

Research Article

Estructura y distribución de los condricios de aguas profundas en el Caribe colombiano

Jorge Paramo¹, Daniel Pérez¹ & Arturo Acero²

¹Grupo de Investigación Ciencia y Tecnología Tropical (CITEPT), Universidad del Magdalena
Cra. 32 N°22-08 Avenida del Ferrocarril, Santa Marta, Colombia

²Universidad Nacional de Colombia sede Caribe, CECIMAR/INVEVAR
Santa Marta, Colombia

Corresponding author: Jorge Paramo (jparamo@unimagdalena.edu.co)

RESUMEN. Si bien, aunque actualmente no existe una pesquería de aguas profundas en el Caribe colombiano, es importante conocer la biología y ecología de la ictiofauna de aguas profundas para identificar el impacto de la pesca sobre estas comunidades. Con fines de aportar conocimiento que sirva como línea base para su conservación, el objetivo del presente estudio fue determinar la composición específica, y aspectos de su estructura poblacional y ecológica tales como abundancia y distribución (espacial y batimétrica) de los condricios de aguas profundas en el mar Caribe colombiano. Se realizaron cuatro muestreos a bordo de un barco de arrastre camarero entre 200 y 550 m de profundidad, durante agosto y diciembre de 2009 y, marzo y mayo de 2010. Se encontró un total de 331 especímenes de 13 especies correspondientes a nueve familias. Las especies que se capturaron con más de 15% de frecuencia de ocurrencia fueron *Etmopterus perryi*, *Galeus cadenati*, *Anacanthobatis americanus* y *Gurgesiella atlantica*. La zona donde se encontró la mayor abundancia relativa de especies e individuos fue el norte del Caribe colombiano, denominada Ecoregión La Guajira.

Palabras clave: condricios, aguas profundas, distribución, manejo, Mar Caribe, Colombia.

Structure and distribution of deep-water chondrichthyans in the Colombian Caribbean

ABSTRACT. Although currently there is no deep-sea fishery in the Colombian Caribbean Sea, however it is important to know the biology and ecology of the deep-sea ichthyofauna in order to identify the impact of the fishing on these communities. Therefore, to produce the baseline biological knowledge for their conservation, the objective of the present study was to determine the specific composition and describe some aspects of their population and ecology, as their abundance and distribution (spatial and bathymetric) of the deep-sea chondrichthyans at the Colombian Caribbean Sea. We carried out four samplings on board of a shrimp fishing vessel, trawling between 200 and 550 m of depth, during the months of August and December 2009 and March and May 2010. We found a total 331 specimens of thirteen species corresponding to nine families. The species that were captured with more than 15% of appearance frequency were *Etmopterus perryi*, *Galeus cadenati*, *Anacanthobatis americanus* and *Gurgesiella atlantica*. The higher relative abundances of species and individuals were found in the northern area of the Colombian Caribbean Sea (La Guajira Ecoregion).

Keywords: chondrichthyans, deep waters, distribution, management, Caribbean Sea, Colombia.

INTRODUCCIÓN

El mar profundo se extiende desde los límites de la plataforma continental, desde 200 m de profundidad, el cual es un ambiente oscuro y frío, que depende de los aportes de materia orgánica proveniente de los ecosistemas superficiales, debido a su nula productivi-

dad primaria (García *et al.*, 2008). No obstante, los recursos pesqueros de profundidad son especialmente vulnerables a la sobre-explotación debido a las características de la historia de vida de las especies que incluyen longevidad alta, tasa de crecimiento lenta, madurez tardía y fecundidad baja (Koslow *et al.*, 2000; Stevens *et al.* 2000; Morato *et al.*, 2006; García *et al.*,

2008; Follesa *et al.*, 2011) y pocos años reproductivos (Ebert, 2005). Por lo tanto, la recuperación poblacional es mucho más lenta que en las especies de aguas someras (Roberts, 2002). Debido a la gran vulnerabilidad de las especies y habitats de aguas profundas, se requiere mayores medidas de protección que limiten la pesca, y que se basen en un enfoque altamente precautorio (Stevens *et al.*, 2000; Roberts, 2002; Devine *et al.*, 2006; Hart & Pearson, 2011). Estas medidas incluyen la posible creación de un Área Marina Protegida (AMP) que es una herramienta de conservación y manejo pesquero que sigue un enfoque ecosistémico (Worm *et al.*, 2006; Fraser *et al.*, 2009; Paramo *et al.*, 2009; Jackson & Jacquet, 2011).

Existe escasa información sobre la biología de condriictios de aguas profundas debido a la dificultad de realizar estudios a grandes profundidades, por esto se tiene mayor conocimiento de las especies de aguas someras (<100 m de profundidad). La clase Chondrichthyes se encuentra dividida en dos sub-clases, Holocephali que incluyen a las quimeras y Elasmobranchii que incluye a tiburones y rayas (Kyne & Simpfendorfer, 2010). Según Kyne & Simpfendorfer (2010) existen 1144 especies de condriictios, de los cuales 530 (46%) habitan en aguas profundas, siendo 254 tiburones, 236 rayas y 40 quimeras. En Colombia se han reportado 88 especies de condriictios, de las cuales 32 (36%) son de aguas profundas (Mejía-Falla *et al.*, 2007).

Los peces cartilaginosos de aguas profundas tienen distribución restringida o pasan el mayor tiempo de su vida a profundidades >200 m (Kyne & Simpfendorfer, 2010). Aunque se han registrado especies hasta 4500 m de profundidad, los estudios realizados por Priede *et al.* (2006) han demostrado que su desarrollo en ambientes abisales (>3000) es menos probable debido a su gran requerimiento energético. Sin embargo, estos peces son poco resistentes a la presión pesquera debido a su limitada capacidad reproductiva, combinada con una baja biomasa poblacional (Cavanagh & Kyne, 2006). Debido a que la mayoría de los condriictios son depredadores tope de la trama trófica, su captura puede causar cambios: en su abundancia, estructura de tallas, parámetros de historia de vida y/o conllevar a la extinción de especies (Stevens *et al.*, 2000). La información sobre condriictios de aguas profundas en el Caribe colombiano es escasa, donde no se ha desarrollado una pesquería comercial y el ecosistema se puede considerar prístino (Paramo *et al.*, 2012). No obstante, se han realizado estudios preliminares donde se describe la presencia de peces cartilaginosos que habitan entre 200 y 800 m de profundidad (Polanco *et al.*, 2010).

Estudios anteriores han identificado el potencial de una nueva pesquería de crustáceos de profundidad en el Caribe colombiano (Paramo *et al.*, 2011a; Paramo & Saint-Paul, 2012a, 2012b, 2012c). Si bien, actualmente no existe una pesquería de aguas profundas en el Caribe colombiano, antes de su desarrollo, es importante conocer la biología y ecología de la ictiofauna de aguas profundas para identificar el impacto de la pesca sobre éstas comunidades. De esta manera, el objetivo del presente estudio es determinar la composición específica de los condriictios, así como aspectos de su estructura poblacional y ecológica, como abundancia y distribución (espacial y batimétrica) en aguas profundas en el mar Caribe colombiano, para aportar conocimientos que sirvan como línea base para su conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprende el mar Caribe colombiano, el cual está clasificado en nueve Eco-regiones naturales: La Guajira (GUA), Palomino (PAL), Tayrona (TAY), Magdalena (MAG), Morrosquillo (MOR), Archipiélagos coralinos (ARCO), Darién (DAR), San Andrés y Providencia (SAN) y Caribe Oceánico (CAO) (Díaz *et al.*, 2005) (Fig. 1). Los peces fueron capturados en el mar Caribe colombiano (12°40'N, 71°40'W; 8°40'N, 77°10'W) mediante pesca de arrastre en profundidades entre 200 y 550 m (estratos de profundidad de 100 m), en agosto y diciembre 2009; marzo y mayo 2010 (Fig. 1).

Se utilizó el barco camaronero comercial “Tee Claude” con una red de arrastre camaronera con tamaño de malla al final del copo de 44,5 mm entre nudos, abertura de la red de 11,58 m, a velocidad de 2,5 nudos, con un total de 87 estaciones y una duración promedio del arrastre de 30 min. No fue posible coleccionar muestras entre el talud frente a Cartagena y la desembocadura del río Magdalena debido a la irregularidad del fondo. La ubicación de fondos apropiados para los arrastres se determinó usando un ecosonda comercial Furuno FCV 1150 con un transductor de frecuencia de 28 kHz y la posición de inicio y final del arrastre se estimó con un GPS Garmin MAP 76CSx.

Se utilizaron fichas de identificación para los condriictios de profundidad (Compagno, 1999, 2002; Didier, 2002; McEachran & de Carvalho, 2002; Douady *et al.*, 2003; McEachran & Aschliman, 2004; Mejía-Falla *et al.*, 2007). Se registró el número y peso de cada especie de condriictio en cada estación. En cada arrastre se calculó la densidad (ind km^{-2}) y biomasa íctica (kg km^{-2}). Se determinó la abundancia relativa (AR%), biomasa relativa (BR%), frecuencia de ocurrencia

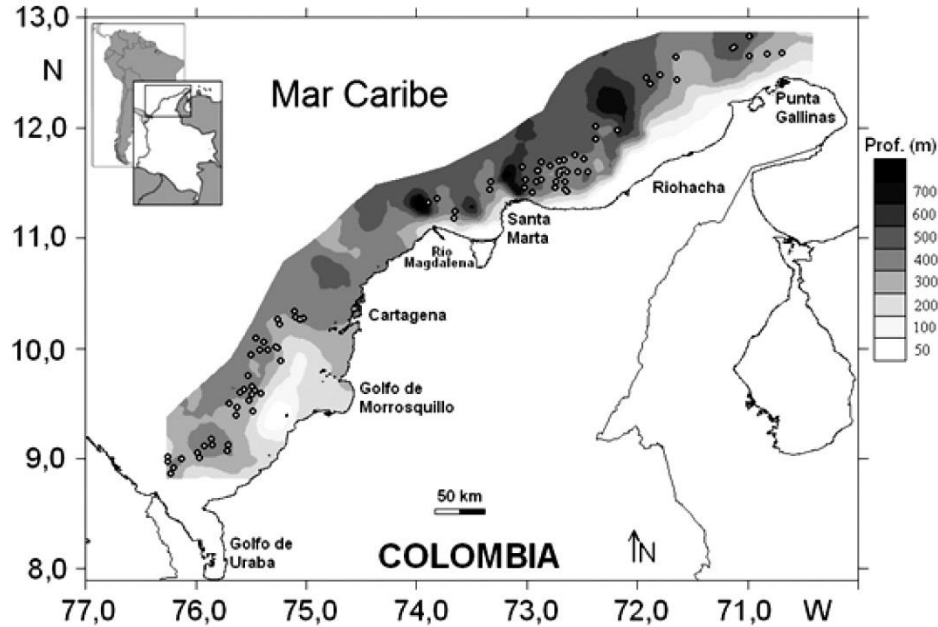


Figura 1. Área de estudio en el mar Caribe colombiano. Los círculos indican las estaciones de muestreo.

cia (FO%), índice de importancia relativa (IIR%) e importancia relativa de las especies, mediante un índice de valoración de importancia (IVI%). Se realizó el análisis de clasificación de la abundancia con la matriz de similitud de Bray-Curtis y un análisis de ordenación de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), con previa transformación de los valores de la matriz en $\log(x+1)$ (Clarke & Warwick, 1994; Clarke & Gorley, 2001), para determinar los posibles agrupamientos entre las estaciones de muestreo similares y las áreas donde se presentaron mayores abundancias relativas.

RESULTADOS

Se capturaron 331 especímenes de 13 especies de condrictios correspondientes a nueve familias, pertenecientes a cuatro órdenes y dos subclases. Las especies que se capturaron con una FO >15% de FA fueron *Etmopterus perryi*, *Galeus cadenati*, *Anacanthobatis americanus* y *Gurgesiella atlantica* (Tabla 1). Las especies que mostraron mayor BR (%) fueron *E. perryi*, *Cruriraja rugosa*, *Squatina dumeril* y *G. atlantica*, mientras que las especies con mayor porcentaje de IIR e IVI fueron en el mismo orden *E. perryi*, *G. cadenati*, *A. americanus* y *G. atlantica* (Tabla 1).

En cuanto a su distribución batimétrica, las especies con mayor intervalo batimétrico fueron *E. perryi* (profundidad media (PM) = 382,1 m), *Scyliorhinus boa* (PM = de 383,0 m) y *A. americanus* (PM = 409,4 m), con ocupación de todos los estratos de profundidad

estudiados y en profundidades intermedias (Tabla 1, Fig. 2). Las especies que ocuparon profundidades medias >400 m fueron *Dactylobatus clakii* (PM = 421,0 m), *G. atlantica* (PM = 423,1 m), *C. rugosa* (PM = 432,8 m), *Hydrolagus alberti* (PM = 460,9 m) y *Anacanthobatis longirostris* (PM = 501,0 m) (Tabla 1, Fig. 2).

La distribución espacial de todos los peces cartilagosos mostró valores altos de abundancia relativa (AR) (400-1195 ind km⁻²) en la zona norte del Caribe colombiano hacia el norte de Santa Marta (Eco-región Tayrona). Sin embargo, también se encontraron valores medios de AR (100-400 ind km⁻²) al frente de Cartagena y del Golfo de Morrosquillo (Eco-región Morrosquillo) (Fig. 3).

La distribución espacial de las especies de peces cartilagosos de profundidad en frecuencia de ocurrencia FO >15%, mostró que el tiburón linterna enano *E. perryi*, se encuentra localizado en la zona norte del Caribe colombiano, desde la desembocadura del Río Magdalena (Eco-región Magdalena) hasta Punta Gallinas (Eco-región La Guajira), pero con valores altos de abundancia relativa (AR) (400-910 ind km⁻²) hacia el norte de Santa Marta (Eco-región Tayrona) (Fig. 4a). La especie de tiburón *G. cadenati* se distribuyó espacialmente al frente de Cartagena y del Golfo de Morrosquillo (Eco-región Morrosquillo) y hacia el norte entre el río Magdalena y Riohacha, Eco-regiones Magdalena y La Guajira, respectivamente, con valores medios de AR (100-200 ind km⁻²) (Fig. 4b). La

Tabla 1. Frecuencia de ocurrencia (FO%), abundancia (A%), biomasa (B%), índice de importancia relativa (IIR%), índice de valoración de importancia (IVI) e intervalo de profundidad (m) de las especies de condricios en el Caribe colombiano.

Familia	Orden	Subclase	Especies	n	FO	A	B	IIR	IVI	Intervalo y profundidad (m)
Anacanthobatidae	Rajiformes	Elasmobranchii	<i>Anacanthobatis americanus</i> Bigelow & Schroeder (1962)	32	22,2	0,2	0,6	18,2	23,0	268-530
Anacanthobatidae	Rajiformes	Elasmobranchii	<i>Anacanthobatis longirostris</i> Bigelow & Schroeder (1962)	2	1,9	0,0	0,0	0,1	1,9	501
Centrolophidae	Squaliformes	Elasmobranchii	<i>Centrolophus granulatus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	1	1,9	0,0	0,1	0,2	2,0	328
Chimaeridae	Chimaeriformes	Holocephali	<i>Hydrolagus alberti</i> Bigelow & Schroeder (1951)	12	13,0	0,1	0,4	6,4	13,5	328-530
Etmopteridae	Squaliformes	Elasmobranchii	<i>Etmopterus perryi</i> Springer & Burgess (1985)	180	38,9	1,1	1,0	81,9	41,0	230-530
Rajidae	Rajiformes	Elasmobranchii	<i>Cruriraja rugosa</i> Bigelow & Schroeder (1958)	16	11,1	0,1	0,8	10,6	12,1	286-502
Rajidae	Rajiformes	Elasmobranchii	<i>Dactylobatus clarkii</i> (Bigelow & Schroeder, 1958)	1	1,9	0,0	0,2	0,4	2,1	421
Rajidae	Rajiformes	Elasmobranchii	<i>Gurgesiella atlantica</i> (Bigelow & Schroeder, 1962)	23	16,7	0,2	0,6	14,5	17,5	392-480
Scyliorhinidae	Carcharhiniformes	Elasmobranchii	<i>Galeus cadenati</i> Springer (1966)	33	27,8	0,2	0,5	19,1	28,5	262-421
Scyliorhinidae	Carcharhiniformes	Elasmobranchii	<i>Scyliorhinus boa</i> Goode & Bean (1896)	5	7,4	0,1	0,4	3,0	7,8	262-530
Squalidae	Squaliformes	Elasmobranchii	<i>Squalus cubensis</i> Howell Rivero (1936)	19	13,0	0,2	0,4	7,2	13,5	246-388
Squatimidae	Squatiniiformes	Elasmobranchii	<i>Squatina</i> sp. Lesueur (1818)	4	7,4	0,0	0,8	6,2	8,2	262-326
Rhinochimaeridae	Chimaeriformes	Holocephali	<i>Neoharriotta carri</i> Bullis & Carpenter (1966)	3	5,6	0,0	0,1	0,7	5,7	328-420

raya *A. americanus* presentó valores bajos de AR (11-100 ind km⁻²) al frente del Golfo de Morrosquillo (Eco-región Morrosquillo) y el río Magdalena (Eco-región Magdalena), pero con valores medios de AR (100-200 ind km⁻²) hacia el norte de Santa Marta (Eco-región Tayrona) y Punta Gallinas (Eco-región La Guajira) (Fig. 4c). De la misma manera, la raya *G. atlantica* se distribuyó al frente del Golfo de Morrosquillo (Eco-región Morrosquillo) con valores medios de AR (200-400 ind km⁻²) y hacia el norte de Santa Marta (Eco-región Tayrona) con valores bajos de AR (100-200 ind km⁻²) (Fig. 4d).

El análisis de similitud de Bray-Curtis mostró que hay seis agrupaciones. Sin embargo, el grupo cuatro (4) es el que presentó una mayor cantidad de estaciones, todas perteneciente al nororiente del Caribe colombiano (Fig. 5), donde se encontró una mayor cantidad de especies y mayores abundancias relativas. Mientras que en las otras agrupaciones se presentaron pocas estaciones, en su mayoría pertenecientes al Caribe sur. La distribución de las agrupaciones se observa claramente con el análisis nMDS (Fig. 6).

DISCUSIÓN

Las mayores agregaciones de condricios de profundidad se localizaron en el Caribe nororiental colombiano. Si bien en aguas profundas hay una mayor estabilidad ambiental (D'Onghia *et al.*, 2004), la biomasa de la ictiofauna de aguas profundas depende del régimen de productividad en superficie (D'Onghia *et al.*, 2004; Company *et al.*, 2008). La zona altamente productiva de La Guajira (Paramo *et al.*, 2011b, 2012) presenta las mejores condiciones para la aparición de peces de profundidad. Además, Polanco *et al.* (2010) encontraron una mayor abundancia relativa de peces de profundidad en esta área y Paramo *et al.* (2012) detectaron los valores mayores de diversidad de peces de profundidad, lo cual puede estar influenciado por el proceso de surgencia tipo Ekman (Paramo *et al.*, 2011b). Trabajos anteriores encontraron 16 especies de peces cartilaginosos (Roa, 2000), pero en el presente estudio se encontraron 13 especies. Estas diferencias se pueden atribuir al tipo de arte de captura utilizado, pues en el trabajo de Roa (2000) se utilizó una red de arrastre demersal tipo semibalón y en este estudio se utilizó una red de arrastre camaronero de mayor dimensión pero con tamaño de malla menor. Los patrones de mayor intervalo de distribución batimétrica que presentaron *E. perryi*, *S. boa* y *A. americanus*, puede estar relacionado a la capacidad natatoria debido a la morfometría de la aleta caudal, que les permitiría ocupar diferentes profun-

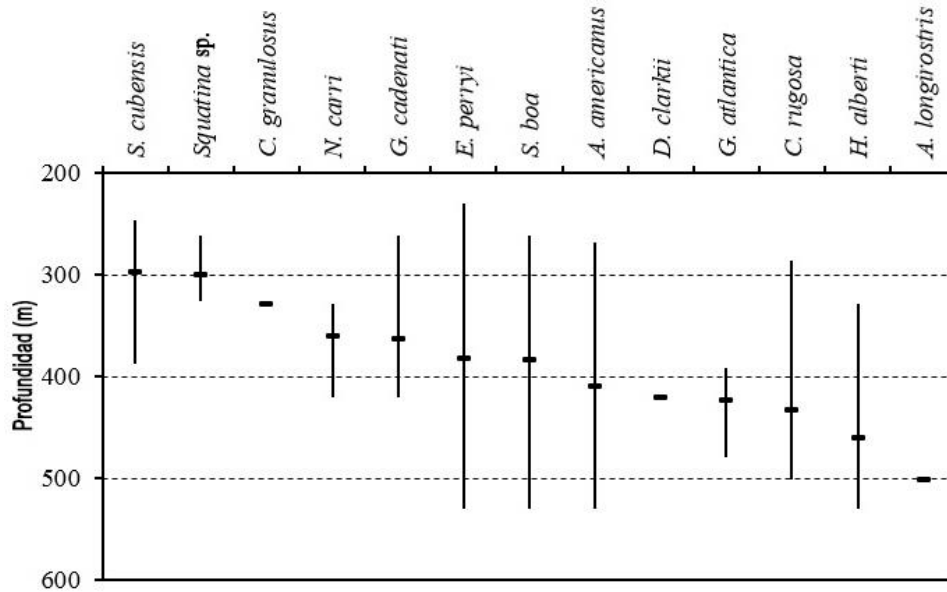


Figura 2. Distribución batimétrica de los condrictios de profundidad en el Caribe colombiano.

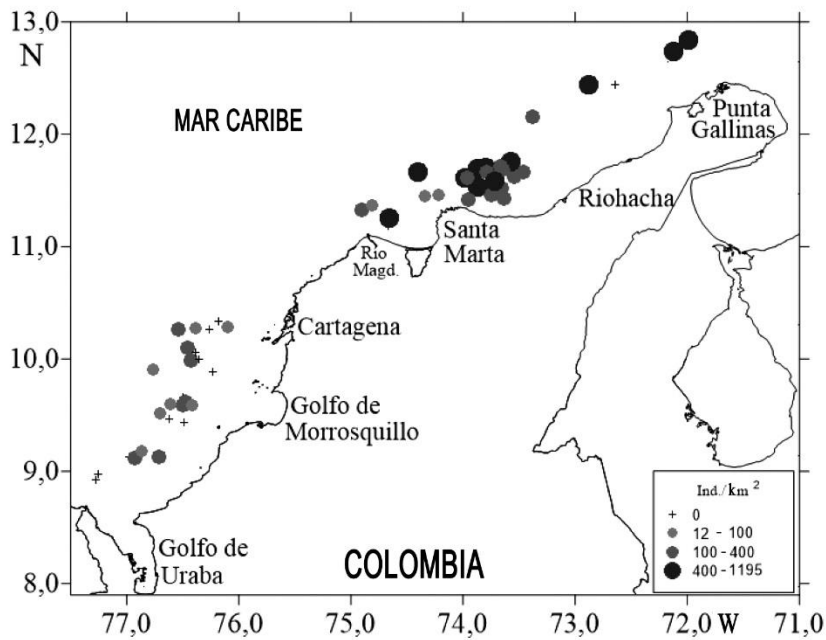


Figura 3. Distribución espacial de la abundancia (ind km⁻²) de todos los condrictios de profundidad en el Caribe colombiano.

didadas, hábitat, y el alto nivel trófico con comportamiento de alimentación oportunista (Scacco *et al.*, 2010). No obstante, es de gran relevancia hacer estudios más detallados, con una escala temporal mayor, y contrastarlos con variables ambientales que complementen y aporten mayor información sobre la distribución de los condrictios de profundidad en el Caribe colombiano.

En términos de abundancia, los condrictios de aguas profundas en el Caribe colombiano ocuparon solo un 1,47% y en biomasa un 4,47% de la captura total, lo cual los haría muy vulnerables en pesquerías de crustáceos de profundidad. Si bien se conoce poco sobre la biología de condrictios de profundidad, no existen acciones de conservación en la lista roja de especies amenazadas (The IUCN Red List of Threatened

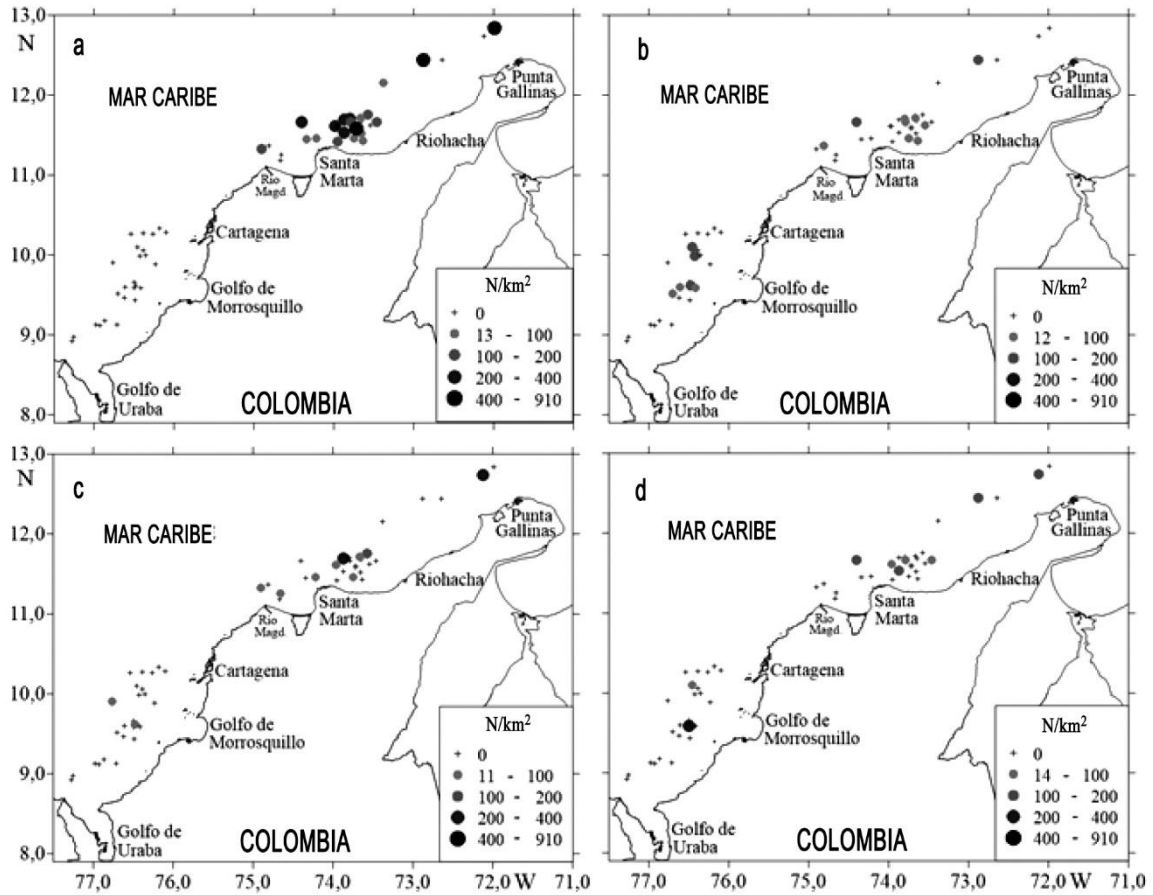


Figura 4. Distribución espacial de la abundancia (ind km⁻²) de los condriictios de profundidad en el Caribe colombiano con una frecuencia de ocurrencia >15%. a) *Etmopterus perryi*, b) *Galeus cadenati*, c) *Anacanthobatis americanus*, d) *Gurgesiella atlantica*.

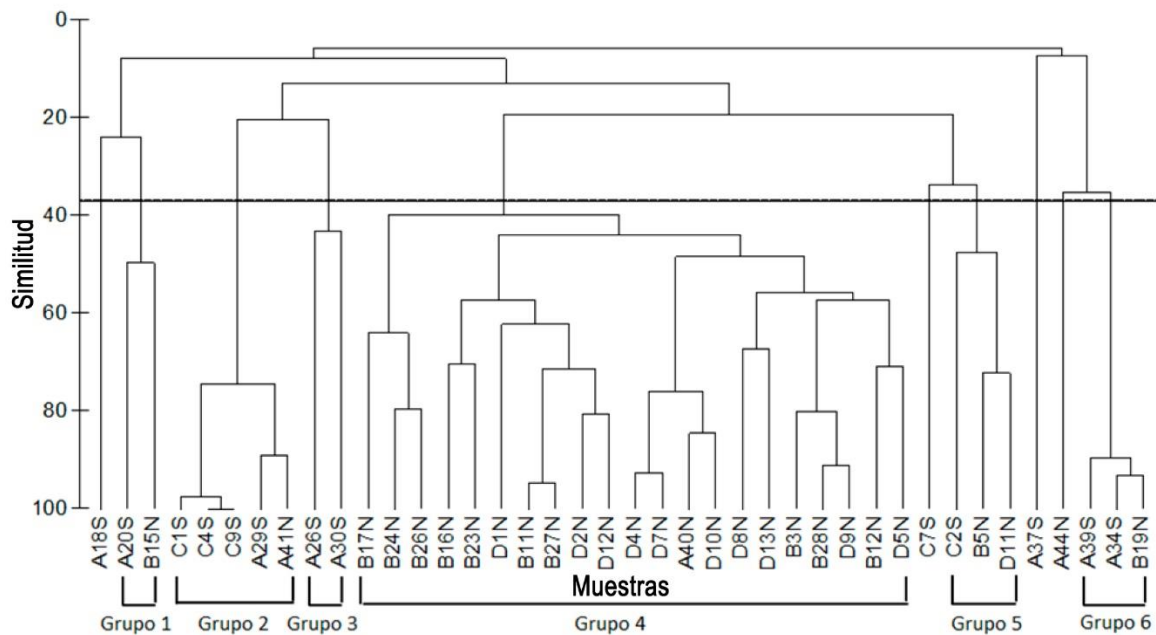


Figura 5. Dendrograma de similitud de Bray-Curtis de las estaciones de muestreo, para los condriictios de profundidad en términos de abundancia (ind km⁻²).

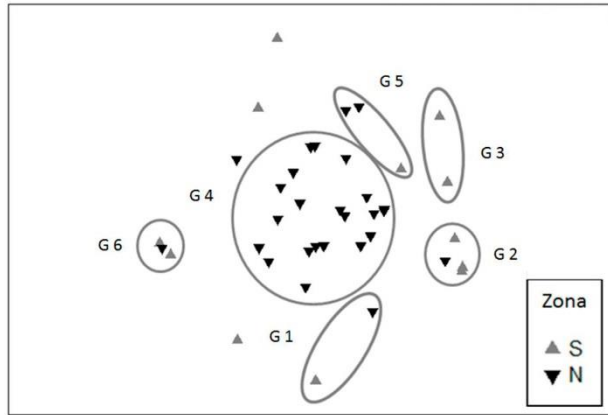


Figura 6. Análisis de ordenación NMDS de las estaciones de muestreo para los condrictios de profundidad en términos de abundancia (ind km⁻²) en el Caribe colombiano. N: Norte; S: Sur.

species; www.iucnredlist.org), debido a que no existe actualmente una pesquería de aguas profundas en el Caribe colombiano. No obstante, la mayoría de los condrictios de aguas profundas son capturados en pesquerías multiespecíficas o como pesca acompañante (bycatch) en pesquerías de teleósteos y crustáceos más abundantes y valiosos (Cavanagh & Kyne, 2006; Norse *et al.*, 2012). Además, los peces cartilaginosos por ser menos abundantes y más vulnerables a la extinción son fácilmente sobre-explotados (García *et al.*, 2008). Por ejemplo, las especies del género *Centrophorus* están entre las menos abundantes de los condrictios. Su baja fecundidad, con 1-2 crías, un periodo de gestación muy largo (2 años), edad tardía de madurez sexual de las hembras (16,5 años) y una longevidad de 39 años, se traduce en solo 12 crías en su vida reproductiva (Kyne & Simpfendorfer, 2010). Especies amenazadas de extinción, tales como *Centrophorus harrissoni* y *C. uyato* han sufrido una dramática disminución poblacional como resultado de la pesca comercial (Cavanagh & Kyne, 2006). Por lo tanto, es de vital importancia el monitoreo e investigación de la pesca acompañante de condrictios (Cavanagh & Kyne, 2006), para entender los parámetros biológicos de estas especies, evaluar su abundancia y vulnerabilidad a las pesquerías (Kyne & Simpfendorfer, 2010). En este sentido, es esencial el manejo altamente precautorio si se quiere desarrollar nuevas pesquerías de profundidad, para mantener los stocks de peces y la biodiversidad (Simpfendorfer & Kyne, 2009). Una alternativa es identificar sitios donde los condrictios de profundidad tengan una alta vulnerabilidad y valorar la implementación de un área marina protegida (AMP). La AMP o las AMPs potenciales, darían una alta prioridad a la conservación (García *et al.*, 2008) y permitirían desarrollar un manejo racional y sostenible de los

recursos marinos en el Caribe colombiano, teniendo en cuenta el enfoque ecosistémico para el manejo pesquero (Paramo *et al.*, 2012).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución del grupo de investigación Ciencia y Tecnología Pesquera Tropical (CITEPT) de la Universidad del Magdalena (Colombia). Agradecemos a la tripulación del barco “Tee Claude” y al Capitán José Guillem. Agradecemos a Fabián Moreno por la identificación de las especies de condrictios de profundidad. El trabajo fue patrocinado por COLCIENCIAS (código 117-452-21288), la Universidad del Magdalena, el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER) a través de la Subgerencia de Pesca y Acuicultura, el Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie (ZMT), Alemania y la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) convenio N° 790. Contribución N°419 del CECIMAR de la Universidad Nacional de Colombia sede Caribe.

REFERENCIAS

- Cavanagh, R. & P.M. Kyne. 2006. The conservation status of deep-sea chondrichthyans fishes. In: R. Shotton (ed.). Deep Sea 2003: Conference on the governance and management of deep-sea fisheries. Part 2: Conference poster papers and workshop papers. FAO Fish. Proceed. Rome, 3/2: 366-378.
- Clarke, K.R. & R.M. Warwick. 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environmental Research Council, Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, Inglaterra, 144 pp.
- Clarke, K.R. & R.N. Gorley. 2001. PRIMER v5: User Manual/Tutorial PRIMER-E, Plymouth, 91 pp.
- Compagno, L.J.V. 1999. Systematics and body form. In: W. Hamlett (ed.). Sharks, skates and rays, the biology of elasmobranch fishes. Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 471-498.
- Compagno, L.J.V. 2002. Sharks. In: K.E. Carpenter (ed.). The living marine resources of the Western Central Atlantic. Vol. 1. Introduction, mollusks, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes and chimaeras. FAO Species identification guide for fishery purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologist, Special Publication, Rome, 1: 1-599.
- Company, J.B., P. Puig, F. Sardà, A. Palanques, M. Latasa & R. Scharek. 2008. Climate influence on deep sea populations. PLoS ONE, 3(1): e1431.

- Devine, J.A., K.D. Baker & R.L. Haedrich. 2006. Fisheries: deep-sea fishes qualify as endangered. *Nature*, 439: 1-29.
- Díaz, J., L. Mejía & J. Bohórquez. 2005. Colombia. In: P. Miloslavich & E. Klein. (eds.). *Caribbean marine biodiversity: the known and the unknown*. Destech Publications, Lancaster, pp. 137-156.
- Didier, D.A. 2002. Chimaeras. In: K.E. Carpenter (ed.). *The living marine resources of the Western Central Atlantic*. Vol. 1. Introduction, mollusks, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras. FAO Species identification guide for fishery purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologist, Special Publication, FAO, Rome, 1: 1-599.
- D'Onghia, G., C.Y. Politou, A. Bozzano, D. Lloris, G. Rotllant, L. Sion & F. Mastrototaro. 2004. Deep-water fish assemblages in the Mediterranean Sea. *Sci. Mar.*, 68(3): 87-99.
- Douady, C., M. Dosay, M. Shivji & M. Stanhope. 2003. Molecular phylogenetic evidence, refuting the hypothesis of Batoidea (rays and skates) as derived sharks. *Mol. Phyl. Evol.*, 26: 215-221.
- Ebert, D.A. 2005. Reproductive biology of skates, Bathyraja (Ishiyama), along the eastern Bering Sea continental slope. *J. Fish Biol.*, 66: 618-649.
- Follesa, M.C., C. Porcu, S. Cabiddu, A. Mulas, A.M. Deiana & A. Cau. 2011. Deep-water fish assemblages in the central-western Mediterranean (south Sardinian deep-waters). *J. Appl. Ichthyol.*, 27: 129-135.
- Fraser, H.M., S.P.R. Greenstreet & G.J. Piet. 2009. Selecting MPAs to conserve groundfish biodiversity: the consequences of failing to account for catchability in survey trawls. *ICES J. Mar. Sci.*, 66: 82-89.
- García, V.B., L.O. Lucifora & R.A. Myers. 2008. The importance of habitat and life history to extinction risk in sharks, skates, rays and chimaeras. *Proc. Roy. Soc. Biol. Sci.*, 275: 83-89.
- Hart, P.J.B. & E. Pearson. 2011. An application of the theory of island biogeography to fish speciation on seamounts. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 430: 281-288.
- Jackson, J. & J. Jacquet. 2011. The shifting baselines syndrome: perception, deception, and the future of our oceans. In: V. Christensen & J. Maclean (eds.). *Ecosystem approaches to fisheries: a global perspective*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 128-141.
- Koslow, J.A., G.W. Boehlert, J.D.M. Gordon, R.L. Haedrich, P. Lorance & N. Parin. 2000. Continental slope and deep-sea fisheries: implications for a fragile ecosystem. *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 548-557.
- Kyne, P. & C.A. Simpfendorfer. 2010. Deep water chondrichthyans. In: J.C. Carrier, J.A. Musick & M.R. Heithaus (eds.). *Sharks and their relatives*. II. Biodiversity, adaptative physiology, and conservation. CRC Press, New York, pp. 37-114.
- McEachran, J.D. & M.R. de Carvalho 2002. Batoid fishes. In: K.E. Carpenter (ed.). *The living marine resources of the Western Central Atlantic*. Introduction, mollusks, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes and chimaeras. FAO Species identification guide for fishery purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologist, Special Publication, FAO, Rome, 1: 1-599.
- McEachran, J. & N. Aschliman. 2004. Phylogeny of Batoidea. In: J. Carrier, J. Musick & M. Heithaus (eds.). *Biology of sharks and their relatives*. CRC Press, Florida, pp. 1-376.
- Mejía-Falla, P.A., A.F. Navia, L.M. Mejía, A. Acero. & E.A. Rubio. 2007. Tiburones y rayas de Colombia (Pisces: Elasmobranchii): lista actualizada, revisada y comentada. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 36: 7-45.
- Morato, T., R. Watson, T.J. Pitcher & D. Pauly. 2006. Fishing down the deep. *Fish Fisheries*, 7: 24-34.
- Norse, E.A., S. Brooke, W.W.L. Cheung, M.R. Clark, I. Ekeland, R. Froese, K.M. Gjerde, R.L. Haedrich, S.S. Heppell, T. Morato, L.E. Morgan, D. Pauly, R. Sumaila & R. Watson. 2012. Sustainability of deep-sea fisheries. *Mar. Policy*, 36: 307-320.
- Paramo, J. & U. Saint-Paul. 2012a. Spatial structure of the pink speckled deep-sea shrimp *Penaeopsis serrata* (Bate, 1881) (Decapoda, Penaeidae) during November-December 2009 in the Colombian Caribbean Sea. *Crustaceana*, 85(1): 103-116.
- Paramo, J. & U. Saint-Paul. 2012b. Spatial structure of deep sea lobster (*Metanephrops binghami*) in the Colombian Caribbean Sea. *Helgoland Mar. Res.*, 66: 25-31.
- Paramo, J. & U. Saint-Paul. 2012c. Deep-sea shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Pleoticus robustus* (Crustacea: Penaeoidea) in the Colombian Caribbean Sea as a new potential fishing resource. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, 92(4): 811-818.
- Paramo, J., M. Wolff & U. Saint-Paul. 2012. Deep-sea fish assemblages in the Colombian Caribbean Sea. *Fish. Res.*, 125: 87-98.
- Paramo, J., U. Saint-Paul, F. Moreno, M. Pacheco, M. Almanza, E. Rodríguez, G. Ardila, C. Borda, C. Barreto & H. González. 2011a. *Crustáceos de profundidad en el Caribe colombiano como nuevo recurso pesquero*. Informe final, ISBN: 9789584 485236, Santa Marta, 26 pp.
- Paramo, J., M. Correa & S. Nuñez. 2011b. Evidencias de desacople físico-biológico en el sistema de surgencia en La Guajira, Caribe colombiano. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 46(3): 421-430.
- Paramo, J., L. Guillot, S. Benavides, A. Rodríguez & C. Sánchez. 2009. Aspectos poblacionales y ecológicos

- de peces demersales de la zona norte del Caribe colombiano en relación con el hábitat: una herramienta para identificar Áreas Marinas Protegidas (AMPs) para el manejo pesquero. *Caldasia*, 31(1): 123-144.
- Priede, I.G., R. Froese, D.M. Bailey, O.A. Bergstad, M.A. Collins, J.E. Dyb, C. Henriques, E.G. Jones & N. King. The absence of sharks from abyssal regions of the world's oceans. *Proc. Roy. Soc. B*, 273: 1435-1441.
- Polanco, A., A. Acero & M. Garrido-Linares. 2010. Aportes a la diversidad íctica del Caribe colombiano. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales Invemar, Santa Marta, 20: 318-353.
- Roa, A. 2000. Caracterización de la comunidad íctica demersal de la región sur del Caribe colombiano (300 y 500 m) y algunas consideraciones zoogeográficas. Tesis Biología Marina, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 430 pp.
- Roberts, C.M. 2002. Deep impact: the rising toll of fishing in the deep sea. *Trends Ecol. Evol.*, 17(5): 242-245.
- Scacco, U., G. La Messa & M. Vacchi. 2010. Body morphometrics, swimming diversity and niche in demersal sharks: a comparative case study from the Mediterranean Sea. *Sci. Mar.*, 74(1): 37-53.
- Simpfendorfer, C.A. & P. Kyne. 2009. Limited potential to recover from overfishing raises concerns for deep-sea sharks, rays and chimaeras. *Environ. Conserv.*, 36(2): 97-103.
- Stevens, J.D., R. Bonfi, N.K. Dulvy, P.A. Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, rays and chimaeras (chondrichthyans) and the implications for marine ecosystems. *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 476-494.
- Worm, B., E.B. Barbier, N. Beaumont, J.E. Duffy, C. Folke, B.S. Halpern, J.B.C. Jackson, H.K. Lotze, F. Micheli, S.R. Palumbi, E. Sala, K.A. Selkoe, J.J. Stachowicz & R. Watson. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314: 787-790.

Received: 3 March 2014; Accepted: 2 June 2015