

# Exploración de Tendencias Históricas de Indicadores Trofodinámicos en los Peces Demersales del Mar Caribe de Colombia

JENNY CAROLINA VIVAS-MUÑOZ<sup>1</sup>, LUIS ORLANDO DUARTE<sup>2</sup>, y CAMILO GARCÍA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogota, Colombia

<sup>2</sup> Laboratorio de Investigaciones Pesqueras Tropicales, Universidad del Magdalena  
Cra. 32 # 22-08, Santa Marta, Colombia

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Bogota, Colombia

## RESUMEN

A nivel mundial, se ha evidenciado una disminución en la biomasa de la mayoría de especies ícticas que han soportado una presión pesquera ejercida a través de los años, lo cual ha generado cambios en las redes tróficas marinas. A partir de información colectada en cruceros científicos, se evaluaron indicadores trofodinámicos de la sostenibilidad de los peces demersales en la plataforma continental del Mar Caribe de Colombia entre 1970 y 1996. La comunidad de peces demersales mostró un descenso en el nivel trófico promedio equivalente a 0,06 por década, una reducción en la proporción entre peces cartilaginosos y peces óseos, una disminución del 23% en grupos tróficos funcionales de la parte superior de la red alimentaria y un incremento de especies con espectros tróficos amplios (carnívoros de primer y segundo orden). Resultados que dan evidencia de que la comunidad de peces demersales del Caribe colombiano presenta cambios en la estructura y función del ecosistema, cambios que serían promovidos por la actividad pesquera ejercida históricamente en el área de estudio.

PALABRAS CLAVES: Peces demersales, indicadores trofodinámicos, Caribe, Colombia

## History Trends In Trophodynamic Indicators of the Demersal Fishes in the Colombian Caribbean Sea

At a global level, there is evidence of a decrease in the biomass of most fish species, due to the fishing pressure exert through years, which in an ecological scale has generated changes in the marine trophic webs, specially the decrease of mean trophic level, situation called "Fishing down marine food webs". Avoiding the geographic over-aggregation and with data from evaluation cruisers, an analysis of the historic trends (from 1964 to 2001) of the mean trophic level, of the piscivore/ omnivore fish ratio and of the elasmobranch/teleost ratio, is made for the Colombian Caribbean Sea continental shelf. A clear decline in demersal fish mean trophic level has been identified. Moreover, the importance of estimating the trophic level with the local data is test, by comparing between them and the recorded in the Fishbase data base. Due to that the fishes show wide distribution and that every system have a unique trophic structure that depends of it's own life history. With the results obtain here, information about changes in the structure and function of the ecosystem will be achieve, with the purpose to supply points of reference for the restoration of marine resource.

KEY WORDS: Indicators trophodynamic, trophic level, History tends, demersal fish, Colombia

## INTRODUCCIÓN

La explotación pesquera es uno de los mas antiguos factores que afectan las comunidad marinas (Jackson *et al.* 2001). A nivel mundial estudios históricos han evidenciado la pérdida de sostenibilidad en las pesquerías, estimando que actualmente la biomasa de los grandes peces predadores es solo del 10% de los niveles preindustriales (Myers y Worm 2003). En el mar Caribe de Colombia la situación no es diferente, pues se ha calculado que en 2001 solo se registra el 30% de la biomasa de peces demersales observada en 1970 (García *et al.* 2007). Desde la perspectiva trófica, globalmente se ha evidenciado una disminución del nivel trófico promedio de los recursos pesqueros marinos capturados, situación denominada "pescando hacia abajo en las redes alimentarias" (Pauly *et al.* 1998). Recientemente, el análisis de la información de captura registrada históricamente ha permitido que este proceso se observe en diversas regiones del mundo (Caddy y Garibal-

di 2000, Pauly *et al.* 2001 Gascuel *et al.* 2005, Pauly y Palomares 2005, Essington *et al.* 2006).

Los indicadores trofodinámicos han ganado una amplia aceptación para evaluar la sostenibilidad de los recursos pesqueros, pues permite detectar cambios en los procesos ecológicos, debido a que reflejan la dinámica de la red alimentaria, la fuerza de las interacciones entre los componentes bióticos, la estructura trófica, la riqueza y abundancia de especies de un nivel trófico seleccionado (Cury *et al.* 2005, Link 2005, Piet y Pranovi, 2005). El presente trabajo pretende examinar la tendencia histórica (1970 - 1996) de algunos indicadores trofodinámicos en la comunidad de peces demersales para el Mar Caribe de Colombia.

## MÉTODOS

Entre 1970 y 1996 se realizaron varios cruceros científicos para la estimación de biomasa de peces

demersales a lo largo de toda la plataforma continental del Caribe Colombiano (Testaverde y Rios 1972, Strømme y Saetersdal 1989, Manjarrés *et al.* 2005a, 2005b, 2005c), con un total de 373 lances de pesca (Figura 1). Los cruceros emplearon artes de pesca similares (redes de arrastre de fondo), los lances fueron distribuidos espacialmente de manera aleatoria en las zonas arrastrables y tuvieron poca variación en la velocidad, duración y profundidad (Tabla 1). Para la estandarización, los datos fueron expresados en densidad de biomasa ( $\text{kg}/\text{km}^2$ ), a partir del peso capturado de cada una de las especies y del área barrida. Las especies de peces capturas por las redes de arrastre pero consideradas de hábito pelágico fueron excluidas del análisis.

El nivel trófico (NT) de cada especie de peces demersales fue estimado a partir de la información de contenidos estomacales locales o de áreas cercanas:

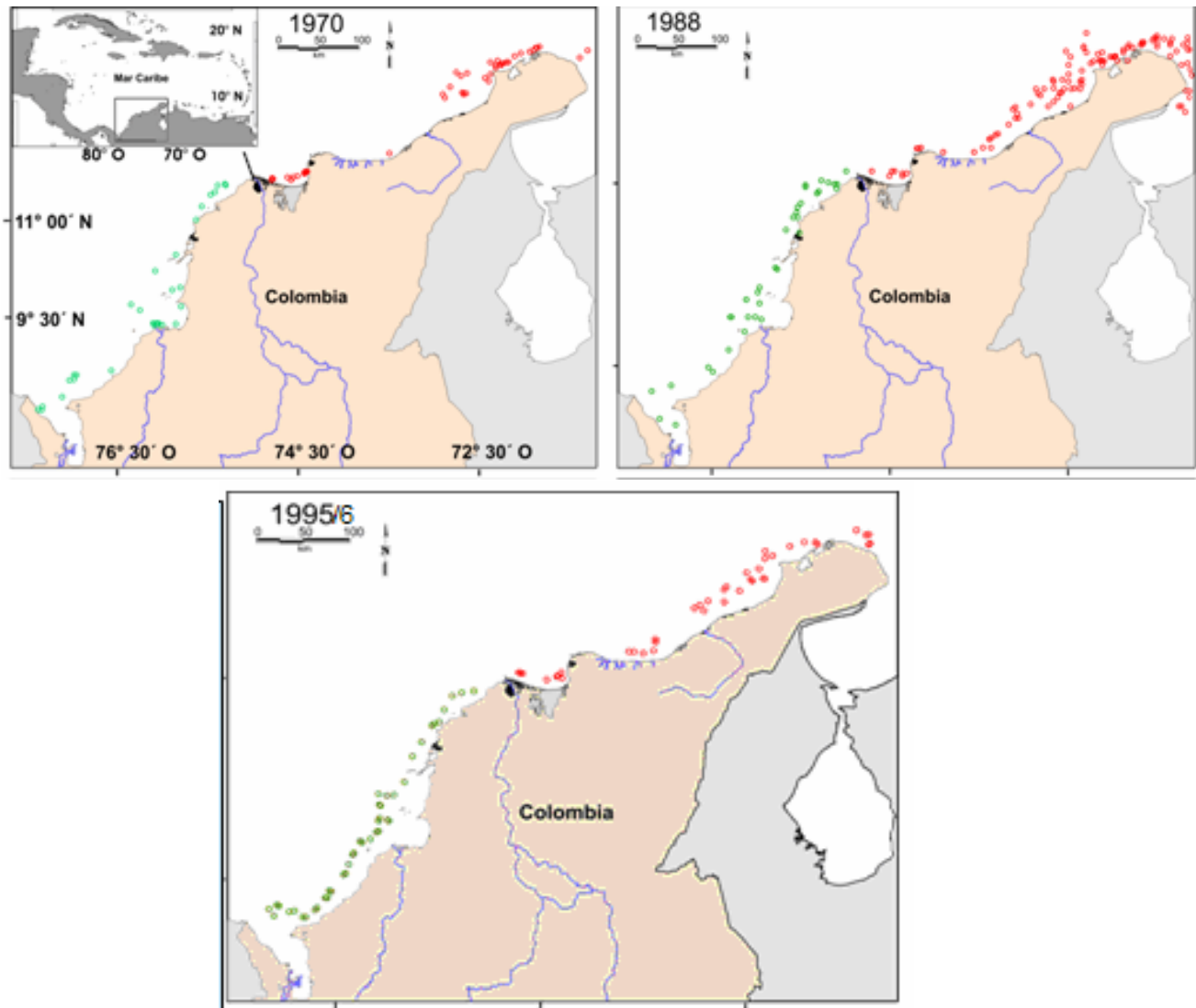
$$NT = 1 + \sum_j (NT_j * DC_j)$$

donde:  $NT_j$  es el nivel trófico de la presa  $j$  y  $DC_j$  representa la fracción de la presa  $j$  en la dieta (Odum y Heald 1975). El nivel trófico de las presas registradas en los contenidos estomacales fue derivado empleando análogamente las dietas de dichas presas o a partir modelos tróficos locales.

El índice trófico marino fue calculado para los años en los que se realizaron los cruceros científicos como sigue (Pauly *et al.* 1998):

$$ITM = \frac{[\sum_i (NT_i) * (Y_{ik})]}{[\sum_i Y_{ik}]}$$

Donde:  $Y_{ik}$  indica el peso (densidad de biomasa) de la especie  $i$  en el año  $k$  estimado en los cruceros científicos y



**Figura 1.** Mapa del Mar Caribe de Colombia con los lances realizados en los cruceros científicos entre 1970 y 1995/96 para la estimación de biomasas.

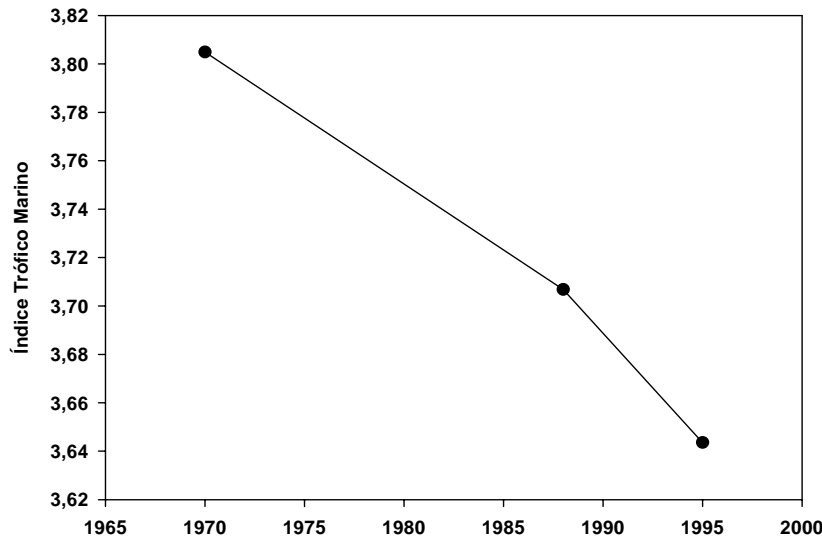
NT<sub>i</sub> el nivel trófico de la especie *i* derivado de estudios de dietas o de FishBase.

La fracción de la biomasa total correspondiente a las especies de nivel trófico de cuatro o superior (NT4+) y correspondiente a las especies de nivel trófico inferior a cuatro (NT4-) fueron estimadas para los años de los cruceros científicos (Link 2005). Este indicador refleja la variación en general de los predadores (piscívoros) en relación con toda la comunidad a través del tiempo.

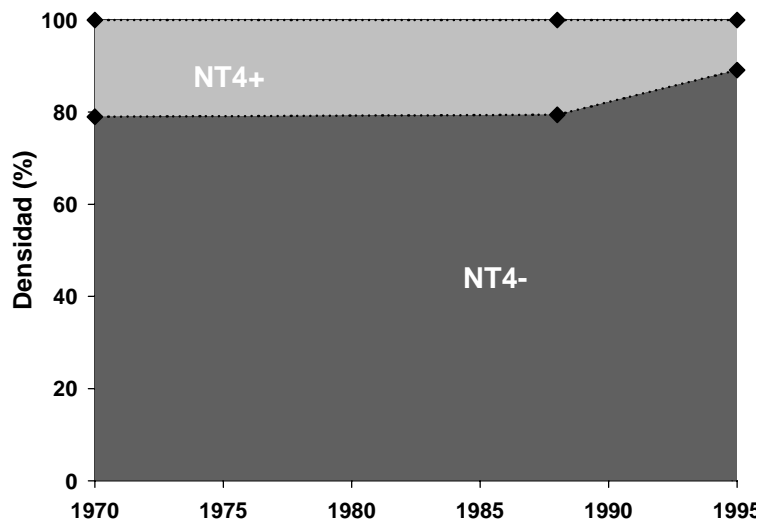
La proporción entre la biomasa de peces condriictios y la biomasa de peces óseos fue calculada para cada año (Piet y Pranovi 2005), pues refleja cambios en la estructura de la

comunidad, debido a que en general los peces condriictios y peces óseos tienen historias de vida contrastantes (Stevens *et al.* 2000).

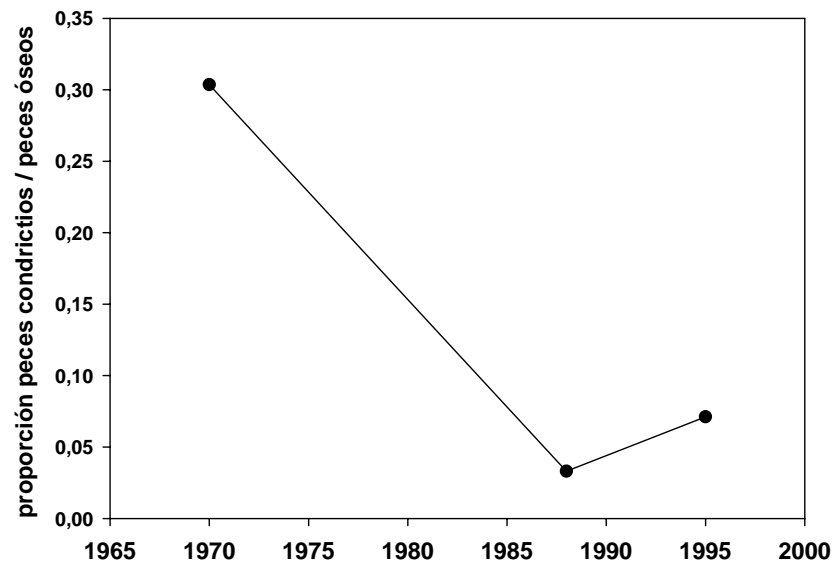
Por último, con base a la información de la dieta de los peces se asignó un hábito alimenticio a cada especie, siguiendo la clasificación de Bouchon-Navarro *et al.* (1992), en cinco grupos tróficos: herbívoros (consumen más del 80% de algas o fanerógamas marinas), omnívoros (ingieren invertebrados y al menos un 10% de plantas), carnívoros de primer orden (se alimentan preferiblemente de invertebrados bentónicos), carnívoros de segundo orden (consumen invertebrados bentónicos y al menos un 10% de



**Figura 2.** Índice trófico marino estimado a partir de niveles tróficos calculados localmente para los peces demersales en el mar Caribe de Colombia entre 1970 y 1995/96



**Figura 3.** Fracción de la biomasa total correspondiente a las especies de peces demersales de nivel trófico de cuatro o superior (NT4+) y correspondiente a las especies de nivel trófico inferior a cuatro (NT4-) estimadas para el mar Caribe de Colombia.



**Figura 4.** Proporción entre la biomasa de peces condriictios y la biomasa de peces óseos estimada en el mar Caribe de Colombia.

**Tabla 1.** Características de los cruceros de evaluación efectuados con redes de arrastre demersal en el Mar Caribe colombiano de 1970 al 1996. RS: Relinga superior (m), MC: Tamaño de malla en el copo (mm), N: Numero de estaciones, P: Profundidad promedio (m), D: Duración promedio (h), V: Velocidad Promedio (nudos), AB: Área barrida promedio (km<sup>2</sup>)

Año	Buque	RS	MC	N	P	D	V	AB
1970	B/I Choco	54.0	32.0	23	65.70	0.90	2.50	0.13
1970	B/I Choco	43.0	36.0	58	46.77	0.76	2.50	0.09
1988	B/I Fridtjof Nansen	31.0	20.0	163	73.34	0.49	2.73	0.05
1995	B/I Ancon	20.6	45.0	91	50.92	0.49	3.43	0.04
1996	B/O ARC Malpelo	33.0	50.0	38	53.71	0.51	3.44	0.08

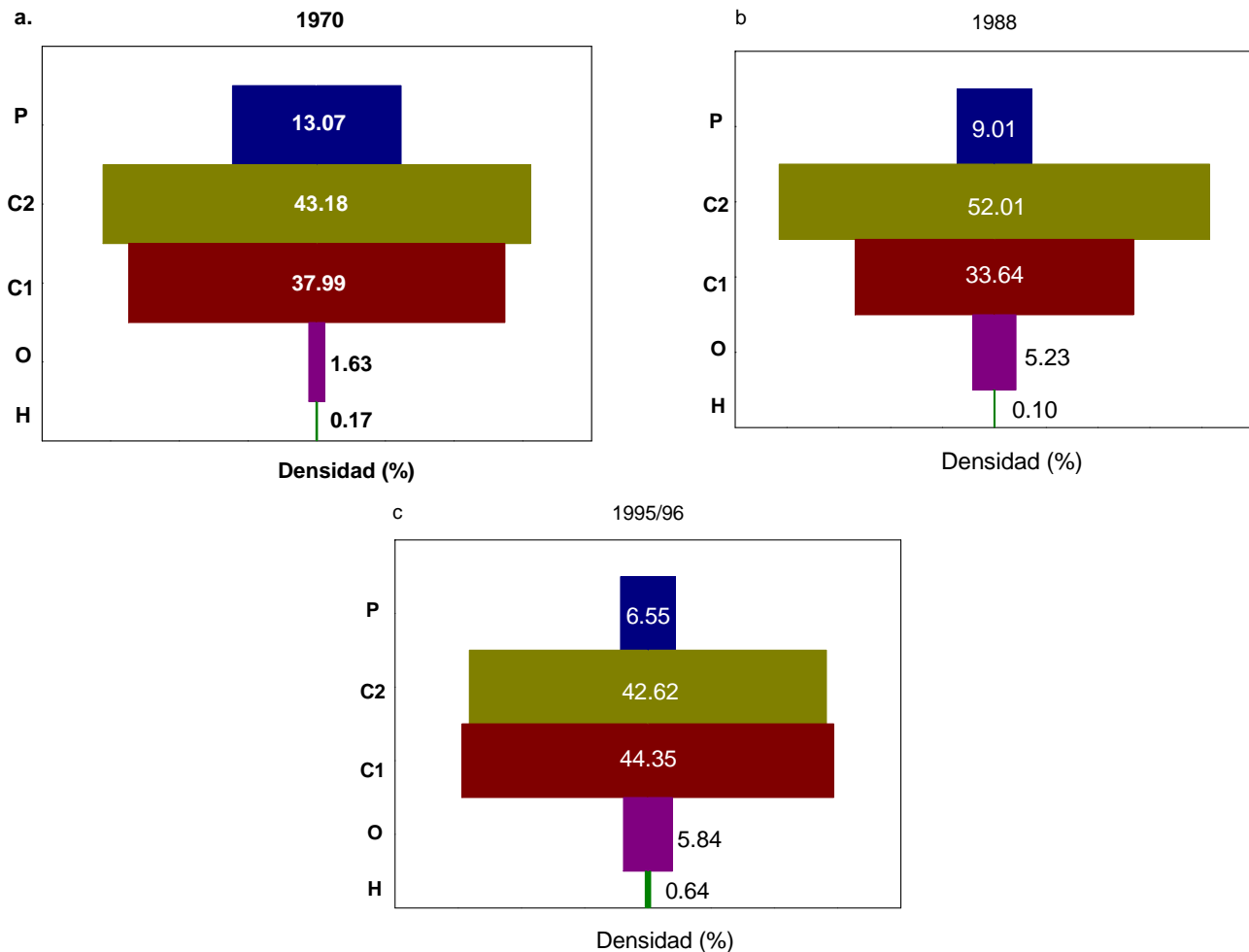
peces), piscívoros (con más del 80% de peces en la dieta). Por medio de una grafica piramidal se observó la tendencia histórica de la densidad en cada uno de los grupos tróficos en el área de estudio.

## RESULTADOS

La fauna íctica demersal capturada históricamente en los cruceros de investigación estuvo compuesta por 159 taxas, de las cuales 130 a nivel de especie y 21 a nivel de género que representaron el 81,7 % y 13,2 % de la captura total en peso durante el periodo de estudio respectivamente.

El índice trófico marino exhibió una disminución de 0,06 por década en el área de estudio. El nivel trófico promedio descendió de 3,80 a 3,64 entre 1970 y 1996 (Figura 2). Se observó una disminución de la representación de peces de nivel trófico mayores de 4 a lo largo del tiempo. El NT4+ decayó del 40% al 17% entre 1970 y 1996 (Figura 3).

Los peces condriictios presentaron una disminución marcada en su biomasa respecto a los peces óseos durante



**Figura 5.** Pirámides de biomasa de los grupos tróficos que conforman la comunidad de peces demersales en el mar Caribe de Colombia entre 1970 y 1995/96. P: piscívoros, C2: carnívoros de segundo orden, C1: carnívoros de primer orden, O: omnívoros, H: herbívoros.

el periodo de estudio. De representar el 26% del total de peces demersales en 1970, solo constituyeron el 6% en 1996. La proporción entre la biomasa de peces condriictios y peces óseo fue de 0,30 en 1970 y de 0,07 en 1996 (Figura 4).

Los peces herbívoros no significaron más del 1% de la biomasa los peces demersales en los años analizados. Los carnívoros de primer orden mostraron una tendencia a aumentar desde 1970 a 1996. El grupo de los piscívoros tuvieron la máxima representación en 1970 con el 13% de la biomasa de peces demersales. (Figura 5).

### DISCUSIÓN

Evidencia reciente sugiere que la abundancia de los peces demersales en el mar Caribe de Colombia ha disminuido significativamente desde la década de 1970 (García *et al.* 2007). Los resultados aquí obtenidos de diferentes indicadores trófodinámicos presentan una tendencia que sugiere la no sostenibilidad, diagnosticando

cambios estructurales y funcionales en la comunidad íctica demersal (Bianchi, *et al.* 2000, Gislason 2001, Yañez-Arancibia y Sanchez-Gil 1988). Los resultados que aquí se presentan implican cambios en la estructura y función de la comunidad de peces demersales del Caribe colombiano, pues han decrecido las abundancias de especies de niveles tróficos altos favoreciéndose las especies de nivel trófico bajo.

El nivel trófico promedio de la comunidad de peces demersales del Caribe colombiano presenta el mismo patrón de disminución que prevalece en los ecosistemas marinos a nivel global (Pauly *et al.* 1998, Pauly *et al.* 2001, Jennings *et al.* 2002, Gascuel *et al.* 2005, Pauly y Palomares 2005, Essington *et al.* 2006).

Los resultados indican disminución de especies de peces demersales de NT4+ que suelen ser piscívoros o contener en su dieta un porcentaje importante de peces, lo cual confirma a nivel regional el patrón global de pérdida de grandes predadores (Myers y Worm 2003). Para el

Caribe colombiano, la biomasa de los depredadores demersales ha disminuido más de un 20% entre los años 70 y 90, lo cual implica que este estado puede no ser sustentable a lo largo del tiempo debido a los cambios en las eficiencias de transferencia, que se salen de los valores deseables (Link 2005).

A nivel local los condriictios son capturados como pesca acompañante de la pesquería industrial de camarón y como objetivo de pesquerías artesanales (Gómez-Canchong *et al.* 2004). Esta presión pesquera, junto con la mayor vulnerabilidad de los peces condriictios a la pesquería por su estrategia de vida y, bajo circunstancias de perturbación, ser competitivamente inferiores a los peces óseos (Stevens *et al.* 2000), pueden provocar la disminución en la representación de peces condriictios respecto a los óseos con consecuencias en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas marinos que están por evaluarse.

La disminución de piscívoros y aumento de carnívoros de primer y segundo orden durante los años analizados, genera un aumento de la competencia alimentaria por la potencial superposición dietaria especialmente por los crustáceos y moluscos (Shelby 1994), organismos que son de gran importancia en la transferencia de flujo energético en la red trófica por la vía detritívora (Livingston 2003). Se ha postulado que los flujos energéticos por la vía del detritus son centrales en los sistemas de plataforma continentales tropicales (Duarte y García 2002) por lo cual el incremento de la presión depredadora sobre los organismos que incorporan los detritus en la red alimentaria puede significar una reducción de la energía disponible para el funcionamiento del ecosistema.

El deterioro del estado de las comunidades de peces demersales en el Caribe de Colombia se ha asociado a la explotación pesquera (García *et al.* 2007). La pesca industrial de camarón con redes de arrastre, con cerca de 40 años de historia en Colombia, enfrenta el problema de sobreexplotación (Duarte *et al.* 2004). Esta pesquería produce también elevadas cantidades de descartes altamente diversos, con impactos radicales en la estructura de la comunidad demersal (Duarte *et al.* 2004). Adicionalmente, las pesquerías artesanales que operan en la región genera mortalidades importantes en peces depredadores, incluso superiores a las generadas por la flota industrial, debido a que extraen las fracciones de tamaño menores (Manjarrés *et al.* 2004). En consecuencia, acciones de ordenamiento y restauración son urgentes para asegurar la viabilidad del ecosistema y los recursos que sustenta.

#### LITERATURA CITADA

- Bianchi, G., H. Gislason, K. Graham, L. Hill, X. Jin, K. Koranteng, S. Manickchand-Heileman, I. Paya, K. Sainsbury, F. Sanchez, and K. Zwanenburg. 2000. Impact of fishing on size composition and diversity of demersal fish communities. *ICES Journal of Marine Science* 57:558-571.
- Bouchon-Navaro, Y., C. Bouchon, y M. Louis. 1992. L'ichtyofaune des herbiers de phanérogames marines de la Baie de Fort-de-France (Martinique, Antilles Françaises). *Cybiurn* 16:307-330.
- Caddy, J.F., and L. Garibaldi. 2000. Apparent changes in the trophic composition of world marine harvests: the perspective from the FAO capture database. *Ocean & Coastal Management* 43:615-655.
- Cury, P., L.J. Shannon, J-P. Roux, G.M. Daskalov, A. Jarre, C.L. Moloney, and D. Pauly. 2005. Trophodynamic indicators for an ecosystem approach to fisheries. *ICES Journal of Marine Science* 62:430-442.
- Duarte, L.O. and C. García. 2002. Testing responses of a tropical shelf ecosystem to fisheries management strategies. A small-scale fishery from the Colombian Caribbean Sea. *Fisheries Centre Research Reports* 10(2):142-149
- Duarte, L.O., C.B. Garcia, J. Altamar, and L. Manjarrés. 2004. Bottom trawl bycatch of the shrimp fishery in the upwelling area off Colombia, Caribbean Sea. Current status and historical insights. In: L. Manjarrés, L.O. Duarte, C. Garcia, M. Criales, J. Altamar, J. Víaña, P. Gomez, F. Cuello, J. Mazenet, y F. Escobar (eds.) Dinámica espacio-temporal del ecosistema de afloramiento del área bocas de ceniza-Punta espada (Caribe colombiano) y sus implicaciones para un régimen de pesca responsable. Informe técnico. COLCIENCIAS, Universidad del Magdalena, INCODER, INPA, Universidad Nacional de Colombia Santa Marta.
- Essington†, T.E., Beaudreau, A.H y Wiedenmann, J. 2006. Fishing through marine food webs. Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, 103 (9): 3171-3175.
- García, C.B., L.O. Duarte, J. Altamar, and L. Manjarrés. 2007. Demersal fish density in the upwelling ecosystem off Colombia, Caribbean Sea: historic Outlook. *Fisheries Research* 85:68-73.
- Gascuel, D., Y-M. Bozec, E. Chassot, A. Colomb, and M. Laurants. 2005. The trophic spectrum: theory and application as an ecosystem indicator. *ICES Journal of Marine Science* 62:443-452.
- Gislason, H. 2001. The effects of fishing on non-target species and ecosystem structure and function. Reykjavik Conference on Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem. Reykjavik, Iceland. 21 pp.
- Gómez-Canchong, P., L. Manjarrés, L.O. Duarte, y J. Altamar. 2004 . *Atlas Pesquero del Área Norte del Mar Caribe Colombiano*. Universidad del Magdalena, COLCIENCIAS, INPA, INCODER, Universidad Nacional. Santa Marta, Colombia. 229 pp.
- Jackson, J.B.C., M.X. Kirby, W.H. Berger, K.A. Bjorndal, L.W. Botsford, B.J. Bourque, R.H. Bradbury, R. Cooke, J. Erlandson, J.A. Estes, T.P. Hughes, S. Kidwell, C.B. Lange, H.S. Lenihan, J.M. Pandolfi, C.H. Peterson, R.S. Steneck, M.J. Tegner, and R.R. Warner†. 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293:629-638.
- Jennings, S., S.P.R. Greenstreet, L. Hill, G.J. Piet, J.K. Pinnegar, and K.J. Warr. 2002. Long-term trends in the trophic structure of the North Sea fish community: evidence from stable-isotope analysis, size-spectra and community metrics. *Marine Biology* 141:1085-1097.
- Link, J.S. 2005. Translating ecosystem indicators into decision criteria. *ICES Journal of Marine Science* 62:569-576.
- Livingston, R.J. 2003. *Trophic Organization in Coastal Systems*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 388 pp.
- Manjarrés, L. (ed.). 2004. Pesquerías demersales del área norte del Mar Caribe de Colombia y parámetros biológico-pesqueros y poblacionales del recurso pargo. Universidad del Magdalena, INPA, COLCIENCIAS. Santa Marta. 317 pp.
- Manjarrés, L., A. Vergara, J. Torres, G. Rodríguez, E. Arteaga, J. Víaña, J. Arévalo, y R. Galvis. 2005a. Evaluación de peces demersales e ictioplancton en el Mar Caribe de Colombia, incluyendo condiciones oceanográficas. Parte I: Crucero INPA-VECEP/UE/DEMÉR/9507 (julio de 1995). *Revista Intropica* 2:51-86.
- Manjarrés, L., G. Rodríguez, J. Torres, A. Vergara, E. Arteaga, J. Arévalo, R. Galvis, y J. Víaña. 2005b. Evaluación de peces demersales e ictioplancton en el Mar Caribe de Colombia, incluyendo condiciones oceanográficas. Parte II: Crucero INPA-VECEP/UE/DEMÉR/9510 (octubre-noviembre de 1995). *Revista Intropica* 2:87-115.
- Manjarrés, L., G/ Rodríguez, A. Vergara, J. Torres, E. Arteaga, J/ Arévalo, J. Víaña, R. Galvis, D.Y. Rodríguez, y M. Barros. 2005c. Evaluación de peces demersales e ictioplancton en el Mar Caribe de Colombia, incluyendo condiciones oceanográficas. Parte III:

- Crucero INPA VECEP/UE/DEMER/9604 (abril de 1996). *Revista Intropica* **2**:117-149.
- Myers, R.A. y B. Worm. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature* **423**:280-283.
- Pauly, D., V. Christensen, J. Dalsgaard, R. Froese y F. Torres, Jr. 1998. Fishing down marine food webs. *Science* **279**:860-863.
- Pauly, D. and M.L. Palomares. 2005. Fishing down marine food web: it is far more pervasive that we thought. *Bulletin of Marine Science* **76**:197-211.
- Pauly, D., M.L. Palomares, R. Froese, P. Sa-A, M. Vakily, D/ Peikshot, y S. Wallace. 2001. Fishing down Canadian aquatic food webs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **58**:51-62.
- Piet, G. and F. Pranovi. 2005. A review of the indicators for ecosystem structure and functioning. INDECO. Development of Indicators of Environmental Performance of the Common Fisheries Policy. 74 pp.
- Shelby, D.G. 1994. Feeding ecology of fish. Academic Press. Estados Unidos de America. 416 p.
- Shin, Y-J., M-J. Rochet, S. Jennings, J.G. Field, and H. Gislason. 2005. Using size-based indicators to evaluate the ecosystem effects of fishing. *ICES Journal of Marine Science* **62**:384-396.
- Stevens, J.D., R. Bonfil, N.K. Dulvy, and P.A. Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, rays and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science* **57**:476-494.
- Strømme, T. y G. Saetersdal. 1989. Prospecciones de los recursos pesqueros de las áreas de la plataforma entre Surinam y Colombia 1988. IMR, Bergen.
- Testaverde, S.A. and C.E. Rios. 1972. Collection of fish from fish cruises of the R/V Chocó along the Caribbean Coast of Colombia during 1970. Proyecto para el desarrollo de la pesca marítima en Colombia. PNUD, FAO, INDERENA. *Boletín Informativo* **2**:63-110.
- Yáñez-Arancibia, A. y P. Sánchez-Gil. 1988. Ecología de los recursos demersales marinos. A.G.T Editor, S.A. México. 228 pp.