rango de ancho de boca 1 – 5 mm, la dieta esta principalmente constituida por gasterópodos (0.63) y macro invertebrados (0.38). El segundo rango 6 – 10 mm, las gasterópodos, macro invertebrados y peces (0.31), estos ítems se encontraron en igual proporción dentro de los tractos digestivos. El tercer rango 11 – 15 mm los

peces se encontraron en mayor proporción (0.41) seguido de los gasterópodos (0.23) y macro invertebrados (0.22). Este patrón de peces se repitió en las siguientes dos categorías con un aumento más marcado en la proporción de peces hasta que en la talla más grande 21 – 25 mm únicamente peces se encontraron dentro de los tractos digestivos (ver tabla No. 11).

Para el pez Blanco los individuos con menor rango de ancho de boca 1-5 mm se observa que la dieta está compuesta exclusivamente por macroinvertebrados (0.64) y en menor grado MOD (0.36). Para el rango de ancho de boca 6-10mm únicamente se encontró una categoría de ítem alimenticio, huevos de pez (1.00) pero esto es reflejo de que para esa talla únicamente capturamos un individuo. Para el rango de talla 11-15 mm la dieta está compuesta principalmente por peces (0.80) y el restante (0.20) lo compone la categoría huevos de pez. Para los rangos de ancho de boca restante 16mm a 40 mm la dieta estuvo compuesta exclusivamente por peces (ver tabla No. 11)

En la anguila de pantano se observó que la composición del espectro alimenticio cambia con el LT, los individuos pequeños son más generalista hasta convertirse en piscívoros con el aumento de talla (Ver fig. No. 10). Esto además se ve reflejado en los índices de amplitud de nicho de Levins donde en el rango de ancho de boca 1 – 5mm tiene un valor bajo, en los rangos de ancho de boca intermedios 6 – 10 mm y 11 – 15 mm presenta los valores mayores del índice (amplio espectro) y posteriormente en los rangos de ancho de boca mayores 16 – 20 mm y 21 – 24 mm el valor del índice de Levins tiende a disminuir (menor amplitud de espectro alimenticio) (Ver Tabla No. 11)

En el caso del pez Blanco se observa que la composición del espectro alimenticio cambia con el LT, pasando de una dieta estricta de macroinvertebrados en las tallas más pequeñas, al consumo estricto de peces. (Ver fig. No. 11) Esta especie presenta valores bajos del índice de amplitud de nicho en los diferentes rangos de ancho de boca (ver Tabla No. 11), lo cual la convierte en una especie altamente especialista, en todas sus etapas de desarrollo

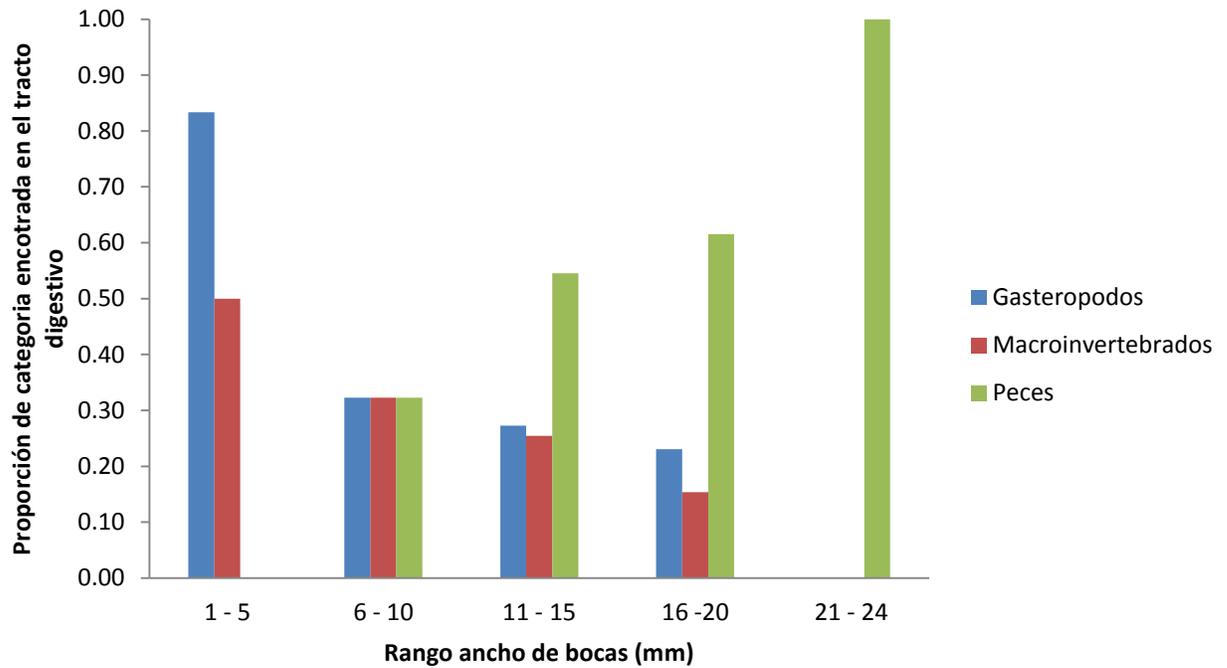


Figura No. 10 Proporción de tractos digestivos con las diferentes categorías de ítems alimenticios encontrados en las dietas de la anguila de pantano. en base al ancho de la boca

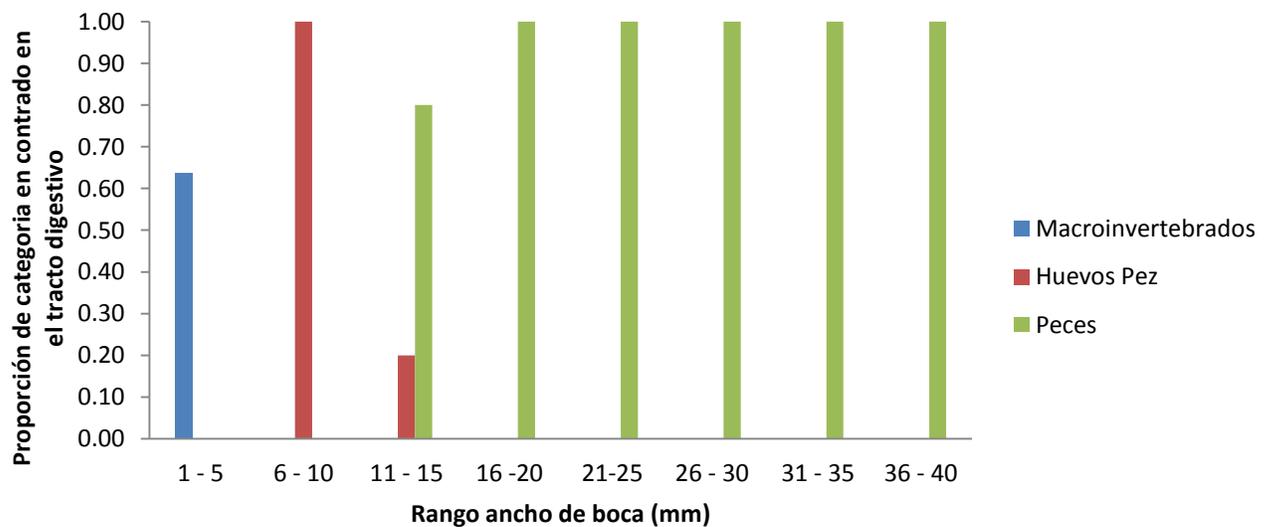


Figura No. 11 proporción de tractos digestivos con las diferentes categorías de ítems alimenticios encontrados en las dietas del pez Blanco, en base al tamaño del ancho de la boca.

Tabla No. 11. Proporción de ítems alimenticios encontrados en los tractos digestivos de diferentes tallas basados en el ancho de la boca (mm), índice de amplitud de nicho (Levins estandarizado) Los valores de este índice van de cero, mínima amplitud, hasta 1, máxima amplitud. *Para el cálculo de Levins se elimino los individuos con materia orgánica digerida (mod). Anguila de pantano(n=113) y pez Blanco (n=60)

Especie	Categoría ancho de boca (mm)	1 – 5	6 - 10	11 - 15	16 -20	21-25	26 - 30	31 - 35	36 - 40
Anguila de pantano		n = 8	n = 32	n = 64	n =17	n = 2	----	---	---
	Materia orgánica digerida (MOD)	0.25	0.16	0.20	0.35	0.00	---	---	---
	Gasterópodos	0.63	0.31	0.23	0.18	0.00	---	---	---
	Macroinvertebrados	0.38	0.31	0.22	0.12	0.00	---	---	---
	Huevos Pez	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	---
	Peces	0.00	0.31	0.47	0.47	1.00	---	---	---
	Índice de Levins	0.29	0.67	0.55	0.40	0.00	---	---	---
Pez Blanco		n = 33	n = 1	n = 5	n = 7	n = 13	n = 7	n = 6	n = 1
	Materia orgánica digerida (MOD)	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Gasterópodos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Macroinvertebrados	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Huevos Pez	0.00	1.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Peces	0.00	0.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Índice de Levins	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

8.5 Análisis de la dieta piscívora

Se observó que los peces están en una proporción mayor al 40 %, y que ambas especies al aumentar de talla muestran una especialización hacia una dieta piscívora (Ver figuras 10 y 11). Por lo cual se analizó si existía preferencia hacia alguna familia(s) de peces presente en el lago Petén Itzá.

Primero se analizó la frecuencia de ocurrencia y proporción de las diferentes familias de peces presentes en los tractos digestivos de la anguila de pantano y del pez Blanco. En el caso de la anguila de pantano no se logró identificar un 26 % (ver tabla No. 12). La familia de peces que fue más frecuente dentro de los tractos digestivos fue la familia Cichlidae (0.548), seguida de la familia Poeciliidae (0.119), y el resto de familias presentes en los tractos digestivos (Atherinidae, Characidae y Symbranchidae) se encontraban en una proporción menor al 0.1 (Ver figura No. 12). Para el pez Blanco no se logró identificar el 15 % (Ver Tabla No. 12). Dos familias de peces representan el 63 % (Ver Tabla No. 12), de la dieta piscívora de esta especie siendo la familia más frecuente en los tractos digestivos Cichlidae (0.41) y después la familia Poeciliidae (0.22), la tercer familia de peces más consumida fue la familia Characidae (0.11) y las dos familias restantes Atherinidae y Cupleidae se encontraban presentes en los tractos digestivos en una proporción menor al 0.1 (Ver figura No. 12).

Cuando se analizó la amplitud de nicho alimenticio utilizando el índice de Levins, para la categoría peces, se observó que las dos especies presentan valores menores al 0.5 (ver tabla No. 12). Cuando se analizó el traslape de nicho (categoría peces) se observó que existe un traslape alto (Morisita-Horn= 0.92) entre las familias de peces consumidas por las dos especies.

Tabla No. 12. Frecuencia de Ocurrencia (FO) y proporción de ítems alimenticios de la categoría peces (por familias) presentes en los tractos digestivos de la anguila de pantano ($n=42$) y el pez Blanco ($n=27$)

Familia	<i>O. aenigmaticum</i>		<i>El pez Blanco</i>	
	FO	Proporción FO	FO	Proporción FO
Atherinidae	1	0.024	2	0.07
Characidae	1	0.024	3	0.11
Cichlidae	23	0.548	11	0.41
Cupleidae	0	0.000	1	0.04
Poecilidae	5	0.119	6	0.22
Symbranchidae	1	0.024	0	0.000
No ID.	11	0.262	4	0.15
Levins S		0.15		0.42
Traslape Morisita-Horn			0.92	

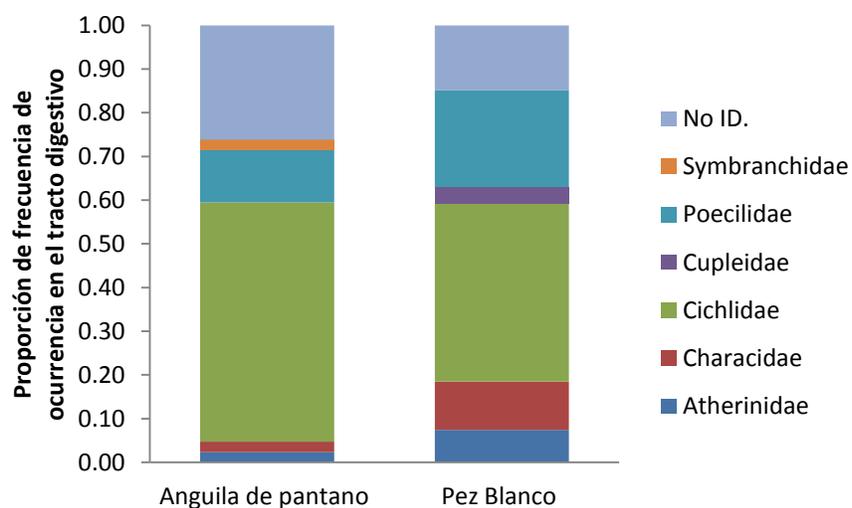


Figura No. 12. Proporción de ítems alimenticios ordenados por familias encontrados dentro de los tractos digestivos de la anguila de pantano y el pez Blanco.

Análisis de la dieta piscívora selección por familias y especies

Se analizó si existía algún tipo de selección, hacia las familias de peces consumidas, por los dos depredadores, para esto se utilizaron datos de disponibilidad de las presas (No. individuos/red) en la zona litoral del lago Petén Itzá, los datos fueron utilizados con permiso del autor y están publicados en Barrientos y Quintana 2012.

Se evaluó si existe selección positiva hacia alguna familia de peces consumida, mediante el índice de electividad de Ivlev (Krebs, 1986, p. 394) y se contrastó entre el uso observado, y el uso potencial (disponibilidad). La anguila de pantano, presentó selección positiva hacia Symbbranchidae (ver tabla No. 13) y las familias Cichlidae, Poecilidae y Characidae, las consume en proporción a su disponibilidad en el hábitat (ver Fig. No. 13). El pez Blanco mostró selección positiva hacia las familias Atherinidae, Characidae y Cupleidae; mientras que las familias Cichlidae y Poecilidae fueron consumidas altamente en relación a su disponibilidad en la zona litoral (Ver Fig. No. 14)

Tabla No.13 Índice de electividad de Ivlev, para medir la preferencia de la dieta, en función de las familias de peces consumidas en la zona litoral del lago Petén Itzá, para las especies el pez Blanco y la anguila de pantano. El índice tiene un rango entre -1 y +1, si el valor del índice es > 0 esto indica selección positiva y si el valor del índice es < 0 esto indica selección negativa, cuando el valor del índice es $= 0$ esto indica que utilizan el recurso en proporción a su disponibilidad.

Especie	Familias de Peces consumidas					
	Atherinidae	Characidae	Cichlidae	Cupleidae	Poecilidae	Symbbranchidae
<i>Anguila de pantano</i>	-0.1	-0.2	0	-1	-0.1	1
<i>Pez Blanco</i>	0.4	0.4	-0.2	0.9	0.1	-1

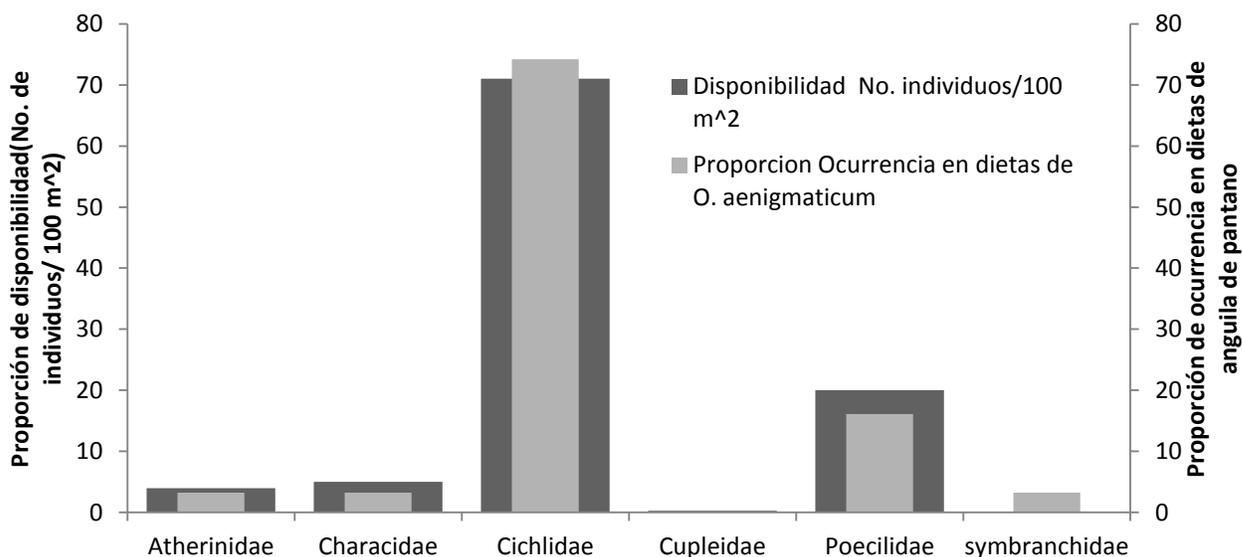


Figura. No. 13 Contraste entre la proporción de la disponibilidad de familias de peces en la zona litoral del lago Petén Itzá (Uso potencial) y la proporción de la frecuencia de ocurrencia (Uso Observado) de estas familias de peces dentro de los tractos digestivos de anguila de pantano.

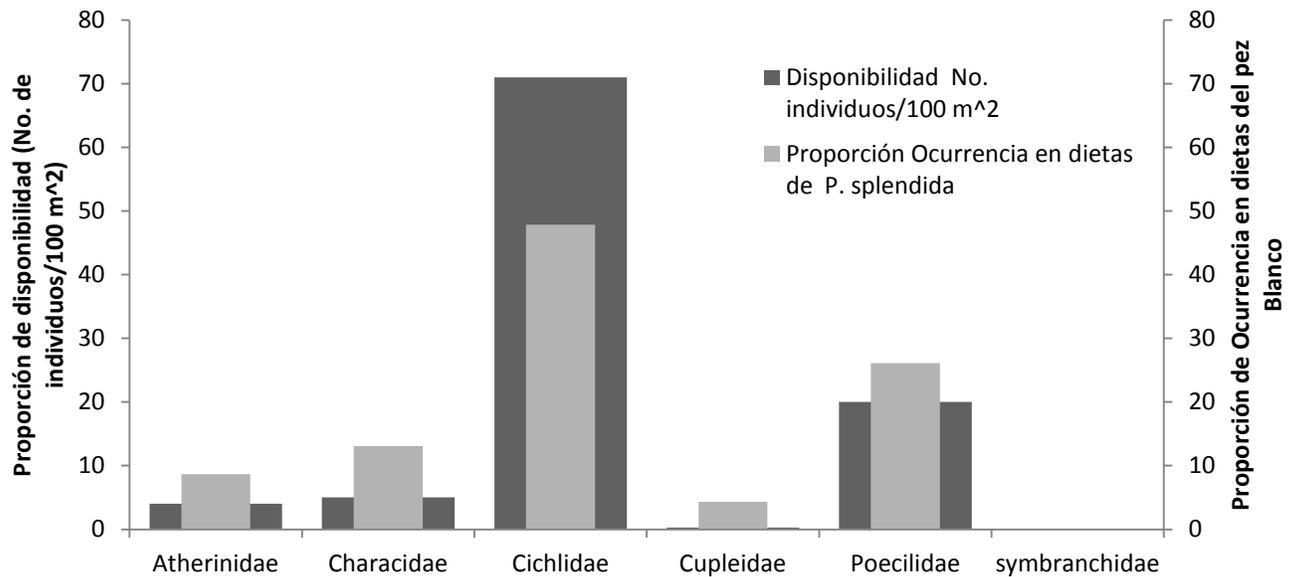


Fig. No. 14 Contraste entre la proporción de la disponibilidad de familias de peces en la zona litoral del lago Petén Itzá (Uso potencial) y la proporción de la frecuencia de ocurrencia (Uso Observado) de estas familias de peces dentro de los tractos digestivos de el pez Blanco

La familia Cichlidae representa alrededor del 50 % de la composición de la dieta piscívora de las dos especies en el lago Petén Itzá (ver fig. No 12); mediante histogramas de contraste se analizó si la ocurrencia en la dieta de las especies de cíclidos corresponde a su disponibilidad en la zona litoral.

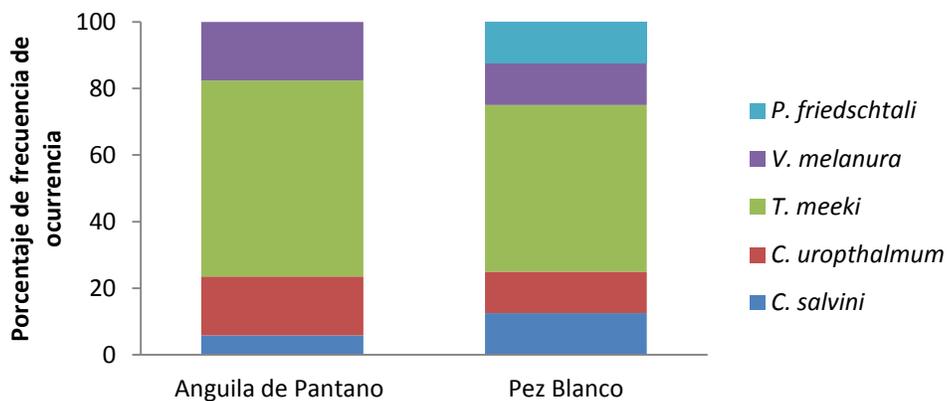


Figura No. 15. Porcentaje de ocurrencia de especies de cíclidos encontrada en los tractos digestivos de la anguila de pantano y el pez Blanco

Se observó que de las ocho especies de cíclidos presentes en el lago Petén Itzá, en los contenidos del tracto digestivo de el pez Blanco se encontraron únicamente cinco especies diferentes, y solamente cuatro en el caso de la anguila de pantano.(ver fig. No. 15). *Torychtis meeki* fue el cíclido más consumido por ambas especies (ver fig. No. 15) la cual también fue la especie con mayor disponibilidad en la zona litoral (ver fig. No. 16 y Fig. No 17), y se observó que las dos especies consumen Cíclidos, en una proporción relativa a la disponibilidad en la zona litoral del lago Petén Itzá (Ver fig. No. 16 y Fig. No. 17)

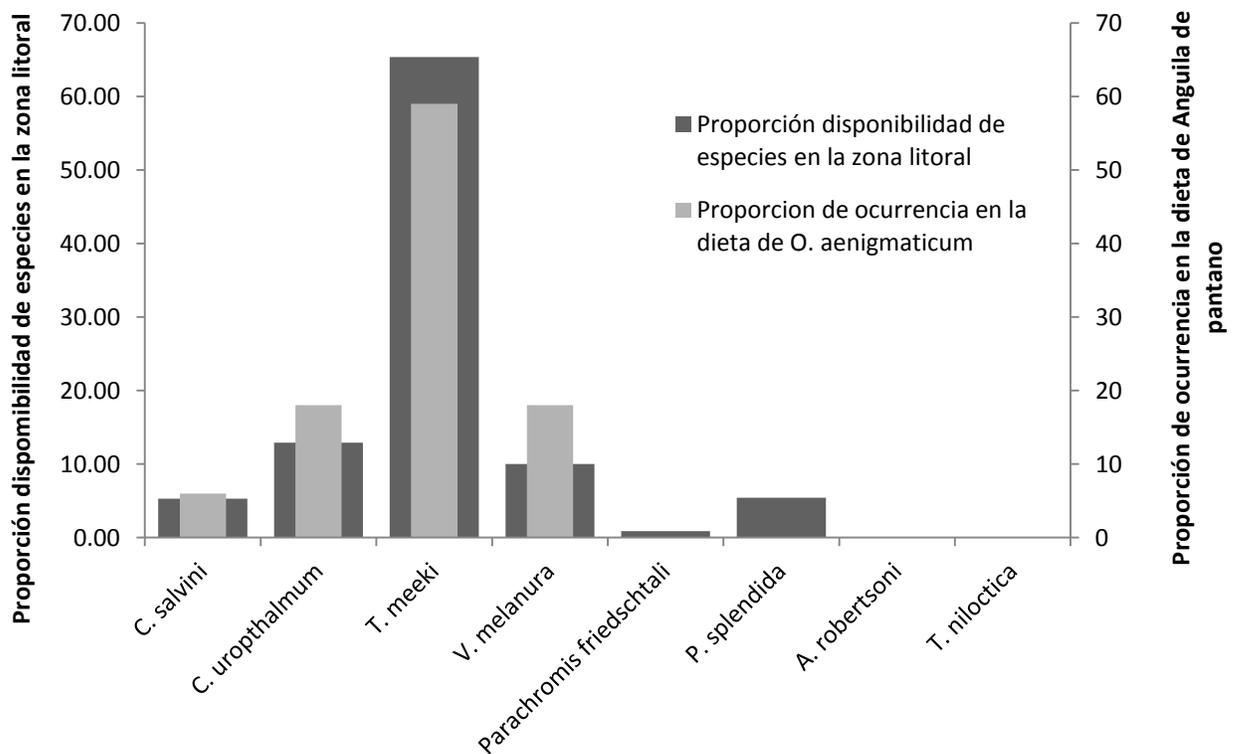


Figura No. 14 Contraste de la proporción de disponibilidad de Cíclidos en la zona litoral del lago Petén Itzá y la proporción de Cíclidos encontrados en los tractos digestivos de la anguila de pantano.

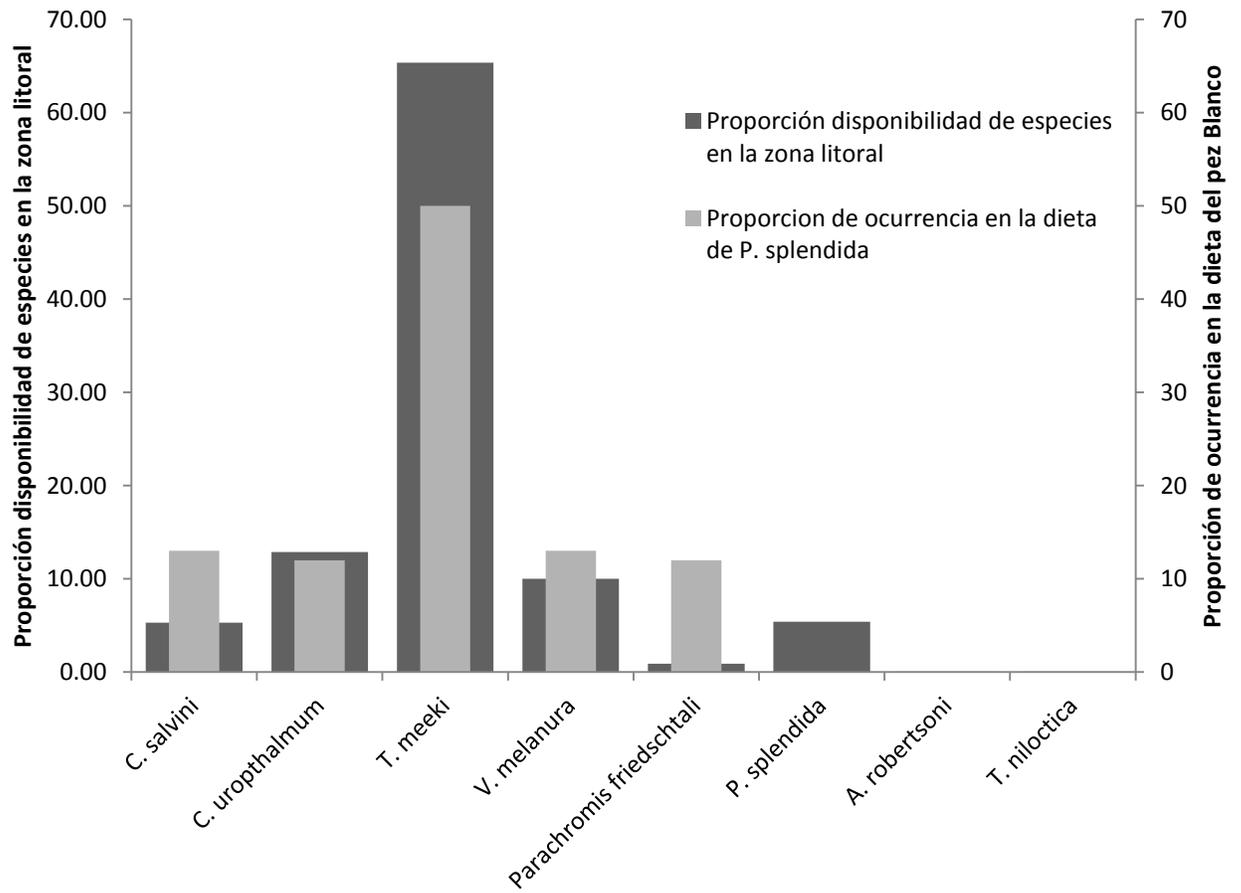


Figura No. 15. Histograma de contraste de la proporción de disponibilidad de Cíclidos en la zona litoral del lago Petén Itzá y la proporción de Cíclidos encontrados en los tractos digestivos de el pez Blanco .

9. Discusión

9.1 Selección de macro-hábitats

El pez blanco y la anguila de pantano muestran selección positiva por el hábitat con estructura, que proveen las macrofitas acuáticas sumergidas en la zona litoral del lago Petén Itzá. El pez Blanco mostró ser una especie más generalista que la anguila de pantano en el hábitat litoral utilizado. En Cíclidos mesoamericanos la selección de hábitats con estructura ha sido documentada (Barrientos y Allen, 2008, p. 104; Cochran-Biederman y Winemiller, 2010, p. 150). Especies de la familia Anguillidae en estuarios y lagos en zonas templadas, también se han encontrado asociadas a hábitats con estructura compleja (Glova *et al.*, 1998, p. 266; Jellyman y Chisnall, 1999, p. 245; Silberschneider, *et al.* 2004, p. 399) Esta complejidad convierte a los hábitats de macrofitas acuáticas en áreas muy importantes para los peces, ya que se ha demostrado que estas áreas son usadas para la reproducción, alimentación, evitar predación, desarrollo de estadios juveniles (Gotceitas y Colgan, 1989; Chick y McIvor, 1997, p. 32; Weaver *et al.*, 1997; Barrientos y Allen, 2008; Crippa, 2009) lo cual favorece la riqueza y abundancia de peces en estos hábitat (Barrientos y Allen, 2008, p. 103; Pelicice y Agostinho, 2006, p. 17; Pelicice *et al.*, 2008, p. 547; Dibble y Pelicice, 2010, p. 388) Los cuales son considerados hábitat adecuados para el forrajeo de depredadores piscívoros (Savino y Stein, 1989, p.291).

La estructura que presenta *V. americana*, *P. illionensis* y *P. pectinatus* es menos compleja que la estructura presentada por *Chara sp.*, esto debido a que la morfología de *V. americana*, *P. illionensis* y *P. pectinatus* es más simple, que la morfología de *Chara sp.* (Fasset, 1957, p. 8, 55, 98). Siendo la morfología de las macrofitas, un atributo que puede determinar la estructura y complejidad de los hábitats (Dibble y Harrel, 1997, p. 77; Dibble y Thomaz, 2006, p. 425).

El pez Blanco al ser una especie que caza a sus presas de forma activa, mediante búsqueda y ataque (Waltzek y Wainwright, 2003, p. 105), seleccionó positivamente el hábitat estructuralmente menos complejo; este tipo de selección ha sido documentada en otros depredadores activos que muestran preferencia a forrajear en hábitats menos complejos (Anderson, 1984, p. 859) La estructura de las macrofitas afectan la visibilidad y permiten que las presas con capacidad de desplazarse, puedan escapar de un ataque (Diehl, 1988, p. 211; Persson y Eklöv, 1995, p. 79); esto afecta la eficiencia de forrajeo de los peces al aumentar la complejidad

estructural de los hábitats (Savino y Stein, 1982, p. 265; Anderson, 1984, p. 858; Diehl, 1988, p. 210; Savino y Stein, 1989, p. 291; Dione y Folt, 1991, p. 129; Persson y Eklöv, 1995, p. 79; Dibble y Harrel, 1997, p. 77).

La anguila de pantano seleccionó positivamente el hábitat estructuralmente más complejo en la zona litoral. La familia Anguillidae presenta una estrategia de cacería emboscadora (Jellyman, 1989, P. 8) y ha presentado fuerte asociación a hábitats estructuralmente complejos con presencia de macrofitas acuáticas (Jellyman y Chisnall, 1999, p. 245). Ya que al incrementarse la complejidad estructural de los hábitats, las especies con estrategia de cacería emboscadora pueden optimizar el forrajeo (Anderson, 1984, p. 858; Savino y Stein, 1989, p. 291).

La selección de hábitats con diferente complejidad estructural sugiere que pueden optimizar el forrajeo en base a sus estrategias de cacería y segregarse espacialmente en la zona litoral. Esta separación favorece la coexistencia de especies que ocupan el mismo nicho trófico (George y Hadley, 1979, p. 260; Wheeler y Allen, 2003, p. 447; Dibble y Pelicice, 2010, p. 388) permitiendo así la divergencia en los recursos utilizados (Pelicice y Agostinho, 2006, p. 16; Cochran-Biederman y Winemiller, 2010, p. 150) por parte del pez Blanco y la anguila de pantano en la zona litoral del lago Petén Itzá.

9.2 Análisis del espectro alimenticio

Las dos especies mostraron un cambio ontogénico en la dieta, con una tendencia hacia una dieta piscívora. Esto ha sido reportado en piscívoros tropicales y en especies de la familia Anguillidae y Centrarchidae en zonas templadas, donde los juveniles se alimentan de invertebrados, mientras que los sub-adultos y adultos se alimentan principalmente de peces (George y Hadley, 1979, p. 259; Jellyman, 1989, p. 8; Winemiller, 1989, p. 193; Mittelbach y Persson, 1998, p. 1461; Scott y Angermeier, 1998, p. 227). El cambio ontogénico refleja la eficiencia de forrajeo debido a cambios morfológicos observados en los peces (Mittelbach y Persson, 1998, p. 1459; Graeb *et al.*, 2006, p. 1497) El aumento del ancho de la boca que está altamente relacionado con el largo total, tiene influencia en el tamaño máximo de presas consumidas (Hambrighth, 1991, 505; Nilsson y Brönmark, 2000, 543; Hill *et al.* 2004, p. 54; Truemper y Lauer, 2005, 143; Montaña *et al.*, 2011, p. 650); favoreciendo la transición hacia una dieta piscívora la cual aporta una mayor riqueza

energética (Keast y Eadie, 1985, p. 203; Ludsin y DeVries, 1997, p. 1033, Post, 2003, p. 1305; Graeb *et al.* 2006, p. 1496).

Aunque ambas especies mostraron cambio en la dieta hacia un consumo de peces, el pez Blanco mostró una dieta más especializada en relación a la anguila de pantano, el espectro alimenticio tuvo una menor amplitud de nicho durante la época seca, siendo la dieta principalmente peces. Durante la época lluviosa se observó un espectro alimenticio más amplio incluyendo, macroinvertebrados, huevos de pez y peces. Aunque no se cuenta con información de la disponibilidad de invertebrados en las dos épocas del año en el lago Petén Itzá, en zonas tropicales se ha encontrado que la transición en piscívoros de una dieta basada en invertebrados a una dieta basada en peces, coincide con cambios de la disponibilidad de presas, donde la disponibilidad de invertebrados disminuye y la de los peces aumenta durante la época seca (Wimemiller, 1989, p. 193)

En el caso de la anguila de pantano se observó que esta especie muestra una dieta más generalista en relación al pez Blanco en las categorías de ancho de boca comparadas (1-25 mm) y no se observó cambio en la amplitud de nicho durante épocas. La dieta encontrada en la anguila de pantano (macroinvertebrados, gasterópodos y peces) coincide con lo reportado para anguilas de agua dulce del género *Anguilla spp.* en zonas templadas donde se observa una dieta variada y poco especializada que va cambiando con la talla, con una tendencia hacia la piscivoría (Jellyman, 1989, p. 8). Sin embargo no se convierten en piscívoros estrictos, siendo los gasterópodos un ítem frecuente en la dieta de anguilas, incluso en tallas grandes (Jellyman, 1989, p. 9.)

Existe un traslape alto en cuanto al espectro alimenticio de las dos especies, lo cual se puede explicar por el consumo de macroinvertebrados y peces en las dos especies. Aunque los valores de traslape en el nicho trófico se pueden ver afectados por el número de categorías creadas (Jepsen *et al.* 1997, p. 1101; Scott y Angermeier, 1998, 232) en el presente trabajo únicamente se crearon cuatro categorías alimenticias lo cual puede sobreestimar el valor del índice de traslape, por lo que es preferible crear categorías al nivel taxonómico más bajo posible (Jepsen *et al.* 1997, p. 1101). Por esto se analizó la dieta a nivel de familia y de especies de peces consumidos, los cuales representaron más del 40 por ciento de la dieta en ambas especies. Se encontró que el pez Blanco y la anguila de pantano consumen cinco de las siete familias de peces distribuidas en el lago Petén

Itzá. Las familias en las que difiere la dieta, son la familia Cupleidae en el pez Blanco , y la familia Symbranchidae en la anguila de pantano.

La anguila de pantano no mostró selección positiva por ninguna familia de pez consumida, y presentó una dieta especializada, siendo Cichlidae la familia más consumida; la cual es la que presenta la mayor disponibilidad en el ambiente (Barrientos y Quintana, 2012, p. 65) y el resto de familias consumidas son seleccionadas negativamente, ya que las consume en menor proporción a su disponibilidad. El alto consumo de Cíclidos pueda ser reflejo de las estrategias de caza de la especie. Se ha reportado que *Anguilla australis* y *A. dieffenbachii* en aguas templadas cazan acechando a los peces desde atrás, y/o desde la cobertura de la vegetación acuática (Jellyman, 1989, p. 8), lo cual puede volver a los Cíclidos presas más accesibles no solo por su alta disponibilidad en el ambiente sino también por sus hábitos territoriales (Seehausen y Schluter, 2004, p. 1347), haciéndolos más susceptibles a este tipo de cacería.

El pez Blanco consumió en mayor proporción las familias Cichlidae y Poecilidae, presentando una dieta piscívora más amplia que la anguila de pantano. Este alto consumo de la familia Poecilidae en relación a lo consumido por la anguila de pantano, posiblemente responda a la patrones evolutivos de la especie, ya que su forma elongada fusiforme, mandíbula protusible grande (mayor ancho de boca), le confieren velocidades de ataque rápidas (Waltzek y Wainwright, 2003, 104-105) lo cual puede ser adaptaciones que le permitan a esta especie capturar presas más evasivas (Higham *et al.* 2007, 76), como los Poecilidos que presentan estrategias que ayudan a disminuir la predación volviéndolos más evasivos (Sechers, 1974, p. 486; Magurran y Nowak, 1991, p. 34) que los Cíclidos.

Este análisis de espectro alimenticio en base a familias de peces debe interpretarse con cautela, ya que aunque se tienen datos de la disponibilidad de las presas en la zona litoral, la disponibilidad fue medida únicamente con una técnica de colecta (Barrientos y Quintana, 2012, p. 25) y se sabe que no todas las especies tienen la misma probabilidad de ser capturadas con los mismo métodos de colecta. Barrientos y Quintana (2012) determinaron que en lago Petén Itzá la familia Cupleidae se distribuye más en hábitat limnético, lo cual hace que su captura sea incidental en la zona litoral. En el caso de la familia Atherinidae, esta inversamente relacionada con el porcentaje de área cubierta por vegetación en la zona litoral en el Lago de Izabal (Barrientos y Allen 2008, p. 102), lo

cual hace que estas muestras de redes de encierro no sean representativas de la población disponible de estas especies.

Al analizar las especies de la familia más consumida, Cichlidae, se observó que *Torichthys meeki* fue la especie más abundante en las zonas con vegetación acuática en el área litoral (Barrientos y Quintana, 2012, p. 60) y fue la especie más abundante dentro de los tractos digestivos de ambas especies. El consumo de presas en base a la disponibilidad en el ambiente ha sido documentado en piscívoros de aguas tropicales (Wimemiller, 1989, p. 193; Villares y Muller, 2010; Montaña *et al.*, 2011, p. 652) y en peces marinos (Schmitt y Holbrook 1984, p. 12). Esto sugiere que el mayor consumo de *T. meeki* es en función de la disponibilidad de este recurso en el ambiente.

Ambas especies presentaron un porcentaje alto de estómagos vacíos lo cual es común en estudios con anguilas de agua dulce en zonas templadas (Jellyman, 1989, 6), y esto se puede explicar ya que los piscívoros tienen una evacuación gástrica rápida (Arrington *et al.* 2002, p. 2149)

9.3 Macro-hábitats y su distribución en el lago Petén Itzá

Se caracterizaron tres hábitats litorales en base a la estructura que pudieran brindar las macrofitas acuáticas que los componen; ya que la morfología de las macrofitas, es un factor importante que define la complejidad de los hábitats en la zona litoral (Dibble y Thomaz, 2006, p. 425). La distribución de los tres macro-hábitats en las cinco localidades no es homogénea, similar a otros lagos (Weaver, *et al.* 1997. p. 2286; Barrientos and Allen 2008; Rogers and Allen 2008;). Al analizar las variables físico-químicas (oxígeno disuelto, pH, temperatura, salinidad) no se encontró diferencia entre localidades. La única variable con relación con la distribución de los macrohábitats, es la profundidad del sedimento, ya que en el hábitat con *V. americana*, *P. illionensis* y/o *P. pectinatus* la profundidad del sedimento era mucho menor que en las zonas con *Chara sp.* sin embargo no se cuentan con suficientes datos para poder realizar un análisis de esta relación entre macrohábitat y profundidad de sedimento.

Es importante hacer notar que para el presente estudio, no se pudo hacer estimaciones de la presencia de las especies, en zonas litorales sin vegetación acuática Sin embargo algunas de estas zonas sin vegetación poseían rocas grandes o troncos caídos, y estos hábitats brindan cierto grado de estructura y son utilizados por peces de la familia Centrarchidae (Dutterer y Allen, 2008, p. 462)., que es un equivalente ecológico de los Cíclidos para Mesoamérica (Miller, 1966, p. 777).

Este tipo de hábitat se encontraba presente en la localidad de San José-San Pedro, pero debido a la altura de la columna de agua, la técnica de electro pesca no fue efectiva.

El presente trabajo aporta evidencia sobre la importancia de las macrofitas acuáticas en la zona litoral del lago Petén Itzá, estas zonas son importantes ya que son utilizadas por los peces como zonas de alimentación, desarrollo y protección (Gotceitas y Colgan, 1989; Chick y Mclvor, 1997, p. 32; Weaver et al., 1997; Barrientos y Allen, 2008; Crippa, 2009). Los dos depredadores mostraron selección positiva por los macro-hábitats con presencia de macrofitas acuáticas, y tendieron a seleccionar negativamente zonas sin vegetación acuática sumergida, ya que la presencia de vegetación acuática favorece la riqueza y abundancia de peces en estos hábitats (Barrientos y Allen, 2008, p. 103; Pelicice y Agostinho, 2006, p. 17; Pelicice et al., 2008, p. 547; Dibble y Pelicice, 2010, p. 388) volviéndolos hábitats adecuados para el forrajeo de depredadores piscívoros (Savino y Stein, 1989, p.291).

La anguila de pantano mostro ser una especie con un espectro alimenticio más generalista que el pez Blanco, aunque existe un traslape alto en la dieta de los dos depredadores, posiblemente este traslape no sea ecológicamente significativo ya que existe segregación de las dos especies en el macro-hábitat utilizado, y se ha reportado que la segregación en el hábitat puede ser más importante que la segregación en el nicho trófico en especies simpátricas (George y Hadley, 1979,p. 260; Scott y Angermeier, 1998, p. 232)

El presente trabajo enfatiza la importancia de mantener las asociaciones de vegetación acuática en la zona litoral del lago Petén Itzá, ya que estas son clave para los peces, proveyendo hábitats con estructura (Dibble y Harrel, 1997, p. 77; Dibble y Thomaz, 2006, p. 425; Dibble y Pelicice, 2010, p. 386), e incrementan la capacidad biogénica de los sistemas acuáticos (Dibble y Pelicice, 2010, p. 387) funcionando así como sitios de alimentación, y también como áreas para el desarrollo de estadios juveniles de varias especies (Gotceitas y Colgan, 1989; Chick y Mclvor, 1997, p. 32;Weaver et al., 1997; Barrientos y Allen, 2008; Crippa, 2009),.

La información generada apoya las hipótesis planteadas en el presente trabajo sobre la selección de macro-hábitats, y el espectro alimenticio de las especies, la cual es de importancia para la toma de decisiones sobre el manejo del recurso pesquero del lago Petén Itzá, el cual sufre fuertes presiones por la contaminación, el depósito de sedimentos por cambio de uso de suelo, la

sobrepesca, entre otros. Y puede ser aplicada a otros lagos con condiciones similares en áreas tropicales mesoamericanas.

10. Conclusiones

- a. El pez Blanco y la anguila de pantano muestra selección positiva por los hábitats con presencia de macrofitas acuáticas en la zona litoral del lago Petén Itzá, y tienden a evitar las zonas que carecen de vegetación acuática.
- b. Las dos especies muestran selección positiva hacia diferentes macro-hábitats en la zona litoral del lago Petén Itzá, siendo los hábitats con *Vallisneria americana*, *Potamogeton pectinatus* y *P. illionensis* seleccionados positivamente por el pez Blanco y los hábitats con presencia de *Chara sp.* seleccionados positivamente por la anguila de pantano.
- c. El pez Blanco y la anguila de pantano muestran un traslape medio en el uso de macro-hábitats en la zona litoral del lago Petén Itzá.
- d. El pez Blanco es una especie que presenta una dieta especializada a lo largo de su desarrollo.
- e. La anguila de pantano presentó una dieta variada en todas las tallas analizadas.
- f. Ambas especies mostraron una tendencia a un mayor consumo de peces conforme aumenta la talla de los individuos.
- g. El pez Blanco y la anguila de pantano muestran un traslape alto en el espectro alimenticio, aunque posiblemente no tenga efecto en las interacciones entre estas especies ya que se observó que difieren en los hábitats utilizados.
- h. El pez Blanco muestra diferencias en la composición de su espectro alimenticio durante la época seca y lluviosa.

- i. No se observó selección positiva por ninguna familia o especie de pez consumida por parte del pez Blanco y la anguila de pantano, y estas hacen uso de este recurso en relación a su disponibilidad en el ambiente

11. Recomendaciones:

- Realizar acciones de manejo para las zonas litorales con presencia de macrofitas acuáticas, que permitan garantizar la conservación de estos hábitats que juegan un rol importante en las comunidades acuáticas del lago Petén Itzá.
- Evaluar y comparar si existen diferencias en la estructura y configuración de las diferentes especies de macrofitas acuáticas, que permitan explicar los patrones de selección de hábitat observados en el pez Blanco y la anguila de pantano en el lago Petén Itzá.
- Se recomienda determinar la disponibilidad de los diferentes ítems alimenticios encontrados en la dieta de las dos especies, y medir si estos permanecen constantes o fluctúan en distintas épocas del año, así como en los diferentes macro-hábitats de la zona litoral.
- Evaluar los efectos que pueden ocasionar las especies exóticas (*e.g.* Pleco o pez diablo), tanto directamente a la ictiofauna nativa como a los hábitats con macrofitas acuáticas en la zona litoral del lago Petén Itzá

12. Referencias

Anderson O.. (1984). *Optimal foraging by Largemouth Bass in structured environments.* Ecology. 65(3) 851-861.

Anderson R. y Neumann R. (1996). Length, Weight, and associated structural indices. Chapter 15. En: Murphy B. y Willis D. eds. 1996. Fisheries Techniques. 2nd. Edition. American Fisheries Society. USA. 732 pp.

Arrington D., Winemiller K., Loftus W. y Akin S. (2002). How often do fishes “Run on empty”. Ecology. 83(8): 2145 -2151 pp.

Barrientos C. y Allen M. (2008). Fish abundance and community composition en native and non-native plants following hydrilla colonization at Lake Izabal, Guatemala. Journal of Fisheries Management and Ecology. 15: 99-106 pp.

Barrientos C. y Quintana Y. (2012). En prensa. Evaluación del impacto de especies no nativas en los lagos Atitlán, Izabal y Petén Itzá y caracterización del hábitat de especies nativas y no nativas. Informe Final proyecto 09-2009. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONCYT-

Begon M., Mortimer M. y Thompson D. (1996). Population ecology: A unified study of animals and plants. 3rd. ed. Wiley-Blackwell. 256 pp.

Bowen S. (1996). Quantitative Description of the Diet. Chapter 17. En: Murphy B. y Willis D. eds. 1996. Fisheries Techniques. 2nd. Edition. American Fisheries Society. USA. 732 pp.

Chick, J. y Mclvor, C. (1997). Hábitat selection by three litoral zone fishes: effects of predation pressure, plant density and macrophyte type. Ecology of Fresh Water. 6: 27-35 pp.

Cochran-Biederman J. y Winemiller K. (2010). Relationships among habitat, ecomorphology and diets of cichlids in the Bladen River, Belize. Environmental Biology of Fishes. 88: 143-152

Colwell, R. y Futuyma R. (1971). On the measurement of the niche breadth and overlap. Ecology 52(4): 567-576 pp.

Crippa, V. (2009). Food resource used by small sized fish in macrophyte patch in ponds of the upper Párana river foodplain. Acta Scientiarum. Biological Science Vol 31(2)

Dibble, E. y Harrel, S. (1997). Largemouth Bass diets in two aquatic plant communities. *Journal of Aquatic Plant Management*. 35: 74-78 pp.

Dibble, E. y Pelicice, F. (2010). Influence of aquatic plant-specific hábitat on an assemblage of small neotropical floodplain fishes. *Ecology of Freshwater Fish*. 19: 381-389 pp.

Dibble, E. y Thomaz, S. (2006). A simple method to estimate spatial complexity in aquatic plants. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 49(3): 421-428 pp.

Diehl, S. (1988). Foraging efficiency of three freshwater fishes: Effects of structural complexity and light. *Oikos*. 53(2): 207-214 pp.

Diehl S. y Eklöv P. (1995). Effects of Piscivore-Mediated habitat use on resources, diet and growth of Perch. *Ecology*. 76 (6): 1712 – 1726 pp.

Dione, M. y Folt, C. (1991). An experimental analysis of macrophyte growth forms as fishes foraging hábitat. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 48: 123-131 pp.

Dumont, S. y Dennis, J. (1997). Comparison of Day and Night Electrofishing in Texas reservoirs. *North American Journal of Fisheries Management*. 17: 939 – 946 pp.

Dutterer A. y Allen M. (2008). Spotted Sunfish habitat selection at three Florida rivers and implications for minimum flows. *Transactions of the American Fisheries Society*. 137 (2): 454-466 pp.

Emery, L. (1984). The Physiological effects of electrofishing. *CAL-NEVA Wildlife Transactions*. 59-70 pp.

Estes J., Crooks K. y Holt R. (2001). Predators, Ecological role of. En: *Encyclopedia of Biodiversity* vol 4.

Fasset, N. (1957). *A Manual of Aquatic Plants*. 2 da. Edición The University of Wisconsin Press. E.U.A. 405 pp.

Glova G., Jellyman D. y Bonnet M. (1998). Factors associated with the distribution and hábitat of eels (*Anguilla spp.*) in three New Zealand lowland streams. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 32: 255-269 pp.

Graeb B., Mangan M., Jolley J., Wahl D. y Dettmers J. (2006). Ontogenetic changes in prey preferences and foraging ability of Yellow Perch: Insights base don relative energetic return of prey. *Transactions of the American Fisheries Society*. 135: 1493-1498 pp.

Granados, P. (2001). Ictiofauna de la Laguna Lachuá, Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. Tesis de Biología. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. 73 pp.

George, E. y Hadley, W. (1979). Food and habitat partitioning between Rock Bass (*Ambloplites rupestris*) and Smallmouth Bass (*Micropterus dolomieu*) young of the year. *Transactions of the American Fisheries Society*. 108:253-261 pp.

Gotceitas V. y Colgan P. (1989). Predator foraging success and hábitat complexity: quantitative test of the threshold hypothesis. *Oecologia*. 80: 158-166 pp.

Gotelli N. y Ellison A. (2004). A primer of Ecological Statistics. Sinauer. USA. 510 pp.

Granados-Dieseldorff P., Christensen M. y Kihn-Pineda H. (2012). Fishes from Lachuá Lake, upper Usumacinta basin, Guatemala. *Check List*. 8(1): 95-101 pp.

Hambright K. (1991). Experimental analysis of prey selection by Largemouth Bass: Role of predator mouth width and prey body depth. *Transactions of the American Fisheries Society*. 120: 500 -508 pp.

Hardin G. (1960). The competitive exclusion principle. *Science*. 131 (3409): 1292-1297 pp.

Higham, T., Hulsey, C., Říčan, O. y Carroll, M. (2007). Feeding with speed: prey capture evolution in cichlids. *Journal Compilation European Society for Evolutionary Biology*. 20: 70-78 pp.

Hill J., Nico L., Cichra C. y Gilbert C. (2004). Prey vulnerability to Peacock Cichlids and Largemouth Bass base on predator gape and prey body depth. *Proc. Annual conference Southeast Association Fisheries and Wildlife Agencies*. 58: 47-56 pp.

Hill T. y Willis D. (1994). Influence of water conductivity on pulsed AC and pulsed DC Electrofishing catch rates for Largemouth Bass. *North America Journal of Fisheries Management*. 14: 202-207 pp.

Hoyer M. y Canfield D. (1996). Largemouth Bass abundance and aquatic vegetation in Florida lakes: An empirical analysis. *Journal of Aquatic Plant Management*. 34: 23-32 pp.

Hutchinson G. (1957). Concluding Remarks. Yale university. 415-427 pp.

Ixquiac-Cabrera, M; Guzmán, S; Méndez, A. y Morales, J. (2010). Identificación, Crecimiento del Pez blanco (*Petenia splendida*) en tres habitats: cultivo, lago (Petén Itzá) y en río San Pedro por medio de marcaje y recaptura. Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, Centro de Estudios del Mar y Acuicultura. FONACYT/CEMA 49 p.

Jellyman D. y Chisnall B. (1999). Habitat preferences of shortfinned eels (*Anguilla australis*), in two New Zealand lowland lakes. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 33(2): 233-248 pp.

Jellyman, D. (1989). Diet of two species of freshwater eel (*Anguilla spp.*) in lake Pounui, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 23(1): 1-10 pp.

Kahl, U. y Radke R. (2006). Hábitat and food resource use of perch and roach in a deep mesotrophic reservoir: enough space to avoid competition? *Ecology of Freshwater Fish*. 15: 48-56 pp.

Keast A. y Eadie J. (1985). Growth depensation in year-0 Largemouth Bass: The influence of diet. *Transactions of the American Fisheries Society*. 14(2): 204-213 pp.

Kinh H., Cano E. y Morales A. (2006). Peces de las aguas interiores de Guatemala. En: Cano E. ed. 2006. Biodiversidad de Guatemala. Vol. 1. Universidad del Valle de Guatemala.

Krebs C. (1989). *Ecological Methodology*. Harper-Collins Publishers. U.S.A. 652 pp.

Ludsin S. y DeVries D. (1997). First-Year recruitment of Largemouth Bass: The interdependency of early life stages. *Ecological Applications*. 7(3): 1024-1038 pp.

Magurran A. y Nowak M. (1991) Another battle of the sexes: The consequences of sexual asymmetry in mating cost and predation risk in the Guppy, *Poecilia reticulata*. *Proceedings Biological Sciences*. 246(1315): 31-38 pp.

Martínez J., Chávez M., Tello J. y Morales A. (2007). Utilización de otolitos como herramienta en la determinación de especies. *Revista Zoológica* 18: 13-18 pp.

Miller R. (1966). Geographical distribution of Central American freshwater fishes. *Copeia*. 4: 773-802 pp.

Mittelbach G. y Persson L. (1998). The ontogeny of piscivory and its ecological consequences. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science*. 55: 1454-1465 pp.

McMahon T., Zale A. y Orth D. (1996). Aquatic Habitat Measurements. Chapter 4. En: Murphy B. y Willis D. eds. 1996. *Fisheries Techniques*. 2nd. Edition. American Fisheries Society. USA. 732 pp.

Montaña C., Layman C. y Wimemiller K. (2011). Gape size influences seasonal patterns of piscivore diets in three Neotropical rivers. *Neotropical Ichthyology*. 9(3): 647-655 pp.

Montenegro J. y Acosta A. (2008). HaviStat Versión 1.0 (programa para inferir uso, preferencia de hábitat y amplitud de nicho). Unesis- Departamento de Biología – Pontificia Universidad Javeriana.

Nilsson, P. y Brömmark, C. (2000). Prey vulnerability to a gape-size limited predator: behavioural and morphological impacts on northern pike piscivory. *Oikos*. 88: 539-546 pp.

Pelicice, F. y Agostinho, A. (2006). Feeding ecology of fishes associated with *Egeria spp.* Patches in a tropical reservoir, Brazil. *Ecology of Freshwater Fish*. 15: 10-19 pp.

Pelicice, F., Thomaz, S. y Agostinho, A. (2008). Simple relationships to predict attributes of fish assemblages in patches of submerged macrophytes. *Neotropical Ichthyology*. 6(4): 543-550 pp.

Perez L., Lorenschat J., Bugja R., Brenner M., Scharf B., y Schalweb A. (2010). Distribution, diversity, and ecology of modern freshwaters ostracodes (Crustacea), and hydrochemical characteristics of Lake Petén Itzá, Guatemala. *Journal Limnology*. 69(1): 146-159 pp.

Persson L. y Eklöv P. (1995). Prey refuges affecting interactions between piscivorous Perch and juvenile Perch and Roach. *Ecology* 76(1): 70-81 pp.

Pianka, E. (1974). Niche overlap and diffuse competition. *Proceedures of National Academy of Science USA*. 71(5): 2141-2145 pp.

Post D. (2003) Individual variation in the timing of ontogenetic niche shifts in Largemouth Bass. *Ecology*. 84(5): 1298- 1310 pp.

PREPAC Inventario Regional de los Cuerpos de Agua Continental en Guatemala. , (2006). Proyecto PREPAC (SIC-OSPESCA/OIRSA/TAIWÁN) 1-140

Quintana Y., García J., Juárez D. y Barrientos C. (2012). Especies Pesqueras de Importancia Comercial en el Parque Nacional Río Dulce: Valoración Económica y Estrategias para su Manejo. 2011. Proyecto FONACON 11A2009, GT.

Reyes, E., Morales, J., Oliva, B. y Dávila, V. (2009). Los cuerpos de agua de la región Maya Tikal – Yaxhá: Importancia de la vegetación acuática asociada, calidad de agua y conservación. Dirección general de investigación –DIGI- Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente – PIURNA- Universidad de San Carlos de Guatemala. 72 pp.

Reynolds J. (1996). Electrofishing. Chapter 8. En: Murphy B. y Willis D. eds. 1996. *Fisheries Techniques*. 2nd. Edition. American Fisheries Society. USA. 732 pp.

Reznick, D. y Endler, J. (1982). The Impact of predation on life history evolution in trinidadian guppies (*Poecilia reticulata*). *Evolution*. 36(1): 160-177 pp.

Rockwood L. (2006). *Introduction to Population Ecology*. Blackwell Publishing. 353 pp.

Rosenfeld, J. (2003). Assessing the habitat requirements of stream fishes: An overview and evaluation of different approaches. *Transactions of the American Fisheries Society*. 132: 953-968 pp.

Rosenmeier, M., Brenner, M., Kenney, W., Whitmore, T. y Taylor, C. (2004). Recent eutrophication in the Southern basin of the Lake Petén Itzá, Guatemala: human impact on a large tropical lake. *Hydrobiologia*. 511: 161-172 pp.

Sanders R. (1992). Day versus Night Electrofishing Catches from Near-Shore Waters of the Ohio and Muskingum Rivers. *Ohio Journal of Science*. 92 (3): 51-59

Savino J. y Stein R. (1982). Predator-Prey interaction between Largemouth Bass and Bluegill as influenced by simulated, submerged vegetation. *Transactions of the American Fisheries Society*. 111: 255-266 pp.

Savino J. y Stein R. (1989). Behavior of fish predators and their prey: habitat choice between open water and dense vegetation. *Environmental biology of Fishes*. 24(4): 287-293 pp.

Schmitt R y Holbrook S. (1984). Gape-limitation, foraging tactics and prey size selectivity of two microcarnivorous species of fish. *Oecologia*. 63: 6-12

Scott M y Angermier P. (1998) Resource use by two sympatric Black Basses in Impounded and riverine sections of the New River, Virginia. *North American Journal of Fisheries Management*. 18(2): 221-235 pp.

Sechers B. (1974) Schooling behavior in the guppy (*Poecilia reticulata*): and evolutionary response to predation. *Evolution*. 28(3): 486-494 pp.

Seehausen O. y Schluter D. (2004) Male-male competition and nuptial-colour displacement as a diversifying force in Lake Victoria cichlids fishes. *Proceedures of Royal Society of London*. 271: 1345-1353 pp.

Silberscheineider V., Pease B. y Booth D. (2004). Estuarine habitat preferences of *Anguilla australis* and *A. reinhardtii* glass eels as inferred from laboratory experiments. *Environmental Biology of Fishes*. 71: 395-402 pp.

Sosa M. (2009). Hábitos alimenticios del pez Blanco *Petenia splendida*, (Günther,1862) en el Lago Petén Itzá. Tesis para optar al grado de Técnico Acuicultor. Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA- Universidad de San Carlos de Guatemala.

Truemper H. y Lauer T. (2005). Gape limitation and piscine prey size-selection by Yellow Perch in the extreme southern area of Lake Michigan, with emphasis on two exotic prey items. 66: 135-149 pp.

Valdéz-Moreno, M., Pool-Canul, J. y Contreras-Balderas S. (2005). A checklist of the freshwater ichthofauna from El Petén and Alta Verapaz, Guatemala, with notes for its conservation and management. *Zootaxa*. 1072: 43-60 pp.

Villares G. y Muller L. (2010). Feeding dynamics of *Cichla kelberi* Kullander & Ferreira, 2006 introduced into an artificial lake in southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*.

Vincent R. (1971) River Electrofishing and Fish Populations Estimates. *The Progressive Fish-Culturist*. 33(3): 163-169 pp.

Waltzek, T. y Wainwright, P. (2003). Functional morphology of extreme jaw protusion in neotropical Cichlids. *Journal of Morphology*. 257: 96-106 pp.

Weaver M., Magnuson J. y Clayton K. (1997) Distribution of litoral fishes in structurally complex macrophytes. *Canadian journal of Fisheries and Aquatic Science*. Vol 54 (10): 2277-2289 pp.

Wheeler, A. y Allen, M. (2003). Habitat and diet partitioning between Shoal Bass and Largemouth Bass in the Chipola River, Florida. *Transactions of the American Fisheries Society*. 132: 438-449 pp.

Willink, P.W., Barrientos, C., Kihn, H.A., y Chernoff, B. (2000). Un estudio ictiológico del parque nacional Laguna del Tigre, Petén, Guatemala.

Wimemiller K. (1989). Ontogenetic diet shifts and resource partitioning among piscivorous fishes un the Venezuelan llanos. *Environmental Biology of Fishes*. 26: 177-199 pp.

13. Anexos

Anexo 1. Proporción de la disponibilidad de los tres macro-hábitats en la zona litoral y la proporción de uso observado por parte del pez Blanco y la anguila de pantano.

	Hábitat VAL	Hábitat SAR	Hábitat NOVEG
Proporción disponibilidad	0.32	0.29	0.40
Proporción de uso observado/ Pez Blanco	0.63	0.31	0.06
Proporción de uso observado/ Anguila de Pantano	0.10	0.80	0.10

Anexo 2. Porcentaje de la frecuencia de ocurrencia de las diferentes especies de Cíclidos en los tractos digestivos del pez blanco y la anguila de pantano

Especie	Anguila de Pantano	Pez Blanco
<i>C. salvini</i>	5.88	12.50
<i>C. urophthalmum</i>	17.65	12.50
<i>T. meeki</i>	58.82	50.00
<i>V. melanura</i>	17.65	12.50
<i>P. friedschali</i>	0.00	12.50

Anexo 3. Disponibilidad de las diferentes familias de peces en la zona litoral y la ocurrencia de estas familias dentro de los tractos digestivos del pez Blanco y la anguila de pantano.

	Atherinidae	Characidae	Cichlidae	Cupleidae	Poecilidae	symbranchidae
Disponibilidad (No. individuos/100 m ²)	4.00	5.00	71.00	0.30	20.00	0.07
Ocurrencia en dietas de anguila de pantano	3.23	3.23	74.19	0.00	16.13	3.23
Ocurrencia en dietas de Pez blanco	8.70	13.04	47.83	4.35	26.09	0.00

Anexo 4 proporción de ocurrencia de las diferentes especies de peces encontradas dentro de los tractos digestivos de el pez Blanco y la anguila de pantano.

