



El Colegio de la Frontera Sur

Composición y variación espacial de la ictiofauna del río  
Hondo, México-Belice

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de  
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

por

Jesús Manuel López Vila

2013

## **DEDICATORIAS**

A mi familia, por su gran paciencia y amor, dos regalos que recorrieron una gran distancia durante todo el tiempo que estuve lejos de casa. A mi padre Jesús López y a mi madre Marisela Vila, a mi abuela Amparo López y a mi hermanita Maritza. Muchas gracias por todo!!!

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para realizar el posgrado.

A mi comité tutelar: Dra. Martha Elena Valdéz Moreno, Dr. Juan Jacobo Schmitter Soto y Dr. Manuel Mendoza Carranza. Gracias por su tiempo y asesorías.

Al Dr. Ernesto Velázquez Velázquez por alentarme y apoyarme para dar este gran paso, al M. en C. Adán Enrique Gómez González por su apoyo, amistad, consejos y asesorías durante todo este tiempo huuuuuuuuuuuuuu.

Al Dr. Peter C. Esselman y al M. en C. Rodrigo Pacheco por compartir información que enriqueció en gran medida el trabajo, a la Dra. Teresa Álvarez Legorreta por facilitarnos la sonda multiparamétrica, al Ing. Roberto Herrera Pavón por su amistad y por su gran ayuda y consejos en campo, los cuales fueron muy útiles para sacar la tesis adelante. A la MIT Janneth Adriana Padilla Saldívar, por su apoyo en la consulta de ejemplares de peces de la colección, por la captura de datos del material colectado y por la elaboración del mapa. Al M. en C. Edgardo Manuel López Valerio por su asesoría con el software, a José Santos y Gabriela Zacarías por su amabilidad y apoyo en la búsqueda de bibliografía. Al C. Horacio Cárdenas Puc por su ayuda en la captura de los peces.

Un especial agradecimiento a todos los amigos que conocí en esta etapa, a toda la gente chida con quienes pasé y viví un sin número de cosas: Maya, Natalia, Fiola, Joo Chang, Fer Ferras y al Vale, Thelma, Silvia, Alfredo matemático, Edgardos, Libertuna, Esme, Almond, Monse, Andreita, Karlita, Nancy, Crisol, Jony, Franklin, Alfredo poeta, Jorge. Gracias bandota por ser tan chidos y por su amistad y bueno, mejor le paro porque si no me pongo a chillar.

Una mención y especial agradecimiento al grupo de ciclismo de montaña MTB Selva Maya, gracias por su conocimiento, paciencia, convivios, rodadas y lo mejor de todo: su amistad. Gracias a todos por permitirme conocerlos y por las vivencias.

## **CONTENIDO**

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>4</b>
<b>3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1. General.....</b>	<b>11</b>
<b>4.2. Particulares.....</b>	<b>11</b>
<b>5. HIPÓTESIS.....</b>	<b>12</b>
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
<b>6.1. Área de estudio.....</b>	<b>13</b>
<b>6.2. Trabajo de campo.....</b>	<b>15</b>
<b>6.3. Captura de peces.....</b>	<b>16</b>
<b>6.4. Medición de parámetros ambientales.....</b>	<b>18</b>
<b>6.5. Trabajo de laboratorio.....</b>	<b>18</b>
<b>6.6. Análisis de datos.....</b>	<b>19</b>
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>23</b>
<b>7.1. Parámetros ambientales y morfometría del río Hondo.....</b>	<b>23</b>

<b>7.2. Variables ambientales que dominan el sistema.....</b>	<b>29</b>
<b>7.3. Composición y estructura de la ictiofauna del río Hondo.....</b>	<b>31</b>
<b>7.4. Diversidad específica (<math>\alpha</math>) y recambio de especies (<math>\beta</math>).....</b>	<b>43</b>
<b>7.5. Distribución.....</b>	<b>45</b>
<b>7.6. Relación variables ambientales-especies.....</b>	<b>47</b>
<b>8. DISCUSIÓN.....</b>	<b>49</b>
<b>8.1. Parámetros ambientales.....</b>	<b>49</b>
<b>8.2. Composición de la ictiofauna.....</b>	<b>54</b>
<b>8.3. Estructura de la ictiofauna.....</b>	<b>59</b>
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>10. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>69</b>
<b>11. Publicación.....</b>	<b>78</b>

## **ÍNDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro 1. Morfometría del río Hondo.....</b>	<b>23</b>
<b>Cuadro 2. Valores de los componentes principales y de las variables del ACP de la ictiofauna en función del ambiente en el río Hondo.....</b>	<b>30</b>
<b>Cuadro 3. Lista sistemática de las especies registradas en el río Hondo.....</b>	<b>32</b>
<b>Cuadro 4. Longitudes (patrón y total) y pesos promedios, mínimos y máximos de las especies capturadas.....</b>	<b>36</b>
<b>Cuadro 5. Abundancia, biomasa y frecuencia relativa de las especies capturadas en el río Hondo.....</b>	<b>42</b>
<b>Cuadro 6. Grado de similitud entre las estaciones del río Hondo.....</b>	<b>45</b>
<b>Cuadro 7. Distribución espacial de los peces del río Hondo en la época de secas.....</b>	<b>46</b>

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1. Localización del río Hondo y puntos de muestreo.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 2. Arpón de acero de 58.5 cm de una liga utilizado en la captura de peces.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 3. Variación de los valores promedios de la temperatura a lo largo del río en la época de secas.....</b>	<b>24</b>

<b>Figura 4. Variación de los valores promedios de la salinidad a lo largo del río Hondo.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 5. Comportamiento de los valores promedios de la conductividad en las diferentes estaciones de muestreo.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 6. Variación de los valores promedios del oxígeno disuelto a lo largo del río Hondo en la época de secas.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 7. Variación de los valores promedios del pH a lo largo del río Hondo.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 8. Variación de los valores promedios de la transparencia a lo largo del río Hondo.....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 9. Gráfico en dos dimensiones del ACP de las variables ambientales del río Hondo.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 10. Categorías ecológicas de los peces del río Hondo.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 11. Clasificación trófica de la ictiofauna del río Hondo.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 12. Variación espacial de los valores promedios de la abundancia en el río Hondo durante la época de secas.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 13. Variación espacial de los valores promedios de la biomasa en el río Hondo durante la época de secas.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 14. Variación espacial de los valores promedios de la riqueza de especies en el río Hondo.....</b>	<b>39</b>

<b>Figura 15. Variación espacial de los valores promedios de la diversidad en el río Hondo.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 16. Variación de los valores promedios de la equidad en el río Hondo.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 17. Índice de Valor de Importancia relativa de las especies capturadas con arpón en el río Hondo durante la época de sequía.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 18. Comportamiento de la diversidad alfa, con base en el índice de riqueza de Margalef, a lo largo del río Hondo.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 19. Dendrograma de las estaciones del río Hondo con base en la distribución de especies de acuerdo al índice de similitud de Bray-Curtis y la estrategia de agrupamiento UPGMA.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 20. Análisis de Correspondencia Canónica entre las variables ambientales y especies del río Hondo.....</b>	<b>48</b>

## **RESUMEN**

Con el objetivo de determinar la composición y estructura de la ictiofauna del río Hondo y la variación espacial de éstas en función de los parámetros ambientales, durante la época de secas, se realizaron tres muestreos mensuales durante marzo, abril y mayo del 2012 en seis sitios a lo largo del río. El arte de pesca con el que se determinó la estructura fue un arpón de 58.5 cm utilizado durante dos horas de buceo libre en cada punto de muestreo. Para complementar la lista de especies se utilizaron redes agalleras, palangres, nasas y anzuelos. Además se realizó una revisión bibliográfica y se consultó material de la colección de peces de ECOSUR Chetumal. La ictiofauna del río Hondo se conformó por 40 especies repartidas en 33 géneros, 18 familias y 11 órdenes; la especie que dominó en todo el sistema fue *Paraneetroplus melanurus*. Los valores promedios más altos de riqueza, diversidad y equidad se registraron en la parte alta del río, mientras que los más bajos en las estaciones cercanas a la desembocadura del mismo. Los parámetros ambientales que mejor describieron al río Hondo durante la época de secas fueron: anchura del río, distancia a la boca, transparencia, profundidad, oxígeno disuelto y conductividad. Estos mismos parámetros también se relacionaron estrechamente con la distribución y abundancia de las especies capturadas. Ambientalmente el río se zonificó en tres partes: desembocadura, parte baja-media y media-alta, mientras que biológicamente lo hizo en dos: región baja-media y media-alta. La primera se comportó como una región estuarina y la segunda netamente dulceacuícola.

## **PALABRAS CLAVE**

Ictiofauna, diversidad, parámetros ambientales, río, distribución.

## 1. INTRODUCCIÓN

El sistema hídrico de Quintana Roo está compuesto por dos regiones hidrológicas: Yucatán Norte y Yucatán Este (Herrera-Sansores, 2011; INEGI, 2012). La primera se localiza en el norte del territorio estatal, ocupando el 31.77% de éste, y está conformada por las lagunas Cobá, Punta Laguna, La Unión, Nichupté, Chakmochuk y Conil, entre otras. La región Yucatán Este abarca el 68.23% de la superficie del Estado y la integran la bahía de Chetumal, las lagunas Bacalar, San Felipe, Mosquitero, Chile Verde, Nohbec, La Virtud, Chunyaxché, Chichancanab, Campeche, Boca Paila, Paytoro, Nohá, Ocom y Esmeralda, entre otras. Así también, forma parte de esta región hidrológica la cuenca del río Hondo, incluidos los ríos Azul, Ucum y otros tributarios (Herrera-Sansores, 2011; INEGI, 2012).

El río Hondo es el único río superficial en Quintana Roo, cuya importancia radica en los bienes y servicios (fuente de agua dulce y alimentos, vía de comunicación) que ofrece durante todo el año. Asimismo, su curso constituye una frontera geopolítica natural entre México y Belice.

Este río se ubica dentro de la provincia ictiológica del Usumacinta, la cual se caracteriza por poseer un gran número de especies endémicas de las familias Poeciliidae y Cichlidae, así como muchas especies marinas que viven o penetran en agua dulce (Miller, 1982). Por su alta diversidad biológica, en 1998 la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) dio a conocer al río Hondo como Región Hidrológica Prioritaria No. 110 (Arriaga-Cabrera et al., 1998).

Parte de esta biodiversidad la conforman los peces. En general, se considera que el 44% de las especies conocidas en el mundo (14,383) habitan en las aguas continentales del planeta. En México, se estima que existen al menos 557 especies que viven en estos hábitats (Froese y Pauly, 2012; Miller et al., 2009), de esta cifra, al menos 125 han sido recolectadas en las aguas continentales de Quintana Roo (Schmitter-Soto, 1998) y de éstas solo se han registrado 38 especies para el río Hondo.

A pesar de que existen trabajos acerca de la ictiofauna del río Hondo, algunos se han enfocado principalmente a recolectar muestras en la parte somera del mismo, como por ejemplo el trabajo de Ruiz-Cauich (2011). Falta explorar de manera intensiva y sistematizada el cauce principal, para así complementar la lista de especies de peces en este río y analizar de manera más profunda la estructura de la comunidad de peces, distinguiendo la posible distribución espacial de las especies.

En un sistema acuático lótico, la estructura y función de las comunidades biológicas está determinada por un gradiente ambiental, que va desde la cabecera hasta la boca de los ríos. Este gradiente puede provocar un reemplazo continuo de especies y está determinado por características, tales como ancho, largo y profundidad del río, velocidad de corriente, caudal, pendiente, temperatura, vegetación riparia, tipo de fondo y penetración de la luz en el agua, entre otras (Cummins, 1977; Vannote et al., 1980). Entre más heterogéneas sean las variables ambientales, mayor será la diversidad de especies en un río (Vannote et al., 1980).

Este conjunto de variables ambientales son determinantes en el control de la diversidad biológica en ríos y arroyos (Cummins, 1977), así como en la elección de hábitat por parte de las especies, ya que influyen en la tasa de supervivencia, crecimiento y fecundidad de los organismos acuáticos. Por lo tanto, la composición y abundancia de los peces que habitan en estos ecosistemas también se verá modificada (Wootton, 1990). Los índices de diversidad son una manera de cuantificar todos estos cambios en la estructura de la comunidad (Baltz, 1990).

El presente trabajo analiza la diversidad de peces del río Hondo, a través de la composición y estructura de la comunidad íctica de este cuerpo de agua, así también analiza la relación de la distribución espacial y la abundancia de los peces con las variables ambientales. Además examina la existencia de un gradiente en la diversidad alfa, que es la riqueza de especies que tiene una comunidad en un punto determinado (Halffter y Moreno, 2005), a lo largo del río, así como las variaciones de la diversidad beta entre estaciones, siendo ésta el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades que integran un paisaje (Whittaker, 1972).

Los resultados de esta investigación pueden servir como base para la administración de recursos pesqueros, pues dirán con cuáles y cuántas especies se cuenta y cuál es su abundancia. También aportará información sobre las tallas y pesos de aquellas especies de importancia pesquera real o potencial, es decir, de las especies que mantienen la pesquería local de autoconsumo.

## 2. ANTECEDENTES

Los primeros registros publicados de la ictiofauna del río Hondo se remontan a principios de los años 90 (Gamboa-Pérez, 1991,1994), en los cuales se reportaron tres especies en el cauce principal: *Astyanax aeneus* (como *A. fasciatus*), *Megalops atlanticus* y *Poecilia mexicana*, aunque no se mencionan las artes de pesca utilizadas para capturarlos. Espinosa-Pérez et al. (1993) mencionaron dos especies más: *Phallichthys fairweatheri* y *Poecilia petenensis*.

Posteriormente, Schmitter-Soto (1998), en su catálogo de peces de Quintana Roo, dio a conocer la presencia de 12 especies más en este río: *Sciades assimilis*, *Atherinella* sp., *Cryptoheros chetumalensis* (como *Archocentrus spilurus*), *Eugerres plumieri*, *Gambusia sexradiata*, *Heterandria bimaculata*, *Hyphessobrycon compressus*, *Ictalurus meridionalis*, *Paraneetroplus melanurus* (como '*Cichlasoma*' *synspilum*), *Rocio octofasciata* (como '*Cichlasoma*' *octofasciatum*), *Thorichthys meeki* y *Xiphophorus maculatus*. En este caso el autor utilizó diversos artes de pesca para recolectar las especies: redes de mano, chinchorros, atarrayas, trampas de doble cono, anzuelos y pistolas de succión. Además, se practicó buceo libre y se tomaron en cuenta las capturas de pescadores locales, comerciales o deportivos.

Scholz y Vargas-Vázquez (1998) aportaron dos especies más a la ictiofauna de este sitio: *Dorosoma petenense* y *Thorichthys aureus*, aunque la presencia de esta segunda especie parece ser dudosa, pues no ha vuelto a ser reportada y el ejemplar no fue incluido en ninguna colección, ya que el objetivo del

trabajo fue estudiar ciertos parásitos cuyos hospederos son algunos peces. Los registros provinieron de las localidades ribereñas Ramonal y La Unión.

Once años después, Schmitter-Soto et al. (2009) documentaron, además de lo ya reportado hasta el momento, la presencia de *Achirus lineatus*, *Bagre marinus* y *Gobiomorus dormitor* en el bajo río Hondo. Sus muestreos se realizaron con diferentes artes de pesca, tales como: chinchorro playero, chinchorro chico, atarrayas, trampas tipo nasa, anzuelos, arpón, palangre y red de enmalle.

Esselman (in litt., 2011), tras haber hecho un muestreo con equipo de electropesca en cuatro sitios del río Hondo, aportó 11 especies más al conocimiento de la ictiofauna de este río en el 2009: *Amphilophus robertsoni*, *Belonesox belizanus*, '*Cichlasoma*' *salvini*, '*Cichlasoma*' *urophthalmus*, *Gambusia yucatanana*, *Ophisternon aenigmaticum*, *Poecilia orri*, *Petenia splendida*, *Rhamdia guatemalensis*, *R. laticauda*, y *Strongylura timucu*.

Pacheco-Díaz (com. pers., 2012), en abril de 2010, capturó ejemplares de *Caranx hippos*, con la ayuda de una red tortuguera de 20 x 6 m con luz de 20 cm, y de *Centropomus undecimalis* con una red de 5 x 2 m, ambas cerca de La Unión. Por su parte, Ruiz-Cauich (2011) reportó la presencia de *Parachromis friedrichsthalii* en el cauce principal del río Hondo. Esta especie fue recolectada con la ayuda de un equipo de electropesca.

Finalmente, existen dos especies exóticas: *Oreochromis mossambicus* y *O. niloticus* (Arriaga-Cabrera et al., 1998; Esselman, 2009; Schmitter-Soto y Caro, 1997) con lo que el número se eleva a un total de 38 especies registradas, hasta

la fecha, en el río Hondo. A estas dos especies podría sumárseles en fechas próximas el pez diablo (*Pterygoplichthys* sp.) ya que ejemplares de este pez han sido capturados recientemente en un tributario beliceño del río Hondo (Schmitter-Soto, com. pers., 2012).

Un aspecto importante cuando se estudia la dinámica de las comunidades de peces de un río, es la relación entre la ictiofauna y los parámetros fisicoquímicos del agua. Existen numerosos trabajos que tratan sobre este tema, de los cuales algunos se reseñan a continuación.

Lyons y Mercado-Silva (1999), al estudiar los patrones taxonómicos y ecológicos entre comunidades de peces en ríos y arroyos en el oeste de Jalisco, encontraron que la vegetación ribereña y la profundidad del río eran las variables que mejor se relacionaban con la abundancia y distribución de las especies.

Por su parte, Rondón-Súarez y Petreire Jr. (2007) atribuyeron la distribución y abundancia de los peces a la altitud y turbidez en dos ríos de Brasil. Soria-Barreto y Rodiles-Hernández (2008) descubrieron que la profundidad y la velocidad de la corriente fueron las variables que mayor relación tuvieron con la abundancia y distribución de las especies en el río Tzendales, Chiapas. Araújo y Tejerina-Garro (2009) asociaron los patrones de la estructura de la comunidad íctica con el pH, la velocidad de corriente, anchura del canal y la temperatura en la parte alta del río Paraná, Brasil.

Medina-Nava et al. (2008) estudiaron los procesos ambientales que estructuran la comunidad de peces en los ríos y arroyos de la cuenca

Tepalcatepec-Infiernillo, Michoacán y encontraron que la mayoría de las especies tuvieron una estrecha relación con el oxígeno disuelto, conductividad, salinidad y turbidez del agua.

López-López et al. (2009) evaluaron la variación espacio-temporal de la ictiofauna del río Champotón, Campeche, a lo largo de todo su cauce. El estudio reveló que la salinidad, el tipo de sustrato y la distancia de la boca, fueron los principales factores que determinaron la existencia de dos regiones ambientales diferentes: la estuarina, en la que dominaron especies de origen marino, y la dulceacuícola en la que se encontraron especies primarias y secundarias. Además, reportaron que la mayor riqueza específica se encontró en la cabecera del río.

Esselman y Allan (2010) publicaron que la anchura del canal y la variación en la profundidad de los ríos fueron los factores que propiciaron la distribución y abundancia de las especies en diversos sistemas lóticos de Belice, del noroeste de Guatemala y del sureste de México. Trujillo-Jiménez et al. (2010) encontraron que la altitud, el tipo de sustrato y la temperatura del agua, fueron los factores ambientales que más influyeron en la variación espacial de la comunidad de peces del río Amacuzac, Morelos.

Aunque no existen trabajos específicos que reporten la relación entre la ictiofauna y los parámetros ambientales del agua en el río Hondo como tal, hay algunos que mencionan ciertos datos sobre las condiciones del agua de este río. Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez (1996), al estudiar la parte sur de Quintana Roo,

encontraron que la ictiofauna del cauce principal del río Hondo y la parte baja de sus tributarios diverge respecto de la de áreas adyacentes al norte, probablemente por diferencias en las variables físico-químicas: pH de 6.63 (vs. 7.52), temperatura media de 29.3° C (vs. 25.6-27.8° C), conductividad de 1664 mS/cm (vs. 449 mS/cm en la cuenca alta y 3467 mS/cm en la zona de Bacalar). El río se interpreta como una avenida de dispersión entre las tierras altas de Zohlaguna y el Petén y la bahía de Chetumal.

Existe un (leve) gradiente de salinidad y conductividad desde la desembocadura hasta la parte alta del río, aunque no ha sido bien caracterizado. La cuenca alta es totalmente dulce, mientras que en la desembocadura la salinidad media es de 1.5 ups (de Jesús-Navarrete y Góngora-Pech, 2009). Schmitter-Soto et al. (2011) detectaron una conductividad de 663 mS/cm a la altura del poblado de Cacao, mientras que aguas abajo, en el poblado de Juan Sarabia, el valor fue de 1,200 mS/cm.

También se han estudiado los contaminantes en el río Hondo: se han detectado hidrocarburos aromáticos policíclicos derivados de la combustión incompleta de gasolina, quema de caña y vegetación, y plaguicidas organoclorados; todo esto es resultado de la actividad agrícola en la ribera de México y Belice (Álvarez-Legorreta, 2009).

Así también con el fin de conocer el grado de afectación que presenta la cuenca del río Hondo, se llevó a cabo un análisis espacial de un índice biótico de integridad (IBI), en función de los elementos del paisaje y de las características de

las comunidades y poblaciones de peces de arroyos. Los valores más bajos de este índice se encontraron en los sitios ubicados en el cauce principal del río, mientras que los valores más altos corresponden a los cuerpos de agua de la cuenca alta (Schmitter-Soto et al., 2011; Pacheco-Díaz, 2011).

Ruiz-Cauich (2011) desarrolló un modelo trófico en la cuenca alta, baja y cauce principal del río Hondo, con el propósito de determinar el estado de madurez, salud del ecosistema, cuantificar el flujo energético y estudiar el comportamiento de dicho flujo en dos estaciones climáticas (secas y lluvias). El estudio demostró que el flujo energético es mayor durante la época de secas y que el sistema es poco estable y susceptible a las perturbaciones.

Desde el punto de vista pesquero, se ha reportado que los pobladores que viven en la ribera se dedican a la pesca artesanal con fines de autoconsumo, debido a la baja productividad del cuerpo de agua y la reducida rentabilidad de esta actividad (Camarena-Luhrs y Cobá-Cetina, 1991; Gamboa-Pérez, 1994).

### **3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

A pesar de que existe información sobre la ictiofauna del cauce principal del río Hondo (listas faunísticas, principalmente), se desconoce aún el comportamiento de las poblaciones que conforman la comunidad íctica en términos de distribución, abundancia, dominancia y diversidad a lo largo del río y por hábitats. Además, se desconoce si existe algún o algunos factores ambientales que podrían condicionar la estructura de la comunidad de los peces en el río Hondo.

Lo anterior es importante si se planean diseñar estrategias de conservación locales a partir del conocimiento de la tasa de recambio en la biodiversidad, en este caso de peces, entre distintos hábitats (Moreno, 2001).

Por lo tanto, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- 1.- ¿Cuáles y cuántas son las especies que habitan el cauce principal del río Hondo?
- 2.- ¿Existe un gradiente de diversidad alfa y de riqueza de especies a lo largo del río desde la boca hasta río arriba? ¿Existe una diversidad beta importante?
- 3.- ¿Qué factores ambientales determinan la estructura de la comunidad de peces del río Hondo?
- 4.- ¿Cuáles son los sitios con mayor diversidad y abundancia?

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. General**

- Evaluar la estructura de la ictiofauna del cauce principal del río Hondo en términos de composición específica, riqueza, distribución, abundancia, equidad y diversidad, así como los factores ambientales que la determinan.

### **4.2. Particulares**

- Generar una lista actualizada de los peces del río Hondo.
- Dar a conocer las tallas y pesos de las especies de importancia pesquera real o potencial.
- Caracterizar espacialmente las variables fisicoquímicas del río Hondo (temperatura, salinidad, conductividad, oxígeno disuelto, pH y transparencia).
- Determinar, de manera general, la relación existente entre la ictiofauna y el medio abiótico (temperatura, salinidad, conductividad, oxígeno disuelto, pH y transparencia).
- Comparar la composición, equidad, diversidad y abundancia de la ictiofauna a diversas distancias de la boca del río Hondo.
- Determinar si existe un patrón en la diversidad alfa a partir de la boca del río y estimar las variaciones de la diversidad beta (recambio de especies entre estaciones de muestreo).

## **5. HIPÓTESIS**

Se espera que la composición y abundancia de la ictiofauna no sean exactamente las mismas a lo largo del río, debido a las características ambientales de cada sitio y que la estructura de la comunidad de peces muestre un gradiente de diversidad y un recambio de especies, de la boca hacia la cabecera. Se espera encontrar mayor diversidad de especies en los sitios cercanos a la boca, pues además de las especies dulceacuícolas, la bahía contribuirá con especies de aguas salobres y algunas marinas eurihalinas.

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1. Área de estudio**

El río Hondo se localiza en el Estado de Quintana Roo, entre las coordenadas 18°45' y 17°43' de latitud norte y 88°35' y 89°15' de longitud oeste (Magnon-Basnier, 1996). Nace en Guatemala, donde se le conoce con el nombre de río Azul (Gamboa-Pérez, 1991; Herrera-Sansores y Heredia-Escobedo, 2011) y desemboca en la bahía de Chetumal. Tiene una longitud de 145 km, 50 m de ancho en promedio, una profundidad media de 10 m, un caudal de 36.62 m<sup>3</sup>/s y un escurrimiento medio anual de 1500 millones de metros cúbicos (Herrera-Sansores y Heredia-Escobedo, 2011).

Este sistema acuático se alberga en una grieta larga y profunda, cuyo aporte de aguas es, principalmente, de origen subterráneo (85%) y el resto proviene de las lluvias y escurrimientos de la región montañosa en la que tiene su origen (Álvarez-Legorreta, 2011). Su cuenca tributaria tiene un área de 13,465 km<sup>2</sup>, de los cuales 7,614 km<sup>2</sup> pertenecen a México, 2,873 km<sup>2</sup> a Guatemala y 2,978 km<sup>2</sup> a Belice, aunque debido a que el parteaguas de esta cuenca no está claramente definido, ha sido discutible delimitar su área (Schmitter-Soto et al., 2011). Entre los cuerpos de agua asociados a la cuenca podemos encontrar cenotes, humedales, lagunas, manantiales y arroyos afluentes, como el Aguadulce y Ucum del lado mexicano, así como el río Bravo y otros del lado beliceño (Herrera-Sansores y Heredia-Escobedo, 2011; Magnon-Basnier, 1996).

Este río es el límite fronterizo entre México y Belice. En Quintana Roo, entre las más importantes localidades ribereñas están La Unión, Cocoyol, Álvaro Obregón, Allende, Ramonal, Sacxán, Juan Sarabia y Subteniente López; en Belice están Blue Creek, Corozalito, Cocos, Douglas, Mengel y Santa Elena.

El clima de la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano; la temperatura media anual fluctúa entre 24 y 28° C y la precipitación media entre 1,200 y 1,500 mm (Arriaga-Cabrera et al., 1998). La época de lluvias abarca los meses de mayo a octubre, la de nortes se extiende de noviembre a enero y la de secas cubre febrero, marzo y abril (Herrera-Sansores, 2011).

La vegetación es muy variada, pues el río atraviesa una gama de ecosistemas: manglar, selva mediana subcaducifolia, selva baja perennifolia, selva baja inundable, sabana, cañaveral y pastizal cultivado. Entre los componentes de la flora se encuentran las especies *Acacia globulifera*, *Annona glabra*, *Bursera simaruba* (chacá), *Caesalpinia gaumeri*, *Capparis flexuosa*, *C. incana*, *Coccothrinax readii* (palma nakax), *Cordia sebestena*, *Metopium brownei* (chechén), *Pithecellobium lanceolatum*, *Pseudophoenix sargentii* (palma kuka) y *Rhizophora mangle* (mangle rojo) (Arriaga-Cabrera et al., 1998). Los suelos son del tipo regosol, vertisol y leptosoles (Arriaga-Cabrera et al., 1998; Tello-Taracena y Castellanos-Martínez, 2011).

Algunas de las principales actividades económicas que se desarrollan en esta región incluyen la silvicultura, agricultura de caña de azúcar (Arriaga-Cabrera et al., 1998) y ganadería.

## **6.2. Trabajo de campo**

Se realizaron tres muestreos mensuales en la época de secas e inicio de lluvias (marzo, abril y mayo de 2012). En cada mes se visitaron seis sitios del río, distribuidos desde la boca hasta el poblado La Unión (Figura 1), con la finalidad de detectar un gradiente de diversidad íctica y ambiental. Para acceder a cada sitio de muestreo se utilizó una lancha pantanera de aluminio, de 4 m de eslora, equipada con un motor de 9.9 HP. Además, se realizó una salida de reconocimiento en febrero, en la que se evidenció la ineficacia de las redes como principal arte de pesca. Debido a esto se optó por el arpón para evaluar la estructura de la ictiofauna, ya que su desempeño fue el más efectivo, sin descartar del todo otras artes de pesca que ayudaron a complementar la lista de especies: nasas, redes agalleras, anzuelos y palangres.

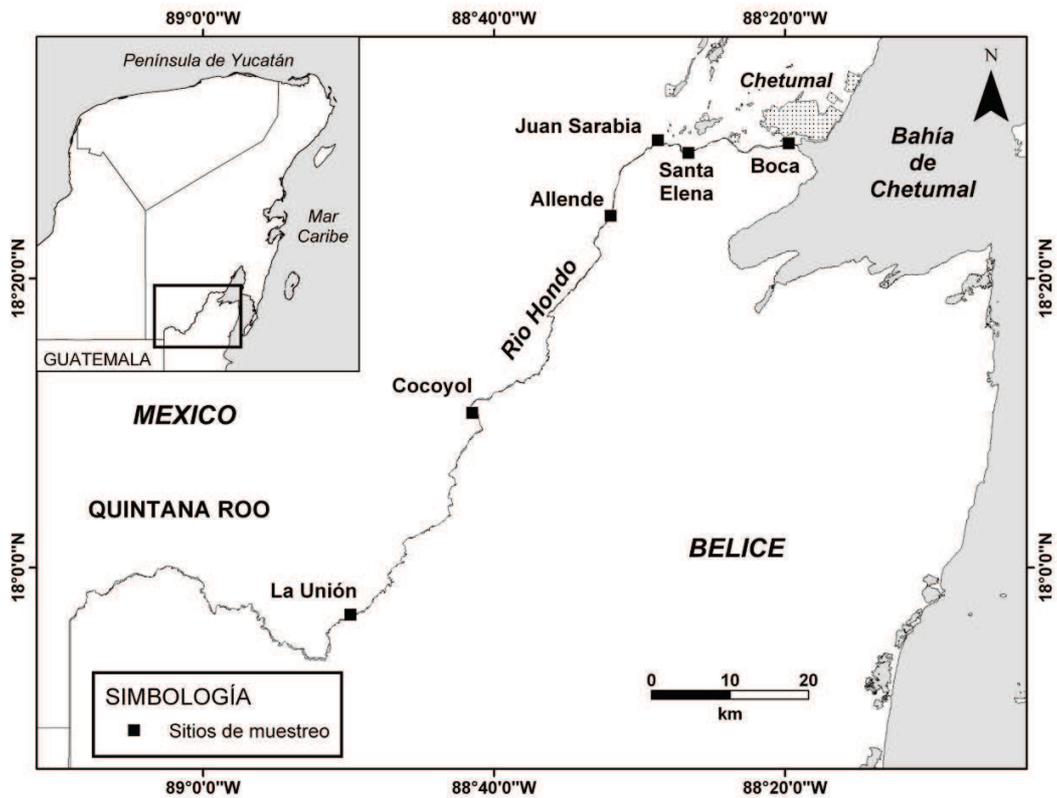


Figura 1. Localización del río Hondo y puntos de muestreo (mapa elaborado por Padilla-Saldívar, 2012).

### 6.3. Captura de peces

El principal arte de pesca que se usó fue un arpón de acero de 58.5 cm con una liga (Figura 2). Para esta actividad se contrató a un pescador, quien nadó paralelo al río pescando entre las raíces de la vegetación ribereña a una profundidad de entre 1 y 6 m, durante el día, capturando a las especies que encontró a su paso. Si bien la captura de los peces varió de acuerdo a las características de cada sitio y a la visibilidad dentro del agua, el esfuerzo de muestreo se estandarizó con un tiempo de pesca de 2 h por sitio.



Figura 2. Arpón de acero de 58.5 cm de una liga, utilizado en la captura de peces.

Con el fin de capturar especies más grandes, en algunos puntos se utilizó una red agallera de 40 x 3.74 m, hilo de calibre 0.47 y luz de malla de 8.75 cm. Esta red se colocó, en algunos casos, paralela al río o atravesada, en la superficie o en el fondo, según las condiciones del hábitat, tanto de día como de noche.

Para capturar las especies asociadas al fondo, se colocaron tres trampas tipo nasa (una en cada orilla y la otra en el centro del río) de 90 cm de alto, 45 cm de diámetro y una apertura de entrada de 13 cm, elaboradas con malla de gallinero, con una luz de malla de 2 cm, las cuales tenían agallas y tripas de pescado como cebo. También se utilizaron anzuelos de diferentes tamaños (1-3) con pescado como cebo y un palangre con 10 anzuelos número 11 (“guachinangueros”) con pescado como carnada.

Una vez capturados los organismos se procedió a contarlos y pesarlos mediante un dinamómetro portátil, además de medir la longitud patrón y total con un ictiómetro para tener el registro de éstas y tomar una fotografía de cada especie.

La mayoría de los ejemplares recolectados fueron identificados en campo. Aquellos que no pudieron serlo, así como ejemplares de cada especie recolectada por primera vez, fueron transportados en una hielera al laboratorio para su

posterior estudio. Para la captura de los peces se contó con el permiso de colecta científica expedido por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) número SGPA-DGVS-02293-11.

#### **6.4. Medición de parámetros ambientales**

En cada sitio de muestreo se registraron las coordenadas geográficas con un GPS marca Garmin con un error de  $\pm 3$  m. Se midió la anchura del río con la ayuda de este aparato y del programa Google Earth y se registró de manera cualitativa el tipo de vegetación. También se midieron los parámetros físico-químicos del agua: temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (ups), conductividad (mS/cm), oxígeno disuelto (mg/l) y pH, tanto en la superficie como en el fondo, con una sonda multiparamétrica marca Horiba modelo U-10. La profundidad del río se obtuvo utilizando una plomada y para determinar la transparencia del agua se usó un disco de Secchi.

#### **6.5. Trabajo de laboratorio**

Una vez en el laboratorio, los ejemplares se descongelaron y se identificaron con las claves taxonómicas de Greenfield y Thomerson (1997), Miller et al. (2009) y Schmitter-Soto (1998) con las debidas actualizaciones de nomenclatura (Eschmeyer y Fricke, 2011; McMahan et al., 2011) y la clasificación en orden y familia de acuerdo con Nelson (2006).

Finalmente, se revisó bibliografía especializada, así como la colección ictiológica de ECOSUR-Chetumal (ECOCH) para complementar la lista de especies.

## 6.6. Análisis de datos

La abundancia numérica se tomó como el número de organismos capturados y la biomasa como el peso en gramos de dichos organismos; ambas se calcularon a partir de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) o tasa de captura (FAO, 2005) del arpón (peces capturados en dos horas de buceo libre). La frecuencia se obtuvo de acuerdo al porcentaje de las estaciones de muestreo en la que cada especie estuvo presente. La riqueza se determinó como el número de especies capturadas, mientras que la composición se expresa como la lista de especies.

La dominancia de las especies se obtuvo con base en un Índice de Valor de Importancia relativa (IVIr), ya que este índice toma en cuenta la biomasa relativa, la frecuencia y la abundancia relativa de cada especie.

$$\text{IVIr} = (A\% + B\% + F\%) / 3$$

Donde:

IVIr= Índice de Valor de Importancia relativa.

A%= abundancia relativa.

B%= biomasa relativa.

F%= frecuencia relativa.

Para calcular la diversidad se utilizó el índice de Shannon ( $H'$ ) (Magurran, 1988), el cual expresa la uniformidad de los valores de importancia de todas las especies de la muestra (Moreno, 2001).

$$H'n = - \sum p_i \ln p_i$$

Donde:

H'n= índice de diversidad de Shannon

$p_i$ = abundancia proporcional de la especie i.

Se aplicó también el índice de equidad de Pielou (J'n) (Magurran, 1988).

$$J'n = H'/H' \text{ max}$$

Donde:

J'n= índice de equidad de Pielou

H'= índice de diversidad de Shannon

H' max= logaritmo natural del número de especies.

La diversidad alfa se determinó con base en el índice de riqueza de Margalef, el cual toma en cuenta el número de especies y el número total de individuos de cada estación de muestreo. Cuando hay una sola especie, el valor del índice es igual a cero.

$$D'n = (S-1)/\ln N$$

Donde:

D'n= índice de riqueza de Margalef

S= número de especies

N= número total de individuos

Para medir el grado de cambio en la composición de especies entre los diferentes sitios (diversidad beta) se utilizó el coeficiente de similitud de Bray-Curtis, el cual se considera como una medida de la diferencia entre las abundancias de cada especie (Brower y Zar, 1984).

$$I_{BC} = 1 - (\sum (x_i - y_i) / \sum (x_i + y_i))$$

Donde:

$I_{BC}$  = coeficiente de similitud de Bray-Curtis

$x_i$  = abundancia de especies i en un conjunto

$y_i$  = abundancia de las especie en el otro conjunto

Con el fin de evaluar la distribución de las especies capturadas a lo largo del río Hondo, se realizó un cuadro de presencia-ausencia de las especies en cada punto de muestreo. Con esta información se realizó un dendrograma con base en el índice de similitud de Bray-Curtis y la estrategia de agrupamiento UPGMA, para así conocer el grado de asociación entre sitios.

Para explorar qué variables ambientales reflejaron mejor la dinámica del sistema se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) con el paquete estadístico PERMANOVA 6 + PRIMER versión 1.0.1 (Clarke y Warwick, 2006). Posteriormente, con el propósito de conocer las asociaciones entre los factores abióticos (ambientales) y los bióticos (especies de peces), se llevó a cabo un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) con el programa CANOCO versión

4.5 (ter Braak y Smilauer, 2002). No se tomaron en cuenta las especies representadas por uno o dos individuos.

Los datos, tanto del ACP como del ACC, recibieron un tratamiento previo con el fin de comparar datos que tenían unidades y magnitudes diferentes. Los datos del ACP se normalizaron y posteriormente se transformaron logarítmicamente; los datos del ACC solo se transformaron logarítmicamente.

En el caso de las variables que presentaron colinearidad, se optó por una de cada par y aquellas variables con baja capacidad de explicación tampoco se tomaron en cuenta. De este modo, para el ACP se utilizaron las siguientes variables: anchura del río, transparencia, profundidad, distancia a la boca, conductividad superficial y oxígeno disuelto en la superficie. Para el ACC también se utilizaron las mismas variables.

## 7. RESULTADOS

### 7.1. Parámetros ambientales y morfometría del río Hondo

El río presentó un ensanchamiento desde la parte alta hasta su desembocadura. Este ensanchamiento cambio de manera drástica entre Cocoyol y Allende y entre Santa Elena y Boca. La profundidad también fue aumentado gradualmente a lo largo del río, pero en este caso la parte más profunda se midió en la estación Santa Elena; en la estación Boca la profundidad disminuyó un poco, esto podría deberse a que el río está albergado en una grieta, la cual podría tener ser menos profunda en este punto. Los datos morfométricos obtenidos en cada sitio de muestreo se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Morfometría del río Hondo.

<b>Estación</b>	<b>Ancho del río (m)</b>	<b>Distancia a la boca (km)</b>	<b>Profundidad (m)</b>
La Unión	33	120	6
Cocoyol	29	74	6.3
Allende	69	34	10.7
Sarabia	68	19	10
Sta. Elena	61	15	12.4
Boca	84	1.5	9

La temperatura en la superficie del agua varió de 26.2° C en La Unión, a 30.7° C en Santa Elena. El promedio más alto se registró en Cocoyol (29.3° C  $\pm$  0.88) y Boca (29.3° C  $\pm$  1.11) y el más bajo en La Unión (27.6° C  $\pm$  1.40). En cuanto a la temperatura del fondo, ésta varió de 27.4° C en Allende a 30.1° C en Santa Elena. El promedio más alto se obtuvo en Cocoyol (29.2°C  $\pm$  0.95) y el más bajo en La Unión (28.2° C  $\pm$  0.68). Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas en la temperatura superficial (F= 0.70, p= n.s.), en la del fondo (F=

0.39,  $p= n.s.$ ) y tampoco entre el fondo y la superficie ( $F= 1.38$ ,  $p= n.s.$ ) A excepción del sitio La Unión, la temperatura en el fondo fue ligeramente más fría con respecto a la superficie (Figura 3).

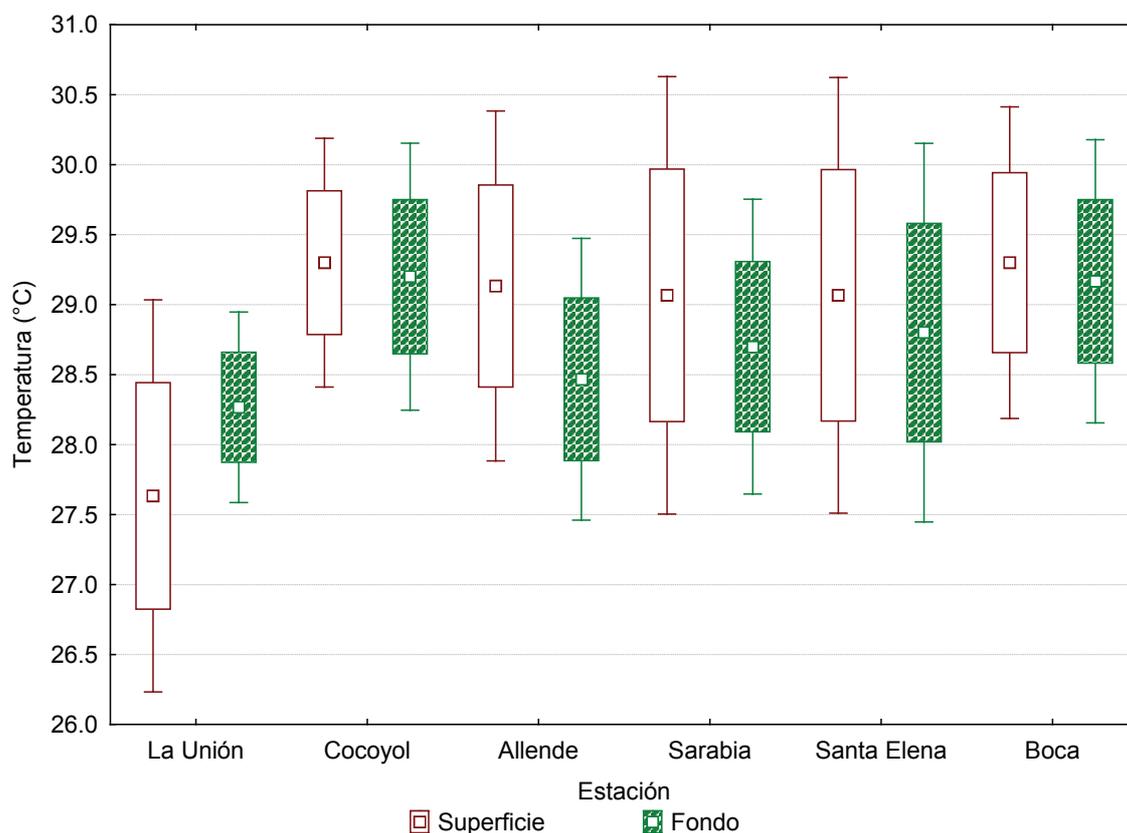


Figura 3. Variación de los valores promedio de la temperatura a lo largo del río en la época de secas.

En la superficie, la salinidad osciló de 0.05 ups en La Unión a 0.11ups en Boca. El promedio más alto se registró en la estación Boca (0.1 ups  $\pm$  0.01) y el más bajo en La Unión (0.06 ups  $\pm$  0.01). En este estrato de la columna de agua se encontraron diferencias significativas ( $F= 7.64$ ,  $p= 0.001$ ). En el fondo, el valor más bajo fue 0.07 ups en Cocoyol, Allende y Sarabia, mientras que el más alto fue de 0.81 ups en Boca. El mayor promedio se registró en la estación Boca (0.39 ups  $\pm$

0.36) y el más bajo en Allende ( $0.07 \text{ ups} \pm 0$ ) y en Sarabia ( $0.07 \text{ ups} \pm 0$ ) (Figura 4). No hubo diferencias significativas en la salinidad del fondo ( $F= 2.09$ ,  $p= \text{n.s.}$ ) y tampoco entre fondo y superficie ( $F= 1.97$ ,  $p= \text{n.s.}$ ).

Tanto en la superficie, como en el fondo, la salinidad se comportó de manera muy similar, a excepción de las estaciones Santa Elena y Boca, en las cuales hubo un incremento notable en el valor de este parámetro entre la superficie y el fondo (Figura 4).

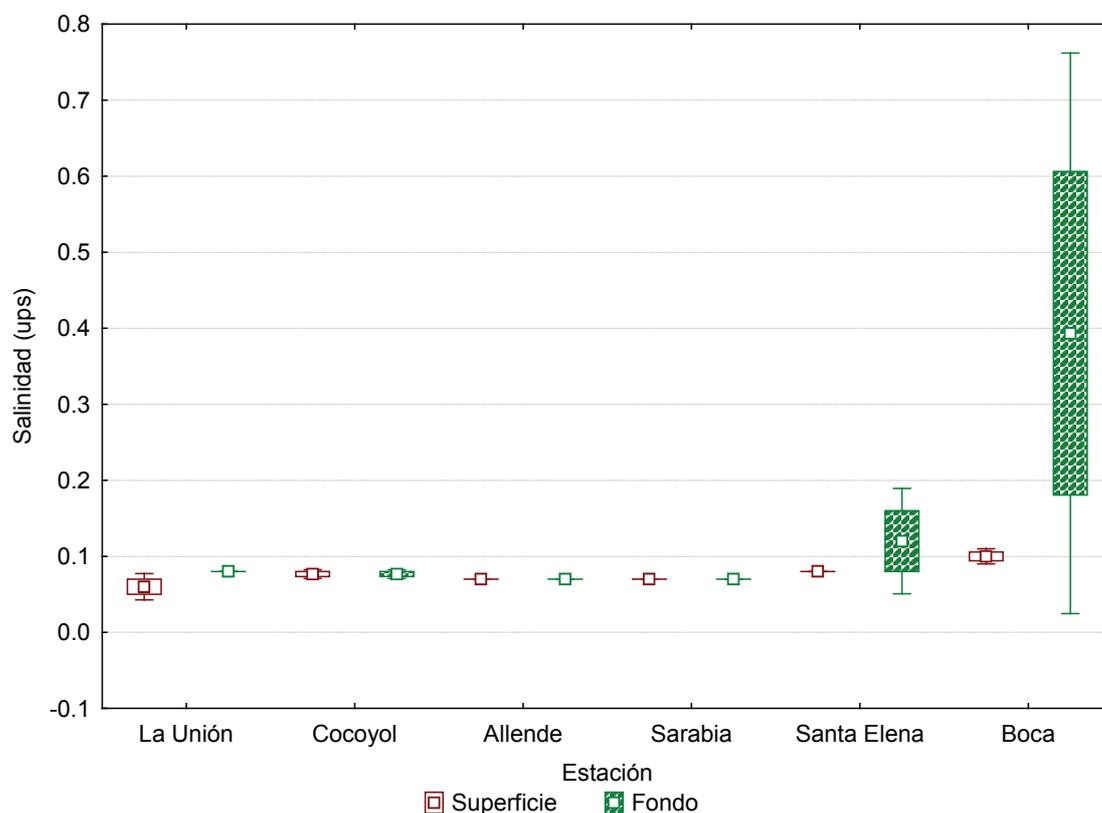


Figura 4. Variación de los valores promedios de la salinidad a lo largo del río Hondo.

La conductividad superficial osciló entre  $1.11 \text{ mS/cm}$  en La Unión y  $2.9 \text{ mS/cm}$  en la estación Boca. Los promedios fluctuaron entre  $1.36 \text{ mS/cm} \pm 0.32$  y  $2.38 \text{ mS/cm} \pm 0.47$  en Boca. Para el fondo, el valor más bajo se detectó en

Allende (1.51 mS/cm) y el más alto en Boca (14.1 mS/cm). El promedio más bajo se registró en Allende (1.56 mS/cm  $\pm$  0.05) y el más alto en la estación Boca (7.2 mS/cm  $\pm$  6.14) (Figura 5).

Mientras que en la superficie hubo diferencias significativas para este parámetro (F=6.56, p= 0.003), no lo fue así para el fondo (F= 2.28, p= n.s.), ni entre la superficie y el fondo (F=1.86, p= n.s.). Al igual que la salinidad, los valores más altos en la conductividad se registraron río abajo, cerca de la desembocadura, especialmente en el fondo.

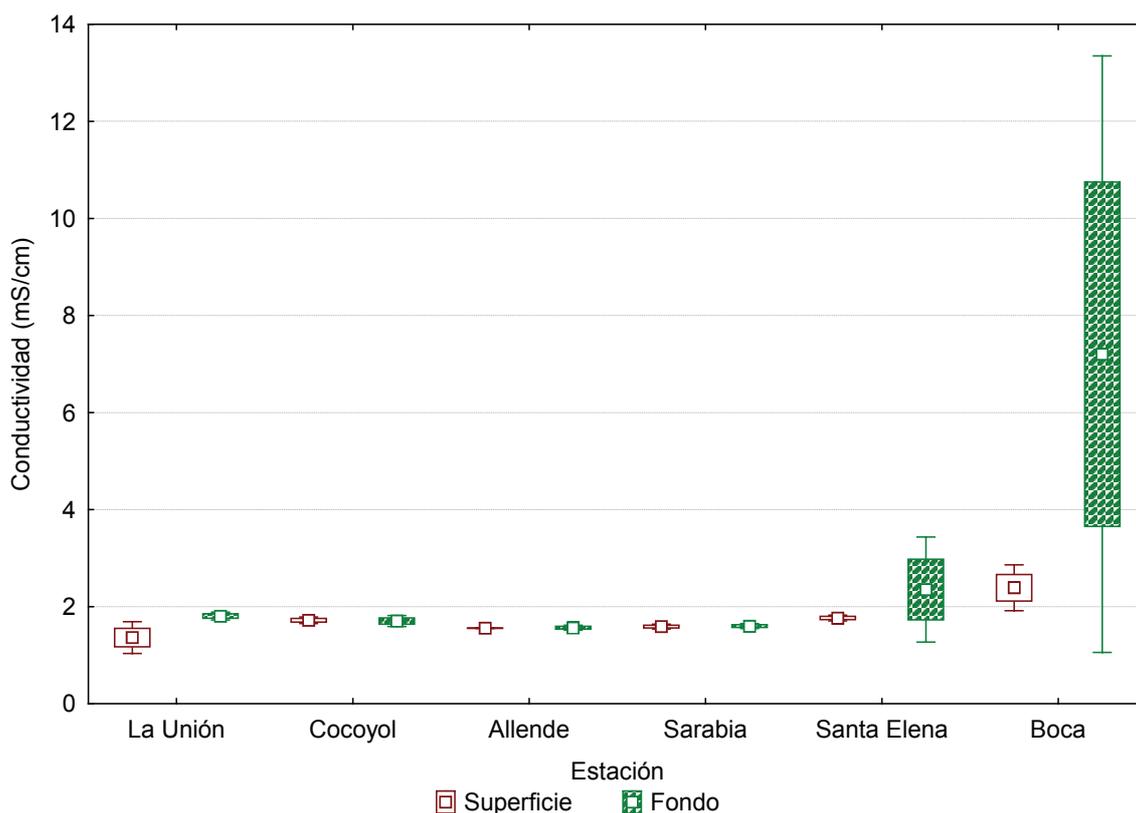


Figura 5. Comportamiento de los valores promedios de la conductividad en las diferentes estaciones de muestreo.

En cuanto a la concentración de oxígeno disuelto en la superficie, la lectura más baja se registró en Sarabia (4.68 mg/l) y la más alta en Allende (6.84 mg/l). Si se consideran los promedios, el más bajo en la superficie se obtuvo en Sarabia (5.31 mg/l  $\pm$  0.75) y el más alto en La Unión (6.48 mg/l  $\pm$  0.25) (Figura 6); no se encontraron diferencias significativas en el oxígeno disuelto de la superficie (F= 1.42, p= n.s.).

Respecto al fondo, el menor valor de oxígeno disuelto detectado fue de 2.75 mg/l en Allende y el mayor fue de 7.2 mg/l en Boca. El promedio más bajo fue de 4.08 mg/l  $\pm$  1.27 en Allende y el más alto de 6.35 mg/l  $\pm$  0.29 en Cocoyol; no hubo diferencias significativas entre los valores del fondo (F= 2.12, p= n.s.), tampoco entre fondo y superficie (F= 1.85, p= n.s.).

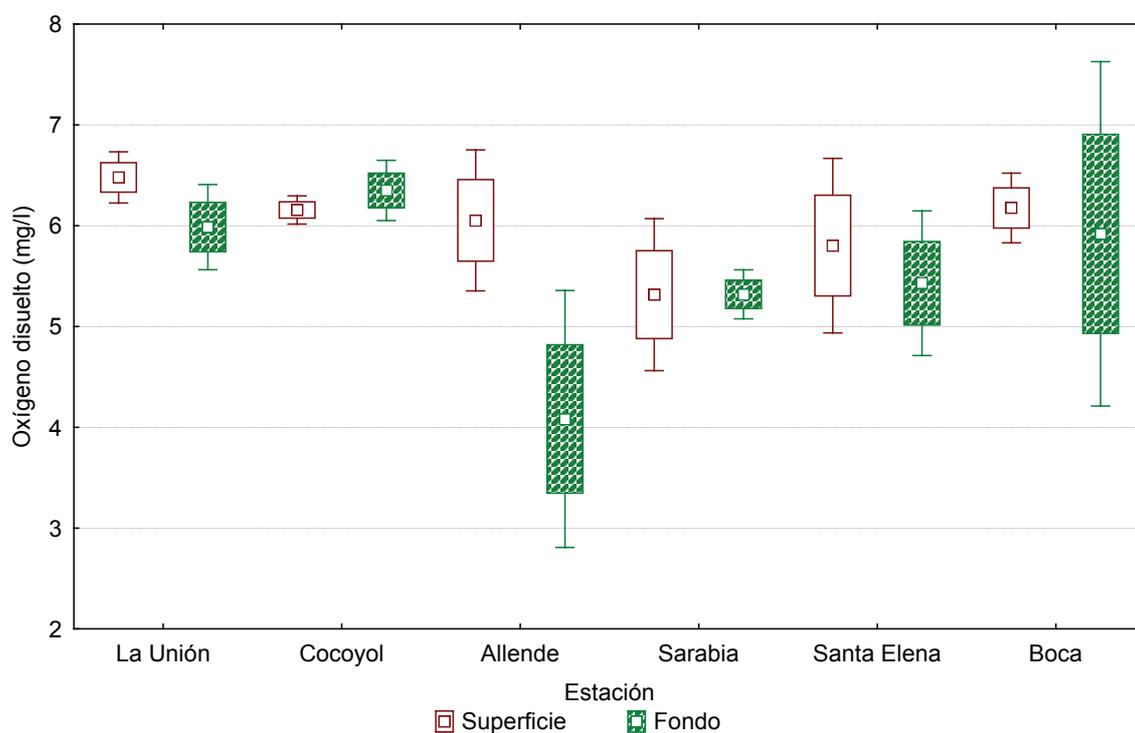


Figura 6. Variación de los valores promedios del oxígeno disuelto a lo largo del río Hondo en la época de secas.

El pH en la superficie osciló de 7.14 (Boca) a 8.59 (Cocoyol). El valor promedio más bajo fue de  $8 \pm 0.17$  en Sarabia y el más alto de  $8.34 \pm 0.22$  en Cocoyol. En el fondo, el mínimo valor encontrado de pH fue de 7.53 (Sarabia) mientras que el máximo fue de 8.74 (Boca). El promedio más bajo fue de  $7.81 \pm 0.09$  en La Unión y el más alto fue de  $8.27 \pm 0.44$  en la estación Boca (Figura 7). No se encontraron diferencias significativas en el pH de la superficie ( $F= 0.39$ ,  $p= n.s.$ ) ni en el fondo ( $F= 1.25$ ,  $p= n.s.$ ) y tampoco entre los valores del fondo y superficie ( $F=3$ ,  $p= n.s.$ ).

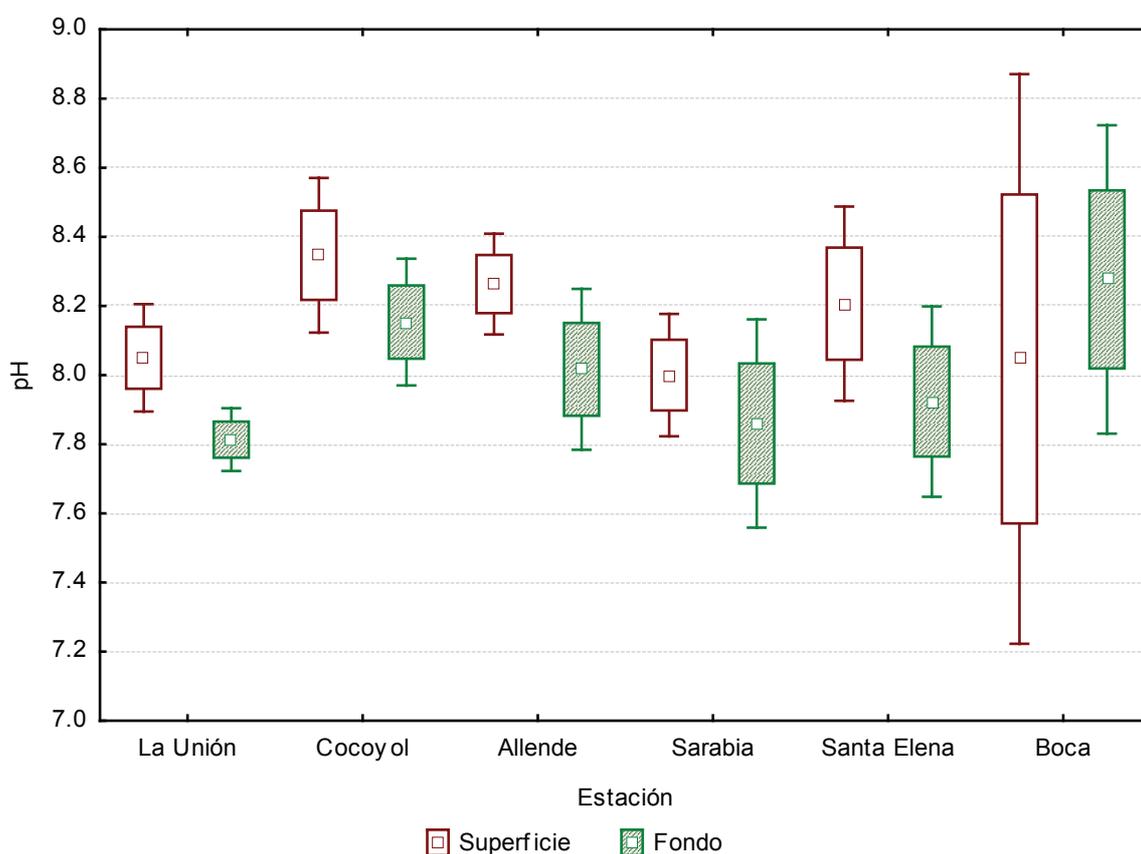


Figura 7. Variación de los valores promedios del pH a lo largo del río Hondo.

En lo que a la transparencia se refiere, ésta varió de 0.63 m (Cocoyol) a 2.3 m (Santa Elena). El valor promedio más bajo se obtuvo río arriba, en la estación

Cocoyol ( $0.81 \text{ m} \pm 0.18$ ), contrario a lo que se obtuvo río abajo en Santa Elena ( $1.86 \text{ m} \pm 0.51$ ) (Figura 8). Estadísticamente hubo diferencias significativas en la transparencia a lo largo del río ( $F= 3.45$ ,  $p= 0.03$ ).

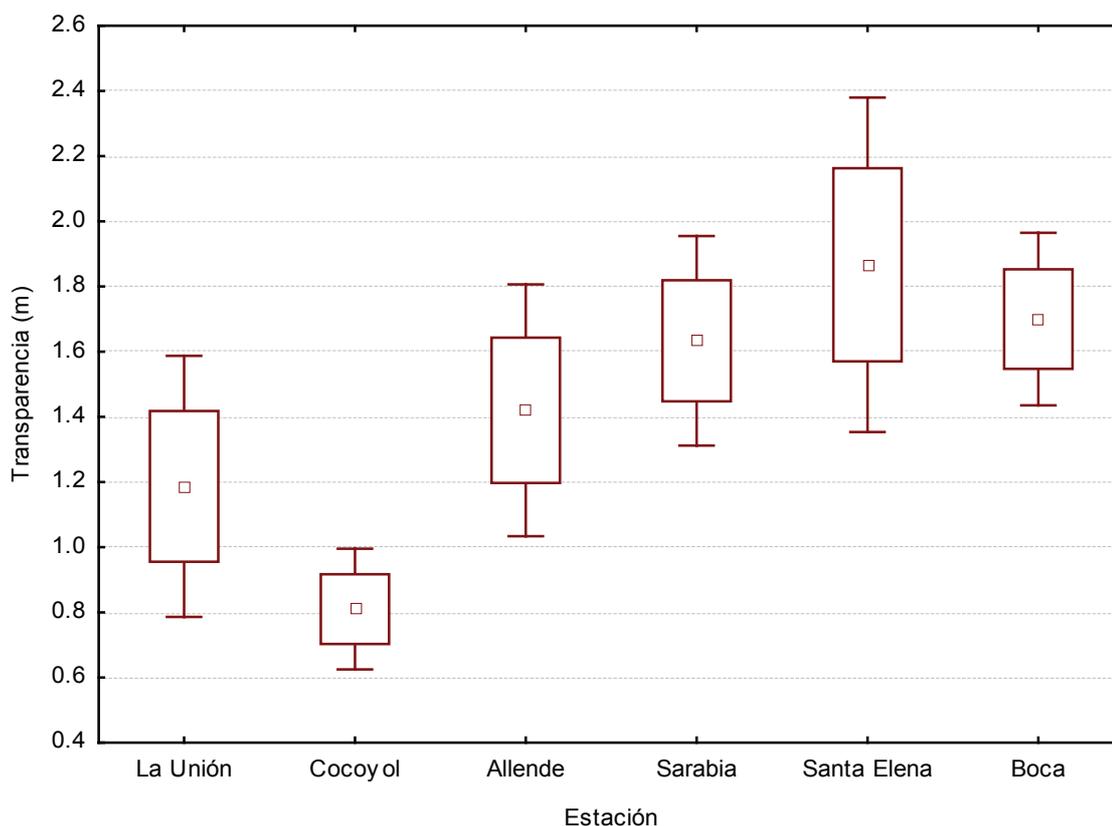


Figura 8. Variación de los valores promedios de la transparencia a lo largo del río Hondo.

## 7.2. Variables ambientales que dominan el sistema

En el ACP, el 83.5% de la variación fue explicada por los dos primeros componentes. El componente principal 1 (PC1) expresó el 55.8% de la variación y el componente principal 2 (PC2) el 22.7%. Dentro del PC1 la anchura del río, distancia a la boca, transparencia y profundidad fueron las variables que mejor describieron el sistema en este componente. El PC2 fue explicado principalmente por la conductividad superficie y el oxígeno disuelto, ambos de superficie. La

variable que expresa la profundidad tuvo un valor elevado en ambos componentes. El resto de los componentes principales se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Valores de los componentes principales y de las variables del ACP en función del ambiente del río Hondo. CS= Conductividad superficial, ODS= Oxígeno disuelto superficial, Trans= Transparencia, Prof= Profundidad, Anch= Anchura del río, Dist.boca= Distancia a la boca.

<b>Variable</b>	<b>PC1</b>	<b>PC2</b>	<b>PC3</b>
CS	-0.334	<b>0.59</b>	-0.299
ODS	0.218	<b>0.525</b>	<b>0.822</b>
Trans	<b>-0.456</b>	-0.186	0.23
Prof	<b>-0.405</b>	<b>-0.433</b>	0.389
Anch	<b>-0.506</b>	-0.006	0.134
Dist. Boca	<b>0.461</b>	-0.392	0.111
Valor propio	3.35	1.36	0.68
% de la variación	55.8	22.7	11.5

El gráfico en dos dimensiones (Figura 9) agrupa las estaciones en tres conjuntos que dividen al río en tres secciones: alta (Cocoyol y La Unión), media-baja (Allende, Santa Elena y Sarabia) y desembocadura (Boca). Además muestra un gradiente marcado por la distancia a la boca y la conductividad superficial, desde la estación más alejada de la boca (La Unión) hasta la desembocadura del río (Boca).

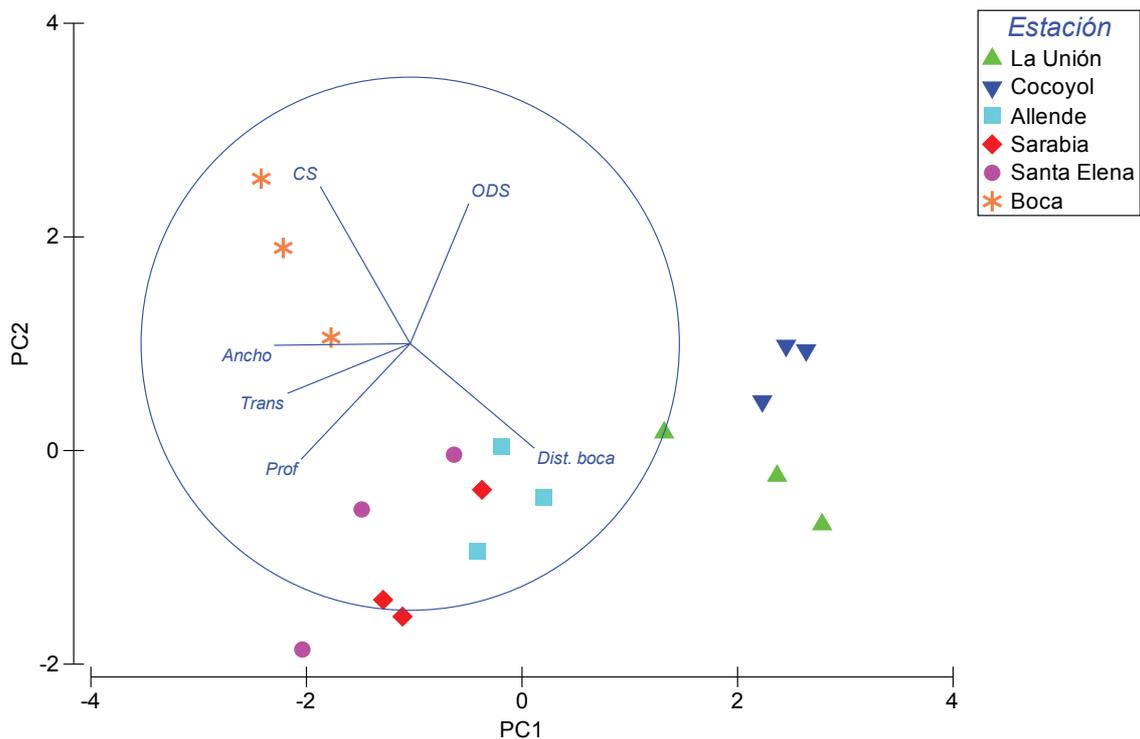


Figura 9. Gráfico en dos dimensiones del ACP de las variables ambientales del río Hondo. La circunferencia representa el “círculo de correlaciones” cuyo radio es igual a 1. Este círculo permite interpretar gráficamente la importancia de cada vector.

### 7.3. Composición y estructura de la ictiofauna del río Hondo

Se capturaron un total de 353 organismos pertenecientes a siete órdenes, 11 familias, 18 géneros y 19 especies, con una biomasa de 111,312 g (Cuadro 3). Sin embargo, la lista sistemática de los peces del río Hondo que aquí se presenta está compuesta por 11 órdenes, 18 familias, 33 géneros y 40 especies, ya que además incluye lo que se encontró en la colección ictiológica de ECOSUR-Chetumal (ECOCH) y la revisión bibliográfica (Cuadro 3).

Cuadro 3. Lista sistemática de las especies registradas en el río Hondo. Se señalan las especies que fueron capturadas en el presente estudio (\*). C= carnívoro, D= detritívoro, DP= dulceacuícola primario, DS= dulceacuícola secundario, EH= marino eurihalino, H= herbívoro, L= larvívoro, O= omnívoro, P= piscívoro, PL= planctívoro, PV= dulceacuícola periférico, SH= marino estenohalino.

Orden	Familia	Especie	Clasif. ecol.	Grupo trófico
Elopiformes	Megalopidae	1 <i>Megalops atlanticus</i> Valenciennes, 1847*	EH	P
Clupeiformes	Clupeidae	2 <i>Dorosoma petenense</i> (Günther, 1867)	PV	O
Characiformes	Characidae	3 <i>Astyanax cf. aeneus</i> (Günther, 1860)*	DP	O
		4 <i>Hyphessobrycon compresus</i> (Meek, 1904)	SH	PL
Siluriformes	Heptapteridae	5 <i>Rhamdia guatemalensis</i> (Günther, 1864)	DP	O
		6 <i>Rhamdia laticauda</i> (Kner, 1858)*	DP	C
	Ictaluridae	7 <i>Ictalurus meridionalis</i> (Günther, 1864)*	DP	C
	Ariidae	8 <i>Bagre marinus</i> (Mitchill, 1815)	EH	O
9 <i>Sciades assimilis</i> (Günther, 1864)*		EH	D	
Atheriniformes	Atherinopsidae	10 <i>Atherinella</i> sp.	DS	L
Beloniformes	Belonidae	11 <i>Strongylura timucu</i> (Walbaum, 1792)*	EH	P
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	12 <i>Belonesox belizanus</i> Kner, 1860	DS	C
		13 <i>Gambusia sexradiata</i> Hubbs, 1936	DS	PL
		14 <i>Gambusia yucatanana</i> Regan, 1914	DS	O
		15 <i>Heterandria bimaculata</i> (Heckel, 1848)	DS	O
		16 <i>Phallichthys fairweatheri</i> Rosen & Bailey, 1959	DS	O
		17 <i>Poecilia mexicana</i> Steindachner, 1863*	DS	O
		18 <i>Poecilia orri</i> Fowler, 1943	DS	O
		19 <i>Poecilia petenensis</i> Günther, 1866	DS	H
		20 <i>Xiphophorus maculatus</i> (Günther, 1866)	DS	O
		Synbranchiformes	Synbranchidae	21 <i>Ophisternon aenigmaticum</i> Rosen & Greenwood, 1976
Perciformes	Centropomidae	22 <i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch, 1792)	EH	P
	Carangidae	23 <i>Caranx hippos</i> (Linnaeus, 1766)	EH	C
	Lutjanidae	24 <i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus, 1758)*	EH	C
	Gerreidae	25 <i>Eugerres plumieri</i> (Cuvier, 1830)*	EH	O
	Cichlidae	26 <i>Amphilophus robertsoni</i> (Regan, 1905)*	DS	O
		27 <i>Cichlasoma salvini</i> (Günther, 1862)*	DS	O
		28 <i>Cichlasoma urophthalmus</i> (Günther, 1862)*	DS	O
		29 <i>Cryptoheros chetumalensis</i> Schmitter-Soto, 2007*	DS	O
		30 <i>Oreochromis mossambicus</i> (Peters, 1852)	DS	O
	31 <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)*	DS	O	

		32	<i>Parachromis friedrichsthalii</i> (Heckel, 1840)*	DS	P
		33	<i>Paraneetroplus melanurus</i> (Günther, 1862)*	DS	O
		34	<i>Petenia splendida</i> Günther, 1862*	DS	P
		35	<i>Rocio octofasciata</i> (Regan, 1903)	DS	O
		36	<i>Thorichthys aureus</i> (Günther, 1862)	DS	O
		37	<i>Thorichthys meeki</i> Brind, 1918*	DS	O
	Eleotridae	38	<i>Gobiomorus dormitor</i> Lacépede, 1800	EH	P
Pleuronectiformes	Achiridae	39	<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	EH	C
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	40	<i>Sphoeroides testudineus</i> (Linnaeus, 1758)*	EH	C

De las 40 especies, 23 (57%) pertenecen al componente dulceacuícola secundario, 11 especies (28%) al componente marino eurihalino, cuatro (10%) al componente dulceacuícola primario, una especie (2.5%) al componente marino estenohalino y una (2.5%) al componente dulceacuícola periférico vicario (Figura 10).

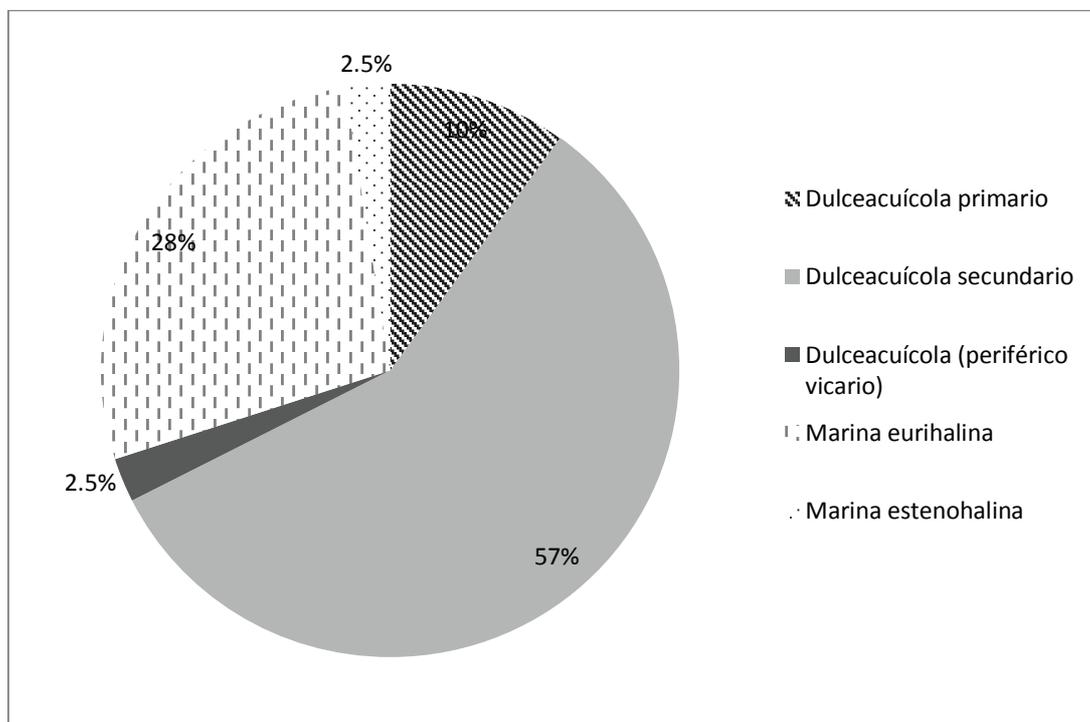


Figura 10. Categorías ecológicas de los peces del río Hondo.

Desde el punto de vista trófico, 21 especies son omnívoras (52%), ocho son carnívoras (20%), seis son piscívoras (15%), dos planctívoras (5%), una detritívora (2.6%), una larvívora (2.6%) y una herbívora (2.6%) (Figura 11).

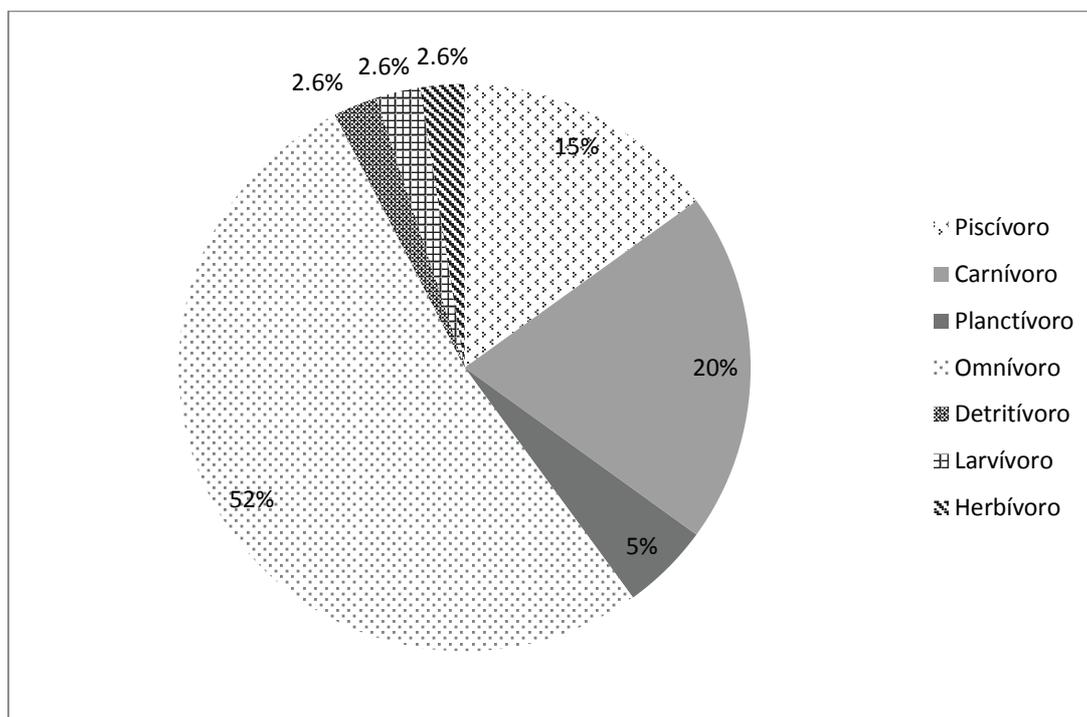


Figura 11. Clasificación trófica de la ictiofauna del río Hondo.

Con base en el material capturado en campo, la familia mejor representada fue Cichlidae con nueve especies. Las familias Megalopidae, Characidae, Ariidae, Heptapteridae, Belonidae, Poeciliidae, Lutjanidae, Gerreidae y Tetraodontidae estuvieron representadas tan solo por una especie. Se recolectó una especie introducida (*Oreochromis niloticus*).

El análisis de la estructura de la comunidad se basó en el uso del arpón como arte de pesca, con un tiempo estandarizado de 2 h por sitio. Con este arte de pesca se capturaron 18 especies, lo cual representa el 37.5% del total de las

especies reportadas en el río Hondo. Estas especies en su mayoría se caracterizaron por poseer tallas y pesos que son apreciados en un comercio muy local, como en el caso del poblado Juan Sarabia. Entre las especies con mayor talla que fueron capturadas y que son consumidas en la ribera del río Hondo, se encuentran: *Cichlasoma urophthalmus*, *Eugerres plumieri*, *Ictalurus meridionalis*, *Lutjanus griseus*, *Oreochromis niloticus*, *Paraneetroplus melanurus* y *Petenia splendida*. La variación de las tallas y pesos de estas especies, y de las que tuvieron tallas y pesos menores, se incluyen en el Cuadro 4, a excepción de las especies donde solo se tuvo información de un ejemplar: *Ictalurus meridionalis*, *Lutjanus griseus*, *Megalops atlanticus*, *Rhamdia laticauda*, *Sphoeroides testudineus* y *Strongylura timucu*.

El hecho de que no todas las especies se capturaron con este arte se debió a que no fueron observadas durante el muestreo o a que el tamaño de las especies era muy pequeño como para ser recolectados con el arpón (pecílidos, aterínidos, carácidos).

Cuadro 4. Longitudes (patrón y total) y pesos promedios, mínimos y máximos de las especies capturadas.

Especie	LP mín- máx (mm)	LP prom (mm)	LT mín- máx (mm)	LT prom (mm)	W mín-máx (g)	W prom (g)
<i>Amphilophus robertsoni</i>	78-141	99.42	103-180	130.28	20-100	38.6
<i>Astyanax cf. aeneus</i>	75-82	78.5	92-103	97.5	20-20	20
<i>Cichlasoma salvini</i>	73-117	95.71	97-151	124	11-61	39
<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	61-210	156.07	82-260	198.33	18-400	184.1
<i>Cryptoheros chetumalensis</i>	36-70	58.85	48-95	79.57	6-20	12.2
<i>Eugerres plumieri</i>	145-256	207.56	180-320	269.58	100-700	364.4
<i>Oreochromis niloticus</i>	70-337	195.82	95-415	242.97	18-1520	418
<i>Parachromis friedrichsthalii</i>	125-132	128.5	156-164	160	78-98	88
<i>Paraneetroplus melanurus</i>	73-230	165.46	95-305	212.93	18-540	213.8
<i>Petenia splendida</i>	85-255	168.42	105-315	206.92	21-460	158.9
<i>Poecilia mexicana</i>	62-72	67	80-96	88	15-20	17.5
<i>Sciades assimilis</i>	241-310	277	293-371	334.5	256-500	384
<i>Thorichthys meeki</i>	45-96	75.78	60-125	99.71	11-40	22

En cuanto a la abundancia numérica, el mínimo valor encontrado fue de 13 peces en la estación Cocoyol, mientras que el más alto fue de 73 peces en la Boca. El resto tuvieron valores entre 60 y 65 durante la época de sequía. El promedio más alto se registró en la estación Boca ( $24.33 \pm 3.21$ ), mientras que el promedio más bajo se obtuvo en Cocoyol ( $4.33 \pm 2.51$ ). Se encontraron diferencias significativas entre las abundancias de cada sitio ( $F= 4.73$ ,  $p= 0.01$ ) (Figura 12).

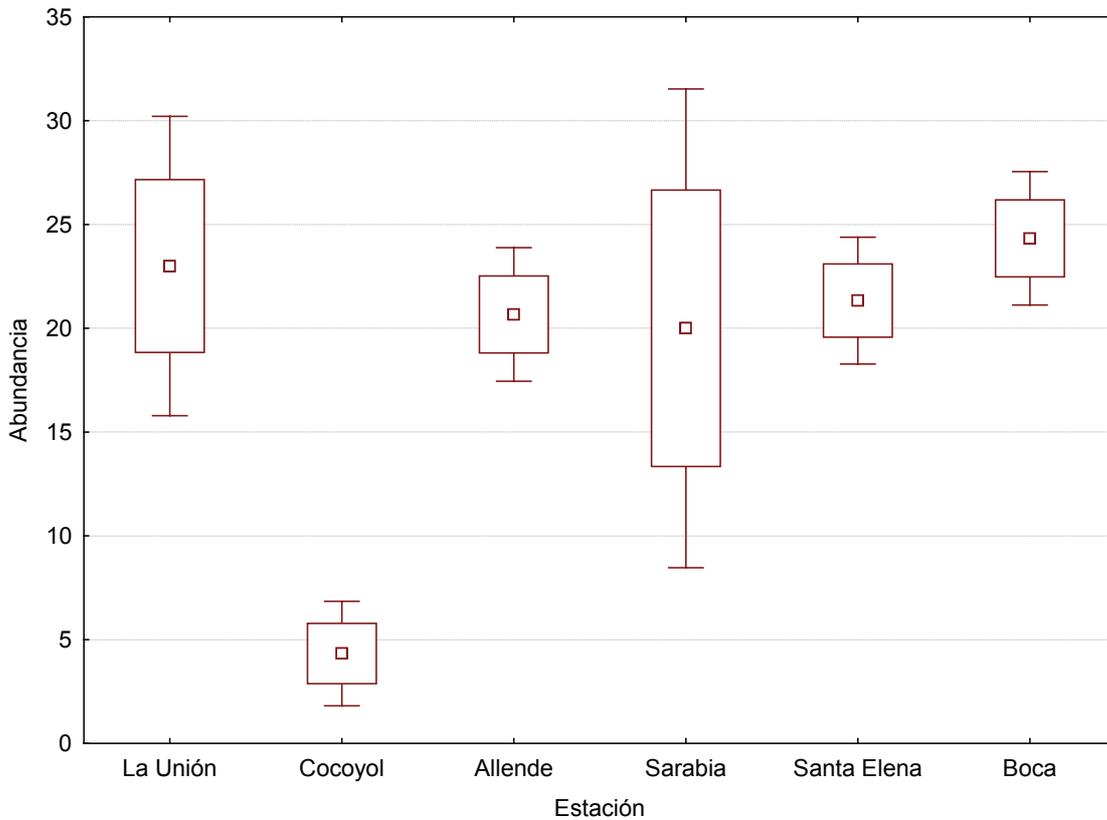


Figura 12. Variación espacial de los valores promedios de la abundancia en el río Hondo durante la época de secas.

Respecto a la biomasa, los valores más bajos se registraron en Cocoyol y La Unión con 2, 608 y 3, 056 g respectivamente, mientras que los valores más altos pertenecen a las estaciones Santa Elena (23, 635 g) y Sarabia (19, 316 g). El valor promedio más alto se registró en Santa Elena (7, 878.33 g, DE= 2, 162.17) y el más bajo en Cocoyol (869.33 g, DE= 364.77) (Figura 13). Se encontraron diferencias significativas entre las biomásas a lo largo del río ( $F= 4.78$ ,  $p= 0.01$ ).

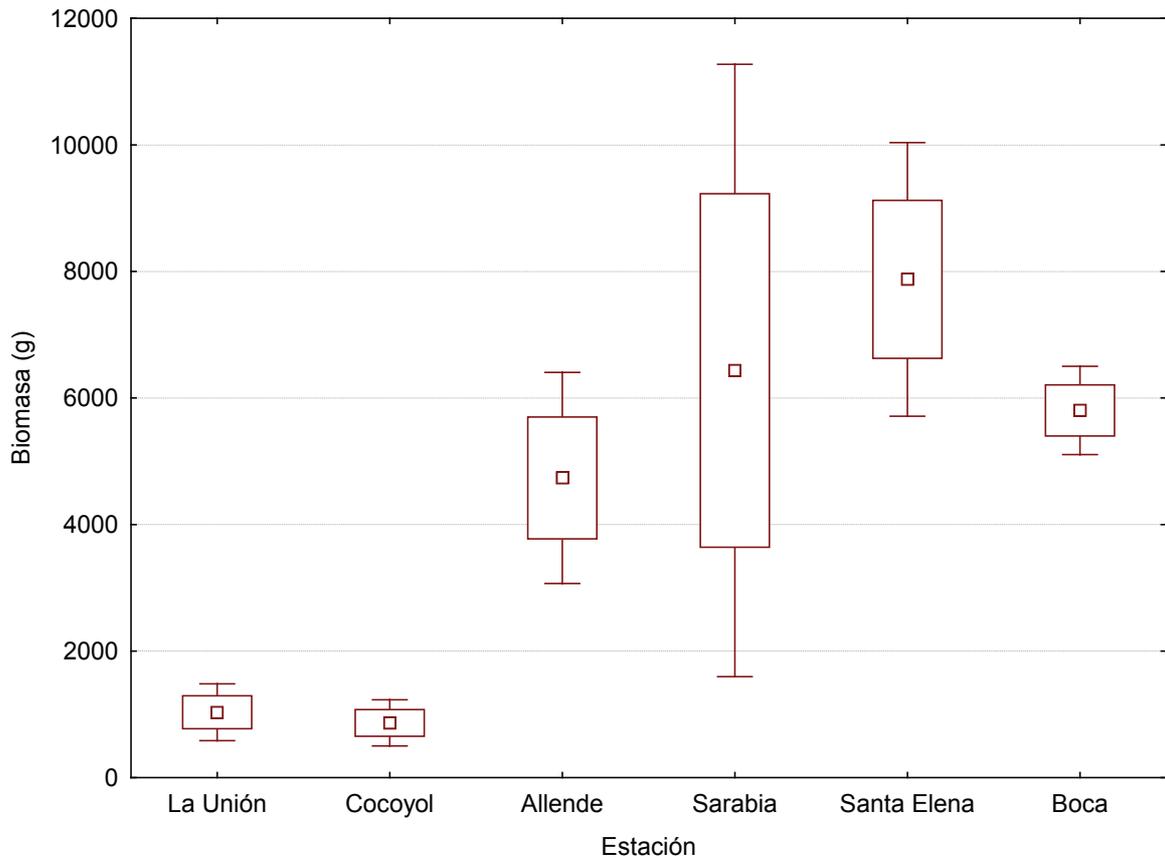


Figura 13. Variación espacial de los valores promedios de la biomasa en el río Hondo durante la época de secas.

La estación con mayor riqueza de especies fue La Unión con nueve especies, mientras que las estaciones con menor riqueza fueron Allende y Boca con cinco especies cada una. La riqueza promedio más alta se registró en La Unión (6.66, DE= 1.15) y la más baja en Cocoyol (3, DE=1) y en Santa Elena (3, DE= 0) (Figura 14). En este apartado hubo diferencias significativas entre los valores de riqueza a lo largo del río ( $F= 5.61$ ,  $p= 0.006$ ).

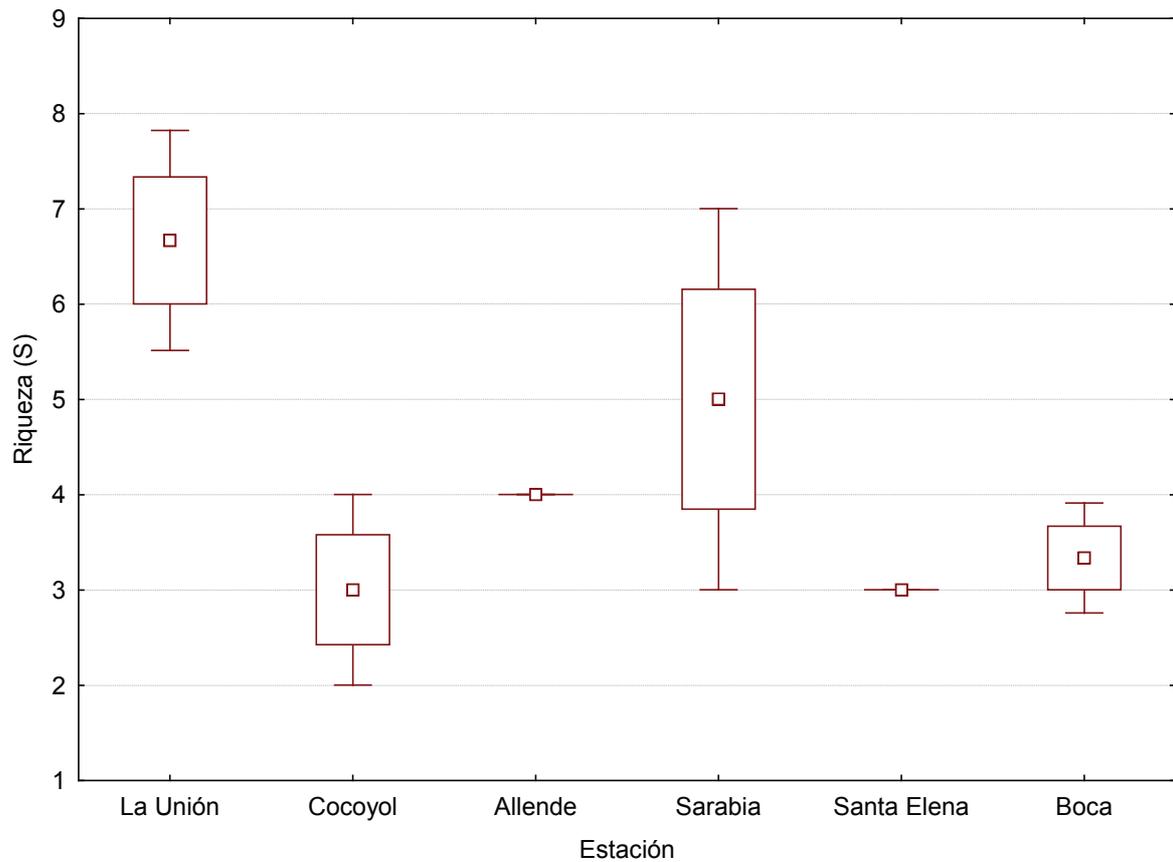


Figura 14. Variación espacial de los valores promedios de la riqueza de especies en el río Hondo.

La diversidad ( $H'n$ ) varió de un valor mínimo de 0.3 en Boca a un máximo de 1.89 en La Unión. El valor promedio más alto se obtuvo en La Unión (1.54, DE= 0.31), mientras que el más bajo se registró en Santa Elena (0.62, DE= 0.19) (Figura 15). Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los valores de diversidad ( $F= 4.56$ ,  $p= 0.01$ ).

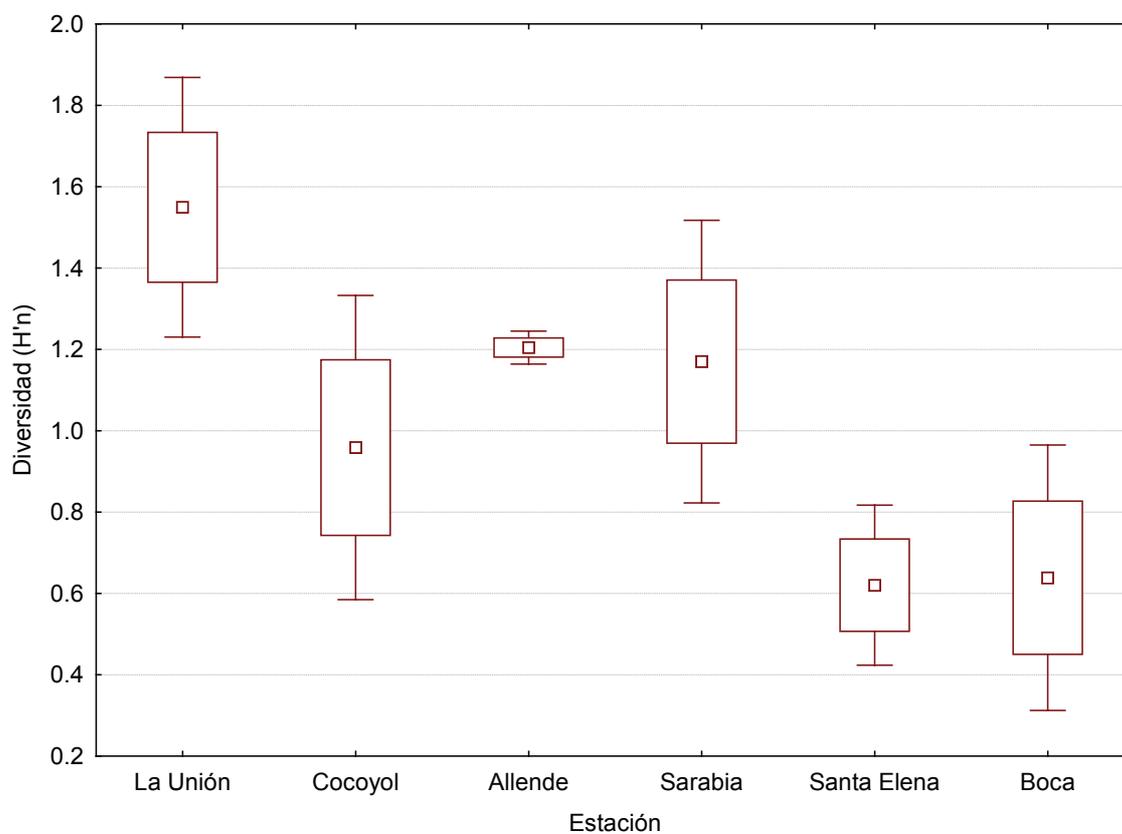


Figura 15. Variación espacial de los valores promedio de la diversidad en el río Hondo.

El valor más bajo de equidad ( $J'n$ ) se registró en la estación Boca con 0.279, mientras que el valor más alto se obtuvo en Cocoyol con 1. El valor promedio más alto se obtuvo en Cocoyol (0.908, DE= 0.15) y el más bajo en Boca (0.52, DE= 0.21) (Figura 16). Se encontraron diferencias significativas entre los valores de equidad ( $F= 3.98$ ,  $p= 0.02$ ).

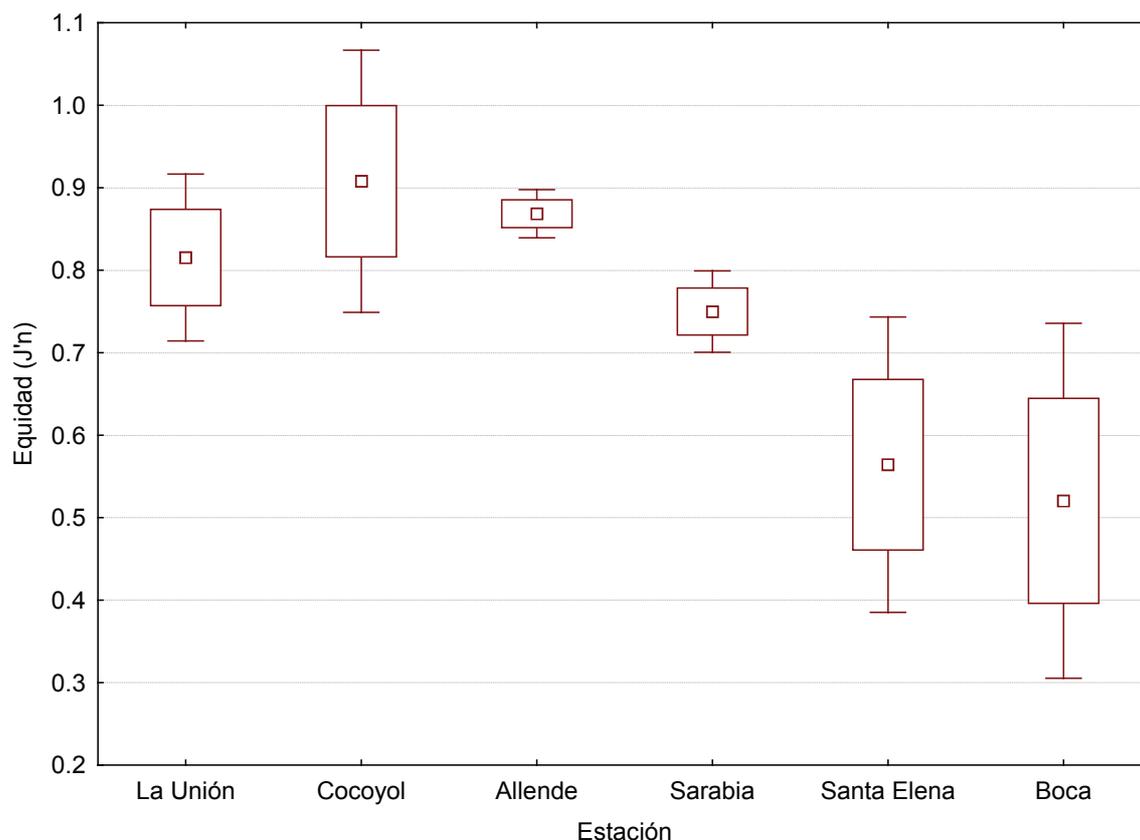


Figura 16. Variación de los valores promedios de la equidad en el río Hondo.

La especie más abundante fue *Paraneetroplus melanurus* con 186 organismos (55.69%), seguida de *Eugerres plumieri* con 38 (11.38%), *Oreochromis niloticus* con 35 (10.48%) y *Cichlasoma urophthalmus* con 26 (7.78%). Estas cuatro especies contribuyeron con el 85% de la abundancia total. Respecto a la biomasa, *P. melanurus* contribuyó con 40,245 g (51.79%), *O. niloticus* con 14,442 g (18.83%), *E. plumieri* con 13,848 g (17.82%) y *C. urophthalmus* con 4,789 g (6.16%). Estas especies aportaron casi un 95% de la biomasa total de las 15 especies capturadas con arpón (Cuadro 5).

Cuadro 5. Abundancia, biomasa y frecuencia relativa de las especies capturadas en el río Hondo.

<b>Especie</b>	<b>Abund.</b>	<b>Abund. %</b>	<b>Biomasa(g)</b>	<b>Biomasa %</b>	<b>Frec.</b>	<b>Frec.%</b>
<i>Paraneetroplus melanurus</i>	186	55.69	40245	51.79	6	15.79
<i>Oreochromis niloticus</i>	35	10.48	14631	18.83	5	13.16
<i>Eugerres plumieri</i>	38	11.38	13848	17.82	4	10.53
<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	26	7.78	4789	6.16	5	13.16
<i>Petenia splendida</i>	13	3.89	2066	2.66	5	13.16
<i>Thorichthys meeki</i>	12	3.59	257	0.33	2	5.26
<i>Cichlasoma salvini</i>	7	2.10	273	0.35	2	5.26
<i>Amphilophus robertsoni</i>	6	1.80	224	0.29	2	5.26
<i>Sciades assimilis</i>	2	0.60	736	0.95	2	5.26
<i>Parachromis friedrichsthalii</i>	2	0.60	176	0.23	2	5.26
<i>Cryptoheros chetumalensis</i>	5	1.50	42	0.05	1	2.63
<i>Lutjanus griseus</i>	1	0.30	295	0.38	1	2.63
<i>Sphoeroides testudineus</i>	1	0.30	125	0.16	1	2.63

De acuerdo al Índice de Valor de Importancia relativa (IVIr), las especies que dominaron el sistema en la época de secas son: *P. melanurus* (41.09%), *O. niloticus* (14.16%), *E. plumieri* (13.24%) y *C. urophthalmus* (9.04%). Tan solo estas cuatro especies contribuyeron con el 77.5% del IVIr (Figura 17). *Paraneetroplus melanurus* estuvo presente en los seis sitios de muestreo, *C. urophthalmus* y *O. niloticus* estuvieron presentes en cinco sitios y *E. plumieri* en cuatro.

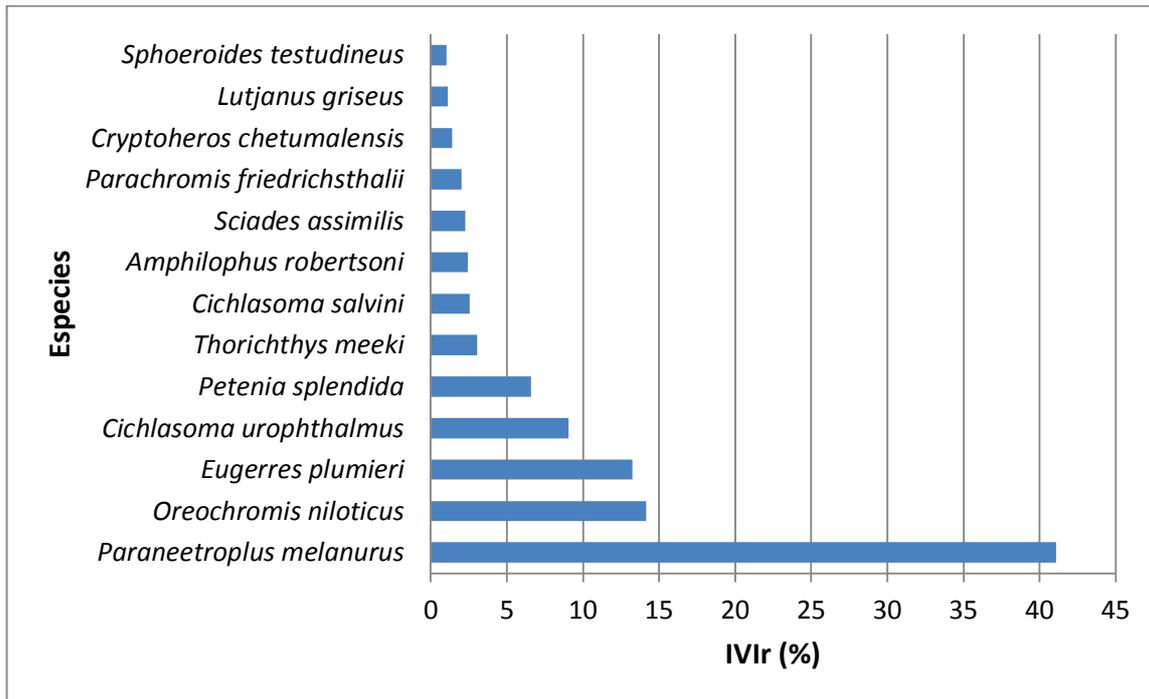


Figura 17. Índice de Valor de Importancia relativa de las especies capturadas con arpón en el río Hondo durante la época de sequía.

#### 7.4. Diversidad específica ( $\alpha$ ) y recambio de especies ( $\beta$ )

Con base en el índice de Margalef, la riqueza más alta se encontró en Cocoyol (1.94), seguida sin mucha diferencia por La Unión (1.91). Por otro lado, la menor riqueza se detectó en Boca (0.92) y en Allende (0.96) (Figura 18).

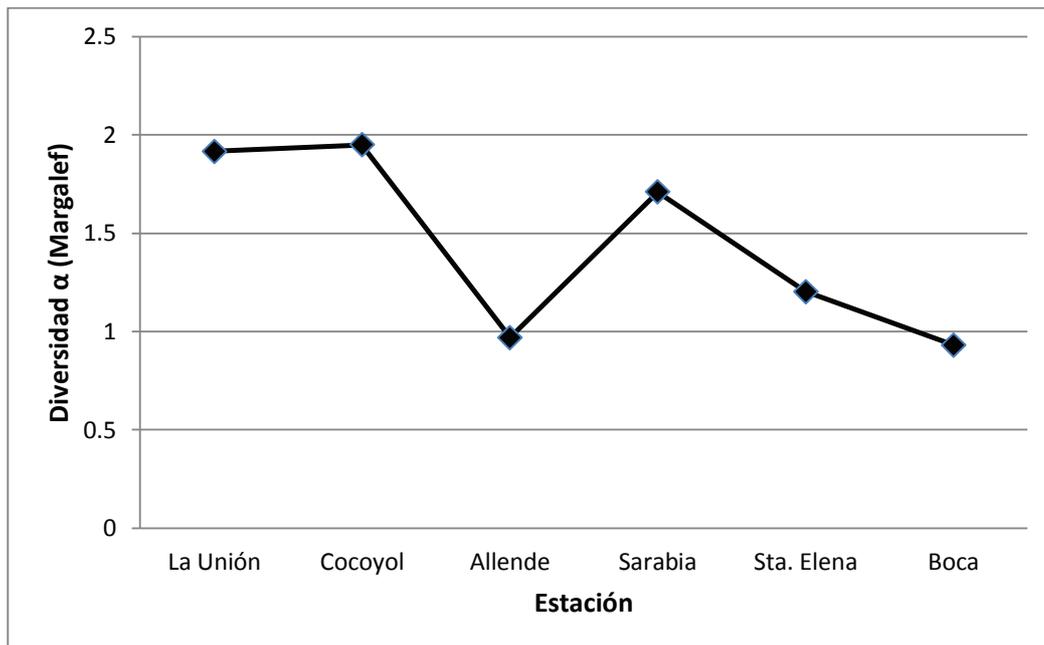


Figura 18. Comportamiento de la diversidad alfa, con base en el índice de riqueza de Margalef, a lo largo del río Hondo.

El grado de recambio de especies entre las estaciones (Cuadro 6) del río Hondo (diversidad  $\beta$ ) se basó en el coeficiente de similitud de Bray-Curtis. Este coeficiente toma valores entre 0 y 100, cero cuando no existe similitud y 100 para cuando las comunidades comparadas son idénticas. Tomando en cuenta esto, el grado de reemplazo entre las estaciones, desde la boca hasta La Unión (Boca-Santa Elena, Santa Elena-Sarabia, Sarabia-Allende, Allende-Cocoyol y Cocoyol-La Unión), posee valores entre 50 y 66.66, es decir, el grado de reemplazo es moderado entre las estaciones con una similitud media entre éstas.

Los valores mínimos y máximos de similitud se encontraron al confrontar todas las estaciones entre sí, de este modo las estaciones con mayor afinidad en la composición de especies fueron Santa Elena-Allende (72.72) y Sarabia-La

Unión (70). Por otra parte, las estaciones con menor parentesco entre sus comunidades ícticas fueron Boca-Cocoyol (33.33) y Boca-La Unión (40).

Cuadro 6. Grado de similitud entre las estaciones del río Hondo.

	<b>Boca</b>	<b>Sta. Elena</b>	<b>Sarabia</b>	<b>Allende</b>	<b>Cocoyol</b>	<b>La Unión</b>
<b>Boca</b>						
<b>Sta. Elena</b>	66.66					
<b>Sarabia</b>	47.05	58.82				
<b>Allende</b>	54.54	72.72	50			
<b>Cocoyol</b>	33.33	50	47.05	54.54		
<b>La Unión</b>	40	53.33	70	57.14	66.66	

## 7.5. Distribución

La distribución espacial de las especies (Cuadro 7) muestra una transición progresiva de especies desde río arriba (La Unión) hasta río abajo (Boca). La adición de especies es gradual, a excepción de las especies *Cichlasoma urophthalmus*, *Paraneetroplus melanurus* y *Oreochromis niloticus*, las cuales se distribuyeron continuamente a lo largo del río.

El análisis de agrupamiento, basado en la presencia-ausencia de especies en los diferentes sitios de muestreo, zonificó al río en dos secciones (Figura 19). Una sección corresponde a la parte baja y la otra a la parte alta del río; las estaciones Allende y Sarabia, que corresponden a la parte medía del río, se repartieron entre estas dos secciones. La ictiofauna de Allende es más afín a la de la parte baja, mientras que la de Sarabia lo es más con la parte alta del río.

Cuadro 7. Distribución espacial de los peces del río Hondo en la época de secas.

Especie	Boca	Sta. Elena	Sarabia	Allende	Cocoyol	La Unión
<i>Amphilophus robertsoni</i>					■	■
<i>Parachromis friedrichsthalii</i>					■	■
<i>Cichlasoma salvini</i>			■			■
<i>Cryptoheros chetumalensis</i>			■			■
<i>Thorichthys meeki</i>			■			■
<i>Sciades assimilis</i>			■		■	
<i>Lutjanus griseus</i>			■			
<i>Strongylura timucu</i>			■			
<i>Rhamdia laticauda</i>				■		
<i>Petenia splendida</i>	■	■	■	■		■
<i>Eugerres plumieri</i>	■	■	■			
<i>Megalops atlanticus</i>		■				
<i>Ictalurus meridionalis</i>	■					
<i>Sphoeroides testudineus</i>	■					
<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	■	■	■	■	■	■
<i>Paraneetroplus melanurus</i>	■	■	■	■	■	■
<i>Oreochromis niloticus</i>		■	■	■	■	■

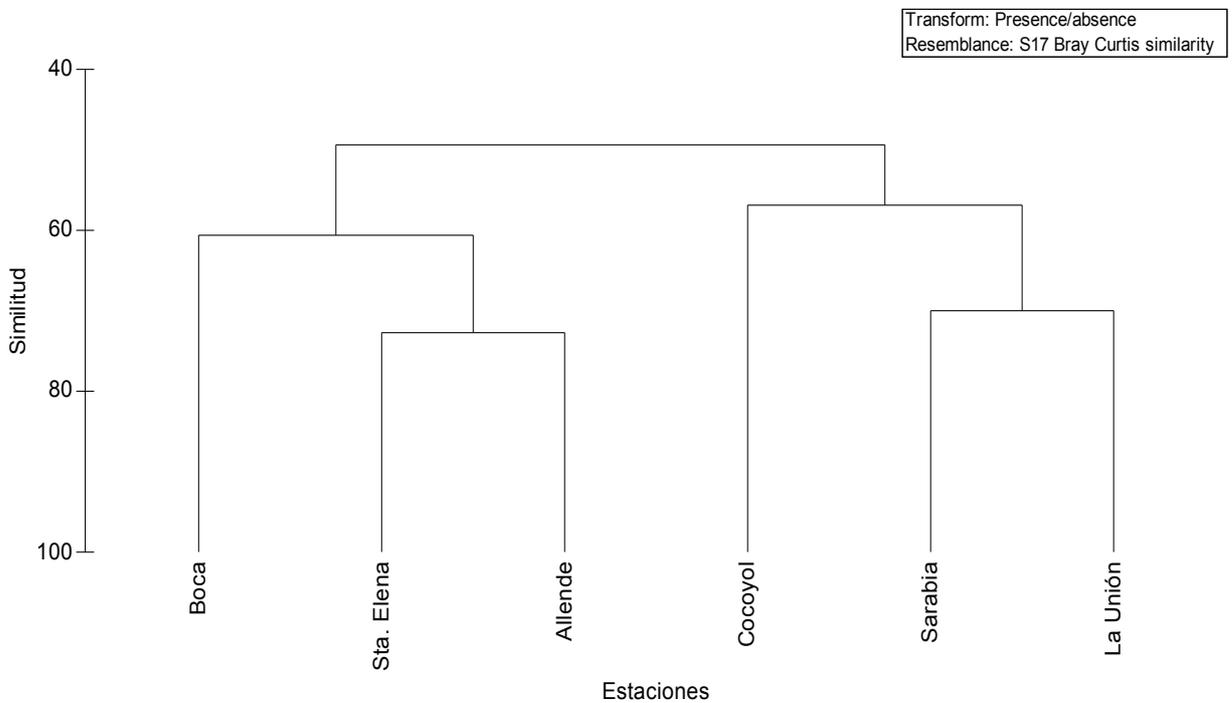


Figura 19. Dendrograma de las estaciones del río Hondo con base en la distribución de especies de acuerdo al índice de similitud de Bray-Curtis y la estrategia de agrupamiento UPGMA.

## 7.6. Relación variables ambientales-especies

El análisis de correspondencia canónica (Figura 20) reveló que dos variables ambientales (oxígeno disuelto en la superficie y conductividad superficial) y tres relacionadas con la forma del río (anchura, profundidad y distancia a la boca), fueron las que dominaron principalmente sobre el eje X. La correlación entre las especies y las variables ambientales fue alta en ambos ejes (0.89 para el eje 1 y 0.79 para el eje 2).

Las especies con mayor afinidad a la parte alta y estrecha del río y a sitios someros con elevados valores de oxígeno y poca conductividad fueron: *Amphilophus robertsoni*, *Cichlasoma salvini*, *Cryptoheros chetumalensis* y *Thorichthys meeki*. Tanto las especies, como la alta concentración de oxígeno, se vieron influenciados por la presencia del arroyo en el que tuvo que muestrearse en parte, ya que las características del río en la parte alta hacían un poco difícil estar en el cauce principal.

Las especies *Cichlasoma urophthalmus* y *Petenia splendida* se relacionaron mejor con valores altos de oxígeno disuelto en la superficie, así como una preferencia por aguas un poco someras. La primera especie también mostró cierta afinidad por lugares con conductividad media. Por otro lado, *Eugerres plumieri* y *Sciades assimilis* estuvieron relacionadas con sitios profundos y con poco oxígeno disuelto.

Al centro del gráfico se puede observar a *Paraneetroplus melanurus* y *Oreochromis niloticus*, especies que estuvieron ampliamente distribuidas a lo largo

del río (la primera mucho más abundante que la segunda). Esto refleja la capacidad de adaptación de ambas especies ante la variación de los diferentes parámetros del agua.

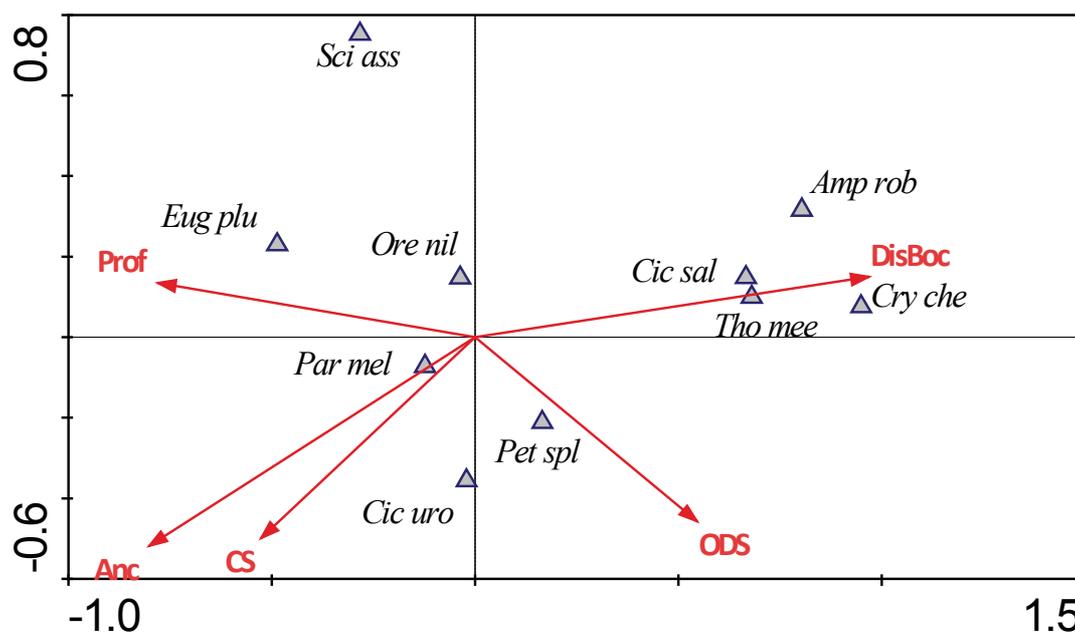


Figura 20. Análisis de Correspondencia Canónica entre las variables ambientales y especies del río Hondo. Prof= Profundidad, Anc= Ancho, CS= Conductividad superficial, ODS= Oxígeno disuelto superficial, DisBoc= Distancia a la boca. Amp rob= *Amphilophus robertsoni*, Sci ass= *Sciades assimilis*, Cic sal= *Cichlasoma salvini*, Cic uro= *C. urophthalmus*, Cry che= *Cryptoheros cheutmalensis*, Eug plu= *Eugerres plumieri*, Ore nil= *Oreochromis niloticus*, Par mel= *Paraneetroplus melanurus*, Pet spl= *Petenia splendida*, Tho mee= *Thorichthys meeki*.

## **8. DISCUSIÓN**

### **8.1. Parámetros ambientales del río Hondo**

Durante el período de muestreo, la temperatura del agua (superficie y fondo) presentó los valores más bajos río arriba (La Unión), mientras que de la parte media de éste (Cocoyol) hasta la desembocadura (Boca), la temperatura fue más cálida. Este parámetro no exhibió un gradiente a lo largo del río, sino que presentó ligeras alzas y bajas a lo largo de éste. Esta variación podría deberse a un conjunto de factores tales como la anchura del río y al tipo de vegetación ribereña, especialmente río arriba. En La Unión se observó un grado de conservación mayor en la vegetación ribereña (selva media), además de que esta parte del río es bastante estrecha comparada con el resto del mismo, por lo tanto la cobertura vegetal estaría generando un microclima más fresco, propiciando así una temperatura más fría río arriba (Moore et al., 2005).

El fondo del río ofreció un hábitat más frío que el de la superficie. Esta estratificación térmica, consecuencia de la profundidad del río, estaría ofreciendo un hábitat diferente que podría albergar una diversidad de peces con una composición y estructura de especies con afinidad a temperaturas más bajas.

La temporada más cálida para las aguas continentales en la región sur del Estado ha sido atribuida a la época de lluvias con 30° C en promedio, mientras que para la época de secas el promedio obtenido fue de 26.7° C (Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez, 1996). Tomando esta información como referencia, es probable que la temperatura promedio del agua del río Hondo se acerque o supere los 30°

C en la época de lluvias, ya que durante el muestro en secas, la temperatura promedio que se obtuvo fue de 28.8° C, dos grados por encima al promedio de la región.

Los valores de salinidad y conductividad delimitaron dos zonas en el río: una dulceacuícola y una salobre, esta última con valores de salinidad oligohalinos (entre 0.5 y 5.0 ups), ya que en la estación Boca la salinidad alcanzó un valor máximo de 0.81 ups. La zona dulceacuícola (desde La Unión hasta Santa Elena) se caracterizó por presentar valores por debajo de los 0.5 ups, lo cual hace que estas aguas sean netamente dulces, además los valores registrados se comportaron de manera uniforme desde La Unión hasta Santa Elena (fondo y superficie) con un ligero incremento en el fondo de Santa Elena. Por otro lado, la zona salobre que corresponde a la estación Boca, se distinguió por valores más altos de salinidad en el fondo, siendo las aguas de esta parte del río oligohalinas. Esto permitió detectar una cuña de agua oligohalina, cuya influencia se hizo notar hasta la estación Santa Elena. Aunque el agua del fondo de Santa Elena es dulce aún, se percibió una ligera alza en los valores de salinidad del fondo. López-López et al. (2009) también encontraron una zonificación similar en el río Champotón, Campeche. El río Hondo no desemboca directamente en el mar, sino en la bahía de Chetumal. Carrillo et al. (2009) monitorearon la salinidad de esta bahía y obtuvieron los valores más bajos de este parámetro en la zona de la desembocadura del río. Esta salinidad es la que influyó en las estaciones Santa Elena y Boca.

Los valores de oxígeno encontrados en la superficie fueron muy parecidos a los reportados por Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez (1996) en la región del río Hondo (6.30 mg/l). Por otro lado, los valores de oxígeno en el fondo fueron menores que los de la superficie, especialmente en Allende, en la que se obtuvo el valor promedio más bajo, tanto en el fondo como en la superficie. En estuarios profundos, cuando se desarrolla una cuña salina y existe una estratificación térmica, a menudo existe poco intercambio de oxígeno entre la superficie rica en este gas y las capas más profundas (Nybakken y Bertness, 2005). Este hecho explicaría los valores bajos de oxígeno en la zona oligohalina del río, ya que la temperatura presentó los valores más bajos y la salinidad los más altos en el fondo del río y la profundidad de éste no permite que el viento mezcle las capas ricas y pobres en oxígeno.

En lo que respecta al pH, éste no reveló gradiente alguno, ya que los valores subían y bajaban a lo largo del río, pero lo que sí se distinguió fue que el pH del fondo fue menos alcalino que el de la superficie, lo cual puede deberse a la acumulación de materia orgánica en el fondo. En la época de secas el agua del río fue ligeramente básica, lo que podría ser consecuencia de la naturaleza cárstica del suelo de la región. Trujillo-Jiménez et al. (2010) también reportaron valores básicos en las aguas del río Amacuzac, Morelos.

Estos resultados se contraponen a lo encontrado por Ruiz-Cauich (2011) y Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez (1996), quienes detectaron un pH ácido para las aguas del río en temporada de secas. Schmitter-Soto et al. (2011) atribuyeron esta acidez (en el cauce principal) a los taninos derivados del manglar; vegetación que

domina en las orillas del río. Esta explicación, junto con el arrastre de materia orgánica, podría ser adecuada para la época de lluvias, mientras que para la época de sequía la alcalinidad podría deberse al carbonato de calcio que compone el suelo kárstico de la región.

La transparencia fue otro parámetro que mostró claramente un gradiente, de menor a mayor, desde río arriba hasta la desembocadura. La inconsistencia detectada en La Unión se debió a que la medición de este parámetro se vio afectada por el agua clara de un arroyo que desembocaba en este punto. Este parámetro se utilizó como un indicador de turbidez, puesto que se observó que lugares con mayor cantidad de sólidos disueltos en el agua presentaron bajos valores de transparencia y viceversa.

En la boca de un estuario, la turbidez generalmente es mínima debido a la presencia de agua del mar y aumenta con la distancia tierra adentro (Nybakken y Bertness, 2005). Lo mismo ocurrió en la desembocadura del río Hondo, puesto que las características de la bahía fueron las que dominaron en la región oligohalina del río. Río arriba, la estrechez y el aporte de materia orgánica suspendida provocaron que la transparencia disminuyera.

El conjunto de variables abióticas que dominaron el sistema y que caracterizaron al cauce principal del río Hondo fueron principalmente aquellas asociadas a la forma del río: anchura, distancia a la boca y profundidad, y respecto a las características del agua, la transparencia también fue un factor importante. En menor medida la conductividad superficial y el oxígeno disuelto en la superficie

jugaron un papel importante en la caracterización ambiental del río. Esto concuerda en parte con lo señalado por Lyons y Schneider (1990), quienes mencionan que la distancia a la boca es más importante que el tamaño del hábitat, o la diversidad de éste, al momento de explicar la distribución y estructura de la ictiofauna en un río.

En otros ríos de la provincia del Usumacinta, como el Champotón y el Tzendales (Chiapas), el conjunto de variables ambientales y de estructura de hábitat fue un poco diferente a lo encontrado en el Hondo. En el Champotón, la altitud, anchura máxima, pH, sustrato, distancia a la boca del río y salinidad fueron las variables que dominaron el sistema (López-López et al., 2009); estos dos últimos factores coincidieron con los del Hondo. En cuanto al Tzendales, el pH, conductividad y sólidos disueltos totales fueron las características ambientales que definieron al río (Soria-Barreto y Rodiles-Hernández, 2008).

Las variables antes mencionadas para el río (excepto el pH), evidenciaron una zonificación bastante gradual: zona alta (La Unión, Cocoyol), zona media-baja (Allende, Sarabia y Santa Elena) y desembocadura del río (Boca). La distancia a la boca, anchura del río, transparencia y salinidad fueron los factores que permitieron una transición gradual a lo largo del cauce del río Hondo.

Por otro lado, las variables que mayor relación tuvieron con la distribución y abundancia de los peces en el río Hondo fueron: distancia a la boca, anchura, profundidad, conductividad superficial y oxígeno disuelto en la superficie. La salinidad y distancia a la boca, junto con el tipo de sustrato, también fueron

variables que determinaron la distribución y abundancia de las especies en el río Champotón (López-Lopez et al., 2009).

## **8.2. Composición de la ictiofauna**

A lo largo de 21 años de estudios, se han dado a conocer 38 especies de peces en este sistema (Espinosa-Pérez et al., 1993; Esselman, 2009; Gamboa-Pérez, 1991, 1994; Schmitter-Soto, 1998; Schmitter-Soto et al., 2009; Ruiz-Cauich, 2011; Scholz y Vargas-Vázquez, 1998). Con la presente tesis se añaden dos especies más (*Lutjanus griseus* y *Sphoeroides testudineus*), aumentando el número a 40 especies.

Si se considera que 125 especies han sido reportadas en las aguas continentales de Quintana Roo (Schmitter-Soto, 1998), el río alberga un 32% de éstas, además 19 de las 40 también habitan en la bahía de Chetumal (Pimentel-Cadena, 2001).

Comparado con otros sistemas lóticos, y en especial con los que pertenecen a la misma provincia ictiográfica del Usumacinta, se tiene que el río Champotón (Campeche), con una longitud de 48 km (López-López et al., 2009), posee una diversidad de especies mayor (53 especies) a la del río Hondo, a pesar de que éste último es más largo. Lo mismo ocurre con el río Lacanjá (Chiapas), el cual alberga 44 especies en 120 km de río (Rodiles-Hernández et al., 1999). Tomando en cuenta este hecho, se esperaría que el río Hondo (con 145 km) alojara un mayor número de especies. De acuerdo con Oberdorff et al. (1995),

entre mayor área y volumen de un río (entre otros factores), mayor debería ser el número de especies.

El relativamente bajo número de especies en el río puede explicarse tanto ambiental como geológicamente, ya que las aguas del Hondo son poco productivas (Camarena-Luhrs y Cobá-Cetina, 1991; Gamboa-Pérez, 1994) y susceptibles a las perturbaciones (Ruiz-Cauich, 2011). Además, el drenaje superficial poco desarrollado en esta región, así como la juventud geológica de la península, ha generado una fauna relativamente pobre (Hubbs, 1936; Miller, 1991). Otro factor que podría estar afectando sería la contaminación derivada del cultivo de caña de azúcar en ambas riberas del río, aunque esto podría ser parte de futuras investigaciones en el área.

También es posible que muchas especies marinas y estuarinas no penetren río arriba mucho más allá de la boca, debido a que la bahía de Chetumal ofrece un hábitat más favorable para estas especies. Por otro lado, a diferencia del Hondo, el río Champotón desemboca directamente en el mar, de modo que la zona estuarina queda inmersa en éste, y en consecuencia, el acceso de las especies marinas y estuarinas aguas arriba es más directo. A pesar de lo anterior, el río Hondo es importante como hábitat, sitio de refugio, anidación y crianza, tanto para especies dulceacuícolas, como marinas y estuarinas, como lo demuestra la variedad de tallas encontradas.

La lista sistemática muestra que las familias mejor representadas fueron la Cichlidae y Poeciliidae, con 12 y nueve especies, respectivamente. Estas familias

poseen también el mayor número de especies en el sur de Quintana Roo (Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez, 1996), igual que en el resto de la provincia ictiográfica del Usumacinta (Esselman y Allan, 2010; López-López et al., 2009; Miller, 1982, Miller et al., 2009; Morales-Román y Rodiles-Hernández, 2000; Soria-Barreto y Rodiles-Hernández, 2008).

En el trabajo de campo de esta tesis se capturaron tres especies en el cauce principal, que no habían sido reportadas formalmente en la literatura pero que se sabía habitaban en el río: *A. robertsoni*, *R. laticauda*, y *S. timucu*. De esta manera se dan a conocer, de manera bibliográfica, la existencia de estas tres especies en el cauce principal del río Hondo.

Por otro lado, *Caranx hippos*, *Centropomus undecimalis* y *Megalops atlanticus* han sido reportadas como especies comunes en el río Hondo (Schmitter-Soto et al., 2011), aunque en el trabajo de campo tan solo se obtuvo un registro de un ejemplar de *M. atlanticus* encontrado muerto a las orillas del río; de los otras dos especies no hubo evidencia en el muestreo. La presencia de *Thorichthys aureus* en el río (Scholz y Vargas-Vázquez, 1998) parece ser dudosa, puesto que solo fue reportada una vez, y es difícil distinguirla de *T. meeki*, que es la especie de *Thorichthys* más común en el río.

La única especie exótica capturada fue *Oreochromis niloticus*, aunque recientemente se ha mencionado que existe el riesgo de que el pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.) pueda llegar al cauce principal del río Hondo (Schmitter-Soto, com. pers., 2012). *Oreochromis niloticus* fue introducida al río (junto con *O.*

*mossambicus*) en 1988 (Schmitter-Soto y Caro, 1997) probablemente con fines de acuacultura. Estas tilapias están ampliamente distribuidas en los sistemas lóticos de la provincia del Usumacinta (López-López et al., 2009; Morales-Román y Rodiles-Hernández, 2000; Soria-Barreto y Rodiles-Herández, 2008; Torres-Castro et al., 2009). Esta especie, por su biología y capacidad para desplazar especies autóctonas, altera de manera negativa el equilibrio existente con los organismos asociados al sistema río-manglar (Rojas y Rodríguez, 2008), hábitat en el cual fue capturada. Su existencia en el río Hondo hace la situación más delicada, pues el río se localiza en una región con alto grado de endemismo (Schmitter-Soto y Caro, 1997), especialmente para los géneros *Atherinella*, *Cryptoheros* y *Thorichthys* (Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez, 1996).

En cuanto a la clasificación ecológica, en la península de Yucatán la ictiofauna se caracteriza por estar compuesta principalmente de especies dulceacuícolas secundarias, estuarinas o periféricas (Hubbs, 1936; Miller, 1982, 1991; Miller et al., 2009). En el río Hondo, el porcentaje de estas especies alcanza un 90%; el resto lo componen especies dulceacuícolas primarias. Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez (1996) publicaron que las especies marinas son escasas en la región del Hondo; esto coincide con el relativamente bajo porcentaje de especies marinas (31%) que ha sido dado a conocer en el cauce principal del río.

Además de la clasificación ecológica, también se efectuó una clasificación por grupos tróficos, en la cual los omnívoros dominaron en un 52% en el río y los herbívoros tan solo aportaron un 2.66%. Una situación contraria fue publicada para arroyos tributarios del río Hondo por Schmitter-Soto et al. (2011), pues ellos

encontraron dominancia de los herbívoros, favorecida por la proliferación de algas filamentosas. La homogeneidad ambiental del cauce principal del río puede favorecer la predominancia de omnívoros (Schmitter-Soto et al., 2011) en el río Hondo.

De manera general, la ictiofauna alojada en el río Hondo no le confiere cierta identidad faunística a éste, ya que todas sus especies, a excepción de *Ophisternon aenigmaticum*, las comparte con otras zonas propuestas por Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez (1996) para la región sur del Estado.

Los cíclidos, además de ser la familia con el mayor número de especies en el río, son también organismos importantes para las comunidades ribereñas que residen a los márgenes del río, ya que sostienen en gran parte la pesca de autoconsumo en la región. Los cíclidos de importancia pesquera fueron: *Cichlasoma urophthalmus*, *Oreochromis niloticus*, *Paraneetroplus melanurus* y *Petenia splendida*. Las especies marinas capturadas para autoconsumo fueron *Sciades assimilis*, *Eugerres plumieri* y *Lutjanus griseus*.

En los poblados a lo largo del río no existe sociedad cooperativa pesquera alguna; la pesca se restringe al autoconsumo y en algunas comunidades a un comercio muy local (ej. Juan Sarabia). En campo, se observó que los pescadores suelen utilizar una variedad de artes de pesca, tales como anzuelos, redes agalleras y arpones. Este último resultó ser el más eficiente para el muestreo de este trabajo, pues con él se capturó un 37.5% (18 spp.) de las especies dadas a conocer para el río, aunque es posible que este número ascienda, ya que varias

especies marinas que no se observaron en campo (p. ej. *Caranx hippos*, *Centropomus undecimalis* y *Megalops atlanticus*) también pueden ser capturadas con este arte de pesca.

Se utilizaron también palangres y nasas, cuya eficiencia de captura, en cuestión del número de organismos, no fue buena, pero nos permitió tener registros de especies asociadas al fondo (*Sciades asiimilis* y *Rhamdia laticauda*). La red agallera usada en el muestreo fue el arte de pesca más ineficiente, pues no se recolectó ningún organismo con ésta. Las redes se colocaron paralelas y perpendiculares a la orilla del río, tanto en el fondo como en la superficie, e incluso se unieron ambas redes para abarcar el río de lado a lado. Las redes operaron tanto de día como de noche, en lapsos de 2 a 4 horas o hasta de 12 a 13 horas, colocadas durante la noche. A pesar de todas las maneras en las que se colocaron las redes, el éxito con éstas fue nulo. Esto podría deberse a diversos factores: las redes deberían haberse dejado uno o dos días, la luz de malla y calibre debió haber sido otro, la corriente podría haber cambiado de posición las redes; alguna nutría, cocodrilo u otro pez carnívoro podría haberse comido lo poco que quedó atrapado en la red; la migración de los peces está muy restringida a ciertas áreas o incluso éstos podrían haber notado y evadido la red.

### **8.3. Estructura de la ictiofauna**

La abundancia tuvo una relación directamente proporcional con la transparencia. La razón es práctica: como el método de captura de los organismos se basó en el uso del arpón a través del buceo libre, la transparencia del agua jugó un papel

importante a la hora de recolectar a los organismos. A lo largo del río se observó un gradiente en la abundancia numérica que fue en aumento desde la parte alta hasta la boca. La única estación diferente a este patrón fue la Unión, ya que ésta se vio influenciada por un arroyo somero en el cual fue necesario muestrear debido a la turbidez del cauce principal, por lo tanto el número de especies capturadas aquí fue bastante alto, siendo en su mayoría juveniles y adultos pequeños.

El valor más bajo de abundancia, en Cocoyol, fue ocasionado por la turbidez del agua, ya que fue la estación con la menor transparencia medida lo que limitó en gran medida la visibilidad del pescador bajo el agua. A diferencia de los censos visuales de peces que se llevan a cabo en los arrecifes, debido a la claridad del agua, el río Hondo solo presenta las condiciones óptimas para este tipo de muestro en la parte baja del río, ya que esta región está influenciada por el agua de la bahía. Río arriba el agua es demasiado turbia como para basar el estudio en un muestreo visual. Además, este trabajo es el primero que se basa en el arpón para determinar la composición y estructura de los peces en un río.

Al igual que la abundancia, la biomasa también presentó un gradiente en aumento desde La Unión hasta Santa Elena, decayendo un poco en la boca del río. Aunque *P. melanurus* y *E. plumieri* estuvieron presentes en estos dos estaciones, *E. plumieri* presentó pocos organismos en la Boca, mientras que en Santa Elena el número elevado de esta especie, junto con la alta abundancia de *P. melanurus*, dispararon el valor de la biomasa en este punto. A pesar de que La

Unión tuvo el valor más elevado de abundancia, no fue así para la biomasa, ya que ésta fue aportada por organismos de tallas pequeñas.

El gradiente encontrado tanto, en la abundancia, como en la biomasa, concuerda con lo expresado por Vannote et al. (1980). Ellos explican que la materia parcialmente procesada, debido a su peso molecular, que no es utilizada por las comunidades que habitan la parte alta de los ríos, es transportada río abajo. Esta pérdida de energía río arriba es la energía de ingreso, que junto con las aportaciones locales del sistema, pasa a ser aprovechada por las comunidad de peces que habitan la parte baja de los ríos. De este modo se genera el gradiente detectado en el río Hondo.

En general, tanto en abundancia como en biomasa, la especie que más aportó en estos dos apartados fue *P. melanurus*, similar a lo reportado para el río Lacanjá (Morales-Román y Rodiles-Hernández, 2000). Esto podría deberse a la capacidad de adaptación de esta especie ante las variaciones de los parámetros físico-químicos del agua, tal y como lo demostró el ACC de este trabajo. Además de dominar en abundancia y en biomasa, también lo hizo en frecuencia, puesto que estuvo presente en todas las estaciones de muestreo. Esta amplia distribución concuerda con lo reportado en el río Champotón (López-López et al., 2009). Por lo tanto, y de acuerdo al IVIr, *P. melanurus* fue la especie dominante en el sistema, seguida de *O. niloticus* y *E. plumieri*. Esselman y Allan (2010) señalan a *P. melanurus* como una especie altamente exitosa en los ríos de la plataforma yucateca.

La riqueza en el río Hondo no presentó un gradiente claro como el de otros sistemas (Edds, 1993; McGarvery, 2011; Rodiles-Hernández et al., 1999; Smith et al., 2009), ya que el aumento en número de especies, desde la parte alta del río hasta la desembocadura de éste, no se detectó. En el presente estudio, la riqueza presentó valores que cambiaron subiendo y bajando drásticamente entre las estaciones. El elevado número de especies encontrado en La Unión, como ya se mencionó, se debió a la influencia de un arroyo que aportó un gran número de especies pequeñas o en estado juvenil. Por otro lado, el bajo número de especies en Cocoyol se debió a la alta turbidez del agua, lo que afectó el desempeño del pescador. En Allende y Sarabia la visibilidad dentro del agua mejoró significativamente, además de ser una región meramente dulceacuícola, por lo que el número de especies en estas estaciones fue alto. López-López et al. (2009) también encontraron un mayor número de especies en la región dulceacuícola del río Champotón, lo que coincide con lo encontrado en el Hondo.

La carencia de un gradiente en el aumento de especies (desde la cabecera de un río hasta la parte baja de éste) ha sido expuesta por Rojas y Rodríguez (2008) y Trujillo-Jiménez et al. (2010), quienes han argumentado que la influencia de actividades humanas en los ríos (contaminación principalmente) estaría provocando este inusual patrón. El río Hondo no sería la excepción, puesto que su cauce atraviesa las zonas de cultivo de caña de azúcar de la región. En la literatura se menciona que los sitios cercanos a la desembocadura de los ríos presentan mayor número de especies, debido a que en esta zona confluyen, tanto especies dulceacuícolas, como marinas y estuarinas (Gómez-González, 2011;

Lyons y Schneider, 1990). En la hipótesis de este trabajo se esperaba que ocurriera tal cosa, pero los sitios cercanos a la desembocadura (Santa Elena y Boca) fueron los que presentaron un menor número de especies. Este arreglo en la composición de especies y en la disminución de la riqueza en lugares cercanos a la boca (zona estuarina) se le ha atribuido a la salinidad, tal y como lo expusieron Barletta et al. (2005) en el estuario del río Caeté, Brazil. Sosa-López et al. (2007) en la laguna de Términos, Campeche, encontraron una disminución en la riqueza de las especies conforme aumentaba la salinidad.

Los valores de diversidad y de equidad presentaron un gradiente similar en el que los valores más altos se obtuvieron río arriba y los valores más bajos en los sitios cercanos a la boca, tal y como lo expone Vannote et al. (1980). Por su parte Smith et al. (2009) también obtuvieron el mismo patrón de diversidad en el río Sorocaba, y lo atribuyeron al grado de conservación del río, pues los valores más bajos se obtuvieron en sitios perturbados por contaminación y deforestación. Para el río Hondo podrían ser tres los factores que determinaron este patrón de diversidad y equidad: el aumento de salinidad en la boca, el aporte de contaminantes derivados de la actividad cañera y el grado de conservación del río y su vegetación en la parte alta de éste.

Los bajos valores del índice de diversidad se debieron a la dominancia numérica de unas cuantas especies: *E. plumieri*, *O. niloticus* y principalmente *P. melanurus*. Esto debido a que el índice de diversidad utilizado (Shannon), es sensible cuando pocas especies dominan numéricamente en gran medida, dando

como resultado valores bajos, ya que el índice toma en cuenta la abundancia de éstas para la obtención de los valores de diversidad.

En estudios que abarcaron todo un año en otros sistemas lóticos tropicales (Rodiles-Hernández et al., 1999; Rojas y Rodríguez, 2008; Smith et al., 2009), se ha demostrado que la época de secas ha sido la que ha aportado los valores más altos en los índices de riqueza, diversidad y abundancia. Debido a esto se esperaría que los datos obtenidos en la época de secas en el río Hondo, sean los más altos de todo el año, superando así a las épocas de lluvias y nortes en estos parámetros ecológicos. Esto podría deberse a la estabilidad del río en la época de secas y a la vulnerabilidad de los peces a ser capturados, debido al menor volumen de agua en el río, tal y como lo sugieren Smith et al. (2009).

Con respecto a la diversidad alfa, ésta mostró un gradiente en disminución río abajo, con lo que se cumple una de las hipótesis planteadas en el estudio. Al igual que la riqueza, la diversidad alfa también presentó los valores más bajos en la parte baja del río Hondo, esto debido al incremento de la salinidad en los sitios cercanos a la desembocadura del río.

Respecto al recambio de especies entre sitios (diversidad beta), éste fue bastante consistente entre las estaciones al analizarlo de manera lineal, es decir, al comparar una estación con la siguiente sobre el cauce del río. Los valores del coeficiente, entre los pares de estaciones contiguas, expresaron un reemplazo de especies moderado entre estaciones. Los cambios más notables se observaron al confrontar todas las estaciones entre éstas mismas, éste evidenció dos regiones

del río con comunidades ícticas bastante diferentes: la parte alta-medio del río (La Unión y Cocoyol) y la parte baja del río (Boca).

En lo que concierne a la distribución de las especies a lo largo del río Hondo, la presencia de especies marinas, como *Caranx hippos* y *Centropomus undecimalis*, ha sido observada hasta La Unión (120 km río adentro) en el mes de abril por Pacheco-Díaz (2010, com. pers.). La presencia de anfidromos extremos río arriba ha sido expuesta también por Rojas y Rodríguez (2008). Estos autores encontraron *Centropomus nigrescens*, *C. viridis*, *Lutjanus jordani* y *L. novemfasciatus* a 80 km río adentro en el río Grande de Térraba, Costa Rica.

El diagrama de presencia-ausencia elaborado para observar la distribución de especies, muestra un reemplazo de especies bastante discreto acompañado de una sutil adición de especies, lo cual es resultado de la homogeneidad ambiental del río. Este fenómeno coincide con lo expresado por Vannote et al. (1980), quienes dijeron que la adición de especies usualmente está relacionada con gradientes ambientales que presentan transiciones poco marcadas de factores bióticos a lo largo de un río.

Por otro lado, la sustitución de especies está relacionada con discontinuidades drásticas en la geomorfología o en las condiciones abióticas de un sistema lótico (Balon y Stewart, 1983; Medina-Nava et al., 1998; Rodiles-Hernández et al., 1999). En el río Hondo no existen rápidos, zonas con mucha corriente con presencia de rocas o cascadas que pudieran provocar estas discontinuidades abruptas, por lo que la sustitución de especies no fue muy

marcada. La única variable abiótica que mostró un cambio más o menos notable fue la salinidad, y fue en la parte estuarina del río.

En este estudio, la distribución de especies del río Hondo difirió en gran medida del reemplazo de especies bastante marcado que López-López et al. (2009) observaron en el río Champotón. También fue diferente a la adición de especies sin reemplazo de éstas, que Rodiles-Hernández et al. (1999) observaron en el río Lacanjá, Chiapas. Estos últimos zonificaron al río Lacanjá en tres partes (alta, media y baja) con base en la distribución de especies, mientras que en la presente investigación el dendrograma dividió al río Hondo en dos zonas con base a la distribución de las especies (baja-media y media-alta).

## 9. CONCLUSIONES

A pesar de su gran cauce y longitud, debido a las condiciones ambientales, su juventud geológica y su estado oligotrófico el río Hondo alberga tanto un relativo bajo número de especies, como índices bajos de diversidad.

Este estudio encontró que la ictiofauna del río Hondo está compuesta por 40 especies repartidas en 33 géneros, 18 familias y 11 órdenes.

Las familias mejor representadas fueron Cichlidae con 12 especies y Poeciliidae con nueve.

*Paraneetroplus melanurus* fue la especie más abundante y frecuente del río Hondo.

La región alta del río Hondo presentó los valores promedios más altos de riqueza, diversidad y abundancia, no así para la región baja del mismo, la cual tuvo los valores más bajos de estos parámetros de la estructura de la comunidad.

El río Hondo está dominado, en la época de secas, principalmente por especies del componente dulceacuícola secundario, mientras que en aspecto trófico son las especies omnívoras las que abundan en el río.

Longitudinalmente y con base en las características ambientales, el río Hondo está zonificado en tres partes: desembocadura, parte baja-media y media-alta. La parte de la desembocadura se comportó como una zona estuarina, aunque con bajos valores de salinidad (aguas oligohalinas). Por otro lado, y con

base en la distribución de especies, el río se zonificó en dos partes: región baja-media y media-alta.

La superficie y el fondo del río presentan hábitats diferentes, por lo que la composición y estructura de la ictiofauna en el fondo podría ser diferente a la encontrada en los primeros metros de la columna de agua.

En la época de secas, el río Hondo es un sistema dominado por la anchura del río, distancia a la boca, transparencia, profundidad, oxígeno disuelto y conductividad.

La ictiofauna del río Hondo está estrechamente relacionada con tres características morfométricas de éste: anchura, profundidad y distancia a la boca, y por dos parámetros físico-químicos: conductividad y oxígeno disuelto durante la época de secas.

Para conocer a profundidad la dinámica del sistema, así como el comportamiento de la composición y estructura de la ictiofauna, es necesario llevar a cabo un estudio que abarque las tres temporadas del año y las estaciones de muestreo deben aumentarse. Además, el esfuerzo, en tiempo y artes de pesca, debe ser mucho mayor, especialmente en el fondo, el cual permanece aún desconocido en gran medida.

## 10. LITERATURA CITADA

- Álvarez-Legorreta, T., 2009. Contaminación acuática. En: J. Espinoza-Ávalos, G. A. Islebe, y H. A. Hernández-Arana, eds. 2009. *El sistema ecológico de la Bahía de Chetumal/Corozal: Costa Occidental del Mar Caribe*. Chetumal: El Colegio de la Frontera Sur, pp. 205-217.
- Álvarez-Legorreta, T. 2011. Uso y manejo de recursos hídricos. En: C. Pozo, N. Armijo-Canto, y S. Calmé, eds. 2011. *Riqueza biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo 1*. México: ECOSUR, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (PPD), pp. 121-126.
- Araújo, N. B. y Tejerina-Garro, F. L., 2009. Influence of environmental variables and anthropogenic perturbations on streams fish assemblages, Upper Paraná River, Central Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 7, pp. 31-38.
- Arriaga-Cabrera, L. Aguilar-Sierra, V. Alcocer-Durán, J. Jiménez-Rosemberg, R. Muñoz-López, E. y Vázquez-Domínguez, E., 1998. *Regiones hidrológicas prioritarias: fichas técnicas y mapa (escala 1:4, 000,000)*. México: CONABIO.
- Baltz, D. M., 1990. Autoecology. En: C. B. Schreck y P. B. Moyle, eds. 1990 *Methods for fish biology*. Bethesda: American Fisheries Society, pp. 585-607.
- Balon, E. K. y Stewart, D. J., 1983. Fish assemblages in a river with unusual gradient (Luongo, Africa - Zaire system), reflections on river zonation, and

- description of another new species. *Environmental Biology of Fishes*, 9(3), pp. 225-252.
- Barletta, M., Barletta-Bergan, A., Saint-Paul, U., y Hubold, G., 2005. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. *Journal of Fish Biology*, 66, pp. 45-72.
- Brower, J. E. y Zar, J. H., 1984. *Field and laboratory methods for general ecology*. Dubuque: Wm. C. Brown Co.
- Camarena-Luhrs, T. y Cobá-Cetina, L., 1991. Aguas continentales e hipohalinas. En: T. Camarena-Luhrs y S. Salazar-Vallejo, eds.. *Estudios ecológicos preliminares de la zona sur de Quintana Roo*. Chetumal: El Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO), pp. 161-166.
- Carrillo, L., Palacios-Hernández, E., Yescas, M., y Ramírez-Aguilar, A. M., 2009. Spatial and seasonal patterns of salinity in a large and shallow tropical esutary of the Western Caribbean. *Estuaries and Coast*, 32, pp. 906-916.
- Clarke, K. R. y Warwick, R. M., 2006. *Change in marine communities: an approach to statistical interpretation. 2nd. (version 1.0.1)*. Cambridge: PRIMER-E Ltd.
- Cummins, K. W., 1977. From headwater streams to rivers. *The American Biology Teacher*, 39(5), pp. 305-312.
- de Jesús Navarrete, A. y Góngora-Pech, Z. V., 2009. Distribución y abundancia de los nematodos en el gradiente salino río Hondo-Bacalar Chico. En: J. Espinoza-Ávalos, G. A. Islebe, y H. A. Hernández-Arana, eds. 2009. *El sistema ecológico de la Bahía de Chetumal/Corozal: Costa Occidental del Mar Caribe*. Chetumal: ECOSUR, pp. 69-79.

- Edds, D. R. , 1993. Fish assemblage structure and environmental correlates in Nepal's Gandaki River. *Copeia*, 1993, pp. 48-60. 1993.
- Eschmeyer, W. N. y Fricke, R., 2011. *Catalog of Fishes electronic version*. [en línea] Disponible en: <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. [Acceso 26-10-2011]
- Espinosa-Pérez, H., Gaspar-Dillanes, M. T., y Fuentes-Mata, P., 1993. *Listados faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos*. México: IBUNAM.
- Esselman, P. C., 2009. *Fish communities and conservation of aquatic landscapes in northeastern Mesoamerica*. Tesis doctoral. The University of Michigan.
- Esselman, P. C. y Allan, J. D., 2010. Relative influences of catchment- and reach-scale abiotic factors on freshwater fish communities in rivers of northeastern Mesoamerica. *Ecology of Freshwater*, 19, pp. 439-454.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), 2005. *Guía del administrador pesquero. Medidas de ordenación y su aplicación*. Roma: FAO
- Froese, R. y Pauly, D., 2012. *FishBase*. [en línea] Disponible en: [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org) [Acceso 7-09-2011]
- Gamboa-Pérez, H. C., 1991. Ictiofauna dulceacuícola en la zona sur de Quintana Roo. En: T. Camarena-Luhrs y S. Salazar-Vallejo, eds. 1991. *Estudios ecológicos preliminares de la zona sur de Quintana Roo*. Chetumal: CIQRO, pp. 186-198.
- Gamboa-Pérez, H. C., 1994. Peces continentales de la frontera México-Belice: Río Hondo y cuerpos de agua adyacentes. En: E. Suárez-Morales, ed. 1994.

- Estudio integral de la frontera México-Belice, tomo IV: recursos naturales.*  
Chetumal: CIQRO, pp. 143-154.
- Gómez-González, A. E., 2011. *Comunidad de peces del sistema Chantuto-Panzacola, Reserva de la Biosfera La Encrucijada.* Tesis de maestría. ECOSUR.
- Greenfield, D. W. y Thomerson, J. E., 1997. *Fishes of the continental waters of Belize.* Gainesville: University Press of Florida.
- Halffter, G. y Moreno, C. E., 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. En: G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic, eds. 2005. *Sobre la diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma.* Zaragoza: SEA, CONABIO, CONACyT y Diversitas, pp. 5-18.
- Herrera-Sansores, J. C., 2011. Clima. En: C. Pozo, N. Armijo-Canto, y S. Calmé, eds. 2011. *Riqueza biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo 1.* México: ECOSUR, CONABIO, Gobierno del Estado de Quintana Roo y PPD, pp. 50-56.
- Herrera-Sansores, J. C. y Heredia-Escobedo, J. D., 2011. Hidrología superficial. En: C. Pozo, N. Armijo-Canto, y S. Calmé, eds. 2011. *Riqueza biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo 1.* México: ECOSUR, CONABIO, Gobierno del Estado de Quintana Roo y PPD, pp. 42-49.
- Hubbs, C. L., 1936. Fishes of the Yucatan Peninsula. *Carnegie Insitute Washintong*, 454, pp 261-295.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) 2012. Regiones y cuencas hidrológicas [en línea] Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx> [Acceso 20-11-2012]
- López-López, E., Sedeño-Díaz, E., López-Romero, F. y Trujillo-Jiménez, P., 2009. Spatial and seasonal distribution patterns of fish assemblages in the Río Champotón, southeastern Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 19, pp. 127-142.
- Lyons, J. y Mercado-Silva, N., 1999. Patrones taxonómicos y ecológicos entre comunidades de peces en ríos y arroyos en el oeste de Jalisco, México. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 70 (2), pp. 190-199.
- Lyons, J. y Schneider, D. W., 1990. Factors influencing fish distribution and community structure in a small coastal river in southwestern Costa Rica. *Hydrobiologia*, 203, pp 1-14.
- Magnon-Basnier, C., 1996. *Diagnóstico para el manejo y preservación de la cuenca hidrográfica del Río Hondo*. Tesis de maestría. ECOSUR.
- Magurran, A. E., 1988. *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princenton University Press.
- McGarvey, D. J., 2011. Quantifying ichthyofaunal zonation and species richness along a 2800-km reach of the Rio Chama and Rio Grande (USA). *Ecology of Freshwater Fish*, 20, pp. 231-242.
- McMahan, C., Murray, C. M., Geheber, A. D., Boeckman, C. D., y Piller, K., 2011. *Paraneetroplus synspilus* is a Junior Synonym of *Paraneetroplus melanurus* (Teleostei:Cichlidae). *Zootaxa*, 2833, pp. 1-14.

- Medina-Nava, M., Schmitter-Soto, J. J. y Rueda-Jasso, A. 2008. Procesos ambientales y biológicos estructurantes de la comunidad de peces en la cuenca Tepalcatepec-Infiernillo. *Ciencia Nicolaita*, Número especial, pp. 139-144.
- Miller, R. R., 1982. Pisces, En: S. H. Hulbert y A. Villalobos-Figueroa, eds. 1982 *Aquatic biota of Mexico, Central America and the West Indies*. San Diego: San Diego State University, pp. 486-501.
- Miller, R. R., 1991. Taxonomic status of two nominal species of Mexican freshwater fishes (Cyprinidae). *Copeia*, 1991(1), pp. 225-227.
- Miller, R. R., Minckley, W. L. y Norris, S. M., 2009. *Peces dulceacuícolas de México*. México: CONABIO, Sociedad Ictiológica Mexicana, ECOSUR, Consejo de Peces del Desierto.
- Moore, R. D., Spittelhouse, D. L. y Story, A., 2005. Riparian microclimate and stream temperature response to forest harvesting: a review. *Journal of the American water resources association*, 41, pp. 813-834.
- Morales-Román, M. y Rodiles-Hernandez, R., 2000. Implicaciones de *Ctenopharyngodon idella* en la comunidad de peces del río Lacanjá, Chiapas. *Hidrobiológica*, 10, pp. 13-24.
- Moreno, C. E., 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: MyT-Manuales, Tesis SEA.
- Nelson, J. S., 2006. *Fishes of the world*, 4a ed. Nueva York: John Wiley y Sons, Inc.
- Nybakken, J. W. y Bertness, M. D., 2005, *Marine Biology: An Ecological Approach*, 6ta ed. San Francisco: Benjamin Cummings.

- Oberdorff, T., Guégan, J. F. y Hugueny, B., 1995. Global scale patterns of fish species richness in rivers. *Ecography*, 18, pp. 345-352.
- Pacheco-Díaz, R. I., 2011. *Efectos del paisaje sobre un índice biótico de integridad en el río Hondo*. Tesis de maestría. ECOSUR.
- Pimentel-Cadena, E., 2001. *Distribución y abundancia de la ictiofauna en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo*. Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico del Mar No. 6.
- Rodiles-Hernandez, R., Díaz-Pardo, E. y Lyons, J., 1999. Patterns in the species diversity and composition of the fish community of the Lacanja River, Chiapas, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology*, 14(4), pp. 455-468.
- Rojas, J. R. y Rodríguez, O., 2008. Diversidad y abundancia ictiofaunística del río Grande de Térraba, sur de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 56(3), pp.1429-1447.
- Rondon Suárez, Y. y Petreire Jr, M., 2007. Environmental factors predicting fish community structure in two neotropical rivers in Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 5, pp. 61-68.
- Ruiz-Cauich, L. E., 2011. *Un modelo trófico para la cuenca del río Hondo, México*. Tesis de maestría. ECOSUR.
- Schmitter-Soto, J. J., 1998. *Catálogo de los peces continentales de Quintana Roo*. San Cristóbal de las Casas: ECOSUR.
- Schmitter-Soto, J. J. y Gamboa-Pérez, H., 1996. Composición y distribución de peces continentales en el sur de Quintana Roo, Península de Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical*, 44(1), pp 199-212.

- Schmitter-Soto, J. J. y Caro, C. I., 1997. Distribution of tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Perciformes: Cichlidae), and water body characteristics in Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical*, 45 (3), pp. 1257-1261.
- Schmitter-Soto, J. J., Ruiz-Cauich, L. E., Herrera, R. L., y González-Solís, D., 2011. An index of biotic integrity for shallow streams of the Hondo River basin, Yucatan Peninsula. *Science of the Total Environment*, 409, pp. 844-852.
- Schmitter-Soto, J. J., Vásquez-Yeomans, L., Pimentel-Cadena, E., Herrera-Pavón, R., Paz, G., y García-Téllez, N. 2009, Peces. En: J. Espinoza-Ávalos, G. A. Islebe, y H. A. Hernández-Arana, eds. 2009. *El sistema ecológico de la Bahía de Chetumal/Corozal: Costa Occidental del Mar Caribe*. Chetumal: ECOSUR, pp. 102-114.
- Scholz, T. y Vargas-Vázquez, J., 1998. Trematodes from fishes of the Río Hondo River and freshwater lakes of Quintana Roo, México. *Journal of the Helminthological Society of Washington*, 65, pp. 91-95.
- Smith, W. S., Petrere Jr, M. y Barrella, W., 2009. The fish community of the Sorocaba River Basin in different habitats (State of São Paulo, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 69(4), pp. 1015-1025.
- Soria-Barreto, M. y Rodiles-Hernandez, R., 2008. Spatial distribution of cichlids in Tzendales River, Biosphere Reserve Montes Azules, Chiapas, Mexico. *Environmental Biology of Fishes*, 83, pp. 459-469.
- Sosa-López, A., Mouillot, D., Ramos-Miranda, J., Flores-Hernandez, D., y Do Chi, T., 2007. Fish species richness decreases with salinity in tropical coastal lagoons. *Journal of Biogeography*, 34, pp. 57-61.

- Tello-Taracena, H. A. y Castellanos-Martínez, E. O. 2011, Características geográficas. En: C. Pozo, N. Armijo-Canto, y S. Calmé, eds. 2011. *Riqueza biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo 1*. México: ECOSUR, CONABIO, Gobierno del Estado de Quintana Roo y PPD, pp. 24-33.
- ter Braak, C. J. F. y Smilauer, P., 2002. *CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5)*. Nueva York: Microcomputer Power.
- Torres-Castro, I. L., Vega-Cendejas, M. E., Schmitter-Soto, J. J., Palacio-Aponte, G., y Rodiles-Hernandez, R., 2009. Ictiofauna de sistemas cárstico-palustres con impacto antrópico: los petenes de Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*, 57, pp. 141-157.
- Trujillo-Jiménez, P., López-López, E., Díaz-Pardo, E. y Camargo, J. A., 2010. Patterns in the distribution of fish assemblages in Río Amacuzac, México: influence of abiotic factors and biotic factors. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 20, pp. 457-469.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. y Cushing, C. E., 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 37, pp. 130-137.
- Whittaker, R. H., 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2), pp. 213-251.
- Wootton, R. J., 1990. *Ecology of teleost fishes*. Londres: Chapman y Hall.

## 11. PUBLICACIÓN

El artículo fue sometido a la Revista Mexicana de Biodiversidad:

Biólogo Jesús Manuel López Vila:

Gracias por enviarnos su manuscrito "Composición y estructura de la ictiofauna del río Hondo, México-Belice" a Revista Mexicana de Biodiversidad. Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrá seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

URL del manuscrito:

<http://www.revistas.unam.mx/index.php/bio/author/submission/35806>

Nombre de usuario/o: chus1987

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as. Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

Fernando Álvarez Noguera

Revista Mexicana de Biodiversidad

---

Revista Mexicana de Biodiversidad

<http://www.journals.unam.mx/index.php/bio>

López-Vila et al. Peces del río Hondo, México-Belice

### **Composición y estructura de la ictiofauna del río Hondo, México-Belice**

### **Composition and structure of the ichthyofauna in the Hondo river, Mexico-Belize**

Jesús M. López-Vila<sup>1</sup>\*, Martha E. Valdéz-Moreno<sup>1</sup>, Juan J. Schmitter-Soto<sup>1</sup>, Manuel Mendoza-Carranza<sup>2</sup>, Roberto L. Herrera Pavón<sup>1</sup>

<sup>1</sup> El Colegio de la Frontera Sur, Av. Centenario km 5.5, C.P. 77900, Chetumal, Quintana Roo. [\\*jlopezv@ecosur.edu.mx](mailto:*jlopezv@ecosur.edu.mx)

<sup>2</sup> El Colegio de la Frontera Sur, Carretera a Reforma km 15.5, Ranchería Guineo, segunda sección, C.P. 86280, Villahermosa, Tabasco. [mcarranza@ecosur.mx](mailto:mcarranza@ecosur.mx)

**Resumen.** Se determinó la composición y estructura de la ictiofauna del río Hondo y la variación espacial de éstas en función de los parámetros ambientales. Se realizaron tres muestreos durante marzo, abril y mayo de 2012 en seis sitios a lo largo del río. Los datos usados para determinar la estructura se obtuvieron mediante un arpón de 58.5 cm, utilizado durante dos horas de buceo libre en cada punto de muestreo. Para complementar la lista de especies se utilizaron redes agalleras, palangres, nasas y anzuelos. Además, se realizó una revisión bibliográfica y se consultó material de la colección de peces de ECOSUR en Chetumal. La lista sistemática se conformó por 40 especies en 33 géneros, 18 familias y 11 órdenes. La familia mejor representada fue Cichlidae, incluida la especie exótica *Oreochromis niloticus*. Los parámetros ambientales que mejor describieron la distribución y abundancia de los peces en el río Hondo fueron la anchura del río, distancia a la boca, transparencia, profundidad, concentración de oxígeno disuelto y conductividad. La relación entre las especies y las variables ambientales fue alta en ambos ejes (0.89 y 0.79). Ambientalmente, el río se puede zonificar en tres partes, aunque su ictiofauna puede dividirse en dos conjuntos principales.

Palabras clave: diversidad, distribución, ecología de ríos, peces, variables ambientales, Quintana Roo.

**Abstract.** Composition and structure of the Hondo River ichthyofauna and its spatial variation were determined as a function of environmental parameters. Six sites along the river were sampled in March, April and May 2012. Data for estimating structure of fish assemblages was obtained by means of a 58.5 cm harpoon during two hours of free diving at each sampling site. The species list was completed with the aid of gillnets, longlines, double-cone traps, and hook-and-line. In addition, a bibliographical research was carried out and the ichthyological collection of ECOSUR at Chetumal was checked. The systematic list includes 40 species in 33 genera, 18 families and 11 orders. The richest family was Cichlidae, including the exotic *Oreochromis niloticus*. The environmental parameters that best described distribution and abundance of fish in the Hondo River were river width, distance to mouth, transparency, depth, dissolved oxygen concentration, and conductivity. Correlation between species and environmental parameters was high in both axis (0.89 y 0.79). The river was classified into three environmental zones, although its ichthyofauna could be divided in two main assemblages.

Key words: diversity, distribution, river ecology, fishes, environmental parameters, Quintana Roo.

## **Introducción**

El río Hondo es el único río superficial en el estado de Quintana Roo y se ubica dentro de la provincia ictiológica del Usumacinta, la cual se caracteriza por poseer un gran número de especies endémicas de las familias Poeciliidae y Cichlidae, así como muchas especies marinas que viven o penetran en agua dulce (Miller, 1982). Debido a la alta diversidad biológica que este río alberga, la Comisión Nacional para el Conocimiento y

Uso de la Biodiversidad (CONABIO) declaró en 1998 al río Hondo como Región Hidrológica Prioritaria No. 110 (Arriaga-Cabrera et al., 1998).

A pesar de lo anterior, el conocimiento de la diversidad íctica del cauce principal del río Hondo se ha limitado en gran medida a listas faunísticas (Gamboa-Pérez, 1991, 1994; Espinosa-Pérez et al., 1993; Schmitter-Soto y Caro, 1997; Arriaga-Cabrera et al., 1998; Schmitter-Soto, 1998; Scholz y Vargas-Vázquez, 1998; Esselman, 2009; Schmitter-Soto et al., 2009; Ruiz-Cauich, 2011) que han dado a conocer 38 especies hasta el momento, pero sin entrar en detalles sobre cómo está conformada la estructura de la comunidad de peces.

Por otro lado, se han realizado estudios que reportan algunos datos sobre los parámetros ambientales del río Hondo (Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez, 1996; de Jesús Navarrete y Góngora-Pech, 2009; Pacheco-Díaz, 2011; Schmitter-Soto et al., 2011) pero ninguno de éstos ha analizado la relación entre las variables ambientales y la composición y abundancia de los peces. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue el de evaluar la estructura de la ictiofauna del cauce principal del río Hondo en términos de composición, riqueza, distribución, abundancia y diversidad, así como los factores ambientales que la determinan.

### **Materiales y métodos**

El río Hondo se localiza en el Estado de Quintana Roo, entre las coordenadas 18°45' y 17°43' de latitud norte y 88°35' y 89°15' de longitud oeste (Magnon-Basnier, 1996). Nace en Guatemala, donde se le conoce con el nombre de río Azul (Gamboa-Pérez 1991; Herrera-Sansores y Heredia-Escobedo, 2011) y desemboca en la bahía de Chetumal. Tiene una longitud de 145 km, 50 m de ancho en promedio, una profundidad media de 10 m y su cuenca tributaria tiene un área de 13,465 km<sup>2</sup> (Herrera-Sansores y Heredia-

Escobedo, 2011). Este río se alberga en una falla geológica (Álvarez-Legorreta, 2011) y su cauce marca una frontera natural entre México y Belice. El clima de la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura media es de 26°C y la precipitación media de 1,350 mm. La vegetación ribereña es bastante diversa: selvas mediana subcaducifolia, baja perennifolia, baja inundable, sabana, cañaveral, pastizal cultivado y manglar (Arriaga-Cabrera et al., 1998).

Se realizaron tres muestreos mensuales en la época de secas e inicio de lluvias (marzo, abril y mayo de 2012) en seis sitios del río distribuidos desde la boca hasta la parte alta de éste (Figura 1). El principal arte de pesca, y en el que se basó la parte cuantitativa del estudio debido a la ineficacia de las redes, fue un arpón de una liga con una varilla de acero de 58.5 cm. El esfuerzo de muestreo se estandarizó con un tiempo de pesca de 2 h por sitio, tiempo en el cual el pescador nadó paralelo a la orilla del río pescando a una profundidad de entre 1 y 6 m entre las raíces de la vegetación ribereña. La actividad se realizó durante el día. Para capturar especies asociadas al fondo se colocaron tres trampas tipo nasa (90 cm de alto, 45 cm de diámetro y apertura de 13 cm), anzuelos de diferentes tamaños y un palangre con 10 anzuelos número 11. Los organismos capturados fueron contados, pesados y medidos en campo; la mayoría de estos fueron identificados en campo, aquellos que no pudieron serlo se transportaron en una hielera al laboratorio para su determinación taxonómica. Para completar la lista sistemática de las especies se revisó bibliografía especializada y la colección ictiológica de ECOSUR-Chetumal (ECOCH). Los peces se identificaron con las claves taxonómicas de Greenfield y Thomerson (1997), Schmitter-Soto (1998) y Miller et al. (2009) y la revisión sistemática reciente de McMahan et al. (2011). El arreglo sistemático a nivel de familia siguió a Nelson (2006) y la actualización de nomenclatura a Eschmeyer y Fricke (2012).

En cada sitio de muestreo se midieron las variables físico-químicas del agua con una sonda multiparamétrica marca Horiba modelo U-10: temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (ups), conductividad (mS/cm), oxígeno disuelto (mg/l) y pH. Se registraron también las siguientes características del río: anchura del río con un GPS marca Garmin y el programa Google Earth, la profundidad del río con una plomada, la transparencia del agua con un disco Secchi. Además se registró de manera cualitativa el tipo de vegetación.

Para analizar la estructura de la comunidad íctica del río Hondo se tomó en cuenta la composición y riqueza de las especies; la dominancia de éstas se calculó con base en un Índice de Valor de Importancia relativa (IVIr), el cual toma en cuenta la biomasa, abundancia y frecuencia relativa de las especies; la diversidad con base en el índice de Shannon ( $H'n$ ) y la equidad con el índice de Pielou ( $J'n$ ) (Magurran, 1998). La distribución de las especies se analizó con un cuadro de presencia-absencia y con esta información se realizó un dendrograma con base en el índice de similitud de Bray-Curtis y la estrategia de agrupamiento UPGMA, para así conocer el grado de asociación entre sitios.

Con el fin de conocer las variables que mejor reflejaron la dinámica del río se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) con el paquete estadístico PERMANOVA 6 + PRIMER versión 1.0.1 (Clarke y Warwick, 2006). La relación entre las variables ambientales y los peces se evaluó mediante un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) con la ayuda del programa CANOCO versión 4.5 (ter Braak y Smilauer, 2002); no se tomaron en cuenta las especies representadas por uno o dos individuos. Los datos del ACP se normalizaron y posteriormente se transformaron logarítmicamente; los datos del ACC solo se transformaron logarítmicamente. En el caso de las variables que presentaron colinearidad se optó por una de cada par y aquellas variables con baja capacidad de explicación tampoco se tomaron en cuenta. De este modo, para el ACP y

ACC se utilizaron las siguientes variables: anchura del río, transparencia, profundidad, distancia a la boca, conductividad superficial y oxígeno disuelto en la superficie.

## **Resultados**

*Parámetros ambientales y de estructura de hábitat que dominan en el río Hondo.* De acuerdo con el ACP, el 83% de la variación fue explicada por los dos primeros componentes. El eje 1 expresó un 55.8% y fue dominado por variables que tienen que ver con la estructura del río: transparencia, profundidad, anchura del río y distancia a la boca. Por otro lado, el eje 2 aportó un 22.7% de la variación y las variables más importantes tienen que ver con conductividad y oxígeno disuelto, así como otro parámetro de estructura del río, la profundidad. El gráfico en dos dimensiones (Figura 2) agrupa las estaciones en tres conjuntos que dividen al río en tres secciones: alta (Cocoyol y La Unión), media-baja (Allende, Santa Elena y Sarabia) y desembocadura (Boca). Además, muestra un gradiente marcado por la distancia a la boca y la conductividad superficial, desde La Unión hasta la desembocadura. La conductividad permitió diferenciar la región estuarina de la dulceacuícola, debido a que los valores más altos de esta variable se midieron en Santa Elena y Boca, especialmente en el fondo, lo que hizo evidente la presencia de una cuña salina que llega hasta Santa Elena en la época de sequía.

*Composición y estructura de la ictiofauna.* Se capturó un total de 353 peces agrupados en seis órdenes, 11 familias, 18 géneros y 19 especies (Cuadro 1), entre éstas una exótica: *Oreochromis niloticus*. Los organismos capturados acumularon una biomasa de 111,312 g. A estas especies se le suman 21 más como resultado de la revisión bibliográfica y de la colección ictiológica de ECOSUR-Chetumal, de modo que la ictiofauna del río Hondo está conformada por 11 órdenes, 18 familias, 33 géneros y 40 especies (Cuadro 1).

De las 19 especies capturadas solo dos no fueron pescadas con arpón (*Megalops atlanticus* y *Rhamdia laticauda*); el resto ayudó a determinar cuantitativamente la estructura de la ictiofauna del río Hondo. La familia mejor representada fue Cichlidae, con nueve especies, mientras que las familias Ariidae, Belonidae, Characidae, Gerreidae, Lutjanidae, Poeciliidae y Tetraodontidae estuvieron representadas por una especie cada una. La especie más importante por su alta abundancia a lo largo de todo el río fue *Paraneetroplus melanurus* (antes conocida como *Cichlasoma synspilum*), ya que los 186 organismos de esta especie contribuyeron con el 55.69% de la abundancia total, así también lo fue en biomasa con 40,245 g, lo que representó un 51.76% de la biomasa total. De las especies capturadas destacan las siguientes, por ser consumidas por los habitantes de la ribera del río: *Cichlasoma urophthalmus*, *Eugerres plumieri*, *Ictalurus meridionalis*, *Lutjanus griseus*, *Oreochromis niloticus*, *Paraneetroplus melanurus* y *Petenia splendida*.

El sitio con la mayor abundancia de peces (promedio de las tres expediciones) fue la estación Boca ( $24.33 \pm 3.21$  DE), mientras que la estación Cocoyol presentó el valor promedio más bajo ( $4.33 \pm 2.41$ ). Por otro lado, el valor promedio más alto de biomasa se registró en Santa Elena ( $7,878.33 \text{ g} \pm 2,162.17$ ) y el más bajo en Cocoyol ( $869.33 \text{ g} \pm 364.77$ ). La mayor riqueza promedio de especies se encontró en La Unión ( $6.66 \pm 1.15$ ) y la menor en Cocoyol ( $3 \pm 1$ ) y Santa Elena ( $3 \pm 0$ ). La estación con mayor diversidad ( $H'$ ) fue La Unión ( $1.54 \pm 0.31$ ), mientras que Santa Elena fue la estación con el valor promedio más bajo de diversidad ( $0.62 \pm 0.19$ ). Por su parte la equidad ( $J'$ ) tuvo su valor promedio más alto en Cocoyol ( $0.908 \pm 0.15$ ) y el menor en la estación Boca ( $0.52 \pm 0.21$ ). Las especies dominantes durante la época de secas en el río Hondo, de acuerdo al IVIr, fueron *P. melanurus* (41.09%), *O. niloticus* (14.16%), *E. plumieri* (13.24%) y *C. urophthalmus*

(9.04%). En conjunto estas especies contribuyeron con el 77.5% del total del IVIr. El resto de las especies estuvieron por valores debajo del 7% de este índice.

*Distribución.* Las especies ampliamente distribuidas a lo largo de todo el río fueron *C. urophthalmus* y *P. melanurus*, seguidas de *O. niloticus* y *P. splendida*, las últimas dos se encontraron en cinco de seis sitios del río. Las especies que se restringieron a la región estuarina del río y a la zona de influencia de ésta fueron *E. plumieri*, *M. atlanticus*, *I. meridionalis* y *Sphoeroides testudineus*. El ordenamiento espacial de las especies (Cuadro 2) muestra una transición gradual desde La Unión hasta la desembocadura del río. Con base en el análisis de agrupamiento de las especies encontradas en cada estación, el río se zonificó en dos regiones (Figura 4). Una sección corresponde a la parte baja del río y la otra a la alta.

*Relación entre las especies y los parámetros ambientales y de estructura de hábitat.* El ACC del río Hondo evidenció un gradiente asociado a las variables ambientales y a las relacionadas con la forma del río (Figura 3). El gradiente expresado sobre el eje 1 muestra claramente el aumento de profundidad y de anchura del río desde la parte alta de éste hasta su desembocadura; la conductividad también presentó este aumento. El oxígeno mostró un patrón contrario a la conductividad, ya que los sitios con mayor cantidad de oxígeno se presentaron en la parte alta del río. Esta variable también demostró un gradiente relacionado con la profundidad, debido a que conforme la profundidad aumentaba el oxígeno disminuía.

A lo largo del gradiente mencionado sobre el eje 1, las especies que se relacionaron con sitios someros y con elevados valores de oxígeno y poca conductividad,

ubicados en la parte alta y estrecha del río, fueron *Amphilophus robertsoni*, *Cichlasoma salvini*, *Cryptoheros chetumalensis* y *Thorichthys meeki*. Las especies *C. urophthalmus* y *P. splendida* tuvieron relación con sitios ricos en oxígeno, aguas pocas profundas y con cierto grado de conductividad. Contrario a éstas esuvieron *E. plumieri* y *Ariopsis assimilis*, las cuales tuvieron preferencia por sitios poco profundos y con valores bajos de oxígeno disuelto. Al centro del gráfico se observó a *P. melanurus* y *O. niloticus*, las cuales se distribuyeron ampliamente a lo largo del río, lo que refleja la plasticidad de estas especies ante la variación de los variables tomadas en cuenta para este análisis. La correlación entre las especies y las variables ambientales fue alta en ambos ejes (0.89 para el eje 1 y 0.79 para el eje 2).

## **Discusión**

El conjunto de variables abióticas que le confieren identidad al río Hondo durante la época de secas son ancho del río, profundidad, distancia a la boca, transparencia, conductividad y oxígeno disuelto. Estas variables zonificaron al río en tres regiones: una región alta-media (La Unión y Cocoyol), una región baja (Allende, Sarabia y Santa Elena) y la región de la desembocadura (Boca). De las anteriores variables, se ha señalado a la distancia al océano como mucho más importante que el tamaño o diversidad de hábitats al momento de explicar la distribución y estructura de la ictiofauna en un río (Lyons y Schneider 1990)

En cuanto a la composición, las 40 especies que se dan a conocer en la lista sistemática de especies del río Hondo representan un 32% de la ictiofauna reportada en las aguas continentales de Quintana Roo, la cual se compone de 125 especies (Schmitter-Soto, 1998). Además, 19 de las 40 especies también se han registrado como componentes de la ictiofauna de la bahía de Chetumal (Pimentel-Cadena, 2011). Si se toman en cuenta las

dimensiones del río Hondo, se esperaría que la ictiofauna de éste fuera mayor a la reportada, ya que otros ríos de la misma provincia ictiográfica con longitudes menores a la del río Hondo albergan un mayor número de especies. Tal es el caso del río Champotón (Campeche) que con 48 km de longitud aloja 53 especies (López-López et al., 2009) y el del río Lacanjá (Chiapas) que ostenta 44 especies en 120 km de río (Rodiles-Hernández et al., 1999). Este bajo número de especies puede deberse a factores tanto ambientales como geológicos, debido a que las aguas del río Hondo son poco productivas (Camarena-Luhrs y Cobá-Cetina, 1991; Gamboa-Pérez, 1994), susceptibles a perturbaciones (Ruiz-Cauich, 2011) y reciben todos los residuos contaminantes derivados del cultivo de caña en la ribera del río. Por otro lado, la juventud geológica de la península, así como el drenaje superficial poco desarrollado en esta región, han generado una ictiofauna relativamente pobre (Hubbs, 1936; Miller, 1991).

Las familias mejor representadas fueron Cichlidae y Poeciliidae con 12 y nueve especies respectivamente; ambas poseen el mayor número de especies en el sur de Quintana Roo (Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez, 1996) así como en el resto de la provincia ictiogeográfica del Usumacinta (Miller, 1982; Morales-Román y Rodiles-Hernández, 2000; Soria-Barreto y Rodiles-Hernández, 2008; López-López et al., 2009; Miller, 2009; Esselman y Allan, 2010).

El 69% de las especies pertenece al componente dulceacuícola y el 31% al componente marino. Las primeras son dominantes en toda la península de Yucatán (Hubbs, 1936; Miller, 1982; Miller, 1991; Miller et al., 2009), mientras que las segundas se han dado a conocer como relativamente escasas en la región del río Hondo (Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez, 1996), lo cual coincide con lo encontrado en este trabajo. La baja presencia de especies marinas en el río podría deberse a que éste desemboca en la bahía de Chetumal

y no directamente en el mar, por lo que un gran número de especies marinas encuentran en la bahía un hábitat más favorable que la propia región estuarina del río y por consiguiente la intrusión de especies marinas en el río es baja.

*Oreochromis niloticus* fue la única especie exótica recolectada. Junto con *O. mossambicus*, fue introducida al río en 1988, posiblemente para acuicultura (Schmitter-Soto y Caro, 1997). Recientemente se reportó una especie de *Pterygoplichthys* en el río Bravo, tributario del Hondo (R. Quintana, com. pers.), pero no fue capturada en el cauce principal durante este estudio ni se conocen todavía ejemplares en Quintana Roo. *Caranx hippos*, *Centropomus undecimalis* y *M. atlanticus* han sido reportadas como especies comunes en el río Hondo (Schmitter-Soto et al., 2011), aunque este estudio solo se observó un ejemplar muerto de *M. atlanticus*. La presencia de *Thorichthys aureus* reportada por Scholz y Vargas-Vázquez (1998) es dudosa, debido a que no se conocen ejemplares y es difícil distinguirla de *T. meeki*, que es la especie de *Thorichthys* común en el río. *Lutjanus griseus* y *S. testudineus* se dan a conocer por primera vez para el río, aunque ya se conocían de la bahía de Chetumal (Pimentel Cadena, 2001).

Tanto la abundancia numérica como la biomasa mostraron un gradiente en aumento desde La Unión hasta la boca del río. Esto concuerda con lo propuesto por Vannote et al. (1980), quienes explican que la materia orgánica parcialmente procesada que no es utilizada por las comunidades que habitan en la cabecera de los ríos es transportada río abajo. La energía que no se utiliza río arriba, junto con los aportes locales del sistema, es aprovechada por las comunidades que se encuentran en la parte baja del río. La especie más importante en el aporte de organismos y en biomasa fue *P. melanurus*, como lo es también en el río Lacanjá (Morales-Román y Rodiles-Hernández, 2000). Esta especie también estuvo presente a lo largo de todo el río Hondo, al igual que en el río Champotón

(López-López et al., 2009). Su relevancia en el IVI así como su plasticidad demostrada en el ACC respalda la idea de Esselman y Allan (2010), quienes señalan a *P. melanurus* como una especie altamente exitosa en los ríos de la plataforma yucateca.

La riqueza de especies no mostró un aumento de la cabecera hasta la desembocadura tal y como se ha visto en otros ríos (Edds, 1993; Rodiles-Hernandez et al., 1999; Smith et al., 2009; McGarvey, 2011), sino que los valores aumentaron y disminuyeron entre estaciones. La Unión tuvo el mayor número de especies debido a que esta estación se vio influenciada por un arroyo que aportó especies pequeñas o en estado juvenil, mientras que el bajo número de especies en Cocoyol fue resultado de la poca visibilidad dentro del agua, lo que afectó el desempeño del pescador. La carencia del gradiente esperado también fue expuesta por Rojas y Rodríguez (2008) y Trujillo-Jiménez et al. (2010) en los ríos Grande de Térraba (Costa Rica) y Amacuzac (Morelos), respectivamente. En ambos ríos la influencia de actividades humanas (contaminación, principalmente) estaría provocando la carencia de dicho gradiente. El río Hondo no está exento de este problema, ya que en sus aguas se han detectado hidrocarburos aromáticos policíclicos y plaguicidas organoclorados como consecuencia de la actividad agrícola en la ribera de México y Belice (Álvarez-Legorreta, 2009), estos contaminantes terminan en la parte media de su cauce, fundamentalmente. En otros estudios (Lyons y Schneider, 1990; Gómez-González, 2011) el mayor número de especies se ha encontrado en los sitios cercanos a la boca debido a la confluencia de especies marinas, estuarinas y dulceacuícolas, pero en el río Hondo no fue así. La disminución de especies en los sitios cercanos a la boca se ha asociado con el aumento de los valores de salinidad (Barletta et al., 2005; Sosa-López et al., 2007). Los valores de diversidad y equidad fueron más altos río arriba; este patrón también lo encontraron Smith et al. (2009) en el río Sorocaba, Brasil, como consecuencia

de la perturbación del hábitat y deforestación río abajo. En el río Hondo se apreció un mayor grado de conservación río arriba, lo cual también ocurre en sus tributarios (Schmitter-Soto et al., 2011). La dominancia numérica de las especies *E. plumieri*, *O. niloticus* y principalmente *P. melanurus* hizo que los valores en el índice de diversidad fueran bajos.

Mientras que ambientalmente el río muestra una zonificación de tres partes, en términos de su ictiofauna el río puede dividirse en dos regiones o conjuntos, tal y como lo expresó el dendrograma con base en la distribución de las especies a lo largo del río. De este modo se aprecia una región media alta (Cocoyol, Sarabia y La Unión) y una región media-baja (Boca, Santa Elena y Allende).

Este trabajo sienta las bases para la futura administración de los recursos acuáticos icticos con los que el río cuenta, ya que por primera vez se da a conocer una lista más completa de las especies que habitan su cauce, así como una estimación de la proporción en la que se encuentran las especies que se capturaron en campo. Estas especies en su mayoría sostienen la pesquería que existe a escala muy local en la ribera del río. Además del aprovechamiento de los peces, hay que tomar en cuenta la amenaza de la tilapia (*Oreochromis niloticus*), la posible invasión por pez diablo (*Pterygoplichthys* sp.) desde el río Bravo, Belice, y la presencia de contaminantes que provienen del cultivo de caña en los márgenes del río. Todos estos factores son un riesgo para los peces que habitan en el río Hondo, especialmente porque el río se encuentra en una región con alto grado de endemismos, especialmente para los géneros *Atherinella*, *Cryptoheros* y *Thorichthys* (Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez, 1996). Es por esto que los esfuerzos de monitoreo debe incrementarse en el cauce principal del río, además de explorar mejor las partes profundas, cuya ictiofauna se desconoce en gran medida.

## **Agradecimientos**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), al Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), a Teresa Álvarez Legorreta, a Adán Enrique Gómez González, a Peter C. Esselman, a Rodrigo Pacheco Díaz, a Janneth Adriana Padilla Saldívar, a Edgardo López y a Horacio Cárdenas Puc.

## **Literatura citada**

Álvarez-Legorreta, T., 2009. Contaminación acuática. *In* El sistema ecológico de la Bahía de Chetumal/Corozal: Costa Occidental del Mar Caribe, J. Espinoza-Ávalos, G. A. Islebe, y H. A. Hernández-Arana (eds). El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo. p. 205-217.

Álvarez-Legorreta, T. 2011. Uso y manejo de recursos hídricos. *In* Riqueza biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo 1, vol. 1, C. Pozo, N. Armijo-Canto y S. Calmé (eds). El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones, México, D.F. p. 121-126.

Arriaga-Cabrera, L., Aguilar-Sierra, V., Alcocer-Durán, J., Jiménez-Rosemberg, R., Muñoz-López, E. y Vázquez-Domínguez, E. 1998. Regiones hidrológicas prioritarias: fichas técnicas y mapa (escala 1:4,000,000). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. 142 p.

Barletta, M., A. Barletta-Bergan, U. Saint-Paul y G. Hubold. 2005. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. *Journal of Fish Biology* 66: 45-72.

- Camarena-Luhrs, T. y L. Cobá-Cetina. 1991. Aguas continentales e hipohalinas. *In* Estudios ecológicos preliminares de la zona sur de Quintana Roo, T. Camarena-Luhrs y S. Salazar-Vallejo (eds.). CIQRO, Chetumal, Quintana Roo. p. 161-166.
- Clarke, K. R. y R. M. Warwick. 2006. Change in marine communities: an approach to statistical interpretation. PRIMER-E Ltd, Plymouth, Devon. 172 p.
- de Jesús Navarrete, A. y Z. V. Góngora-Pech. 2009. Distribución y abundancia de los nematodos en el gradiente salino río Hondo-Bacalar Chico. *In* El sistema ecológico de la Bahía de Chetumal/Corozal: Costa Occidental del Mar Caribe, J. Espinoza-Ávalos, G. A. Islebe, y H. A. Hernández-Arana (eds). El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo. p. 69-79.
- Edds, D. R. 1993. Fish assemblage structure and environmental correlates in Nepal's Gandaki River. *Copeia* 1993: 48-60.
- Eschmeyer, W. N. y R. Fricke. 2012. Catalog of Fishes electronic version. <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>; última consulta: 28.XII.2012.
- Espinosa-Pérez, H., M.T. Gaspar-Dillanes y P. Fuentes-Mata. 1993. Listados faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos. IBUNAM, México, D.F. 98p.
- Esselman, P. C. 2009. Fish communities and conservation of aquatic landscapes in northeastern Mesoamerica. Tesis Doctoral, The University of Michigan. Ann Arbor, Michigan. 120 p.
- Esselman, P. C. y J. D. Allan. 2010. Relative influences of catchment- and reach-scale abiotic factors on freshwater fish communities in rivers of northeastern Mesoamerica. *Ecology of Freshwater* 19: 439-454.

- Gamboa-Pérez, H. C. 1991. Ictiofauna dulceacuícola en la zona sur de Quintana Roo. *In* Estudios ecológicos preliminares de la zona sur de Quintana Roo, T. Camarena-Luhrs y S. Salazar-Vallejo (eds.). CIQRO, Chetumal, Quintana Roo. p. 186-198.
- Gamboa-Pérez, H. C. 1994. Peces continentales de la frontera México-Belice: Río Hondo y cuerpos de agua adyacentes. *In* Estudio integral de la frontera México-Belice, tomo IV: recursos naturales., E. Suárez-Morales (ed.). CIQRO, Chetumal, Quintana Roo. p. 143-154.
- Gómez-González, A. E. 2011. Comunidad de peces del sistema Chantuto-Panzacola, Reserva de la Biosfera La Encrucijada. Tesis de Maestría, El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. 78 p.
- Greenfield, D. W. y J.E. Thomerson, 1997. Fishes of the continental waters of Belize University Press of Florida, Gainesville, Florida. 311 p.
- Herrera-Sansores, J. C. y J. D. Heredia-Escobedo. 2011. Hidrología superficial. *In* Riqueza biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo 1, C. Pozo, N. Armijo-Canto y S. Calmé (eds.). El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones , México, D.F. p. 42-49.
- Hubbs, C.L. 1936. Fishes of the Yucatan Peninsula. Carnegie Insitute Washintong, 454: 261-295.
- López-López, E., J. E. Sedeño-Díaz, F. López-Romero y P. Trujillo-Jiménez. 2009. Spatial and seasonal distribution patterns of fish assemblages in the Río Champotón, southeastern Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 19: 127-142.

- Lyons, J. y D. W. Schneider. 1990. Factors influencing fish distribution and community structure in a small coastal river in southwestern Costa Rica. *Hydrobiologia* 203: 1-14.
- Magnon-Basnier, C. 1996. Diagnóstico para el manejo y preservación de la cuenca hidrográfica del Río Hondo. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. Chetumal, Quintana Roo. 52 p.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton, Nueva Jersey. 179.
- McGarvey, D. J. 2011. Quantifying ichthyofaunal zonation and species richness along a 2800-km reach of the Rio Chama and Rio Grande (USA). *Ecology of Freshwater* 20: 231-242.
- McMahan, C., C. M. Murray, A. D. Geheber, C. D. Boeckman y K. Piller. 2011. *Paraneetroplus synspilus* is a junior synonym of *Paraneetroplus melanurus* (Teleostei:Cichlidae). *Zootaxa* 2833: 1-14.
- Miller, R. R. 1982. Pisces. *In* Aquatic biota of Mexico, Central America and the West Indies, S. H. Hulbert y A. Villalobos-Figueroa (eds.). San Diego State University, San Diego, California. p. 486-501.
- Miller, R. R. 1991. Taxonomic status of two nominal species of Mexican freshwater fishes (Cyprinidae). *Copeia* 1991: 225-227.
- Miller, R. R., W. L. Minckley y S. M. Norris. 2009. Peces dulceacuícolas de México. CONABIO, Sociedad Ictiológica Mexicana, El Colegio de la Frontera Sur, Consejo de Peces del Desierto, México, D. F. p. 559.

- Morales-Román, M. y R. Rodiles-Hernandez. 2000. Implicaciones de *Ctenopharyngodon idella* en la comunidad de peces del río Lacanjá, Chiapas. *Hidrobiológica*, vol. 10(1): 13-24.
- Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the world*. John Wiley y Sons, Inc., 4<sup>a</sup>. ed. Nueva York, Nueva York, 601 p.
- Pacheco-Díaz, R. I. 2011. Efectos del paisaje sobre un índice biótico de integridad en el río Hondo. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. Chetumal, Quintana Roo. 87 p.
- Pimentel-Cadena, E., 2001. Distribución y abundancia de la ictiofauna en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico del Mar No. 6. Bahía de Banderas, Nayarit. 44 p.
- Rodiles-Hernández, R., E. Díaz-Pardo y J. Lyons. 1999. Patterns in the species diversity and composition of the fish community of the Lacanja River, Chiapas, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology* 14(4): 455-468.
- Rojas, J. R. y O. Rodríguez. 2008. Diversidad y abundancia ictiofaunística del río Grande de Térraba, sur de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 56(3) 1429-1447.
- Ruiz-Cauich, L. E. 2011. Un modelo trófico para la cuenca del río Hondo, México. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. Chetumal, Quintana Roo. 144 p.
- Schmitter-Soto, J. J. 1998. Catálogo de los peces continentales de Quintana Roo. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas. 239 p.
- Schmitter-Soto, J. J. C. I. Caro. 1997. Distribution of tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Perciformes: Cichlidae), and water body characteristics in Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical* 45(3): 1257-1261.

- Schmitter-Soto, J. J. y H. Gamboa-Pérez, H. 1996. Composición y distribución de peces continentales en el sur de Quintana Roo, Península de Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical* 44(1): 199-212.
- Schmitter-Soto, J. J., L. E. Ruiz-Cauich, R. L. Herrera, y D. González-Solís. 2011. An index of biotic integrity for shallow streams of the Hondo River basin, Yucatan Peninsula. *Science of the Total Environment* 409: 844-852.
- Schmitter-Soto, J. J., L. Vásquez-Yeomans, E. Pimentel-Cadena, R. Herrera-Pavón, G. Paz, y N. García-Téllez. 2009. Peces. *In* El sistema ecológico de la Bahía de Chetumal/Corozal: Costa Occidental del Mar Caribe, J. Espinoza-Ávalos, G. A. Islebe, y H. A. Hernández-Arana (eds.). El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo. p. 102-114.
- Scholz, T. y Vargas-Vázquez, J. 1998. Trematodes from fishes of the Río Hondo River and freshwater lakes of Quintana Roo, México. *Journal of the Helminthological Society of Washington* 65: 91-95.
- Smith, W. S., M. Petrere Jr, y W. Barrella. 2009. The fish community of the Sorocaba River Basin in different habitats (State of São Paulo, Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 69(4) 1015-1025.
- Soria-Barreto, M. R. Rodiles-Hernandez. 2008. Spatial distribution of cichlids in Tzendales River, Biosphere Reserve Montes Azules, Chiapas, Mexico. *Environmental Biology of Fishes* 83: 459-469.
- Sosa-López, A., D. Mouillot, J. Ramos-Miranda, D. Flores-Hernandez, T. Do Chi. 2007. Fish species richness decreases with salinity in tropical coastal lagoons. *Journal of Biogeography* 34: 57-61.

ter Braak, C. J. F. P. Smilauer. 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination. [4.5]. 2002. Microcomputer Power.

Trujillo-Jiménez, P., E. López-López, E. Díaz-Pardo y J. A. Camargo. 2010. Patterns in the distribution of fish assemblages in Río Amacuzac, Mexico: influence of abiotic factors and biotic factors. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 20: 457-469.

Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell y C. E. Cushing. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 37: 130-137.

**Cuadro 1.** Lista sistemática de las especies registradas en el río Hondo. Se señalan las especies que fueron capturadas en el presente estudio (\*).

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
Elopiformes	Megalopidae	1 <i>Megalops atlanticus</i> Valenciennes, 1847
Clupeiformes	Clupeidae	2 <i>Dorosoma petenense</i> (Günther, 1867)
Characiformes	Characidae	3 <i>Astyanax</i> cf. <i>aeneus</i> (Günther, 1860)*
		4 <i>Hyphessobrycon compresus</i> (Meek, 1904)
Siluriformes	Heptapteridae	5 <i>Rhamdia guatemalensis</i> (Günther, 1864)
		6 <i>Rhamdia laticauda</i> (Kner, 1858)*
	Ictaluridae	7 <i>Ictalurus meridionalis</i> (Günther, 1864)*
	Ariidae	8 <i>Bagre marinus</i> (Mitchill, 1815)
		9 <i>Sciades assimilis</i> (Günther, 1864)*
Atheriniformes	Atherinopsidae	10 <i>Atherinella</i> sp.
Beloniformes	Belonidae	11 <i>Strongylura timucu</i> (Walbaum, 1792)*
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	12 <i>Belonesox belizanus</i> Kner, 1860
		13 <i>Gambusia sexradiata</i> Hubbs, 1936
		14 <i>Gambusia yucatanana</i> Regan, 1914
		15 <i>Heterandria bimaculata</i> (Heckel, 1848)
		16 <i>Phallichthys fairweatheri</i> Rosen y Bailey, 1959
		17 <i>Poecilia mexicana</i> Steindachner, 1863*
		18 <i>Poecilia orri</i> Fowler, 1943

		19	<i>Poecilia petenensis</i> Günther, 1866
		20	<i>Xiphophorus maculatus</i> (Günther, 1866)
Synbranchiformes	Synbranchidae	21	<i>Ophisternon aenigmaticum</i> Rosen y Greenwood, 1976
Perciformes	Centropomidae	22	<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch, 1792)
	Carangidae	23	<i>Caranx hippos</i> (Linnaeus, 1766)
	Lutjanidae	24	<i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus, 1758)*
	Gerreidae	25	<i>Eugerres plumieri</i> (Cuvier, 1830)*
	Cichlidae	26	<i>Amphilophus robertsoni</i> (Regan, 1905)*
		27	<i>Cichlasoma salvini</i> (Günther, 1862)*
		28	<i>Cichlasoma urophthalmum</i> (Günther, 1862)*
		29	<i>Cryptoheros chetumalensis</i> Schmitter-Soto, 2007*
		30	<i>Oreochromis mossambicus</i> (Peters, 1852)
		31	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)*
		32	<i>Parachromis friedrichstalii</i> (Heckel, 1840)*
		33	<i>Paraneetroplus melanurus</i> (Günther, 1862)*
		34	<i>Petenia splendida</i> Günther, 1862*
		35	<i>Rocio octofasciata</i> (Regan, 1903)
		36	<i>Thorichthys aureus</i> (Günther, 1862)
		37	<i>Thorichthys meeki</i> Brind, 1918*
	Eleotridae	38	<i>Gobiomorus dormitor</i> Lacépède, 1800
Pleuronectiformes	Achiridae	39	<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	40	<i>Sphoeroides testudineus</i> (Linnaeus, 1758)*

**Cuadro 2.** Distribución espacial de los peces del río Hondo en la época de secas.

Especie	Boca	Sta. Elena	Sarabia	Allende	Cocoyol	La Unión
<i>Amphilophus robertsoni</i>					■	■
<i>Parachromis friedrichsthalii</i>					■	■
<i>Cichlasoma salvini</i>			■	■		■
<i>Cryptoheros chetumalensis</i>						■
<i>Thorichthys meeki</i>			■	■		■
<i>Ariopsis assimilis</i>					■	
<i>Lutjanus griseus</i>			■	■		
<i>Strongylura timucu</i>			■	■		
<i>Rhamdia laticauda</i>				■	■	
<i>Petenia splendida</i>	■	■	■	■		■
<i>Eugerres plumieri</i>	■	■	■	■		
<i>Megalops atlanticus</i>		■	■			
<i>Ictalurus meridionalis</i>	■					
<i>Sphoeroides testudineus</i>	■	■	■	■	■	■
<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	■	■	■	■	■	■

*Paraneetroplus melanurus*

*Oreochromis niloticus*

**Figura 1.** Localización del río Hondo y puntos de muestreo.

**Figura 2.** Gráfico en dos dimensiones del ACP de las variables ambientales del río Hondo.

**Figura 3.** Análisis de Correspondencia Canónica entre las variables ambientales y especies

del río Hondo. Prof= Profundidad, Anc= Ancho, CS= Conductividad superficial, ODS=

Oxígeno disuelto superficial, DisBoc= Distancia a la boca. Amp rob= *Amphilophus*

*robertsoni*, Sci ass= *Sciades assimilis*, Cic sal= *Cichlasoma salvini*, Cic uro= *C.*

*urophthalmus*, Cry che= *Cryptoheros cheutmalensis*, Eug plu= *Eugerres plumieri*, Ore nil=

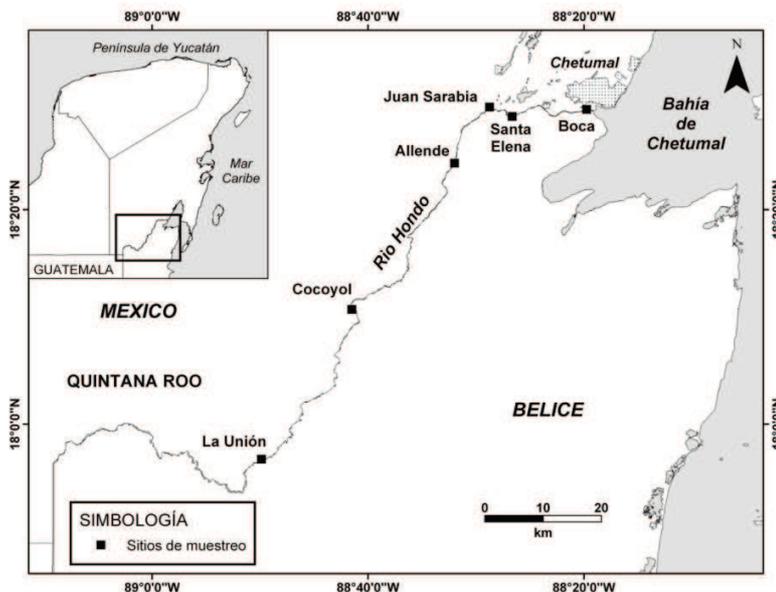
*Oreochromis niloticus*, Par mel= *Paraneetroplus melanurus*, Pet spl= *Petenia splendida*,

Tho mee= *Thorichthys meeki*.

**Figura 4.** Dendrograma de las estaciones del río Hondo con base en la distribución de

especies de acuerdo al índice de similitud de Bray-Curtis y la estrategia de agrupamiento

UPGMA.



**Figura 1.**

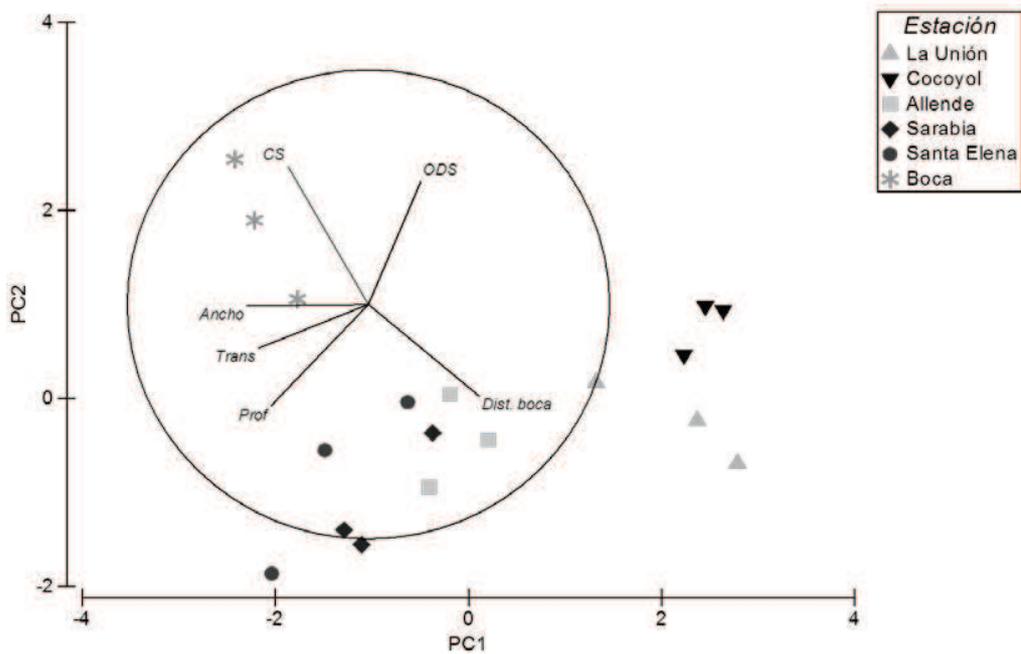


Figura 2.

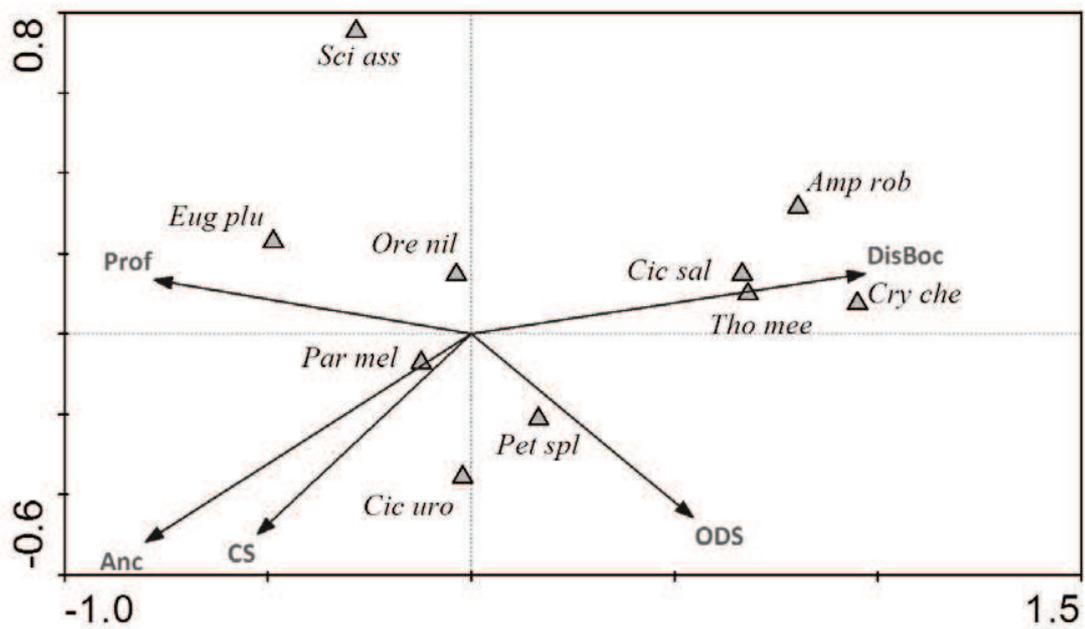
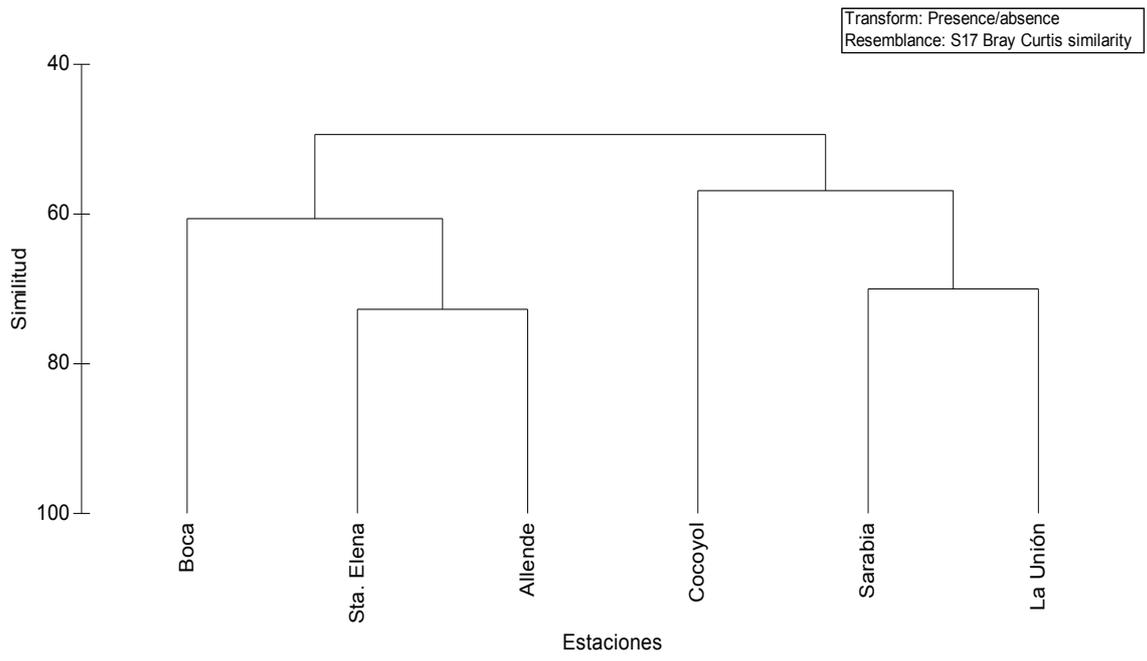


Figura 3.



**Figura 4.**