

Patrones espaciales de la riqueza de peces en lagunas costeras del sur de Quintana Roo, México

Silvia Avilés-Torres¹,
Juan Jacobo Schmitter-Soto²
y Roberto C. Barrientos-Medina³

¹Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE), Apdo. Postal 2732, C.P. 22830, Ensenada, Baja California, México.

²El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Chetumal. Apdo. Postal 424. C.P. 77000, Chetumal, Quintana Roo, México.

³Fac. de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Apdo. Postal 4-116, Itzimmá, Yucatán, México.

Avilés-Torres, S., J. J. Schmitter-Soto y R. C. Barrientos-Medina, 2001. Patrones espaciales de la riqueza de peces en lagunas costeras del sur de Quintana Roo, México. *Hidrobiológica* 11 (2): 141-148.

RESUMEN

Se registran 39 especies de peces en ocho lagunas de la costa sur de Quintana Roo. "*Cichlasoma urophthalmus*", *Gambusia yucatanana*, *Poecilia orri* y *Eugerres plumieri* son las especies de más amplia distribución en la zona. El análisis de clasificación jerárquica por conglomerados sobre las lagunas, basado en la composición íctica (presencia/ausencia), generó un dendrograma en donde se identifican dos complejos lagunares divididos por la carretera de acceso a Mahahual. El complejo norte (Uvero, Placer, San Humberto y San Antonio) se caracteriza por la presencia de *Astyanax aeneus*, "*C.*" *synspilum* y *Thorichthys meeki*. El complejo sur (Río Huach, Xcalak, Cementerio y La Aguada) se caracteriza por *Cyprinodon artifrons*, *Floridichthys polyommus*, *Eucinostomus argenteus*, *E. jonesi* y *Gerres cinereus*. La tasa de recambio de especies entre las lagunas, igual que la tendencia en la diversidad gamma en la región, muestran incremento de norte a sur, lo cual responde principalmente al mayor número de especies periféricas que migran del arrecife adyacente a través de los canales de comunicación permanente con el mar Caribe que presentan Río Huach y Xcalak, en el sur, así como a la ausencia de especies primarias en dichas lagunas.

Palabras clave: Laguna costera, peces, riqueza, diversidad beta y gamma, análisis de clasificación, Quintana Roo, mar Caribe.

ABSTRACT

Thirty nine fish species are recorded in eight lagoons on the southern coast of Quintana Roo. "*Cichlasoma urophthalmus*", *Gambusia yucatanana*, *Poecilia orri* and *Eugerres plumieri* were the most widely distributed species. Cluster analysis on the lagoons, based on presence-absence of the fishes, generated a dendrogram where two lagoon complexes are identifiable, divided by the access road to Mahahual. The northern complex (Uvero, Placer, San Humberto and San Antonio) is characterized by the presence of *Astyanax aeneus*, "*C.*" *synspilum* and *Thorichthys meeki*. The southern complex (Río Huach, Xcalak, Cementerio and La Aguada) is characterized by *Cyprinodon artifrons*, *Floridichthys polyommus*, *Eucinostomus argenteus*, *E. jonesi* and *Gerres cinereus*. Both beta and gamma diversity show an increase from north to south, a fact explained mainly by the larger number of peripheral species migrating from the adjacent reef through permanent mangrove channels to the Caribbean Sea in lagoons Río Huach and Xcalak, in the southern complex, as well as the absence of primary species in these lagoons.

Key words: Coastal lagoon, fishes, richness, beta- and gamma-diversity, cluster analysis, Quintana Roo, Caribbean Sea.

INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras son cuerpos de agua litorales que tienen, en su mayoría, comunicación efímera o permanente con el mar; al ser zonas de encuentro de dos masas con características diferentes, se producen fenómenos muy particulares en su comportamiento físico, químico y biológico, con las consiguientes repercusiones ecológicas (Contreras, 1985). Además, son ecosistemas susceptibles de ser aprovechados para el turismo, ya que constituyen un punto estratégico para diversas actividades recreativas y una alternativa para abastecer de agua a los lugares que se desarrollen como destinos turísticos de alojamiento o de alimentación (Romero, 1997).

La costa sur de Quintana Roo (la denominada "Costa Maya") es una región donde predominan los humedales y ha sido una de las zonas menos desarrolladas del estado (Universidad de Quintana Roo, 1998). La pesca constituye la actividad económica y de sustento alimenticio más importante de la región, pero ha comenzado a implementarse el llamado turismo de "bajo impacto", el cual está demandando infraestructura y diversos servicios.

La información integrada en el propuesto Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Costa Maya es incompleta: por ejemplo, no se ofrece dato alguno sobre los peces de las lagunas costeras (Universidad de Quintana Roo, 1998). Esto es relevante, ya que la falta de conocimiento sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas costeros puede tener repercusiones sobre el manejo de la zona.

Existen algunos estudios sobre las comunidades de peces en lagunas costeras del Caribe mexicano, pero todos están concentrados en la zona centro-norte del litoral quintanarroense, particularmente en el sistema Nichupté-Bojórquez (por ejemplo, Reséndez-Medina, 1979); ninguno de ellos intentó analizar variaciones espaciales de la riqueza íctica. Otros trabajos ictiológicos en la región no se refieren en específico a sistemas lagunares, sino a las zonas de pastos marinos entre la playa y la barrera arrecifal (Álvarez-Guillén *et al.*, 1985, entre otros); finalmente, los hay que tratan sólo con la comunidad ictiopláncica (por ejemplo, Vásquez-Yeomans *et al.*, 1998). Los estudios en el mar son más abundantes, particularmente en el arrecife coralino (*v. gr.*, Díaz-Ruiz y Aguirre León, 1993).

El presente trabajo tiene por objetivo analizar los patrones espaciales de la riqueza de peces en ocho lagunas de la costa sur de Quintana Roo, en términos taxonómicos (composición), ecológicos (tolerancia a la salinidad) y de diversidad no puntual (beta y gamma).

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende ocho lagunas de la costa sur de Quintana Roo: Uvero, Placer, San Humberto, San Antonio, Río Huach, Xcalak, Cementerio y La Aguada (Fig. 1).

El clima es tropical subhúmedo, con lluvias en verano y parte del invierno; la temperatura más alta se registra de junio a agosto y la más baja de diciembre a febrero. La precipitación promedio es de 1400 mm al año, con oscilaciones de 753 a 3783 mm. Entre agosto y noviembre la zona es vulnerable a los huracanes. De junio a octubre se presentan los vientos dominantes del este y de enero a mayo los vientos del sureste (Universidad de Quintana Roo, 1998). En función de lo anterior, suelen reconocerse tres épocas climáticas: secas (febrero-mayo), lluvias (junio-septiembre) y "nortes" (octubre-enero), aunque no hay límites precisos entre ellas.

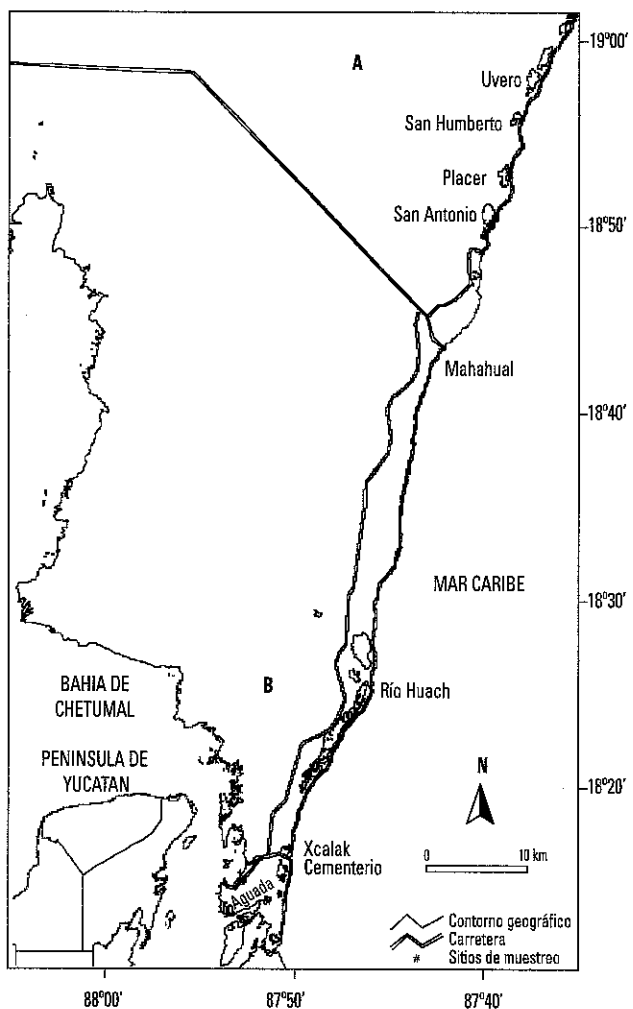


Figura 1. Sistema lagunar costero en el sur de Quintana Roo. Se indican los sitios de muestreo.

Las lagunas costeras forman un sistema casi continuo, dividido principalmente por la carretera de acceso a Mahahual y conectado entre sí por canales o zonas de "bajos". La frontera entre este humedal costero y el mar es una estrecha barra arenosa, en donde el intercambio de aguas continentales con el océano es por lo general subterráneo, si bien existen algunos canales permanentes, como en Río Huach y Xcalak. El arrecife coralino se encuentra a una distancia de 100 a 1000 m de la playa y casi toda la laguna arrecifal está ocupada por praderas de pastos marinos, cabezos coralinos y arenales.

Los cuerpos lagunares se encuentran bordeados por mangle; domina *Rhizophora mangle* Linnaeus, en algunos puntos asociado con *Conocarpus erectus* Linnaeus y *Avicennia germinans* Linnaeus. En general, las lagunas presentan profundidades no mayores a los 2.50 m y volúmenes de agua muy variables, con grandes variaciones en salinidad (3.8-43 ‰), temperatura (23.8-36.0°C), oxígeno disuelto (0.5-12.4 mg l⁻¹) y pH (6.4-10.3) (Avilés-Torres, datos inéditos). El régimen de mareas es semidiurno mixto y no induce variaciones en la profundidad superiores a 0.50 m.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de recolecciones realizadas en las ocho lagunas en 1994 (enero), 1996 (mayo) y 1998 (febrero) mediante artes de pesca diversos (chinchorro playero de 20 m de largo, 1.5 de alto, 1 cm de luz de malla, con bolsa; atarraya de 3 m de diámetro, 1 cm de luz de malla; redes de mano; anzuelos) se elaboraron listas sistemáticas. El esfuerzo de captura fue similar, en términos de la intensidad y regularidad de uso de cada arte de pesca, y casi simultáneo en todas las lagunas. En cada una de ellas se establecieron de tres a cinco estaciones de muestreo (Fig. 1), con diferentes distancias a la boca (cuando existía), distinta salinidad (cuando había un gradiente) y tipo de fondo. La variedad de artes de pesca impidió cuantificar la abundancia, por lo cual el énfasis se puso sobre la presencia/ausencia y la riqueza de especies; el esfuerzo de captura se mantuvo hasta no encontrar adiciones a la lista ictiofaunística de cada laguna. La curva de acumulación de especies, en función del esfuerzo de colecta (horas-hombre), se comparó con valores estimados generados por una ecuación exponencial, para validar los resultados obtenidos. Esta ecuación se utiliza cuando se muestrean áreas relativamente pequeñas, grupos bien conocidos o ambos (Soberón y Llorente, 1993), como en este caso.

Los ejemplares fueron identificados mediante las claves y diagnosis adecuadas, fijados en formol al 10 %, preservados en etanol al 70 % y depositados en la colección ictiológica de ECOSUR-Chetumal (ECO-CH). Se construyó una matriz de da-

tos binarios de presencia/ausencia de las especies en las lagunas, la cual sirvió como base para realizar los análisis que se describen a continuación (en todos, $P < 0.05$, a menos que se indique otra probabilidad de error).

Análisis de la composición taxonómica y la riqueza

Para determinar la similitud entre las lagunas en cuanto a la composición de especies se utilizó como medida de asociación el índice de Jaccard. La matriz de similitud generada se sometió a un análisis de clasificación jerárquica por conglomerados, utilizando como algoritmo de agrupación el método de ligamiento promedio no ponderado (UPGMA), y la clasificación obtenida se evaluó con el coeficiente de correlación cofenética (CCC). Los cálculos se realizaron con el paquete NTSYS (Rohlf, 1988).

Con el objeto de encontrar diferencias significativas entre los grupos de lagunas resultantes del análisis previo de acuerdo con su riqueza íctica, se utilizó la prueba de Mann-Whitney (Mendenhall *et al.*, 1990), en vista de que se obtuvieron solamente dos grupos principales de lagunas y no se demostró normalidad y homogeneidad de variancia de los datos. Los cálculos se realizaron con el paquete STATISTICA (StatSoft, 1994).

Análisis de la composición ecológica

En el caso de las lagunas costeras, es posible realizar una división de las especies que las habitan en primarias, secundarias y periféricas (incluyendo en esta última categoría todos los peces talasogénicos: invasores esporádicos, buscadores estacionales de alimento o de sitios de crianza, diádomos y estuarinos), grupos ecológicos basados en la tolerancia a la salinidad (Castro-Aguirre *et al.*, 1999). Para determinar la existencia de diferencias entre los grupos de lagunas debido a las categorías ecológicas de las especies (primarias, secundarias y periféricas), se creó una tabla de contingencias de dos filas (grupos) por tres columnas (categorías). Para probar la hipótesis nula de que la proporción de especies por categoría no está relacionada con el grupo lagunar, se realizó una prueba χ^2 de independencia tipo Monte Carlo con el programa CHITEST (Romesburg y Marshall, 1985).

Diversidad beta

Para determinar la tasa de recambio espacial de especies entre las lagunas estudiadas se utilizó el índice de Cody, el cual

tiene la ventaja de estar expresado en el número de especies ganadas y pérdidas de un sitio a otro (Magurran, 1988):

$$IC = [g(H) + i(H)] / 2$$

donde IC es el índice de Cody, g(H) es el número de especies presentes en la laguna 2 pero ausentes en la laguna 1 (especies ganadas) e i(H) es el número de especies presentes en la laguna 1 pero ausentes en la laguna 2 (especies pérdidas).

Con los valores obtenidos se creó una matriz triangular, la cual se sometió a un análisis de clasificación, para lo cual se utilizó el algoritmo UPGMA, con el fin de expresar los resultados obtenidos en forma de dendograma. La clasificación obtenida se evaluó con el CCC y los cálculos se realizaron con el paquete NTSYS.

Diversidad gamma

La diversidad gamma es la diversidad existente en una región y permite estimar la heterogeneidad de un paisaje (Schluter y Ricklefs, 1993; Sosa-Escalante, 1997). Para su cálculo se utilizó la siguiente expresión:

$$\Gamma = \alpha \times \beta \times N$$

donde Γ es la diversidad gamma (en número de especies), α es la diversidad alfa (riqueza específica) promedio, β es la diversidad beta medida como el inverso del número promedio de hábitats ocupado por una especie y N es el número de hábitats (Schluter y Ricklefs, 1993).

El cálculo de β se realizó de la siguiente manera:

$$\beta = [\sum n_i / n]^{-1}$$

donde n_i es el número de especies en cada laguna ($i = 1,2...8$) y n el número de especies totales (Sosa-Escalante, 1997).

Esta forma de expresar la diversidad gamma permite determinar cuál es la contribución proporcional de la diversidad alfa y la diversidad beta en la diversidad regional observada.

RESULTADOS

Se registró un total de 39 especies, en 29 géneros y 17 familias (Apéndice 1). De estas 39, el 5% son primarias, 33% secundarias y el 62% periféricas. De las secundarias, tres especies (los ciprinodóntidos) pueden considerarse habitantes permanentes del conjunto estuarino-lagunar. De las periféricas o talasogénicas, 15 especies son marinas eurihalinas, siete son marinas estenohalinas y dos (*Evorthodus lyricus* y *Lophogobius cyprinoides*) podrían sumarse a los ciprinodón-

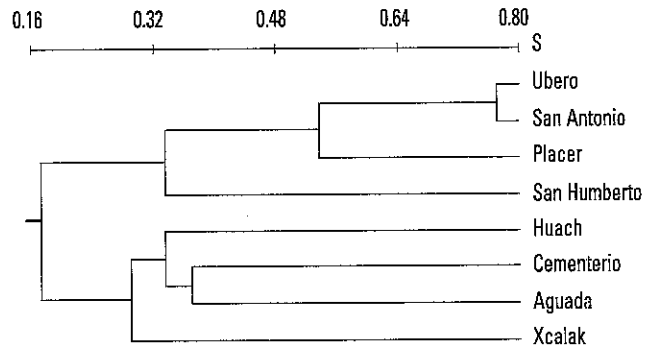


Figura 2. Patrón de similitud entre las lagunas de la costa sur de Quintana Roo, de acuerdo con el índice de Jaccard y el algoritmo UPGMA. Se incluye el coeficiente de correlación cofenética (CCC); S, escala de similitud.

tidos como peces propiamente estuarinos (Castro-Aguirre et al., 1999).

De acuerdo con la composición íctica, el patrón de similitud consiste en dos grupos de sitios (Fig. 2): uno formado por las lagunas que se encuentran en la parte norte de la región, el otro formado por las que se encuentran en la parte sur (dentro de la península de Xcalak). El complejo norte se caracterizó por la presencia exclusiva o predominante de especies como *Astyanax aeneus*, "*Cichlasoma*" *synspilum* y *Thorichthys meeki*, mientras que el complejo sur por la de *Cy-*

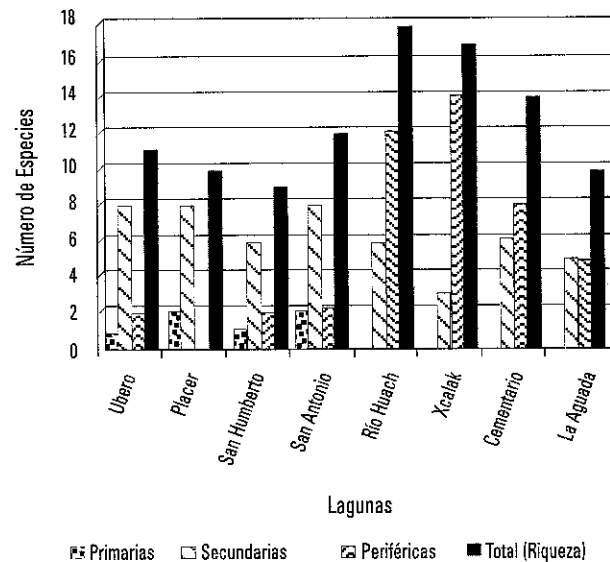


Figura 3. Riqueza específica de peces en las lagunas de la costa sur de Quintana Roo. Se incluye el número de especies primarias, secundarias y periféricas capturadas en cada laguna.

prinodon artifrons, *Floridichthys polyommus*, *Eucinostomus argenteus*, *E. jonesi* y *Gerres cinereus*. Las especies mejor distribuidas fueron "*C.*" *urophthalmus*, *Gambusia yucatanana*, *Poecilia orri* y *Eugerres plumieri*.

El complejo sur fue significativamente más rico en especies que el norte (U de Mann-Whitney = 0.50, P = 0.03). En cuanto a la proporción de grupos ecológicos (primario, secundario, periférico), la diferencia también fue significativa ($\chi^2 = 8.896$, 0.004 < P < 0.008; con 5000 aleatorizaciones), debido a que en las lagunas de la parte sur no hubo especies primarias, además de presentarse un aumento notable en el número de especies periféricas (Fig. 3).

Se observó un gradiente en la tasa de recambio espacial de especies, la cual fue progresivamente mayor de norte a sur, con las mayores diversidades beta entre las lagunas de la parte norte al ser comparadas con Río Huach y Xcalak (Fig. 4). En el complejo norte se presentó, además, una menor riqueza promedio (Tabla 1).

La diversidad gamma de la región se puede expresar de la siguiente manera:

$$39 \text{ especies} = 12.88 \text{ especies} \times 0.378641 \text{ lagunas}^{-1} \times 8 \text{ lagunas}$$

En la Tabla 1 se incluye una comparación de esta diversidad con la obtenida para ocho sistemas lagunares del estado de Veracruz, calculada a partir de los datos proporcionados por Reséndez y Kobelkowsky (1991); no existen datos publicados que permitan efectuar esta comparación con lagunas del Caribe mexicano.

DISCUSIÓN

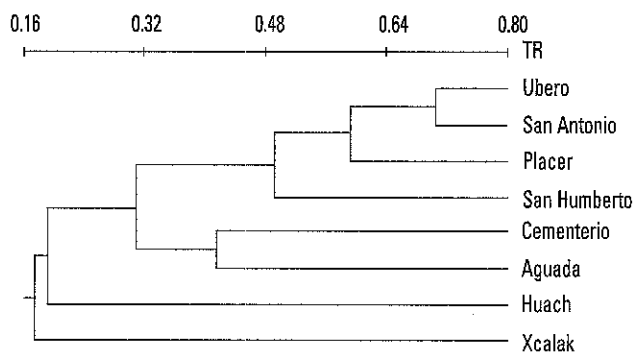


Figura 4. Diversidad beta (tasa de recambio espacial de especies) entre las lagunas de la costa sur de Quintana Roo, de acuerdo con el índice de Cody y el algoritmo UPGMA. TR, tasa de recambio.

Tabla 1. Comparación de la diversidad gamma y sus componentes en lagunas costeras del sur de Quintana Roo y de Veracruz (simbología, ver texto).

	Complejo Norte	Complejo Sur	Sur de Q. Roo	Veracruz ¹
α (especies)	10.50	15.25	12.88	70.75
β (lagunas ⁻¹)	0.404762	0.524591	0.378641	0.340989
N (lagunas)	4	4	8	8
Γ (especies)	17	32	39	193

¹Calculado a partir de los datos de Reséndez y Kobelkowsky (1991).

Al interpretar el dendrograma de presencia/ausencia es posible reconocer ictiofaunísticamente dos complejos lagunares en vez de un sistema continuo. La ausencia de especies primarias (*A. aeneus* e *Hyphessobrycon compressus*) y el aumento de especies periféricas en las lagunas del complejo sur puede obedecer a dos causas. Por un lado, la carretera a Mahahual está funcionando como una barrera que impide la dispersión de las especies primarias o estenohalinas de agua dulce; por otra parte, la conexión directa con el mar en algunas de las lagunas del complejo sur (Río Huach y Xcalak), además de influir sobre la salinidad, permite el acceso de un mayor número de especies periféricas (peces marinos que penetren periódica o esporádicamente a las aguas interiores) provenientes del sistema arrecifal adyacente, lo cual se refleja en una mayor riqueza específica. Esta separación norte-sur había sido detectada también por Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez (1996), quienes encontraron además mayor relación del complejo norte con la bahía de Chetumal y sus humedales que con el complejo sur.

La heterogeneidad ambiental (determinada en primer lugar por la mayor variación en salinidad y por los hábitats adicionales asociados a los canales de conexión superficial con el mar) también explica por qué las menores tasas de recambio de especies se presentaron entre las lagunas del complejo norte al compararlas con Xcalak y Río Huach. El complejo norte se encuentra conectado con una zona de bajos ubicada hacia el suroeste. Durante la temporada de lluvias la conexión entre estos dos sistemas se extiende y la salinidad disminuye, favoreciendo la dispersión de especies dulceacuícolas.

La riqueza íctica en el sistema lagunar de la costa sur de Quintana Roo, 39 especies, es similar a la encontrada en el sistema Nichupté-Bojórquez (37 especies) por Reséndez Medina (1979), quien no ofreció cálculos de diversidad beta. El número real de especies en nuestra área de estudio, empero, es mayor, en virtud de que no están considerados en la lista los peces de mayor tamaño, como *Himantura schmardae* (Werner), *Megalops atlanticus* Valenciennes y *Centropomus undecima-*

lis Bloch, los cuales no fueron accesibles a través de los artes de pesca utilizados. Se calcula que esto representa una subestimación no mayor al 10-15% y, en todo caso, la inclusión de estas especies haría probablemente más marcada la diferencia entre las porciones norte y sur del sistema.

Aún tomando en cuenta el sesgo mencionado, al comparar la diversidad gamma que se presenta en la región con la que se observa en los sistemas lagunares de Veracruz (Tabla 1) es evidente que la diferencia se debe a cambios en la diversidad alfa (riqueza) y en la diversidad beta. Mientras que en Veracruz se observa una mayor riqueza específica promedio, en el sur de Quintana Roo se presenta una mayor diversidad beta (tasa de recambio de especies en el espacio; no se examinó el recambio temporal). Las diferencias son atribuibles probablemente a la mayor área de las lagunas veracruzanas.

Esta estimación de la diversidad regional (gamma) es la primera que se obtiene para los sistemas lagunares del Caribe mexicano, utilizando a los peces como grupo parámetro. Esto es relevante, ya que la costa sur de Quintana Roo constituye una unidad funcional, en donde el ambiente formado por diferentes biotopos (arrecife coralino, manglar, pastos marinos y lagunas costeras) es utilizado por diferentes especies en diversos estadios (larvas, juveniles y adultos) como área de crianza, alimentación, reproducción y ruta de migración (Claro, 1994).

Esto refleja la importancia de la zona, no sólo en aquellas especies susceptibles de aprovechamiento comercial, sino también para las de importancia ecológica por el papel que desempeñan en la transferencia de energía (Vega, 1980). La interconexión de varios cuerpos en la península de Yucatán (la bahía de Chetumal, las lagunas costeras, el mar Caribe y el área lagunar entre la costa y la barrera arrecifal) favorece el movimiento de los peces, por lo que cualquier alteración que sufran estos sistemas (azolvamiento, cierre de conexiones con otros cuerpos de agua y con el mar, apertura de canales, etc.) podría ocasionar pérdidas en la biodiversidad de la región.

La información obtenida en el presente trabajo será un elemento de juicio para conocer el impacto ocasionado por la modificación del entorno de los sistemas lagunares del sur de Quintana Roo, al comparar la diversidad regional obtenida con la que se presentaría después de la eventual modificación. En trabajos similares previos, la evaluación del impacto como resultado de las alteraciones ambientales se ha limitado a enlistar cambios en la riqueza específica o en la composición de especies (v.gr., Salvadores y Reséndez, 1990).

Una alteración reciente de estos ecosistemas fue la construcción de la carretera Mahahual-Xcalak y sus ramales.

Es probable que las actividades de relleno, dragado y desmonte hayan fragmentado el ecosistema; queda por verse el efecto sobre la ictiofauna.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo de CONACYT a través de los proyectos 1829-N y 4198-N. También extendemos nuestro agradecimiento a la Ing. Janneth Padilla, por su ayuda en la confección del mapa y al Ing. Roberto Herrera, por su asistencia en las faenas de campo.

LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ-GUILLÉN, H., M. C. GARCÍA-ABAD, M. TAPIA-GARCÍA, G. J. VILLALOBOS-TAPIA y A. YÁÑEZ-ARANCIBIA, 1986. Prospección ictiológica en la zona de pastos marinos de la laguna arrecifal en Puerto Morelos, Q. R., verano de 1984. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 13 (3): 317-336.
- CASTRO-AGUIRRE, J. L., H. ESPINOSA P. y J. J. SCHMITTER-SOTO, 1999. *Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México*. Noriega-Limusa e Instituto Politécnico Nacional, México. 705 p.
- CLARO, R. (ed.), 1994. *Ecología de los peces marinos de Cuba*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal. 545 p.
- CONTRERAS, F., 1985. *Las lagunas costeras mexicanas*. Centro de Ecodearrollo y Secretaría de Pesca, México. 253 p.
- DÍAZ-RUIZ, S. y A. AGUIRRE-LEÓN, 1993. Diversidad e ictiofauna de los arrecifes del sur de Cozumel, Quintana Roo, pp. 817-830. En: S. I. SALAZAR-VALLEJO y N. E. GONZÁLEZ (eds.). *Biodiversidad marina y costera de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal.
- ESCHMEYER, W. N. (ed.), 1998. *Catalog of Fishes*. California Academy of Sciences, Anaheim. 2905 p.
- MAGURRAN, A., 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 179 pp.
- MENDENHALL, W., D. D. WACKERLY y R. L. SCHEAFFER. 1994. *Estadística matemática con aplicaciones*. 2ª ed. Grupo Editorial Iberoamérica. 772 p.
- NELSON, J. S., 1994. *Fishes of the world*. 3a ed. J. Wiley & Sons, New York. 600 p.
- RESÉNDEZ, A., 1979. Estudios ictiofaunísticos en lagunas costeras del Golfo de México y mar Caribe, entre 1966 y 1978. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, serie Zoológica* 50 (1): 633-646.

- RESÉNDEZ, A. y A. KOBELKOWSKY, 1991. Ictiofauna de los sistemas lagunares costeros del Golfo de México, México. *Universidad y Ciencia* 8(15): 91-110.
- ROHLE, F. J., 1988. NTSYS-pc: *Numerical taxonomy and multivariate analysis system*. Exeter Publishing, Setauket. 87 p.
- ROMERO M., R. I., 1997. Dilemas del turismo ecológico en el Caribe Mexicano. *Revista Mexicana del Caribe* 2(4): 80-128.
- ROMESBURG, H. C. y K. MARSHALL, 1985. CHITEST: A Monte Carlo computer program for contingency table test. *Computer & GeoScience* 11(1): 69-78.
- SALVADORES, M. y A. RESÉNDEZ, 1990. Modificaciones en la composición ictiofaunística del sistema lagunar el Carmen-Machona, Tabasco por la apertura de Boca de Panteones. *Universidad y Ciencia* 7(14): 5-13.
- SCHLUTER, D. y R. RICKLEFS, 1993. Species diversity, an introduction to the problem, pp. 1-12. En: R. RICKLEFS y D. SCHLUTER (eds). *Species diversity in ecological communities, historical and geographical perspectives*. University of Chicago Press, Chicago.
- SCHMITTER-SOTO, J. J. y H. C. GAMBOA-PÉREZ, 1996. Distribución de los peces continentales en el sur de Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical* 44(1): 199-212.
- SOBERÓN, J. M. y J. B. LLORENTE, 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology* 7, 480-488.
- SOSA-ESCALANTE, J., 1997. Ecología de la comunidad de mamíferos terrestres del noroeste de la Península de Yucatán, México: Diversidad, distribución y estructura. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 190 p.
- STAT SOFT, 1994. STATISTICA v. 4.3 *Reference manual*. Volume I. General Procedures. Tulsa.
- UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO, 1998. *Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Costa Maya (Propuesta para Concertación)*. Universidad de Quintana Roo, Chetumal.
- VÁSQUEZ-YEOMANS, L., U. ORDOÑEZ-LÓPEZ y E. SOSA-CORDERO, 1998. Fish larvae adjacent to a coral reef in the western Caribbean Sea off Mahahual, Mexico. *Bulletin of Marine Science* 62(1): 229-245.
- VEGA V., M., 1980. Los manglares. Capítulo 7. En: *Introducción a la Ecología del bentos marino*. Monografía No. 9, Serie Biología. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, París. 98 p.
- grafía de autores y años precisos de descripción, según Eschmeyer, 1998). Las categorías ecológicas de tolerancia a la salinidad se indican como números romanos en subíndice (I, primarias, II, secundarias, III, periféricas), a nivel familia.
- Clase Actinopterygii**
- Orden Clupeiformes**
- Familia I. Clupeidae III
1. *Harengula jaguana* Poey, 1865
- Orden Characiformes**
- Familia II. Characidae I
2. *Astyanax aeneus* (Günther, 1860)
 3. *Hyphessobrycon compressus* (Meek, 1904)
- Orden Mugiliformes**
- Familia III. Mugilidae III
4. *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758
- Orden Atheriniformes**
- Familia IV. Atherinidae III
5. *Atherinomorus stipes* (Müller & Troschel, 1848)
- Orden Beloniformes**
- Familia V. Belonidae III
6. *Strongylura notata* (Poey, 1860)
 7. *Strongylura timucu* (Walbaum, 1792)
- Orden Cyprinodontiformes**
- Familia VI. Poeciliidae II
8. *Belonesox belizanus* Kner, 1860
 9. *Gambusia yucatanana* Regan, 1914
 10. *Poecilia mexicana* Steindachner, 1863
 11. *Poecilia orri* Fowler, 1943
 12. *Poecilia petenensis* (Günther, 1866)
- Familia VII. Cyprinodontidae II
13. *Cyprinodon artifrons* Hubbs, 1936
 14. *Floridichthys polyommus* Hubbs, 1936
 15. *Garmanella pulchra* Hubbs, 1936
- Orden Perciformes**
- Familia VIII. Carangidae III
16. *Caranx latus* Agassiz, 1831
- Familia IX. Lutjanidae III
17. *Lutjanus apodus* (Walbaum, 1792)
 18. *Lutjanus griseus* (Linnaeus, 1758)
- Familia X. Gerreidae III
19. *Diapterus auratus* Ranzani, 1840
 20. *Eucinostomus argenteus* Baird & Girard, 1855
 21. *Eucinostomus gula* (Quoy & Gaimard, 1824)
 22. *Eucinostomus jonesi* (Günther, 1879)
 23. *Eugerres plumieri* (Cuvier, 1830)
 24. *Gerres cinereus* (Walbaum, 1792)

APÉNDICE 1

Lista de los peces de ocho lagunas costeras del Sur de Quintana Roo (sistema de clasificación de Nelson, 1994; orto-

Familia XI. Haemulidae III

25. *Haemulon aurolineatum* Cuvier, 183026. *Haemulon sciurus* (Shaw, 1803)

Familia XII. Cichlidae II

27. "*Cichlasoma*" *salvini* (Günther, 1862)28. "*Cichlasoma*" *synspilum* Hubbs, 193529. "*Cichlasoma*" *urophthalmus* (Günther, 1862)30. *Petenia splendida* Günther, 186231. *Thorichthys meeki* Brind, 1918

Familia XIII. Pomacentridae II

32. *Stegastes leucostictus* (Müller & Troschel, 1848) 5

Familia XIV. Gobiidae III

33. *Bathygobius soporator* (Valenciennes, 1837)34. *Evorthodus lyricus* (Girard, 1858)35. *Lophogobius cyprinoides* (Pallas, 1770)

Familia XV, Sphyraenidae III

36. *Sphyraena barracuda* (Walbaum, 1792)

Orden Tetraodontiformes

Familia XVI. Monacanthidae III

37. *Stephanolepis hispidus* (Linnaeus, 1766)

Familia XVII. Tetraodontidae III

38. *Sphoeroides spengleri* (Bloch, 1785)39. *Sphoeroides testudineus* (Linnaeus, 1758)*Recibido:* 19 de enero de 2001.*Aceptado:* 6 de septiembre de 2001.