

Incidencia de la Pesca Artesanal Sobre la Diversidad Taxonómica y Funcional de la Comunidad de Peces en el Mar Caribe de Colombia

Artisanal Fisheries Incidence on Taxonomic and Functional Diversity of the Fish Community in the Caribbean Sea off Colombia

L'Impact de la Pêche sur la Diversité Taxonomique et Fonctionnelle de la Communauté de Poissons dans la Mer des Caraïbes de la Colombie

FABIÁN D. ESCOBAR-TOLEDO^{1,2*}, MARÍA DEL PILAR PARRADO-CORTÉS²,
LUIS ORLANDO DUARTE², y MANUEL ZETINA-REJÓN¹

¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, P.O. Box 592, La Paz, 23096 Baja California Sur, México. ²Laboratorio de Investigaciones Pesqueras Tropicales, Universidad del Magdalena, Carrera 32 # 22-08, Santa Marta, Colombia. *fescobart@gmail.com.

RESUMEN

A nivel mundial, en especial en Latinoamérica, la pesca artesanal genera altos niveles de captura y es una de las principales actividades productivas de las zonas costeras tropicales. Sin embargo, la fuerte presión generada por esta actividad puede atentar contra la sustentabilidad de los recursos pesqueros limitando el normal desarrollo de los procesos en el ecosistema. Aproximaciones que evidencien la incidencia de la flota sobre la diversidad taxonómica y funcional de la comunidad de peces aún no se han realizado en mar Caribe de Colombia. Se pretende, entonces, determinar la incidencia de la pesca artesanal en tres ecoregiones del área de estudio (Golfo de Salamanca, Tayrona, Palomino) entre 1994 y 1998 y en los años 2000 y 2008. Se registraron las capturas diarias realizadas con los arte de pesca de palangre, red de enmalle y red de tiro en la zona. El análisis se realizó con las capturas estandarizadas (kg/faena). La diversidad taxonómica y funcional se analizó a través del índice de distinción taxonómica y funcional respectivamente. Se registraron 195 especies para el área durante los años de muestreo. La relación de los índices respecto a los años no fue significativa. No obstante, el índice de distinción taxonómica presentó una tendencia a disminuir ($r = -0.69$; $p = 0.1291$), mientras que el índice de distinción funcional mostró una tendencia al aumento ($r = 0.77$; $p = 0.0686$) a lo largo del tiempo. Asimismo, fue evidente el aumento en el índice de distinción taxonómica a lo largo de un gradiente norte-sur. El análisis de la distinción funcional permitió identificar a la ecoregión Palomino como la de mayor semejanza funcional en las capturas entre años.

PALABRAS CLAVE: Diversidad taxonómica, diversidad funcional, pescar artesanal, mar Caribe, Colombia

INTRODUCCIÓN

La pesca artesanal genera más de la mitad de la producción mundial pesquera (Agüero y Claverí 2007). Asimismo, produce más de la tercera parte de la captura que es destinada al consumo humano (Berkes et al. 2001). En el Caribe de Colombia, esta pesquería ha llegado a producir más de la mitad de la captura total anual generando hasta 4 mil empleos directos e indirectos en la zona (Barros y Manjarrés 2004) y en los últimos años ha venido experimentando cambios tanto en la composición de especies como en el volumen de desembarcos (Pardo 2011). Ésta pesquería, que se desarrolla de manera multiespecífica, está soportada en la explotación de alrededor de 200 especies, entre demersales y pelágicas (Párraga-Velandia 2009). A pesar de su importancia, los estudios existentes han sido orientados a la caracterización de la flota, análisis de tendencias y capturas, pero pocas evaluaciones se ha realizado acerca de las implicaciones ecológicas que tienen la flota sobre las comunidades explotadas.

Así, conocer la diversidad puede ser un punto de partida para la evaluación de posibles efectos de la pesca sobre el ecosistema (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil 1988). En este sentido, descriptores ecológicos que se basan en el número de especies y/o número de individuos (riqueza, dominancia y diversidad) describiendo los cambios en la estructura de la comunidad han sido los más utilizados (Bevilacqua et al. 2009, Clarke y Warwick 2001a, Magurran 2004). Pero más allá de estas aproximaciones, se han generado índices que muestran otros aspectos de la estructura ecológica como es la relación evolutiva entre las especies (Abellán et al. 2006, Ramos-Miranda et al. 2005). Por lo que el uso de este tipo de índices se ha incrementado con el propósito de brindar herramientas de fácil manejo para la evaluación de la salud de los ecosistemas acuáticos (Bevilacqua et al. 2011).

En este mismo sentido, algunos autores han utilizado la diversidad como indicador del funcionamiento del ecosistema (Hooper et al. 2005; Hooper et al. 2002; Tilman et al. 1997), pero su relación con los atributos funcionales no es del todo evidente (Somerfield et al. 2008). Por consiguiente, se han desarrollado múltiples experimentos donde se manipula la diversidad tanto de especies como grupos funcionales (Hooper et al. 2002). Sin embargo, cuantificar la diversidad funcional no ha sido fácil y aún faltan índices que simplifiquen esa complejidad (Hooper et al. 2005; Somerfield et al. 2008). Recientemente se ha propuesto un índice que cuantifica algunos aspectos de la estructura de una comunidad considerando atributos de la historia de vida y características ecológicas de las especies; aunque no es independiente de la diversidad taxonómica,

su utilidad radica en que puede transmitir otro tipo de información (Sommerfield et al. 2008).

Debido a la continua presión pesquera ejercida por la pesquería artesanal y a pesar de los conocimientos que se tienen acerca de la ictiofauna capturada por ésta, no existen trabajos que evidencien una incidencia sobre la diversidad taxonómica y funcional del ecosistema para la zona. Por ello, éste trabajo se enfocó en determinar la variabilidad espacial y temporal taxonómica y funcional de la comunidad de peces capturados por las pesquerías artesanales en tres ecoregiones del norte del Mar Caribe de Colombia.

MÉTODOS

El Caribe de Colombia está dividido en dos zonas naturales (suroeste y noroeste) separadas por la desembocadura del río Magdalena y con características totalmente diferentes (Andrade-Amaya 2000). Para la zona noroeste, el Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera identificó cuatro ecoregiones naturales marinas y costeras (Díaz-Merlano y Gómez-López 2000). En este trabajo se contó con registros para la zona comprendida entre la desembocadura de los ríos Palomino y Magdalena (Figura 1), la cual incluye tres de estas ecoregiones:

- i) Palomino (PAL), con amplias playas de grano grueso, sin la existencia aparente de fanerógamas y arrecifes de coral, plataforma medianamente ancha y poca carga de sedimentos que no alteran la calidad físico-química de las aguas costeras,
- ii) Tayrona (TAY), cuyo litoral se alterna entre cabos rocosos y ensenadas con playas, plataforma casi ausente, baja influencia de descargas continentales, fondos predominantemente rocosos y arenosos, y gran diversidad de ambientes (mosaicos coralinos, fanerógamas, praderas de algas),
- iii) Magdalena (subcoregión Golfo de Salamanca - GDS), que recibe una marcada influencia de una laguna costera (Ciénaga Grande de Santa Marta-CGSM) y del río Magdalena, con aguas predominantemente turbias, salinidad algo reducida, plataforma de anchura variable y poco desarrollo de comunidades ecológicas de sustratos duros, formaciones coralinas y praderas de fanerógamas.

La pesquería artesanal en esta zona está conformada por lanchas de fibra de vidrio y/o madera de 4.5 a 9.2 m de eslora y cuya distribución está determinada por la distancia a los centros de acopio y las condiciones de navegación, llegando a operar hasta la isobata de 200 m (Gómez-Canchong et al. 2004, Párraga-Velandia 2009). Los datos utilizados provienen de un muestreo, en el espacio y en el tiempo, de tipo estratificado aleatorio en marco de diferentes programas de investigación realizados en la zona y recopilados en el programa PICEP (Procesamiento de Información de Captura y Esfuerzo Pesquero)(Manjarrés

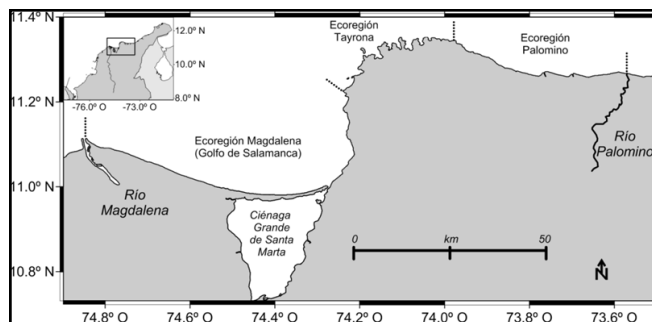


Figura 1. Zona costera del departamento del Magdalena, se indican los límites de las ecoregiones presentes en el área.

2004). La cobertura temporal fue para el periodo 1994-1998 y los años 2000 y 2008. Los registros se obtuvieron mediante encuestas en los sitios de desembarco sobre las unidades económicas para obtener estimaciones precisas de la captura y el esfuerzo (Bazigos 1975, Sparre y Venema 1995). Los datos fueron revalidados, estandarizados y reprocesados para así obtener información coherente y sistemática almacenada en el programa PICEP. Se seleccionaron los tres tipos de artes de pesca más representativos (chinchorro de tiro, red de enmalle y palangre) por su captura y regularidad en su uso. Así mismo, la captura fue estandarizada a kg/faena.

Para evaluar el grado de relación y variedad taxonómica de las comunidades explotadas se utilizaron índices de diversidad taxonómica generalizados del índice de diversidad de Simpson, que evalúan la distancia taxonómica entre cada par de individuos, definida a través de un árbol de clasificación linneana (Clarke y Warwick 2001a, b, 1998, 1999, Warwick y Clarke 1995, 1998). Los niveles taxonómicos usados fueron filo, clase, orden, familia, género y especie, considerando la nomenclatura propuesta por Nelson (2006). Se elaboró una matriz de agregación taxonómica general de todas las especies capturadas en el área durante los años evaluados. El índice de distinción taxonómica promedio (Δ^+) se calculó al sumar la longitud de las rutas a través del árbol taxonómico, hasta donde convergen todos los pares de especies en la lista, y dividido por el número de rutas. Está definido por:

$$\Delta^+ = 2 \frac{\sum \sum_{i < j} \omega_{ij}}{S(S-1)}$$

donde S es el número de especies en la muestra y ω_{ij} es el peso distintivo o distancia taxonómica entre la especie i y j en la clasificación jerárquica, esto es, cada nivel jerárquico recibe un valor proporcional escalado a 100. Así para las mismas especies, el valor de nivel jerárquico (ω_{ij}) será de 16.7, de 33.3 para especies diferentes del mismo género, de 50 para diferentes géneros en la misma familia, de 66.7 para diferentes familias en el mismo orden, de 83.3 para diferentes órdenes pero la misma clase y de 100 para diferentes clases pero el mismo filo.

Para evaluar la desigualdad en el árbol taxonómico en la lista de especies, se calculó el índice de variación de la distinción taxonómica. La variación de la distinción taxonómica (Λ^+) considera la equidad de la distribución del nivel taxonómico en el árbol y mide la asimetría del árbol taxonómico. Está definido por:

$$\Lambda^+ = 2 \frac{\sum \sum_{i \neq j} (\omega_{ij} - \bar{\omega})^2}{S(S-1)}$$

Ambos índices son independientes del número de especies, por tanto no están influenciados por el tamaño de muestra ni el esfuerzo de muestreo (Clarke y Warwick 2001a). El cálculo de los índices taxonómicos se desarrolló mediante la rutina TAXDTEST, incluida en el programa PRIMER v.6. Esta rutina contrasta los valores obtenidos con una distribución de probabilidad esperada la cual se genera con base en el remuestreo mediante simulaciones aleatorias sin reemplazo (Clarke y Warwick 2001a).

Para el análisis de diversidad funcional se realizó una compilación de datos sobre la historia de vida y características ecológicas de cada especie (Sommerfield et al. 2008). La información fue compilada a partir de registros para el área de estudio, catálogos de especies, libros, así como de la base de datos de Fishbase® (Froese y Pauly 1999). Los atributos ecológicos y morfológicos utilizados para el análisis funcional son los reportados para las especies en fase adultos. Estos fueron:

- i) Nivel trófico (> 4.00, 3.51 – 4.00, 3.01 – 3.50, ≤ 3.00),
- ii) Gremio trófico (Carnívoros, Herbívoros, Omnívoros),
- iii) Gremio reproductivo (Vivíparos, Ovovivíparos, Ovíparos),
- iv) Hábitat (Estuarino-Marino, Marino)
- v) Forma del cuerpo (Alargado, Plano, Comprimido, Redondeado),
- vi) Forma de la aleta caudal (Truncada, Bifurcada, Sin Caudal, Elasmobranquios),
- vii) Tipo de boca (Superior, Terminal, Inferior, Protáctil),
- viii) Posición en la columna de agua (Pelágico, Bentopelágico, Demersal, Bentónico), y
- ix) Tamaño (> 600 mm, 301 – 300 mm, 0 – 300 mm).

Se utilizaron posibilidades binarias (0 o 1) dependiendo de la existencia o no de los rasgos de cada atributo para todas las especies (Sommerfield et al. 2008). Se construyó una matriz de presencia/ausencia con los rasgos funcionales de todas las especies así como por ecoregión y por año. Al tener la matriz de rasgos funcionales, se calculó, en primera instancia, el coeficiente concordancia simple como medida de similitud que refleja que tan similar es una especie al resto respecto a los atributos funcionales que esta posee.

$$S_{ij} = \frac{a + d}{a + b + c + d}$$

Esta medida de similitud esta dada por:

donde a es el número de rasgos comunes de la especie i y j , b los rasgos que tiene i pero no j , c son los rasgos que tiene j pero no i , y d son los rasgos que no posee ninguna de las dos especies. El producto de este procedimiento resulta en una matriz de concordancia, equivalente a una matriz de similitud entre especies. Posteriormente se procedió el cálculo del índice de distinción funcional promedio (X^+) propuesto por Sommerfield et al. (2008), que no es más que el promedio de esta matriz. Este índice es útil para detectar diferencias en la diversidad funcional tanto en escala espacial como temporal (Sommerfield et al. 2008).

RESULTADOS

Un total de 195 especies fueron capturadas en el área para todo el periodo evaluado. Por ecoregión, en PAL 69 especies, en TAY 144 especies y en GDS 157 especies fueron registradas durante todo el periodo. Para el 2008 con 157 especies y 1998 con 50 especies fueron los años con mayor y menor registros de especies respectivamente. Estas especies representaron 112 géneros, 50 familias, 14 órdenes y 2 clases. El orden más representativo fue Perciformes con 27 familias, 71 géneros y 142 especies. A nivel de familias la más representativa fue Carangidae con 30 especies.

En análisis de diversidad taxonómica, la ecoregión GDS muestra valores del índice de distinción taxonómica cercanos a la media de la distribución de probabilidad. La ecoregión TAY muestra valores muy bajos en este índice, incluso con varios años por fuera de la distribución. PAL a pesar de presentar pocas especies, los valores del índice se encuentran dentro de la distribución. En el análisis temporal, 1995 y 2000 presentaron los valores más bajos del índice, incluso por fuera de la distribución de probabilidad. La variación de la distinción mostró todos los valores dentro de la distribución de probabilidad, a excepción del 1998 para GDS. (Figura 2). Este mismo análisis permitió evidenciar un aumento en el índice de distinción taxonómica a lo largo de un gradiente norte-sur. El análisis de la variación de la distinción mostró a la ecoregión GDS como la de mayor variación en toda la zona, así como la alta variabilidad taxonómica propia de la zona en los años evaluados (Figura 3).

El índice de distinción funcional mostró a la ecoregión PAL como la de mayor semejanza funcional entre las especies capturadas a través de los años. GDS y TAY presentaron una tendencia semejante, presentando la ecoregión TAY dos años por fuera de la distribución de probabilidad (Figura 4). Aunque no fue posible encontrar una relación significativa entre los índices respecto a los años, ambos presentaron una tendencia moderadamente fuerte. En el caso del índice de distinción taxonómica, se presentó una tendencia a disminuir ($r = -0.69$; $p = 0.1291$) a lo largo del tiempo, mientras que el índice de distinción funcional mostró una tendencia al aumento ($r = 0.77$; $p = 0.0686$) (Figura 5).

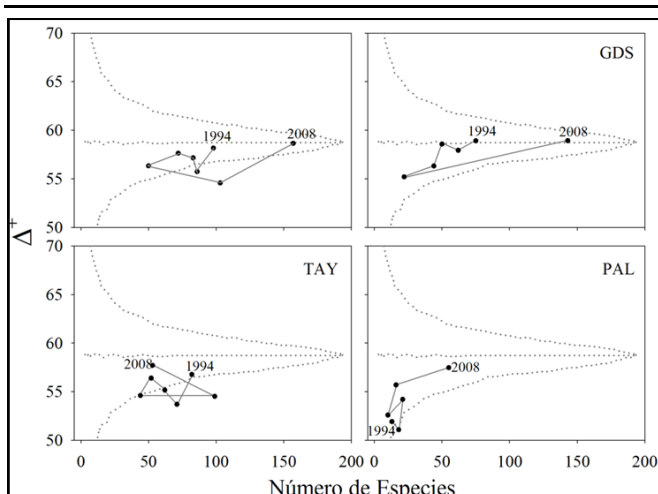


Figura 2. Índice de distinción taxonómica total y por ecoregión. La línea muestra la cronología. Se indica el año inicial y final de la serie de tiempo.

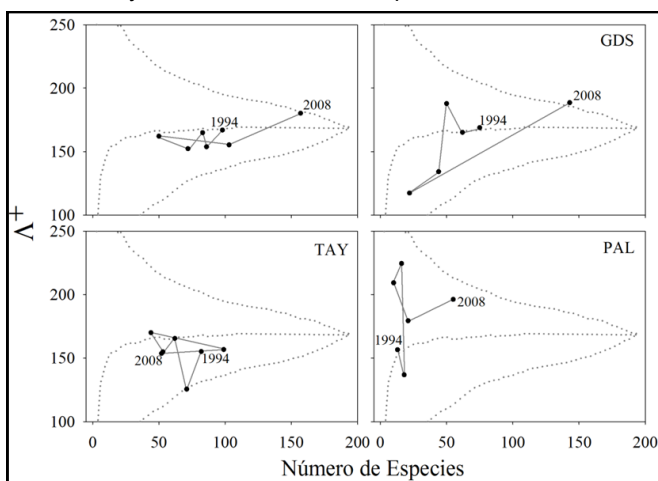


Figura 3. Variación del índice de distinción taxonómica total y por ecoregión. La línea muestra la cronología. Se indica el año inicial y final de la serie de tiempo.

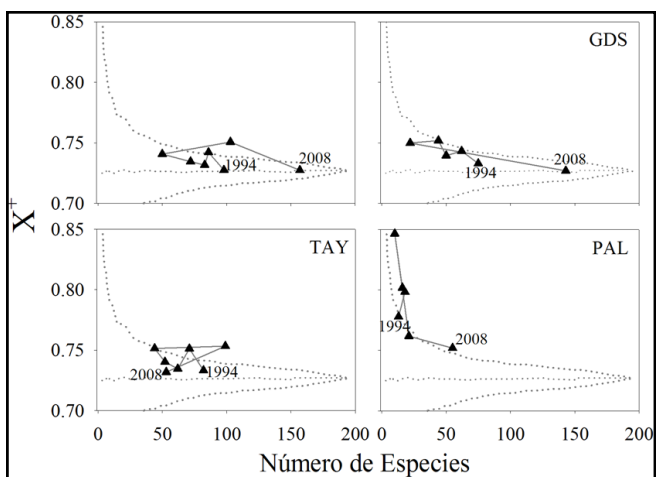


Figura 4. Índice de distinción funcional total y por ecoregión. La línea muestra la cronología. Se indica el año inicial y final de la serie de tiempo.

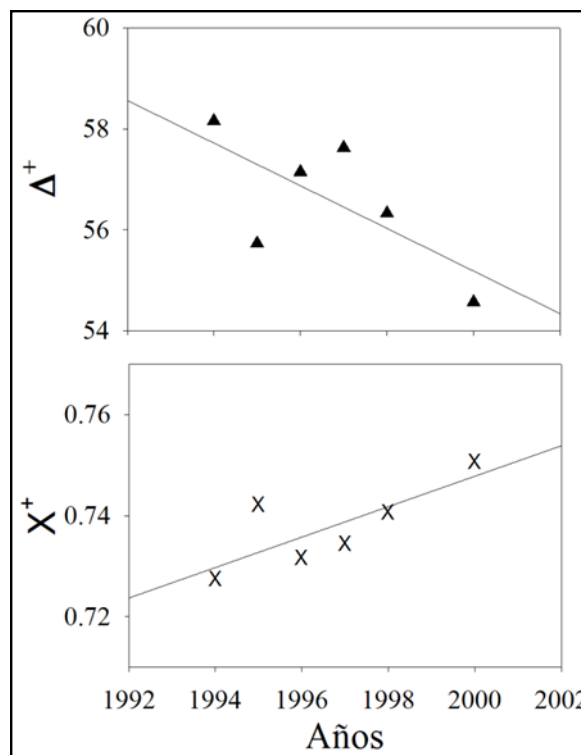


Figura 5. Tendencia de los índices de distinción taxonómica y funcional.

DISCUSIÓN

A nivel mundial, los ecosistemas marino-costeros son sistemas altamente productivos que cuentan con poco o nada de protección y en donde algunas prácticas de la pesquería artesanal o de pequeñas escala atentan contra la sostenibilidad de los recursos pesqueros a mediano y largo plazo (FAO 2012). Aunque la diversidad del Caribe de Colombia es alta como todas las regiones tropicales (Targett 1981), la pesquería está soportada en sólo 10 de estas especies cuyas capturas representan más del 70% del total de la zona (Párraga-Velandia 2009). Se ha reportado que la pesquería artesanal en todo el Caribe de Colombia, y en particular en el área, aplica un mayor esfuerzo a los recursos demersales (Gómez-Canchong et al. 2004, Manjarrés 2004, Pardo 2011), pero de estas 10 especies, ocho son pelágicas. Esto se debe al hecho que las redes (de tiro y de enmalle) inciden principalmente sobre especies pelágicas. Lo mismo ocurre con la alta representatividad de la familia Carangidae en la capturas, cuyas especies han sido reportadas dentro de las de mayor captura con estos tipos de arte (Gómez-Canchong et al. 2004).

Los índices de diversidad taxonómica han sido utilizados para registrar cambios relevantes en la comunidades de peces (Ramos-Miranda et al. 2005). Los resultados sugieren una variación espacio-temporal en la estructura taxonómica. La variación de este índice en a nivel espacial esta influenciada por el hecho que la pesquería artesanal del GDS incide sobre muchas más especies que, por presencia

de manglares y áreas coralinas, la utilizan como refugio en sus etapas vulnerables (Armstrong *et al.* 1993). Así mismo, el hecho que la pesquería artesanal permita que cualquier miembro de la comunidad puede extraer el recurso por apropiación directa (Manjarrés 2004), la variación temporal estaría sustentada posiblemente por un aumento en la presión pesquera, dado ya sea por el incremento en el poder de pesca de las embarcaciones (Barros y Manjarrés 2004) o en el número de las unidades económicas de pesca durante las últimas tres décadas (Altamar *et al.* 2007). También es bueno destacar que la alta variabilidad temporal de la distinción en GDS que podría elucidarse en el hecho que la zona, desde el punto de vista oceanográfico, presenta estacionalmente variaciones muy fuertes (Blanco 1988). Esto hace que la zona del GDS este influenciada, en determinados momentos del año, por la descarga de aguas continentales de la CGSM y del río Magdalena, haciendo el ambiente ideal para las especies estuarino-marinas. En un análisis bivalente de la distinción y su variación, se denota a la ecoregión PAL como la de menores índices, lo que podría indicar menor diversidad por tener especies estrechamente relacionadas disminuyendo la resiliencia en el ecosistema (Escobar 2012, Ramos-Miranda *et al.* 2005).

Se sabe que los rasgos funcionales de las especies en el ecosistema son parte fundamental en el funcionamiento de este y que su cuantificación podría ayudar al entendimiento de los procesos que allí se llevan a cabo (Naeem & Wright 2003). El análisis de diversidad funcional mostró valores altos, por encima de la media, del índice de distinción funcional, incluso valores por fuera de la distribución de probabilidad. Aunque la diversidad es comúnmente usada como un descriptor de la funcionalidad de un ecosistema y asociada a la redundancia funcional (Bellwood *et al.* 2003, Hooper *et al.* 2005), los resultados sugieren una posible erosión en la diversidad funcional, sobre todo en la ecoregión PAL, por la explotación de especies redundantes funcionalmente.

El análisis de tendencias sugiere un estado no muy promisorio para la pesca de pequeña escala en el área. La disminución de la diversidad taxonómica en las capturas y el aumento en la distinción funcional de las mismas, han hecho que el usuario de estos recursos migren en la búsqueda de nuevas especies objetivo (García 2010). Por esta razón, el año 2008 fue retirado para los análisis de las tendencias, ya que el muestreo realizado demandó un mayor esfuerzo y se registró toda la información posible de las capturas (objetivo, incidental y descartada). Así mismo, la introducción de nuevas especies en los desembarcos incide en la variación de los índices que podrían enmascarar la tendencia temporal de los mismos.

A pesar que en Colombia se ha destinado grandes esfuerzos y recursos para la colecta de información pesquera confiable, el panorama es diferente, pues las estadísticas pesqueras existentes son limitadas y excepcionalmente se dan las condiciones logísticas y económicas para un ade-

cuado muestreo (Manjarrés 2004). Los resultados obtenidos son una aproximación de la incidencia de la pesquería artesanal en el funcionamiento de los ecosistemas costeros de la zona y pueden ser herramientas útiles para el diseño de indicadores y puntos de referencias para la ordenación de ésta pesquería.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo recibido por los proyectos SEP-CONACYT (155900), SIP-IPN (20121417), UNIMAGDALENA-COLCIENCIAS-UDEC (1117-341-19398) y UNIMAGDALENA-COLCIENCIAS-UAESPNN (1117-521-29353) así como al Instituto Politécnico Nacional a través de los programas, EDI, COFFA y PIFI. FET agradece al CONACYT por el apoyo otorgado con una beca de Doctorado. Un especial agradecimiento a los pescadores artesanales de departamento del Magdalena por todo la ayuda brindada.

LITERATURA CITADA

- Abellán, P., D.T. Bilton, A. Millán, D. Sánchez-Fernández y P.M. Ramsay. 2006. Can taxonomic distinctness assess anthropogenic impacts in inland waters? A case study from a Mediterranean river basin. *Freshwater Biology* **51**:1744-1756.
- Agüero, M. y M. Claverí. 2007. Capacidad de pesca y manejo pesquero en América Latina: una síntesis de estudios de casos. Páginas 61 - 71 en: M. Agüero (ed.). *Capacidad de Pesca y Manejo Pesquero en América Latina y el Caribe*. FAO Documento Técnico de Pesca, Volumen 461. Roma, Italia.
- Altamar, J., L.O. Duarte, L. Manjarrés, F. Cuello, F. Escobar, S. Sánchez, E.R. Pardo, C. López y A. López. 2007. *Cambios históricos en el esfuerzo de la flota artesanal que opera en el departamento del Magdalena*. III Simposio BIOCARIIBE. Universidad del Magdalena. 1 pp.
- Andrade-Amaya, C. 2000. *The Circulation and Variability of the Colombian Basin in the Caribbean Sea*. Ph.D. Dissertation. University of Wales, United Kingdom. 223 pp.
- Armstrong, D.A., T.C. Wainwright, G.C. Jensen, P.A. Dinnel y H.B. Andersen. 1993. Taking refuge from bycatch issues: red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) and trawl fisheries in the eastern Bering Sea. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **50**:1993-2000.
- Barros, M. y L. Manjarrés. 2004. Inventario y caracterización general de la flota pesquera artesanal del sector norte del departamento del Magdalena (Taganga-La Jorará). Páginas 12-23 en: L. Manjarrés (ed.) *Pesquerías Demersales del Área Norte del Mar Caribe de Colombia y Parámetros Biológico-pesqueros y Poblacionales del Recurso Pargo*. Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.
- Bazigos, G.P. 1975. *Esquema de encuestas sobre estadísticas de pesca: Aguas continentales*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Bellwood, D.R., A.S. Hoey, y J.H. Choat. 2003. Limited functional redundancy in high diversity systems: resilience and ecosystem function on coral reefs. *Ecology Letters* **6**:281-285.
- Berkes, F., R. Mahon y P. McConney. 2001. *Managing Small-scale Fisheries: Alternative Directions and Methods*. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. 308 pp.
- Bevilacqua, S., S. Fraschetti, L. Musco, G. Guarnieri y A. Terlizzi. 2011. Low sensitivity of taxonomic distinctness indices to human impacts: Evidences across marine benthic organisms and habitat types. *Ecological Indicators* **11**:448-455.
- Bevilacqua, S., S. Fraschetti, A. Terlizzi y F. Boero. 2009. The use of taxonomic distinctness indices in assessing patterns of biodiversity in modular organisms. *Marine Ecology* **30**:151-163.
- Blanco, J. 1988. Las variaciones ambientales estacionales en las aguas costeras y su importancia para la pesca en la región de Santa Marta, Caribe colombiano. M.Sc. Thesis. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 50 pp.

- Clarke, K.R. y R.M. Warwick. 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *Journal of Applied Ecology* **35**:523-531.
- Clarke, K.R. y R.M. Warwick. 1999. The taxonomic distinctness measure of biodiversity: weighting of step lengths between hierarchical levels. *Marine Ecology Progress Series* **184**:21-29.
- Clarke, K.R. y R.M. Warwick. 2001a. *Changes in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*, 2nd Edition. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, United Kingdom. 86 pp.
- Clarke, K.R. y R.M. Warwick. 2001b. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series* **216**:265-278.
- Díaz-Merlano, J.M. y D.I. Gómez-López. 2000. *Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera - PNIBM*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "JOSÉ BENITO VIVES DE ANDREÍ" INVEMAR-FONADE-MMA, Santa Marta, Colombia. 83 pp.
- Escobar, F. 2012. Variación espacio-temporal de la diversidad de la comunidad de peces asociada a la pesquería de arrastre de camarón del Mar Caribe de Colombia. M.Sc. Thesis. Instituto Politécnico Nacional, México. 98 pp.
- FAO. 2012. *El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura*. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO, Roma, Italia. 231 pp.
- Froese, R. y D. Pauly. 1999. *FishBase 99: Conceptos, Estructura y Fuentes de Datos*. ICLARM, Manila, Filipinas. 322 pp.
- García, C.B. 2010. Conocimiento tradicional: lo que los pescadores artesanales del Caribe colombiano tienen para decirnos. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* **5**:78-90.
- Gómez-Canchong, P.G., L. Manjarrés, L.O. Duarte y J. Altamar. 2004. *Atlas pesquero del área norte del Mar Caribe de Colombia*. Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia. 230 pp.
- Hooper, D.U., F.S. Chapin III, J.J. Ewel, A. Hector, P. Inchausti, S. Lavorel, J.H. Lawton, D.M. Lodge, M. Loreau y S. Naeem. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs* **75**:3-35.
- Hooper, D.U., M. Solan, A. Symstad, S. Diaz, M.O. Gessner, N. Buchmann, V. Degrange, P. Grime, F. Hulot y F. Mermillod-Blondin. 2002. Species diversity, functional diversity and ecosystem functioning. Páginas 195-208 en: M. Loreau, S. Naeem y P. Inchausti (eds.) *Biodiversity and Ecosystem Functioning: Syntheses and Perspectives*. Oxford University Press, Oxford, England.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science, Oxford, England. 256 pp.
- Manjarrés, L. 2004. *Estadísticas Pesqueras Artesanales de los Departamentos del Magdalena y La Guajira con Aplicación de Herramientas Informáticas para su Sistematización y Procesamiento*. UNIMAG-INCODER-INPA-COLCIENCIAS, Santa Marta, Colombia. 71 pp.
- Naeem, S. y J.P. Wright. 2003. Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning: deriving solutions to a seemingly insurmountable problem. *Ecology Letters* **6**:567-579.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the World*. 4th Edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 601 pp.
- Pardo, E.R. 2011. Efectos de las artes de pesca sobre la estructura de tallas de pargo rayado (*Lutjanus synagris*) en el Golfo de Salamanca, Mar Caribe de Colombia. M.Sc. Thesis. Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia. 98 pp.
- Párraga-Velandia, D.P. 2009. Análisis espacio-temporal de la captura por unidad de esfuerzo de dos especies de importancia comercial de la pesquería artesanal del departamento del Magdalena, Caribe colombiano. M.Sc. Thesis. Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 81 pp.
- Ramos-Miranda, J., D. Mouillot, D. Flores-Hernandez, A. Sosa-López, T. Do-Chi y L. Ayala-Pérez. 2005. Changes in four complementary facets of fish diversity in a tropical coastal lagoon after 18 years: a functional interpretation. *Marine Ecology Progress Series* **304**:1-13.
- Somerfield, P.J., K.R. Clarke, R.M. Warwick y N.K. Dulvy. 2008. Average functional distinctness as a measure of the composition of assemblages. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* **65**:1462-1468.
- Sparre, P. y S.C. Venema. 1995. *Introducción a la Evaluación de Recursos Pesqueros Tropicales*. FAO, Roma, Italia. 420 pp.
- Targett, T.E. 1981. Trophic ecology and structure of coastal Antarctic fish communities. *Marine Ecology Progress Series* **4**:243-263.
- Tilman, D., J. Knops, D. Wedin, P. Reich, M. Ritchie y E. Siemann. 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* **277**:1300-1302.
- Warwick, R.M. y K.R. Clarke. 1995. New 'biodiversity' measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series* **129**:301-305.
- Warwick, R.M. y K.R. Clarke. 1998. Taxonomic distinctness and environmental assessment. *Journal of Applied Ecology* **35**:532-543.
- Yáñez-Arancibia, A. y P. Sánchez-Gil. 1988. *Ecología de los Recursos Demersales Marinos: Fundamentos en Costas Tropicales*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 228 pp.