

Composición y distribución de peces continentales en el sur de Quintana Roo, Península de Yucatán, México

Juan Jacobo Schmitter-Soto y Héctor C. Gamboa-Pérez

Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Apdo. Postal 424, MX-77000 Chetumal, Q.R., México.

(Rec. 23-VI-1994. Rev. 1-XI-1994. Ac. 25-I-1995)

Abstract: Composition and distribution of the continental ichthyofauna were studied in southern Quintana Roo and adjacent areas of Campeche and Belize, southeastern Yucatan Peninsula, Mexico, on the basis of 69 sampled localities, as well as the published information and the fish collection carried out by the Zoology Museum at the Quintana Roo Research Center (MZ-CIQRO P). Fishing gear included 2- and 20-m-long seine nets, 1- and 3-m-wide throw nets, hook, spear, hand nets, and traps; we recorded parameters such as temperature, salinity and conductivity, transparency, depth, dissolved oxygen, bottom type and riparian vegetation. Most of the sites were visited in the rainy and the dry seasons. The inventory of continental fishes of Quintana Roo includes 85 species, 55 detected in the southern zone. Twelve are recorded for the first time in continental waters of the state: *Anchoa colonensis*, *A. parva*, *Rhamdia laticauda*, *Atherinella* sp., *Strongylura timucu*, *Diapterus auratus*, *Eugerres plumieri*, *Stegastes leucostictus*, *Rivulus tenuis*, *Phallichthys fairweatheri*, *Xiphophorus helleri*, and *Stephanolepis hispidus*. Cluster analysis allowed distinction of the following four local ichthyofaunas, sorted by decreasing distance to the coast: (1) Zohlaguna Plateau, some 250 masl, with relatively cool waters; (2) Hondo River and bordering water bodies, such as freshwater cenotes, wetlands, pools and creeks; (3) Center-Northeast Zone, including the brackish lake systems of Bacalar, Guerrero and Ubero, as well as the wetlands around the Bay of Chetumal and freshwater lakes such as Vallehermoso; and (4) Southern Caribbean coastal lagoons, where salinity varies regularly. Ichthyofauna (1) is characterized by the occurrence of *X. helleri* and *Rhamdia guatemalensis* and the frequency of *Heterandria bimaculata* and *Poecilia petenensis*; (2), by the frequency of primary fishes such as *Hyphessobrycon compressus* and *Rhamdia laticauda*, as well as *Ophisternon aenigmaticum*; (3) by peripheral fishes, such as *Arius assimilis*, *Gobiomorus dormitor* and *Anchoa colonensis*; (4), by a significantly greater richness, due to the dominance of marine fishes of the families Gerreidae, Lutjanidae, and others, which utilize mangroves as nursery or feeding grounds. Even though the fish distribution within the study area follows essentially ecological factors, the decrease in neotropical or primary fishes from Belize to Sian Ka'an shows the importance of historical factors on a slightly larger geographical scale.

Key words: Ichthyofauna, distribution, zoogeography, new records, Quintana Roo, Yucatan Peninsula.

A pesar de que la provincia ictiolimnológica del Usumacinta se conoce con cierta profundidad, prácticamente no se ha explorado aún el sureste de la península de Yucatán. Esta zona es interesante, pues ofrece diversos hábitats dulceacuícolas y salobres, como cenotes, lagunas costeras, humedales y lagunas interiores, así como el río Hondo y sus tributarios; además es una zona transicional, donde comienza el terreno kárstico peninsular.

El área de estudio (Fig. 1) queda incluida totalmente en la cuenca del río Hondo, que puede subdividirse en la cuenca fluvial propiamente

dicha y cuencas internas cerradas (SPP 1981). El relieve deja de ser llano sólo en la ribera del río y a lo largo de la antigua costa del Plioceno (alrededores del poblado de Nicolás Bravo), donde aparecen lomeríos (Wilson 1982). Hay algunos terrenos miocénicos, pero la mayor parte del territorio emergió apenas en el Pleistoceno (Wilkens 1982).

El clima es tropical lluvioso con lluvias en verano. La precipitación media anual se incrementa gradualmente de norte a sur y de tierra adentro hacia la costa, de unos 1000 a 1500 mm. La temporada de lluvias abarca de fines de

mayo a principios de octubre; en otoño/invierno suelen presentarse ciclones. La temperatura oscila entre 21 y 28°C, con una media anual de 26°C (SPP 1980).

El agua es dura, debido a la naturaleza calcárea del terreno. El grado de eutrofización en lagunas y cenotes es muy variable. Las lagunas permanentes aumentan hasta 150% su área entre el estiaje y las lluvias cuando la mayoría de los cuerpos de agua de las zonas bajas se ven unidos por un humedal continuo.

La vegetación originaria predominante es la selva mediana subperennifolia, muy sustituida en todo el estado por acahual, pastizal y cultivos. En lagunas y cenotes costeros abundan los manglares; en las sabanas y bajos son comunes la cortadera, *Cladium jamaicense*, y el tasiste, *Acoelorrhaphe wrightii* (Trejo-Torres *et al.* 1993).

A todo lo largo de la costa caribeña del estado corre una barrera arrecifal, compartida con Belice. Las aguas marinas fluyen hacia el norte, como continuación de la corriente del sur del Caribe, proveniente del norte de Sudamérica; sin embargo, los promontorios y bahías quintanarroenses desvían una parte del caudal y originan algunas contracorrientes costeras, dirigidas hacia el sur (Merino Ibarra 1986).

Este artículo se enmarca en la elaboración de un inventario de la ictiofauna continental del estado de Quintana Roo, México. Sus objetivos son ofrecer una lista preliminar de los peces de la zona sur del estado (cuenca del río Hondo) y analizar su distribución, al interior del área de estudio y en comparación con listas provisionales disponibles de Belice (Thomerson y Greenfield 1972) y la reserva de la biosfera de Sian Ka'an (Navarro-Mendoza 1988; Gamboa-Pérez 1992; Ramo y Busto 1992).

Con excepción de algunos datos puntuales y aislados, ésta es la primera exploración ictiológica de las aguas dulces del área. Castro-Aguirre (1978) mencionó algunas especies periféricas de la laguna de Bacalar. Navarro-Mendoza (1988) se concentró en el norte de Sian Ka'an, pero recolectó en algunas localidades del sur, como Noh-Bec, el arroyo Aguadulce y la misma Bacalar, entre otras. Camarena Luhrs y Cobá Cetina (1991) revisaron la pesca dulceacuícola en la ribera del río Hondo; Gamboa-Pérez (1991, 1992, 1994) ha presentado listas ictio-

faunísticas preliminares. Ramo y Busto (1992) ofrecieron una lista de peces recolectados en los humedales de Mahahual y el sur de Sian Ka'an, como parte de un estudio sobre la alimentación de aves acuáticas. Miller (com. pers.) incluirá en su libro sobre los peces continentales de México sitios tales como Bacalar y el río Hondo.

MATERIAL Y METODOS

Campo y laboratorio: El área de estudio se dividió a priori en doce zonas (Fig. 1):

- a) Meseta de Zohlaguna (ZOH). Situada en la franja fronteriza entre los estados de Campeche y Quintana Roo, con una altitud de hasta 250 msnm. La mayoría de las localidades de esta zona desaparecen en la época de secas, y se encuentran dentro de la reserva de la biosfera de Calakmul. Se efectuaron 17 muestreos en sitios lénticos y uno en un arroyo, en los meses de octubre de 1993 y marzo de 1994.
- b) Zona de Nicolás Bravo (NBR). Ubicada justo al E de la anterior, a menor altitud, incluye lagunas permanentes, de agua dulce, como San José de la Montaña y Caobas; 17 colecciones en ambientes lénticos, cuatro en sitios lóticos, en los meses de septiembre de 1993 y marzo de 1994.
- c) Zona de Morocoy (MOR). Al E de la anterior, a menor altitud, consta de humedales y charcas temporales, así como del arroyo Aguadulce, que se convierte en una serie de estanques durante la época de secas; nueve muestreos lénticos, tres lóticos, en los meses de septiembre de 1993 y marzo de 1994.
- d) Laguna de Bacalar (BAC). Al N de la Ciudad de Chetumal y NE de la zona anterior, casi al nivel del mar, está formada por las lagunas de Bacalar y Xul-Há. La salinidad no varía demasiado en torno de las 3 ppm, excepto en el arroyo Xul-Há, que es dulce. Se visitaron en los meses de septiembre de 1993 y febrero de 1994, con 22 colectas en las lagunas y cuatro en el arroyo.
- e) Zona de San Felipe (SNF). Al NW de la anterior y NE de MOR, presenta lagunas permanentes eutróficas, de aguas dulces, que se conectan entre sí por canales durante la época de lluvias; 13 muestreos en sitios lénticos,

- uno en un canal, en los meses de septiembre de 1993 y febrero de 1994.
- f) Zona de Noh-Bec (NOH). Al N de la anterior, incluye las lagunas permanentes mesotróficas de Noh-Bec y Vallehermoso, así como algunos arroyos temporales. Se muestrearon siete veces las lagunas y tres los canales, en los meses de septiembre de 1993 y febrero de 1994.
- g) Bahía de Chetumal, Noroeste (BAN). Consiste en el sistema lagunar de Guerrero, al E de Bacalar, y los humedales y arroyos que bordean la bahía, incluidos los grandes pantanos de la carretera a Mahahual. Hay cuerpos de agua salobres y dulces. Las muestras provienen de sitios lénticos (35) y lóticos (4), en los meses de diciembre de 1992, agosto de 1993 y enero de 1994.
- h) Bahía de Chetumal, Sureste (BAS). Integran esta zona los humedales, manglares, arroyos y cenotes del ejido Calderas-Barlovento. Hay cuerpos de agua salobres y dulces. Se trabajó con cinco muestreos de sitios lénticos y cuatro de lóticos, en los meses de diciembre de 1992, agosto de 1993 y enero de 1994.
- i) Alto Río Hondo (RHA). Es la zona más meridional, colindante con Belice; incluye el río, desde la desembocadura del arroyo Aguadulce, hasta la población de La Unión, con los cenotes, arroyos y humedales aledaños; 12 colectas lénticas y 6 lóticas, en los meses de octubre de 1992 y abril de 1993.
- j) Bajo Río Hondo (RHB). Continuación hacia el NE de la zona anterior, hasta la desembocadura del río, incluyendo las lagunas Milagros, Negra y Encantada, además de numerosos arroyos. En los meses de octubre de 1992 y abril de 1993 se recolectó 15 veces en sitios lénticos y 19 en lóticos. Los registros de la localidad "Río Hondo" se compartieron entre RHB y RHA, de modo que la diferencia entre ambas zonas está en los cuerpos de agua adyacentes al río.
- k) Costa del Caribe, Norte (CAN). Se refiere a los manglares, lagunas costeras y humedales del extremo E, que intercambian sus aguas con el mar Caribe de manera principalmente subterránea, desde Mahahual hacia el N; 13 muestreos en sitios lénticos y dos en lóticos, en los meses de diciembre de 1992, abril y agosto de 1993 y enero de 1994.

- l) Costa del Caribe, Sur (CAS). Como el anterior, pero desde Mahahual hacia el S; las comunicaciones con el mar, a diferencia de la costa norte, son canales profundos y permanentes. Se recolectó ocho veces en sitios lénticos y ocho en lóticos, en los mismos meses que la zona anterior.

La gran variedad de hábitats acuáticos obligó a diversificar los artes de pesca, lo cual limitó el estudio comparativo de la abundancia. Se utilizaron chinchorros de 2 y 20 m de longitud, atarrayas de 1 y 3 m de diámetro, anzuelos, figsas, redes de mano y trampas; la luz de malla de las redes varió entre 2 y 20 mm. En algunos sitios se registraron visualmente las especies más conspicuas, con ayuda de buceo libre o lentes polarizados (Loftus y Kushlan 1987). Se consultaron también las capturas de los pescadores locales, comerciales o deportivos.

Los ejemplares se fijaron, etiquetaron y preservaron mediante técnicas estándar (Fink et al. 1978). A cada número de colecta, diferente para cada combinación de localidad, fecha, hora y arte de pesca, correspondieron los siguientes datos: localidad (incluyendo coordenadas geográficas, tipo y nombre del cuerpo de agua), fecha, hora, número de ejemplares, arte de pesca, colector, identificación tentativa y coloración en vivo del pez. Para la caracterización de los hábitats se anotó el color del agua, vegetación ribereña, tipo de fondo, transparencia (disco de secchi), temperatura, salinidad, conductividad (termohalinoconductímetro), oxígeno disuelto (oxigenómetro), pH (potenciómetro), presencia de corriente, profundidad, anchura o área aproximada, y posición geográfica (GPS). La identificación definitiva de los ejemplares, previa a su catalogación en la MZ-CIQRO P, tuvo lugar en el laboratorio, mediante las técnicas (Cailliet et al. 1986) y claves adecuadas (Álvarez del Villar 1970; Collette 1974; Castro-Aguirre 1978; Hasse 1981; Reséndez Medina 1981; Miller 1983, 1984; Matheson y McEachran 1984; Robins y Ray 1986; Deckert y Greenfield 1987).

Se consideraron como registros nuevos para la fauna del estado aquellas especies no mencionadas en los antecedentes; en el caso de las especies periféricas, las no citadas por Reséndez Medina (1975) para la laguna de Nichupté, en el norte del estado.

Análisis estadístico: La confiabilidad de este inventario se midió trazando una curva del número de especies en función del número de recolecciones.

Se construyó una matriz general de presencia/ausencia de las especies en las localidades. Para ello, las recolecciones se unieron por localidad, independientemente de la época del año y arte de pesca utilizado. El número original de localidades se redujo al unir entre sí algunas de ellas, bajo los siguientes criterios: (a) ser geográficamente cercanas o formar parte de un solo cuerpo de agua, y (b) que al menos una de las localidades a unirse contuviera dos especies o menos, o el porcentaje de disimilitud entre ambas localidades fuera menor o igual al 50%.

Sobre la matriz resultante se aplicó un análisis de clasificación numérica inverso (sobre las localidades), con exclusión de las especies que aparecieron sólo una vez, con base en porcentajes de disimilitud y agrupamiento por promedio de grupos (Herrera Moreno 1993).

El proceso se repitió, agrupando las doce zonas establecidas a priori y efectuando el análisis directo (sobre las especies). Los conjuntos de zonas y de especies se relacionaron entre sí mediante un análisis nodal de la constancia (frecuencia de aparición del grupo de especies en cada grupo de zonas).

Se estudió la variación de la riqueza como función de las agrupaciones de zonas resultantes de los análisis anteriores, la estación del año (lluviosa/seca), y el tipo de ambiente (lótico/léntico) mediante un análisis de variancia múltiple y una prueba de Duncan para reconocer grupos homogéneos, al 95% de significancia (Monteiro-Neto *et al.* 1990). La riqueza se estandarizó dividiendo el número de especies entre el número de recolecciones en cada localidad, y extrayendo la raíz cuadrada del cociente.

De igual manera se analizaron las variaciones de la temperatura, conductividad (transformada por raíz cuadrada), oxígeno disuelto, pH y transparencia. Todos los análisis estadísticos y gráficos se efectuaron mediante los programas "Quattro Pro", "Statgraphics" y "Statistica for Windows". La base de datos de la colección MZ-CIQRO P utiliza el programa MUSE.

Finalmente, la lista global de peces del área de estudio se comparó con las listas disponibles de Belice (Thomerson y Greenfield 1972) y

Sian Ka'an (Navarro-Mendoza 1988, Gamboa-Pérez 1992, Ramo y Busto 1992), usando el índice de similitud de Jaccard. En la comparación se observó, asimismo, el cambio en el porcentaje de peces neotropicales vs. panamericanos o introducidos, y en la proporción de especies periféricas, primarias o secundarias (Robins 1971, Lozano Vilano y Contreras Balderas 1987).

Para paliar en algún grado el carácter provisional de dichas listas, se supuso que: *Arius* spp. incluye *A. assimilis* (Miller, com. pers.); *Melaniris* es *Atherinella* (Chernoff 1986); *Diapterus* sp. es *D. auratus*; *Synbranchus marmoratus* es *O. aenigmaticum* (Rosen y Greenwood 1976); *Poecilia* sp. es *P. orri* (Contreras-Balderas, com. pers.); *P. gracilis* es *P. petenensis* (Miller 1983); *R. hypselura* y *R. motaguensis* son *R. laticauda* (Miller 1984). Los registros en Sian Ka'an (y en Quintana Roo) de *Cichlasoma aureum*, *C. melanurum*, *A. felis*, *E. picta*, *S. marmoratus* y *Poecilia sphenops* se eliminaron, porque la revisión de los ejemplares depositados en la MZ-CIQRO P reveló que estaban basados en identificaciones erróneas.

RESULTADOS

Las 232 recolecciones correspondieron a 117 localidades, que se redujeron finalmente a 69 (Cuadro 2; Fig. 1). 21% de las localidades fueron lólicas, 79% lénticas; 35% de ellas fueron muestreadas tanto en la época lluviosa como en la seca de 1992, 1993 ó 1994.

Composición: El inventario de peces continentales de Quintana Roo incluye ahora 85 especies, de las cuales 55 (en 40 géneros y 22 familias) se detectaron en el área de estudio de este trabajo (Cuadro 1). Ahora bien, la curva del número de especies en función del número de recolecciones no llegó a aproximarse claramente a una asíntota (Fig. 2), por lo que es probable que la riqueza real del área esté subestimada.

Doce especies se registraron por primera vez para las aguas interiores del estado: *A. colonensis*, *A. parva*, *R. laticauda*, *Atherinella* sp., *S. timucu*, *D. auratus*, *E. plumieri*, *S. leucostictus*, *Rivulus tenuis*, *Phallichthys fairweatheri*, *X. helleri* y *S. hispidus*. Las familias con mayor número de especies fueron Cichlidae y Poeciliidae, con nueve cada una; entre ambas representaron

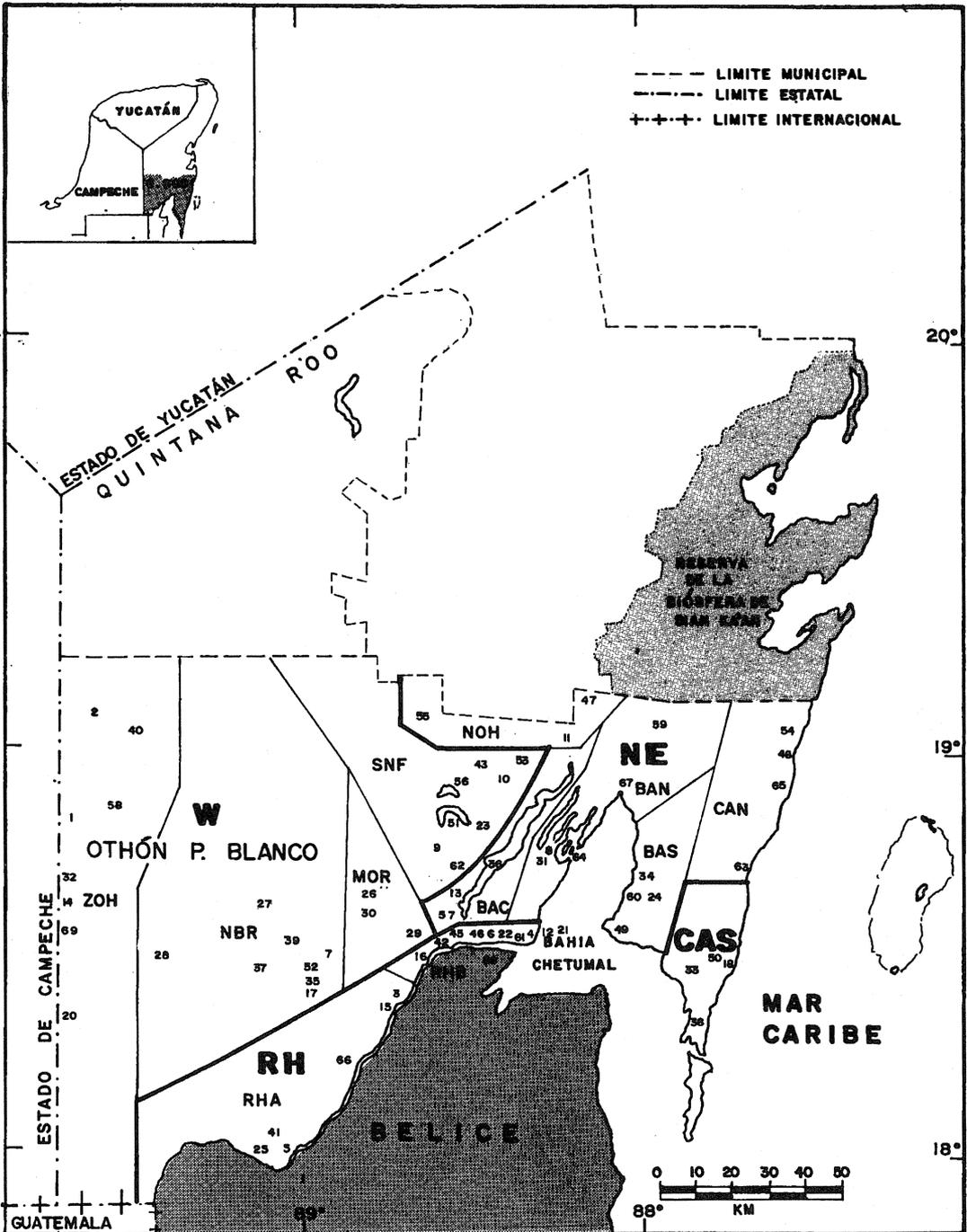


Fig. 1. Area de estudio, con la posición de las 69 localidades de muestreo (ver Cuadro 2). Abreviaturas de las 12 zonas establecidas a priori: Zohlaguna (ZOH); Nicolás Bravo (NBR); Morcoy (MOR); Bacalar (BAC); San Felipe (SNF); Noh-Bec (NOH); bahía de Chetumal, noroeste (BAN); bahía de Chetumal, sureste (BAS); alto río Hondo (RHA); bajo río Hondo (RHB); costa del Caribe, norte (CAN); costa del Caribe, sur (CAS). Abreviaturas de las cuatro zonas definidas a posteriori: Zona Oeste (W); zona Noreste (NE); río Hondo (RH); costa del Caribe, sur (CAS).

CUADRO 1

Frecuencia relativa de aparición de peces en el sur de Quintana Roo, por zonas (W, Zohlaguna y zona oeste; RH, río Hondo; NE, zona centro-noreste; CAS, costa del Caribe sur)

UBICUOS	W	RH	NE	CAS
<i>Astyanax fasciatus</i> (=aeneus)	61.5	34.6	39.4	0.0
<i>Cichlasoma meeki</i>	29.2	28.8	24.2	6.3
<i>C. salvini</i>	9.2	9.6	11.1	0.0
<i>C. synspilum</i>	7.7	17.3	16.2	0.0
<i>C. urophthalmus</i>	6.2	7.7	29.3	12.5
<i>Eugerres plumieri</i>	0.0	7.7	6.1	25.0
<i>Gambusia yucatanana</i> (1)	47.7	34.6	38.4	56.3
<i>Poecilia mexicana</i>	46.2	26.9	14.1	0.0
<i>P. orri</i>	3.1	1.9	12.1	18.8
DULCEACUICOLAS				
<i>Atherinella</i> sp.	4.6	1.9	1.0	0.0
<i>Belonesox belizanus</i>	12.3	5.8	6.1	6.3
<i>Phallichthys fairweatheri</i>	1.5	1.9	0.0	0.0
<i>Cichlasoma friedrichstali</i>	7.7	1.9	3.0	0.0
<i>C. octofasciatum</i>	10.8	1.9	5.1	0.0
<i>C. robertsoni</i>	15.4	1.9	4.0	0.0
<i>C. spilurum</i>	13.8	17.3	2.0	0.0
<i>Dorosoma petenense</i>	12.3	3.8	0.0	0.0
<i>Heterandria bimaculata</i>	4.6	3.8	0.0	0.0
<i>Hyphessobrycon compressus</i>	1.5	9.6	3.0	0.0
<i>Petenia splendida</i>	13.8	1.9	9.1	0.0
<i>Poecilia petenensis</i>	20.0	5.8	1.0	0.0
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	9.2	0.0	0.0	0.0
<i>R. laticauda</i>	3.1	3.8	0.0	0.0
<i>Rivulus tenuis</i> (2)	1.5	0.0	0.0	0.0
<i>Xiphophorus helleri</i>	10.8	0.0	0.0	0.0
<i>X. maculatus</i>	7.7	1.9	0.0	0.0
SALOBRES				
<i>Anchoa colonensis</i>	0.0	0.0	3.0	0.0
<i>A. parva</i>	0.0	1.9	2.0	0.0
<i>Arius assimilis</i>	0.0	1.9	1.0	0.0
<i>Atherinomorus stipes</i>	0.0	0.0	1.0	25.0
<i>Bathygobius soporator</i> (2)	0.0	0.0	0.0	6.3
<i>Caranx latus</i> (2)	0.0	0.0	0.0	6.3
<i>Lile piquitinga</i> (2)	0.0	0.0	1.0	0.0
<i>Cyprinodon artifrons</i>	0.0	0.0	3.0	31.3
<i>Diapterus auratus</i>	0.0	0.0	0.0	6.3
<i>Eucinostomus argenteus</i>	0.0	0.0	0.0	18.8
<i>E. gula</i> (2)	0.0	0.0	0.0	6.3
<i>Evorthodus lyricus</i> (2)	0.0	0.0	0.0	6.3
<i>Floridichthys polyommus</i>	0.0	0.0	2.0	37.5
<i>Garmanella pulchra</i>	0.0	1.9	9.1	37.5
<i>Gerres cinereus</i>	0.0	0.0	0.0	18.8
<i>Gobiomorus dormitor</i>	0.0	0.0	5.1	0.0
<i>Haemulon sciurus</i> (2)	0.0	0.0	0.0	6.3
<i>Haengula jaguana</i> (2)	0.0	0.0	0.0	6.3
<i>Lophogobius cyprinoides</i>	0.0	3.8	2.0	0.0
<i>Lutjanus apodus</i>	0.0	0.0	0.0	25.0
<i>L. griseus</i> (2)	0.0	0.0	0.0	6.3
<i>Megalops atlanticus</i>	0.0	1.9	2.0	0.0
<i>Ophisternon aenigmaticum</i>	0.0	5.8	0.0	0.0
<i>Sphoeroides testudineus</i>	0.0	0.0	3.0	12.5
<i>Sphyraena barracuda</i>	0.0	0.0	0.0	12.5
<i>Stegastes leucostictus</i>	0.0	0.0	0.0	12.5
<i>Stephanolepis hispidus</i> (2)	0.0	0.0	0.0	6.3
<i>Strongylura notata</i>	0.0	0.0	3.0	18.8
<i>S. timucu</i>	0.0	0.0	0.0	12.5

(1) Especie excluida del análisis por aparecer en las 12 zonas.

(2) Especies excluidas del análisis por aparecer en una sola localidad.

más del 30% de las especies totales. Hubo seis Gerreidae y cuatro Cyprinodontidae; las otras 18 familias aportaron tres especies o menos cada una.

Análisis de agrupamiento: localidades: El análisis de agrupamiento sobre las 69 localidades definió, con grado de cohesión variable, los siguientes conjuntos:

- a) Canales de Río Uach y de Xcalak. Ambas localidades aportaron la fauna más distintiva de la zona CAS.
- b) Humedales de Mahahual y laguna de Bacalar, localidades de riqueza elevada en las zonas contiguas BAN y BAC.
- c) Lagunas La Virtud y Caobas, localidades de riqueza elevada en las zonas SNF y NBR, con parámetros ambientales similares.
- d) Río Hondo, la localidad compartida entre las zonas RHA y RHB.
- e) Laguna Santa Teresita, en la zona SNF.
- f) Laguna Cementerio y La Aguada, localidades contiguas en el extremo sur de la zona CAS.
- g) Lagunas Xul-Há, Negra y Milagros, cercanas geográficamente, aunque asignadas a zonas diferentes, por su situación y salinidad (BAC y RHB). Sólo en este conjunto apareció *A. assimilis*.
- h) Laguna Ubero y arroyo Raudales, zonas CAN y BAN, localidades poco salobres.
- i) Arroyos Reforma, Escondido en Nuevo Bécar, y Aguadulce; lagunas Encantada y Zohlaguna; aguadas de Bel-Há y Morocoy. Abarcan zonas occidentales (ZOH, MOR, SNF), con la adición de RHB. Se trata de localidades de agua dulce, donde se presentaron *X. helleri* y *P. petenensis*.
- j) Las otras 44 localidades, cuya único denominador común es tener una riqueza específica menor.

Análisis de agrupamiento: zonas: El análisis numérico sobre las doce zonas establecidas *a priori* sugirió la existencia de cuatro grupos (Fig. 1):

1) Meseta de Zohlaguna o zona oeste (W), con altitud máxima de unos 250 msnm y aguas relativamente frías; incluyó las zonas adyacentes de NBR y MOR. Aunque con una disimilitud mayor, las lagunas eutróficas de SNF, al NE de MOR, se integraron en el grupo, que concentró de esa manera los agrupamientos

c), e) e i) del análisis previo, sobre las 69 localidades. ZOH, NBR, MOR y SNF son zonas contiguas; ocupan la mitad occidental del área de estudio, en la parte más continental.

2) Río Hondo y cuerpos de agua ribereños (RH). El grupo abarcó las dos zonas en que se dividió el río, RHA y RHB. Aunque su núcleo fue el grupo d) del análisis previo, participó también de los grupos g) e i), por lo cual fue el agrupamiento menos definido.

3) Zona centro-noreste (NE). Este grupo tuvo por núcleo las zonas BAS, CAN y NOH; aunque con cierta disimilitud, se adhirieron a él BAC y BAN, con lo cual el grupo adquirió más coherencia. Las cinco zonas son contiguas, y ocupan la porción noreste del área de estudio [agrupamientos b), g) y h) del análisis previo]. Comprende los sistemas lagunares de Bacalar, Guerrero y Ubero, salobres, así como cuerpos de agua dulce como Vallehermoso, Noh-Bec y los cenotes y arroyos del sureste de la bahía de Chetumal; el elemento aglutinador de este conjunto heterogéneo es, probablemente, la franja de humedales de la bahía de Chetumal, que, al menos en la temporada lluviosa, une entre sí casi todos los cuerpos de agua mencionados.

4) Lagunas costeras del Caribe sur (CAS), con aguas cálidas y amplia variación en la concentración de oxígeno disuelto y salinidad. Incluyó los agrupamientos a) y f) del análisis previo. La influencia marina es directa, a través de los canales amplios y profundos de Xcalak y Río Uach, que no encuentran equivalente en las zonas adyacentes, CAN y BAS; como cabría esperar, predominan los peces marinos.

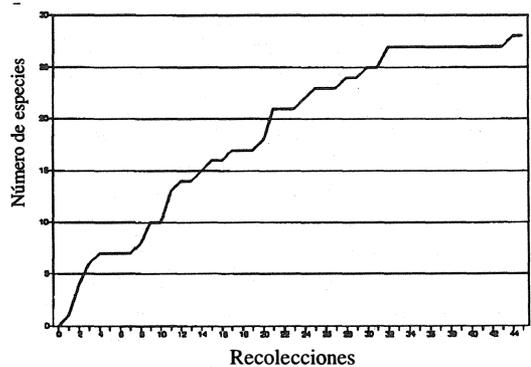


Fig. 2. Curva del número de especies en función del número de recolecciones.

CUADRO 2

Lista de localidades muestreadas (ver Fig. 1)

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 1. Aguada de Bel-Há | 36. Laguna Bacalar |
| 2. Aguada de Xhabén | 37. Laguna Caobas |
| 3. Arroyo Agua Dulce | 38. Laguna Cementerio |
| 4. Arroyo CBTA | 39. Laguna Chacambacab |
| 5. Arroyo Estero Franco | 40. Laguna Chunek |
| 6. Arroyo Huay Pix | 41. Laguna CICY |
| 7. Arroyo Nicolás Bravo | 42. Laguna Encantada |
| 8. Arroyo Raudales | 43. Laguna Hidalgo |
| 9. Arroyo Reforma | 44. Laguna Honda |
| 10. Arroyo San Isidro | 45. Laguna Milagros |
| 11. Arroyo Pedro Santos | 46. Laguna Negra |
| 12. Arroyo Villas Chetumal | 47. Laguna Noh Bec |
| 13. Arroyo Xul-Há | 48. Laguna Placer |
| 14. Arroyo Zohlaguna | 49. Laguna Punta Negra |
| 15. Balneario Alvaro Obregón | 50. Laguna del Río Uach |
| 16. Balneario Palmar | 51. Laguna Sn. Felipe Bacalar |
| 17. Canal Marrufo | 52. Laguna Sn. José Montaña |
| 18. Canales Uach | 53. Laguna Sta. Teresita |
| 19. Canales Xcalak | 54. Laguna Ubero |
| 20. Castillo | 55. Laguna Vallehermoso |
| 21. Charca CNA | 56. Laguna La Virtud |
| 22. Charca Huay Pix | 57. Laguna Xul-Há |
| 23. Charca Sn. Felipe Bacalar | 58. Laguna Yoactún |
| 24. Cenotes Calderas Barlovento | 59. Mahahual |
| 25. Cenotes La Unión | 60. Manantial Calderas Barlov. |
| 26. Escondido-Morocoy | 61. Puente Milagros |
| 27. Escondido-Nuevo Bécar | 62. Puente Reforma |
| 28. Escondido-Sorpresa | 63. Río Bermejo |
| 29. Escondido-Ucum | 64. Río Cacayuc |
| 30. Estanque Morocoy | 65. Río Indio |
| 31. Laguna Guerrero | 66. Río Hondo |
| 32. Humedales de Zohlaguna | 67. Río Krik |
| 33. La Aguada | 68. Laguna Sanjonal |
| 34. La Caleta | 69. Zohlaguna |
| 35. Laguna José Aguilar | |

Análisis de agrupamiento: especies: El análisis de agrupamiento de especies en función de la asociación espacial resultó en tres conjuntos bien definidos (Cuadro 1):

1) Especies relativamente ubicuas, con frecuencia de aparición mayor al 75% (*G. yucata*, *A. fasciatus*), 50% (*P. mexicana*, *C. meeki*) o de 15 a 28% (*C. salvini*, *C. synspilum*, *C. urophthalmus*, *E. plumieri*, *P. orri*).

2) Especies predominantemente dulceacuícolas o continentales. El grupo incluyó las especies primarias (*R. guatemalensis*, *R. laticauda*, *H. compressus*), con excepción de *A. fasciatus*, así como las especies exclusivas de la zona W. No apareció en este grupo ninguna especie periférica (excepto *D. petenense*, aunque ésta es vicaria).

3) Especies predominantemente costeras o salobres. El grupo abarcó especies periféricas,

tanto complementarias como esporádicas, muchas de ellas exclusivas de la zona CAS.

Análisis nodal: La constancia de los tres grupos de especies en las cuatro zonas definidas a posteriori (Fig. 3) presentó un gradiente en relación con la influencia del mar. Esta tendencia es descendente para los grupos llamados "ubicuo" y "dulceacuícola" y creciente para el grupo llamado "salobre"; no hay peces del grupo dulceacuícola en la zona CAS, ni peces del grupo salobre en la zona W.

Variaciones de los parámetros ambientales: En el análisis de variancia multifactorial se integraron los parámetros ambientales cuantitativos, a excepción de la salinidad, que se sustituyó por la conductividad en virtud de existir entre ambas una relación lineal muy clara. El análisis demostró los siguientes patrones:

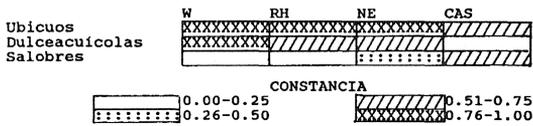


Fig. 3. Análisis nodal entre grupos de especies y zonas definidas a posteriori. Abreviaturas como en la Fig. 1; composición de cada grupo de especies, en el Cuadro 1.

a) Temperatura. La época de lluvias fue más cálida (30.0°C en promedio) que la de sequía (26.7°C) ($F=54.2$, $a<0.01$). El ambiente léntico fue más cálido (29.3°C) que el lóxico (27.4°C) ($F=22.9$, $a<0.01$). Cada una de las cuatro zonas tuvo una temperatura media significativamente diferente: W, 25.6°C; NE, 27.8°C; RH, 29.3°C; CAS, 30.7°C ($F=17.8$, $a<0.01$). Hubo interacción significativa ($F=10.5$, $a<0.01$) entre los factores zona y época, con un mínimo de 24.7°C en W durante la sequía, y un máximo de 33.9°C en CAS durante las lluvias.

b) Conductividad. No hubo diferencia significativa por época o ambiente. Cada una de las cuatro zonas tuvo una conductividad media diferente: W, 449 $\mu\text{mho/cm}$; RH, 1664 $\mu\text{mho/cm}$; NE, 3467 $\mu\text{mho/cm}$; CAS, 13618 $\mu\text{mho/cm}$ ($F=69.9$, $a<0.01$). De acuerdo con la relación lineal encontrada entre conductividad y salinidad, W es estrictamente de aguas dulces, RH alcanza unas 2 ppm, NE alcanza 4 ppm, y CAS fluctúa en torno a las 9 ppm.

c) Oxígeno disuelto. El análisis de variancia no detectó diferencias con significancia mayor al 85%; sin embargo, la prueba de rango múltiple de Duncan distinguió, con 95% de significancia, diferencias entre los ambientes (4.96 mg/l en el medio lóxico, 6.26 en el léntico), así como entre la zona NE (4.50 mg/l) y las zonas RH (6.30) y CAS (6.50).

d) pH. No hubo diferencia significativa por ambiente. Durante la época de secas el pH fue más ácido: 6.88, contra 7.72 en lluvias ($F=4.6$, $a<0.05$). El análisis de variancia no detectó diferencias con significancia mayor al 89% entre zonas; no obstante, la prueba de Duncan distinguió, con 95% de significancia, diferencias entre la zona RH (6.63) y las demás (7.52 en promedio).

e) Transparencia. No hubo diferencia significativa por época o ambiente. La zona CAS fue más transparente que las otras: 1.80 vs. 0.87 m en promedio ($F=5.3$, $a<0.01$).

Variaciones de la riqueza específica: El análisis de variancia entre las cuatro zonas, seguido de la prueba de rango múltiple de Duncan, demostró que la zona CAS fue significativamente más rica que las otras ($F=8.79$, $a=0.05$).

En cuanto a las variaciones de la riqueza específica por ambiente y época del año, el análisis de variancia bifactorial mostró diferencia significativa entre los medios lóxicos y lénticos, siendo más ricos los primeros ($F=11.61$, $a<0.05$); no así entre las temporadas lluviosa y seca ($F=6.24$, $a=0.09$). No hubo interacciones significativas entre los factores ($F=0.24$ a 2.15, $a>0.24$).

Variaciones de la composición: La composición de cada ambiente difirió en algunas especies. Invasores marinos como *L. apodus*, *L. griseus*, *S. leucostictus*, *C. latus*, *E. gula*, *G. cinereus*, *H. jaguana* y *S. barracuda* fueron exclusivos de los canales de la zona CAS. Entre las especies que aparecieron sólo en ambientes lénticos están *R. guatemalensis*, *G. dormitor*, *B. soporator*, *E. lyricus*, *D. petenensis*, *P. fairweatheri* y *Atherinella* sp.

La pequeña diferencia de composición entre épocas del año consistió principalmente en especies de aparición esporádica, como *P. fairweatheri* y *R. tenuis*, cuya captura se facilitó al encontrarlas concentradas en charcos pequeños durante la sequía.

La ictiofauna W (Cuadro 1) se caracterizó por la presencia exclusiva de *X. helleri* (la única especie exclusiva de las zonas ZOH, NBR y MOR, es decir, de la meseta de Zohlaguna), *R. guatemalensis* y *R. tenuis*. Fue notable la frecuencia de *A. fasciatus* y *P. mexicana*, así como del grupo dulceacuícola en general, y en particular de *B. belizanus*, *C. friedrichsthalii*, *C. octofasciatum*, *C. robertsoni*, *D. petenense*, *H. bimaculata*, *P. splendida*, *P. petenensis* y *X. maculatus*. No apareció en el área ninguna especie del grupo salobre; *E. plumieri* fue la única especie "ubicua" que no apareció en el área, por lo que se le pudo haber reasignado a aquel grupo.

La ictiofauna RH fue la menos distintiva. La única especie exclusiva de la zona fue *O. aenigmaticum*. Fueron frecuentes los peces primarios *H. compressus* y *R. laticauda*, así como *C. salvini* y *C. synspilum*, del grupo de especies ubicuas, *C. spilurum* del grupo dulceacuícola, y

A. assimilis y *L. cyprinoides*, del grupo salobre. Los peces de este último grupo fueron escasos en general; además de las dos excepciones mencionadas, hubo presencia ocasional de *A. parva*, *G. pulchra* y *M. atlanticus*.

La ictiofauna NE abundó en especies periféricas, como *A. assimilis*, *M. atlanticus* y las dos *Anchoa*, de las cuales *A. colonensis*, además de *Lile piquitinga* y *G. dormitor*, fueron exclusivas de la zona. Especies del grupo dulceacuícola relativamente frecuentes fueron *B. belizanus*, *C. octofasciatum*, *C. robertsoni* y *P. splendida*. Los ubicuos *C. salvini* y *C. urophthalmus* tuvieron en esta área su máxima frecuencia.

La ictiofauna CAS, significativamente más rica, no presentó ningún pez primario, ni siquiera *A. fasciatus*; del grupo dulceacuícola, sólo apareció *B. belizanus*, especie que pudo haberse reasignado al grupo ubicuo. La mayoría de las especies del grupo salobre tuvieron aquí su mayor frecuencia. Fueron notables las ausencias de peces ubicuos como *C. salvini* y *C. synspilum*, así como *P. mexicana*; *C. meeki* mantuvo cierta presencia, al igual que *C. urophthalmus*. *P. orri* y *E. plumieri* fueron especialmente frecuentes en esta zona.

Análisis regional: La ictiofauna local mostró mayor similitud (0.55, índice de Jaccard) con la comunidad de peces de Sian Ka'an que con la ictiofauna beliceña (0.52). La similitud de la lista beliceña con el conjunto sur de Quintana Roo - Sian Ka'an fue de sólo 0.13.

El número de peces de origen neotropical mostró una tendencia decreciente con la latitud, lo mismo que el número de peces primarios (Fig. 4). Por otro lado, la proporción de peces primarios fue pequeña en las tres regiones; el porcentaje de peces periféricos fue mayor en el sur de Quintana Roo y menor en Belice (Fig. 5).

DISCUSION

El comportamiento de la curva del número de especies en función del número de recolecciones sugiere que la riqueza real del área está subestimada. Sin embargo, parece improbable que un esfuerzo de pesca mayor aporte un número de especies sustancialmente mayor en la mayoría de las localidades pequeñas. Aunque la riqueza global del área es considerable, 44 de las 69 localidades fueron pobres, ocupadas por

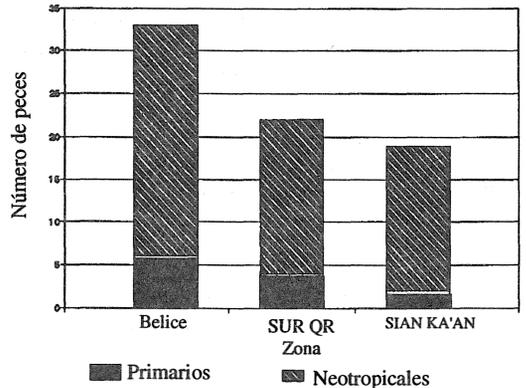


Fig. 4. Número de peces primarios y neotropicales del área de estudio, en comparación con las zonas adyacentes al sur (Belice) y al norte (Sian Ka'an).

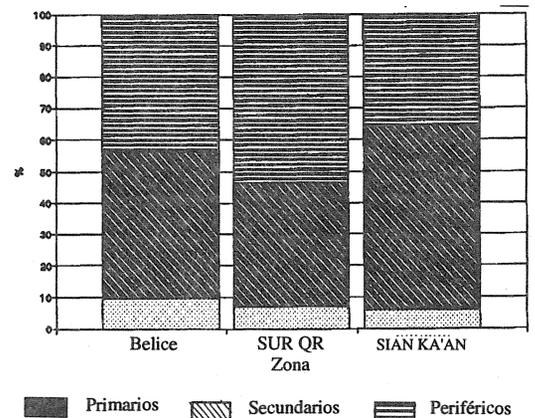


Fig. 5. Proporción de peces primarios, secundarios y periféricos en el área de estudio, en comparación con las zonas adyacentes al sur (Belice) y al norte (Sian Ka'an).

uno, dos o tres peces del grupo ubicuo. Por ello fue preferible analizar la distribución íctica a partir de unidades mayores (las doce zonas establecidas *a priori*).

No obstante lo anterior, los conjuntos definidos por el análisis de agrupamiento realizado sobre las 69 localidades coincidieron bien con el modelo de cuatro zonas que proponemos, excepto, en parte, por la zona RH, que mostró afinidad importante con las zonas W y NE. El río Hondo mismo, como localidad de riqueza elevada, fue el elemento que dio cohesión a la zona RH e impidió su desmembramiento entre sus dos zonas vecinas; además, esta zona fue significativamente diferente en temperatura,

salinidad y pH. Dicha zona puede verse como una transición entre la meseta y las tierras bajas; el río y sus tributarios aparecen entonces como una avenida de dispersión, aprovechada por los peces del grupo "ubicuo". Es probable que la mayor riqueza de los ambientes lóticos esté relacionada con ello.

La distribución de peces como *C. urophthalmus*, *C. synspilum* y *P. splendida* es más amplia de lo que se pensaba (cf., Ferreira Nuño y Gómez Nieto 1989). Aunque es posible que su presencia en la zona W (y, en el caso de *C. urophthalmus*, en los cenotes de tierra adentro del norte de la península) tenga un origen vicariante, su capacidad de dispersión a través del río, sus tributarios temporales e incluso los humedales es indudable, dado su carácter euriótico (Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez, en prensa).

Las cuatro zonas definidas en este estudio responden claramente a un triple gradiente de distancia al mar (Caribe), temperatura y salinidad, en el orden W>RH>NE>CAS. Además, la zona RH, donde la roca caliza del terreno kárstico empieza a verse sustituida por otros minerales, difiere en pH; las lagunas eutróficas de la zona NE difieren en la concentración de oxígeno disuelto, y la zona CAS presenta una transparencia media mayor. La distribución íctica en la parte sur de Quintana Roo responde a esos factores, y puede entonces considerarse ecológica, más que histórica. El único posible evento vicariante al interior del área es el cambio eustático que elevó la meseta de Zohlaguna durante el Pleistoceno; sin embargo, el análisis de agrupamiento no separó claramente la zona ZOH, a 250 msnm, de la zona SNF, a 20 msnm.

Ahora bien, en una escala geográfica apenas un poco mayor, el factor histórico adquiere importancia. Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez (en prensa) concluyeron que la presencia de un pez determinado en un cuerpo de agua de Quintana Roo era predecible con base en la biogeografía más que en la hidrología. Así lo muestra la tendencia a disminuir el número de especies primarias y, en general, neotropicales, en función de la distancia al probable centro de origen (Sudamérica). En efecto, *H. compressus* exhibe una capacidad de dispersión menor que el otro carácido del área, *A. fasciatus* (= *A. aeneus*); a diferencia de éste, aquél está ausente de Sian Ka'an y la porción norte de la península por su menor tolerancia a la salinidad. En el caso de

R. laticauda, sin embargo, la razón de su ausencia es ecológica: no hay en Sian Ka'an y el resto de Yucatán ambientes lóticos dulceacuícolas.

A pesar de formar parte de la región neotropical, Centroamérica tiene, debido a su prolongado aislamiento respecto a América del Sur, pocos peces de agua dulce: apenas unos 500, de los cuales 146 son invasores marinos (Nelson 1984). Los peces marinos penetran en las aguas continentales y ocupan nichos ecológicos "vacíos", ante la escasez de formas dulceacuícolas (Castro-Aguirre 1978; Miller 1982). El sur de Quintana Roo ofrece a los peces del mar amplias vías de acceso a las aguas interiores: lagunas costeras, humedales y el río Hondo. La temperatura, salinidad y baja altitud son también factores favorables. Muchos de los nuevos registros encontrados son peces marinos juveniles, capturados en el área CAS, significativamente más rica.

Sólo las familias Cichlidae y Poeciliidae han generado endemismos importantes en Centroamérica, aunque no tan recientes ni extensos como las radiaciones adaptativas en los lagos africanos (Bussing 1987). Estos rasgos se acentúan en la provincia íctica del Usumacinta (vertiente del Atlántico, desde Veracruz hasta Nicaragua), donde el número de peces primarios, como Characoidei y Siluriformes, es mínimo (Miller 1982). Este patrón se observa tanto en Belice como en Quintana Roo; todas las especies aquí presentes pertenecen al "Viejo Elemento Meridional" de Bussing (1985), es decir, a la invasión sudamericana del Paleoceno.

El cíclido tipo *Thorichthys* encontrado en Bacalar podría no ser *C. meeki*, sino una especie nueva (Miller, com. pers.). Si la especie de *Atherinella* resulta también ser nueva para la ciencia, el sur de Quintana Roo sería un área de endemismo con características muy diferentes a las que permitieron la formación de especies endémicas en la laguna de Chichancanab (Miller y Humphries 1981) o en las grutas del norte de la península (Navarro-Mendoza y Valdés-Casillas 1990).

AGRADECIMIENTOS

Numerosos compañeros del CIQRO y otras instituciones colaboraron en el trabajo de campo y de laboratorio. El apoyo financiero provino

del CIQRO y de CONACYT (1829-N9211). La Secretaría de Pesca concedió el permiso de pesca de fomento #1004. Una versión preliminar se presentó como ponencia en la reunión de la American Society of Ichthyologists and Herpetologists en Austin (Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez 1993).

RESUMEN

Con base en 69 localidades, así como en la información disponible en la literatura y en la colección de peces del Museo de Zoología del CIQRO (MZ-CIQRO P), se estudió la composición y distribución de la ictiofauna continental del sur de Quintana Roo (Municipio Othón P. Blanco) y áreas adyacentes de Campeche y Belice, en el sureste de la península de Yucatán, México. Se utilizaron diversos artes de pesca (chinchorros de 2 y 20 m, atarrayas de 1 y 3 m, anzuelo, fisga, red de mano, trampas), y se tomó nota de parámetros tales como temperatura, salinidad y conductividad, transparencia, profundidad, oxígeno disuelto, tipo de fondo y vegetación ribereña; la mayoría de los sitios se visitaron en las temporadas lluviosa y seca. El inventario de peces continentales de Quintana Roo incluye ahora 85 especies, de las cuales 55 se han detectado en la zona sur. Doce se registran por primera vez para las aguas interiores del estado: *Anchoa colonensis*, *A. parva*, *Rhamdia laticauda*, *Atherinella* sp., *Strongylura timucu*, *Diapterus auratus*, *Eugerres plumieri*, *Stegastes leucostictus*, *Rivulus tenuis*, *Phallichthys fairweatheri*, *Xiphophorus helleri* y *Stephanolepis hispidus*. Por medio de análisis de agrupamiento se distinguieron cuatro ictiofaunas locales: (1) meseta de Zohlaguna, con altitud máxima de unos 250 msnm y aguas relativamente frías; (2) río Hondo y cuerpos de agua ribereños, como cenotes, pantanos, lagunas y arroyos de agua dulce; (3) zona centro-noreste, que incluye los sistemas lagunares de Bacalar, Guerrero y Ubero, salobres, así como los humedales de la bahía de Chetumal y lagunas de agua dulce como Vallehermoso; y (4) lagunas costeras del Caribe sur, con aguas cálidas y amplia variación en la salinidad. La ictiofauna (1) se caracteriza principalmente por la presencia de *X. helleri* y *Rhamdia guatemalensis* y la frecuencia de *Heterandria bimaculata* y *Poecilia petenensis*; (2), por la frecuencia de

peces primarios como *Hyphessobrycon compressus* y *Rhamdia laticauda*, así como *Ophisternon aenigmaticum*; (3) por peces periféricos, como *Arius assimilis*, *Gobiomorus dormitor* y *Anchoa colonensis*; (4), por una riqueza significativamente mayor, debida al predominio de peces marinos de las familias Gerreidae, Lutjanidae y otras, que utilizan los manglares como área de crianza o alimentación. Aunque la distribución de los peces del área de estudio obedece a factores esencialmente ecológicos, la disminución de peces neotropicales y primarios de Belice a Sian Ka'an señala la importancia de los factores históricos en una escala geográfica apenas mayor.

REFERENCIAS

- Alvarez del Villar, J. 1970. Peces mexicanos (claves). Secretaría de Industria y Comercio., México., D.F. 166 p.
- Bussing, W.A. 1985. Patterns of Distribution of the Central American Ichthyofauna, p. 453-473 In F.G. Stehli & S.D. Webb (eds.), The Great American Biotic Interchange. Plenum, Nueva York.
- Bussing, W.A. 1987. Peces de las aguas continentales de Costa Rica. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 271 p.
- Cailliet, G.M., M.S. Love & A.W. Ebeling. 1986. Fishes: A field and laboratory manual on their structure, identification and natural history. Wadsworth, Belmont. 194 p.
- Camarena-Luhrs, T. & L. Cobá-Cetina. 1991. Aguas continentales e hipohalinas, p. 161-166 In T. Camarena-Luhrs & S. Salazar-Vallejo (eds.), Estudios ecológicos preliminares de la zona sur de Quintana Roo. Centr. Invest. Quintana Roo, Chetumal, México. 231 p.
- Castro-Aguirre, J.L. 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Inst. Nac. Pesca. Ser. Cient. 19:1-298.
- Chernoff, B. 1986. Systematics of American atherinid fishes of the genus *Atherinella*. I. The subgenus *Atherinella*. Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia 138:86-188.
- Collette, B.B. 1974. *Strongylura hubbsi*, a new species of freshwater needlefish from the Usumacinta Province of Guatemala and Mexico. Copeia 1974:611-619.
- Deckert, G.D. & D.W. Greenfield. 1987. A review of the western Atlantic species of the genera *Diapterus* and *Eugerres* (Pisces: Gerreidae). Copeia 1987:182-194.
- Ferreira-Nuño, A. & G. Gómez-Nieto. 1989. Estado actual del conocimiento sobre los cíclidos nativos de los cuerpos de agua epicontinentales del Estado de Quintana

- Roo. Mem. I Sem. Peces Nativos Uso Pot. Acuic., Cárdenas, México. p. 25.
- Fink, W.L., W.G. Saul, E.M. Koon & E.O. Wiley. 1978. A report on current supplies and practices used in curation of ichthyological collections. Am. Soc. Ichthyol. Herpetol., Cambridge. 73 p.
- Gamboa-Pérez, H. 1991. Ictiofauna dulceacuícola en la zona sur de Quintana Roo, p. 186-198 In T. Camarena-Luhrs & S. Salazar-Vallejo (eds.), Estudios ecológicos preliminares de la zona sur de Quintana Roo. Centr. Invest. Quintana Roo, Chetumal, México. 231 p.
- Gamboa-Pérez, H. 1992. Peces continentales de Quintana Roo, p. 305-360 In D. Navarro & E. Suárez (eds.), Diversidad biológica en la reserva de la biósfera de Sian Ka'an. Vol. 2. Centr. Invest. Quintana Roo/Secr. Desarr. Soc., Chetumal, México. 382 p.
- Gamboa-Pérez, H., 1994. Peces continentales de la frontera México-Belice: Río Hondo y cuerpos de agua adyacentes. In A. César-Dachary & E. Suárez (eds.), Atlas de la frontera México-Belice. Centr. Invest. Quintana Roo, Chetumal, México.
- Hasse, J.J. 1981. Characters, synonymy and distribution of the Middle American cichlid fish *Cichlasoma meeki*. Copeia 1981:210-212.
- Herrera Moreno, A. 1993. Una mirada al campo de la clasificación numérica. Inst. Oceanol., Academia de Ciencias de Cuba, La Habana. 55 p.
- Humphries, J.M. & R.R. Miller. 1981. A remarkable species flock of pupfishes, genus *Cyprinodon*, from Yucatán, México. Copeia 1981:52-64.
- Loftus, W.F. & J.A. Kushlan. 1987. Freshwater fishes of southern Florida. Bull. Florida St. Mus. Biol. Sci. 31:147-344.
- Lozano Vilano, M.de L. & S. Contreras Balderas. 1987. Lista zogeográfica y ecológica de la ictiofauna continental de Chiapas, México. Southw. Nat. 32:223-236.
- Matheson, R.E., Jr. & J.D. McEachran. 1984. Taxonomic studies of the *Eucinostomus argenteus* complex (Pisces: Gerreidae): Preliminary studies of external morphology. Copeia 1984:893-902.
- Merino Ibarra, M. 1986. Aspectos de la circulación costera superficial del Caribe mexicano con base en observaciones utilizando tarjetas de deriva. An. Inst. Cienc. Mar Limnol., Univ. Nac. Autón. México 13:31-46.
- Miller, R.R. 1982. Pisces. P. 486-501 in S.H. Hurlbert & A. Villalobos Figueroa (eds.), Aquatic biota of Mexico, Central America and the West Indies. San Diego State University., San Diego.
- Miller, R.R. 1983. Checklist and key to the mollies of Mexico (Pisces: Poeciliidae: *Poecilia*, subgenus *Molliensia*). Copeia 1983:817-822.
- Miller, R.R. 1984. *Rhamdia reddelli*, new species, the first blind pimelodid catfish from Middle America, with a key to the Mexican species. Trans. San Diego Soc. Nat. Hist. 20:135-144.
- Monteiro-Neto, C., C. Blacher, A.A.S. Laurent, F.N. Snizek, M.B. Canozzi & L.L.C. de A. Tabajara. 1990. Estrutura da comunidade de peixes em águas rasas na região de Laguna, Santa Catarina, Brasil. Atlântica, Rio Grande 12:53-69.
- Navarro-Mendoza, M. 1988. Inventario íctico y estudios ecológicos preliminares en los cuerpos de agua continentales en la reserva de la biósfera de Sian Ka'an y áreas circunvecinas en Quintana Roo, México. Inf. Téc., Centr. Invest. Quintana Roo/Cons. Nac. Cienc. Tecnol./U.S. Fish Wildl. Serv., Chetumal. 240 p.
- Navarro-Mendoza, M. & C. Valdés-Casillas. 1990. Peces cavernícolas de la península de Yucatán en peligro de extinción, con nuevos registros para Quintana Roo. P. 218-241 in J.L. Camarillo & F. Rivera A. (eds.), Areas naturales protegidas en México y especies en extinción. Esc. Nac. Est. Prof. Iztacala, Univ. Nac. Autón. México. 374 p.
- Nelson, J.S. 1984. Fishes of the World. J. Wiley, Nueva York. 523 p.
- Ramo, C. & B. Busto. 1992. Nesting failure of the wood stork in a neotropical wetland. Condor 94:777-781.
- Reséndez-Medina, A. 1975. Lista preliminar de peces colectados en las lagunas de Nichupté y Bojórquez, Cancún, Quintana Roo, México. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool. 46:87-100.
- Reséndez-Medina, A. 1981. Estudio de los peces de la laguna de Términos, Campeche, México. I-II. Biótica 6:239-291,345-430.
- Robins, C. R. 1971. Distributional patterns of fishes from coastal and shelf waters of the Tropical Western Atlantic, p. 249-255. In: Symposium on investigations and resources of the Caribbean sea and adjacent regions. Papers on Fish Resources FAO, Roma.
- Robins, C.R. & G.C. Ray. 1986. A Field Guide to Atlantic Coast Fishes of North America. Houghton Mifflin, Boston. 354 p.
- Rosen, D.E. & P.H. Greenwood. 1976. A fourth neotropical species of synbranchid eel and the phylogeny and systematics of synbranchiform fishes. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 157:1-70.
- Schmitter-Soto, J.J. & H. Gamboa-Pérez. 1993. First surveys on the ichthyofauna of southern Quintana Roo. Abs. Meet. Am. Soc. Ichthyol. Herpetol., Austin: 275-276.
- Schmitter-Soto, J.J. & H. Gamboa-Pérez. En prensa. Distribución de peces continentales de Quintana Roo con potencial acuicultural. Mem. II Sem. Peces Nativos Uso Pot. Acuic. Cárdenas, México

- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1980. Carta de precipitación total anual. Región XI, escala 1:1000000. México D.F., México.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1981. Carta hidrológica: aguas superficiales. Región XI, escala 1:1000000. México, D.F., México.
- Trejo-Torres, J.C., R. Durán & I. Olmsted. 1993. Manglares de la Península de Yucatán. P. 660-672 in S.I. Salazar-Vallejo & N.E. González (eds.), Biodiversidad Marina y Costera de México. Com. Nac. Biodiv./Centr. Invest. Quintana Roo, Chetumal. 865 p.
- Wilkins, H. 1982. Regressive evolution and phylogenetic Age: The history of colonization of freshwaters of Yucatan by fish and crustacea. Assoc. Mexican Cave Stud. Bull. 8:237-243/Texas Mem. Mus. Bull. 28:237-243.
- Wilson, E. M. 1980. Physical Geography of the Yucatan Peninsula. P. 5-40 in: E. Moseley & E. Terry (eds.), Yucatan. A World Apart. University of Alabama, Alabama.