



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE
LA COMUNIDAD DE PECES
DEMERSALES DEL CARIBE
CONTINENTAL COLOMBIANO
ASOCIADOS AL DESARROLLO DE
LA PESCA INDUSTRIAL DE
ARRASTRE DE CAMARÓN**

Juan Pablo Caldas Aristizábal

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias, Área Curricular de Biología
Bogotá D.C., Colombia

2013

CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE PECES DEMERSALES DEL CARIBE CONTINENTAL COLOMBIANO ASOCIADOS AL DESARROLLO DE LA PESCA INDUSTRIAL DE ARRASTRE DE CAMARÓN

Juan Pablo Caldas Aristizábal

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ciencias – Biología, Línea Biología Marina

Director:

Camilo B. García, Dr. rer. nat.

Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia

Línea de Investigación:

Biología Marina

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias, Área Curricular de Biología

Bogotá D.C., Colombia

2013

*A mis hijos, quienes son mi inspiración día a día en la
vida*

*A mis padres y hermano, por todo el apoyo que me
han brindado*

A mis amigos, por todos los buenos momentos vividos

*A mis compañeros de trabajo, con quienes aprendo
constantemente*

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el proyecto “Integración de Múltiples Demandas en Zonas Costeras: Ecosistemas Acuáticos y Pesquerías-INCOFISH”, ejecutado por la Universidad Nacional de Colombia y la Unión Europea. El autor expresa sus más sinceros agradecimientos a su director Camilo Bernardo García por todo el apoyo y orientaciones brindadas a lo largo de esta investigación; a la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias y Departamento de Biología, por todo el apoyo brindado; al Consejo Superior Universitario y Consejo de la Facultad por brindarme la gran oportunidad de concluir este trabajo de tesis; a Luis Duarte por todas sus orientaciones; y a todas aquellas personas que siempre me acompañaron y dieron fuerzas para concluir esta etapa de mi vida profesional.

Resumen

Cambios en la estructura de la comunidad de peces demersales del Caribe continental colombiano asociado al desarrollo de la pesca industrial de arrastre de camarón

La pesca de arrastre es reconocida por ser la actividad que más fauna incidental extrae del medio natural. A partir de la información compilada de forma independiente por cruceros científicos en el país, se evaluó el cambio en la estructura de la comunidad de peces demersales del Caribe colombiano, asociado al desarrollo de la pesca industrial de camarón. Se utilizaron indicadores sensibles a los cambios en la comunidad, como la biomasa total, la de grupos con características tróficas específicas, la proporción de especies no comerciales respecto a las comerciales, y las tendencias de las familias de peces demersales más representativas en las capturas de los cruceros científicos. La fauna íctica demersal a lo largo de los cruceros de investigación estuvo compuesta principalmente por las familias Carangidae, Lutjanidae, Sciaenidae, Gerreidae, Haemulidae, Sparidae, Balistidae, Serranidae, Mullidae y Ariidae, las cuales representaron más del 80% de la biomasa de peces en los periodos examinados. Se evidenció un claro descenso en la biomasa promedio de peces demersales desde 1970 hasta la década de 1990. El grupo de tiburones y rayas, así como los jureles (Carangidae) y salmonetes (Mullidae), ilustraron las disminuciones más marcadas, a diferencia de las ballestas (Balistidae) y los peces globo (Diodontidae), que presentaron incrementos en la biomasa a través de los años. Los piscívoros, zooplanctívoros y detritívoros fueron los grupos funcionales más impactados debido a sus claros descensos de biomasa. Se concluyó que la comunidad de peces demersales del Caribe colombiano presentó cambios en su estructura, principalmente en términos de la abundancia de familias y grupos funcionales.

Palabras clave: Peces demersales, pesca de arrastre, camarón, Caribe colombiano, cruceros científicos.

Abstract

Changes in the structure of the community of demersal fishes for the colombian Caribbean continental shelf associated the development of shrimp trawl industrial fishery

Trawling is known for being the activity that extracts the most incidental fauna from the natural environment. Based on information independently compiled by scientific cruises conducted in the country, the change in the structure of the demersal fish community in the Colombian Caribbean was evaluated, associated with the development of industrial shrimp fishing. Sensitive indicators of community changes were used, such as total biomass, biomass of groups with specific trophic characteristics, the proportion of non-commercial species relative to commercial ones, and the trends of the most representative demersal fish families in the scientific cruise catches. The demersal fish fauna throughout the research cruises was mainly composed of the families Carangidae, Lutjanidae, Sciaenidae, Gerreidae, Haemulidae, Sparidae, Balistidae, Serranidae, Mullidae, and Ariidae, which represented more than 80% of the fish biomass during the periods examined. A clear decline in the average biomass of demersal fish was evident from 1970 to the 1990s. The group of sharks and rays, as well as jacks (Carangidae) and mullets (Mullidae), showed the most marked decreases, unlike triggerfish (Balistidae) and pufferfish (Diodontidae), which showed increases in biomass over the years. Piscivores, zooplanktivores, and detritivores were the functional groups most impacted by their clear biomass declines. It was concluded that the demersal fish community of the Colombian Caribbean showed changes in its structure, mainly in terms of the abundance of families and functional groups.

Keywords: Demersal fishes, trawl fishery, shrimp, colombian Caribbean, scientific cruises.

Contenido

	Pág.
Resumen	VII
Lista de figuras	X
Lista de tablas	XII
Introducción	1
1. Área de estudio y antecedentes	5
1.1 Área de estudio.....	5
1.2 Antecedentes	6
1.2.1 Expediciones científicas	6
1.2.2 Expediciones científicas	8
2. Metodología	10
2.1 Obtención y estandarización de datos.....	10
2.2 Clasificación de la información.....	13
2.3 Indicadores seleccionados para el análisis de la comunidad de peces demersales	14
3. Resultados	17
3.1 Descripción general de la información.....	17
3.2 Indicadores para la comunidad de peces demersales	19
3.3 Tendencia familias peces demersales.....	22
4. Discusión de resultados	29
4.1 Aspectos generales de la comunidad de peces demersales	29
4.2 Indicadores para la comunidad de peces demersales	31
4.3 Tendencias en las familias y grupos de peces demersales	33
4.4 Tendencias grupos funcionales (categorías tróficas).....	35
5. Conclusiones y recomendaciones	39
5.1 Conclusiones	39
5.2 Recomendaciones.....	41
Bibliografía	43

Lista de figuras

- Figura 1.** Localización de la costa atlántica colombiana, limitada al este por Cabo Tiburón y al oeste por Castilletes. Se ilustra la zona nororiental y suroccidental dividida por la desembocadura del río Magdalena (Tomado y modificado de SIG Inveemar, 2013). 5
- Figura 2.** Ubicación de las estaciones de los diferentes cruceros de evaluación efectuados en el mar Caribe continental colombiano entre 1970 y 2001, indicando las estaciones correspondientes a la zona nororiental con círculos rojos y las de la zona suroccidental con círculos verdes (Tomado de SIG UNIMAG). 11
- Figura 3.** Esquema del área barrida por una red de arrastre, incluyendo sus respectivas mediciones, según lo tomado de la publicación de Sparre y Venema (1995). 12
- Figura 4.** Esfuerzo de la pesca de arrastre de camarón en el Caribe colombiano, medido en días de pesca en el mar por año (eje Y). Los datos corresponden al período de 1972 a 2000 y fueron tomados de la publicación de García et al. (2007). 13
- Figura 5.** composición porcentual de los peces demersales y pelágicos en las capturas de los cruceros científicos se presenta para cada período de tiempo evaluado. 17
- Figura 6.** Composición porcentual de las familias de peces demersales capturadas durante los cruceros científicos para cada período de tiempo. 18
- Figura 7.** Biomasa promedio (CPUA, expresada en kg/km²) de la comunidad de peces demersales del Caribe colombiano (A), y las zonas nororiental y suroccidental (B). 19
- Figura 8.** Proporción de peces no comerciales con respecto a los comerciales para la comunidad de peces demersales del Caribe colombiano (A), y la zona nororiental y suroccidental (B). 20
- Figura 9.** Biomasa promedio (CPUA, en kg/km²) de los peces demersales comerciales y no comerciales para las zonas nororiental (A) y suroccidental (B) del Caribe colombiano, cubriendo el período desde 1970 hasta 201. 21
- Figura 10.** Biomasa promedio (CPUA, en kg/km²) de varios grupos de peces demersales en el Caribe colombiano (tiburones, rayas, corvinas, salmonetes, jureles, bagres, meros y mojarra). Los datos corresponden al período de 1970 a 2011. 23
- Figura 11.** Biomasa promedio (CPUA, en kg/km²) de varios grupos de peces demersales en el Caribe colombiano (pargos, sargos, peces cofre, peces lija, roncós, peces globo y ballestas), abarcando el período desde 1970 hasta 2011. 25
- Figura 12.** Biomasa promedio (CPUA, en kg/km²) de varios grupos de peces demersales en el Caribe colombiano (tiburones, meros, jureles, mojarra, salmonetes, pargos, roncós y

ballestas), asociando las zonas noronriental (círculos azules) y suroccidental (cuadrados rojos), desde el período de 1970 a 2011. 26

Figura 13. Biomasa promedio (CPUA, en kg/km^2) de los grupos funcionales de peces demersales del Caribe colombiano, con datos que abarcan el período de 1970 a 2011. 27

Figura 14. Biomasa promedio (CPUA, en kg/km^2) de los grupos funcionales de peces demersales del Caribe colombiano, asociando las zonas noronriental (círculos azules) y suroccidental (cuadrados rojos), desde el período de 1970 a 2011..... 28

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Cruceros científicos de evaluación, con sus características, se efectuaron en el mar Caribe continental colombiano desde 1970 hasta 2001. Las características evaluadas fueron: la relinga superior (RS) en metros (m), el tamaño de malla en el copo (MC) en milímetros (mm), el número de estaciones (N), la velocidad promedio (V) en nudos, y el área barrida promedio (AB) en kilómetros cuadrados (km ²).	10
---	----

Introducción

La pesca es una actividad que se ha desarrollado desde hace miles de años (aproximadamente 90,000 años) y está principalmente dirigida a la extracción de recursos de un medio acuático. Con el tiempo, ha incorporado tecnología para capturar las mayores cantidades de organismos posibles. Adicionalmente, en la búsqueda de las especies objetivo que sustentan económicamente esta actividad, se extraen incidentalmente muchos especímenes, los cuales son aprovechados en cierta proporción o se descartan (Kennelly y Broadhurst, 2002). Se ha comprobado el impacto de la actividad humana sobre los recursos naturales desde hace miles de años, lo que ha provocado la extinción y la reducción considerable de varias especies en sus hábitats naturales (Jackson et al., 2001). Las estimaciones sobre el futuro de las capturas pesqueras no permiten vislumbrar un escenario prometedor, sino que proponen una tendencia a un descenso de varias especies (Pauly et al., 2003). Se ha observado que no solo las especies objetivo de la pesca continúan en descenso, sino también aquellas que forman parte del descarte de muchas pesquerías, lo que revela una declinación general de todo el recurso involucrado (Zeller y Pauly, 2005).

Las tres cuartas partes de las pesquerías globales son sostenidas por las comunidades de peces asociadas a las plataformas continentales y el océano abierto. Basado en estudios históricos, se ha estimado que la biomasa de los grandes peces predadores es actualmente solo el 10% en comparación con los niveles preindustriales (Myers y Worm, 2003). Adicionalmente, la pesca acompañante, y especialmente el descarte en las capturas con redes de arrastre, es un problema reconocido en los océanos del mundo. La pesca de arrastre de camarón es quizás la actividad que más fauna incidental extrae del medio, donde los peces son el grupo predominante (Alverson et al., 1994; Hall y Mainprize, 2005). Se ha demostrado que el impacto de estas operaciones de pesca presenta implicaciones en las especies objetivo y en la fauna acompañante a través de grandes escalas temporales y que el recurso extraído incidentalmente y descartado es raramente examinado (Hales et al., 2007). Así, las observaciones realizadas sobre las comunidades relacionadas con las actividades de pesca presentan una condición del stock en un tiempo determinado que ya muestra un estado de explotación y un grado de deterioro (Pauly, 1995). Igualmente, ha sido bien documentada la asociación entre el efecto de las actividades de arrastre y la alteración en la organización y el funcionamiento de los

ecosistemas marinos (Alverson et al., 1994; Kaiser et al., 2000; Thrush y Dayton, 2002), evidenciándose una relación con el cambio en la estructura de las comunidades de peces asociados, en cuanto a su composición, riqueza y abundancia (Hutchings, 2001; Jennings y Blanchard, 2004).

Los registros en pesquerías de arrastre de camarón en la franja tropical demuestran que la extracción de peces juveniles e importantes volúmenes de descarte asociados a la baja captura de las especies objetivo (camarón) es un problema serio para muchos países de esta zona. Asimismo, hay poca recopilación de información de la fauna acompañante, y el conocimiento del impacto de esta actividad en el tiempo es insuficiente (FAO, 2001). La pesquería industrial de camarón se inició en el mar Caribe continental colombiano en 1968 y llegó a constituirse en la operación de pesca industrial más importante en la costa Atlántica del país a mediados de la década de 1990. Sin embargo, esta actividad presentó un descenso significativo con el tiempo debido a la disminución en las capturas de las especies objetivo, la reducción de los precios en los mercados internacionales y los elevados costos de operación (Mora, 1988; Zúñiga et al., 2000). Adicionalmente, se ha observado un claro patrón temporal en la disminución de la biomasa de peces demersales de la plataforma continental en la zona nororiental de Colombia, donde los valores explorados para la década de 1990 son mucho menores en comparación a lo examinado en 1970, relacionándose dicho cambio con el comportamiento del esfuerzo de la actividad extractiva de camarón de aguas someras a través de los años (García et al., 2007).

Los cruceros científicos son fuentes de datos independientes de información que permiten estimar en términos de biomasa, así como la distribución espacial y temporal de las especies involucradas en las capturas (Beare, 2005). En la costa Caribe de Colombia se han realizado una serie de expediciones en diferentes periodos de tiempo desde el siglo pasado, que han incorporado y evaluado información de la comunidad bentónica y demersal (Díaz y Acero, 2003). A través del proyecto “Integración de Múltiples Demandas en Zonas Costeras: Ecosistemas Acuáticos y Pesquerías – INCOFISH”, se tiene información detallada a nivel de composición, abundancia y biomasa de especies de peces, desde las operaciones efectuadas por el B/I Chocó en 1970 hasta expediciones de entidades nacionales para el 2001 (INPA, COLCIENCIAS), lo que permitiría relacionar a través de los años los cambios en el recurso de peces junto con el desarrollo y el comportamiento de la pesca de arrastre de camarón en el Caribe continental colombiano.

A partir de lo anteriormente expuesto, surge el siguiente interrogante: ¿Ha cambiado la estructura de la comunidad de peces demersales del Caribe continental colombiano, y la pesca industrial de camarón está asociada a dicho cambio? Esto origina una hipótesis general que plantea que la pesca industrial de arrastre de camarón en el Caribe colombiano ha generado un cambio en la estructura de la comunidad de peces demersales a través de los años.

Consecuentemente, el presente trabajo tiene como propósito relacionar la evolución del esfuerzo pesquero en las operaciones de pesca de la flota camaronera en la costa Atlántica de Colombia con la información compilada independientemente por cruceros científicos a través de los años, con el fin de examinar el cambio en la estructura de la comunidad de peces demersales del Caribe continental colombiano. Esto se hará mediante el uso de indicadores sensibles a cambios en la comunidad que relacionan la biomasa total y la de grupos con características tróficas específicas (piscívoros, zooplanctívoros, herbívoros, detritívoros), así como la proporción de especies no comerciales respecto a las comerciales, y las tendencias de las familias de peces demersales más representativas en las capturas de los cruceros científicos.

1. Área de estudio y antecedentes

1.1 Área de estudio

La costa Atlántica colombiana se encuentra ubicada en el suroccidente del mar Caribe, limitando al occidente con la frontera panameña en el Cabo Tiburón (entre los paralelos 18° latitud norte y 77° longitud oeste), y en su extremo oriental con Venezuela, en la zona de Castilletes (a 11° latitud norte y 71° longitud oeste), con una extensión aproximada de 1600 km de costa (Steer et al., 1997) (Figura 1).

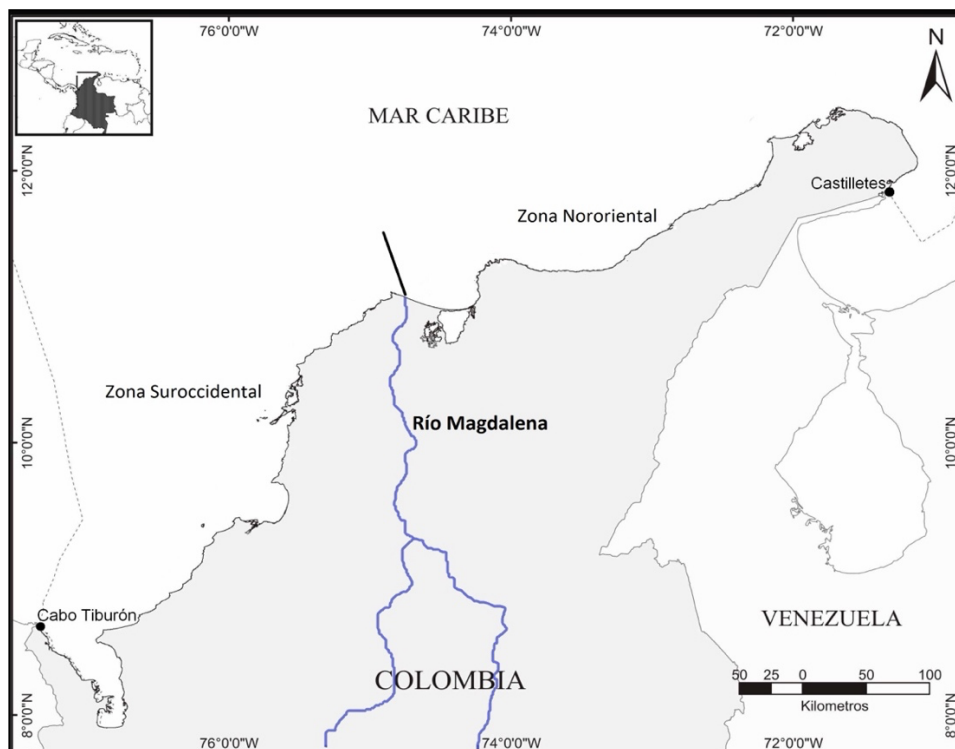


Figura 1. Localización de la costa atlántica colombiana, limitada al este por Cabo Tiburón y al oeste por Castilletes. Se ilustra la zona nororiental y suroccidental dividida por la desembocadura del río Magdalena (Tomado y modificado de SIG Invemar, 2013).

La plataforma varía en amplitud dependiendo de las características encontradas en determinadas zonas del margen costero. El departamento de La Guajira presenta una amplitud que llega a ser de hasta 40 km, correspondientes al sector de Punta Gallinas y Palomino, respectivamente. Hacia el sector de la Sierra Nevada de Santa Marta, dicha particularidad geográfica es prácticamente ausente, con un talud que desciende

rápidamente desde la línea de costa. En la desembocadura del río Magdalena no se observa una diferenciación clara entre la plataforma y el talud, pero en el golfo de Morrosquillo se presenta la mayor amplitud con 75 km, lo que convierte a la zona sur en un sector complejo debido a las numerosas islas y bancos asociados a esta área geográfica (Tabares et al., 1996).

La región está influenciada por el delta del Magdalena, con un litoral predominantemente plano y poco accidentado, caracterizado por el desarrollo de ecosistemas que van desde el bosque seco en La Guajira hasta la selva húmeda tropical en la región del Golfo de Urabá. El clima predominante se caracteriza como tropical semiárido (Santa Marta – La Guajira) y húmedo (Urabá – Golfo de Morrosquillo), influenciado por los desplazamientos norte-sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y por el movimiento del sistema de monzones americanos (INVEMAR, 2004).

En relación con las condiciones físicas del Caribe continental colombiano, esta región se subdivide en dos grandes áreas: la nororiental y la suroccidental (Figura 1). La primera se ubica desde Punta Gallinas (La Guajira) hasta la desembocadura del río Magdalena. Esta área está fuertemente influenciada por eventos de surgencia (afloramiento) y se caracteriza por oscilaciones anuales de temperatura más pronunciadas en comparación con la otra zona (Bula-Meyer, 1990). La zona suroccidental está comprendida desde la desembocadura del río Magdalena hasta Cabo Tiburón. Aquí se presentan fluctuaciones anuales de temperatura menores, debido en gran medida a la influencia del río Magdalena y a la acción de la contracorriente Panamá-Colombia (Bula-Meyer, 1990).

1.2 Antecedentes

1.2.1 Expediciones científicas

Según Munro (1983), las primeras investigaciones sobre pesca exploratoria en la región del Caribe, incluyendo el mar territorial de Colombia, fueron realizadas por el gobierno de Estados Unidos de América a bordo de las embarcaciones Albatros y Fish Hawk entre 1886 y 1899, lo que generó un conocimiento fundamental sobre la fauna íctica de esta región. Solo hasta 1950, se volvieron a practicar estudios con fines pesqueros, cuando el Oregon comenzó exploraciones en el golfo de México y el mar Caribe, complementándose

estos esfuerzos por los barcos Silver Bay y Combat, que muy probablemente examinaron las aguas territoriales de Colombia. Estas expediciones no se centraron en un recurso específico, sino que abarcaron un amplio número de especies de la fauna caribeña, colectadas durante los procesos de extracción en estas investigaciones.

En cuanto a las expediciones e investigaciones pesqueras realizadas en el mar Caribe colombiano, se destacan los cruceros oceanográficos y las labores de colecta de material biológico efectuadas por las embarcaciones Chazalie (Francia) en 1873, 1879 y 1886; Albatros de 1887 a 1888; Dana II (Dinamarca) en 1921; Carnegie en 1928; Dana (Dinamarca) en 1930; Velero III (EUA) en 1939; Mercator (EUA) y Galathea (Dinamarca) en 1935 y 1950, respectivamente. También hubo participación de algunos científicos colombianos en el Saint George (EUA) en 1927 y en el Askoy (EUA) en 1942 (Álvarez y Rey, 2003; Díaz y Acero, 2003; Gómez-Canchong et al., 2004).

Los cruceros B/I Oregon y B/I Oregon II, de bandera estadounidense, se realizaron de 1957 a 1965 y de 1968 a 1970, respectivamente, a lo largo de la plataforma y el talud del mar Caribe de Colombia (Bullis, 1964, 1970). El B/I John Elliot Pillsbury, de la Universidad de Miami, exploró la plataforma continental del Caribe colombiano entre 1966 y 1968 (Palacio, 1974). Igualmente, las embarcaciones polacas Kniazik, Lutjanus y Kulbak en 1974 y 1976; las rusas Kurtchacov en 1974; Leninzhaya Kuznitza en 1978; Bunkhta, Electrogorks y Monchegorsk en 1979 estudiaron aguas territoriales de Colombia. Las exploraciones a bordo del M/N Vikheim en 1979 determinaron un importante potencial comercial de recursos compuestos por peces y crustáceos, para el noreste del Caribe colombiano (Álvarez y Rey, 2003).

Las primeras exploraciones generales para la plataforma del Caribe colombiano, con el auspicio de FAO/INDERENA/UNDP, datan de 1968, cuando se realizaron los cruceros a bordo del B/I CHOCÓ, obteniéndose información sobre el potencial de peces comerciales del país (Testaverde y Ríos, 1972). Posteriormente, a bordo del B/I Caribbean Star II, la JICA (Japan International Cooperation Agency) y el INDERENA (1981) realizaron nuevas exploraciones con el fin de obtener información sobre los camarones y peces demersales. Dentro del marco del proyecto PNUD/FAO/GLO/82/001, en 1988 se llevaron a cabo cuatro cruceros de evaluación de recursos pesqueros a bordo del B/I Dr. Fridtjof Nansen, con el

patrocinio de la Agencia Noruega de Cooperación Técnica (NORAD) (Strømme y Saetersdal, 1989).

Para 1992, a bordo del ARC Malpelo, la Comisión Colombiana Oceanográfica realizó cruceros de evaluación de recursos demersales con el proyecto INPA/DEMÉR en colaboración con la Universidad del Magdalena, evaluando la zona nororiental del Caribe colombiano (Zúñiga y Escobar, 1993). Entre 1995 y 1996, el programa de pesca VECEP, con la participación del INPA y la Comunidad Europea, efectuó tres cruceros de evaluación de recursos demersales a bordo del B/I Ancón (Manjarrés et al., 2005a, 2005b, 2005c). Para el golfo de Salamanca se examinaron recursos demersales entre 1995 y 1998, con el financiamiento de Colciencias y el INVEMAR (Duarte et al., 1999). Finalmente, en el año 2001 se evaluaron las pesquerías demersales en el área norte del Caribe colombiano a bordo del B/I Ancón (Manjarrés, 2004).

1.2.2 Expediciones científicas

Mediante una extensa revisión de trabajos científicos sobre la captura incidental y el descarte en diversas pesquerías a nivel mundial, se estimó que un promedio de 27 millones de toneladas de peces (con un rango de 17.9 a 39.5 millones) son descartadas en las operaciones de pesca comercial. Los valores más altos corresponden a las pesquerías de arrastre de camarón (Alverson et al., 1994). Esta actividad tiene una amplia distribución en la franja tropical, con presencia en países asiáticos (Bangladés, Indonesia, Filipinas), africanos (Camerún, Nigeria, Tanzania), latinoamericanos (Colombia, Costa Rica, Cuba, Trinidad y Tobago, Venezuela) y otras naciones como Baréin e Irán. En estos lugares, se han observado diversas estrategias para evaluar esta actividad, incluyendo la estimación de la fauna acompañante (registrada en algunas bases de datos), la incorporación de dispositivos reductores de captura incidental y el establecimiento de períodos de pesca (FAO, 2001).

En Colombia, a partir de la investigación pesquera realizada a bordo del barco Oregon II en 1954, se indicó la presencia de camarón y peces comerciales en el país. Esto impulsó la pesca comercial de camarón en 1968 en la costa Atlántica con la fundación de la empresa Vikingos de Colombia S.A., que comenzó sus operaciones con un barco ese año y, en 1969, con 11 embarcaciones equipadas con tecnología utilizada en las pesquerías

de Estados Unidos. A partir de 1980, se inició el uso de dos equipos por banda gracias a la transferencia tecnológica de pescadores coreanos, lo que aumentó el área de barrido y la capacidad de captura del arte de pesca. Posteriormente, se observó una disminución en la flota pesquera, pasando de 120 barcos en 1991 a 52, 60, 34 y 22 embarcaciones en 1995, 1997, 1998 y 2000, respectivamente (Zúñiga et al., 2000; Gómez-Canchong et al., 2004).

Entre las investigaciones más relevantes se encuentra el trabajo de Mora (1988), que evalúa la pesca de camarón de aguas someras en el Caribe colombiano, ilustrando la extracción, el esfuerzo y las zonas de pesca de las operaciones realizadas en el área. Posteriormente, Buelvas y Guerrero (1996) evaluaron el equipo pesquero y motriz de la flota camaronera que opera a lo largo de la costa Atlántica de Colombia. Zúñiga et al. (2000) hicieron una caracterización tecnológica de la flota camaronera que opera en el país, mientras que Barreto et al. (2001) realizaron un análisis biológico y pesquero de la fauna acompañante en la pesquería de arrastre industrial de Colombia.

2. Metodología

2.1 Obtención y estandarización de datos

En el presente trabajo, se utilizó la información de cruceros científicos, con 492 estaciones (Figura 2, Tabla 1), compilada por los proyectos: "Integración de Múltiples Demandas en Zonas Costeras: Ecosistemas Acuáticos y Pesquerías – INCOFISH" (Unión Europea – Universidad Nacional de Colombia), y "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" (COLCIENCIAS, Universidad del Magdalena, INCODER). A partir de la información registrada, se obtuvieron datos de composición y biomasa de especies y familias de peces capturados en dichas operaciones investigativas.

Tabla 1. Cruceros científicos de evaluación, con sus características, se efectuaron en el mar Caribe continental colombiano desde 1970 hasta 2001. Las características evaluadas fueron: la relinga superior (RS) en metros (m), el tamaño de malla en el copo (MC) en milímetros (mm), el número de estaciones (N), la velocidad promedio (V) en nudos, y el área barrida promedio (AB) en kilómetros cuadrados (km²).

Año	Buque	NORORIENTE					SUROCCIDENTE		
		RS	MC	N	V	AB	N	V	AB
1970	B/I Choco	54	32	16	2,5	0,16	7	2,5	0,07
1970	B/I Choco	43	36	31	2,5	0,1	27	2,5	0,08
1988	B/I Fridtjof Nansen	31	20	126	2,57	0,04	37	3,25	0,05
1992	B/O ARC Malpelo	33	50	15	3,51	0,34			
1995	B/I Ancon	20,6	45	47	3,36	0,04	44	3,51	0,04
1996	B/O ARC Malpelo	33	50	33	3,41	0,08	5	3,64	0,05
1997	B/I Ancon	20,6	45	51	3,37	0,03			
1998	B/I Ancon	20,6	45	8	3,19	0,03			
2001	B/I Ancon	20,6	45	45	3,21	0,03			

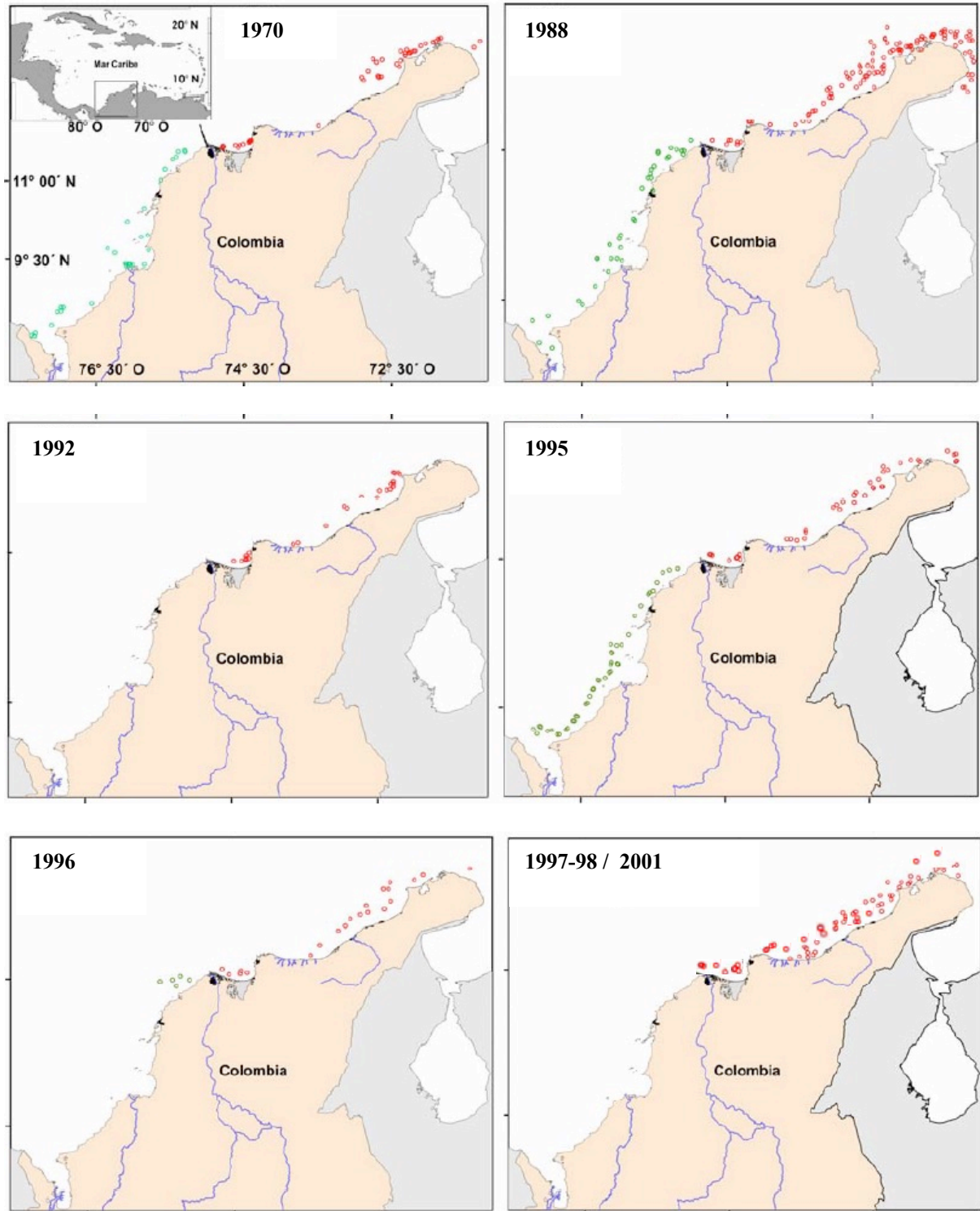


Figura 2. Ubicación de las estaciones de los diferentes cruceros de evaluación efectuados en el mar Caribe continental colombiano entre 1970 y 2001, indicando las estaciones correspondientes a la zona nororiental con círculos rojos y las de la zona suroccidental con círculos verdes (Tomado de SIG UNIMAG).

La tecnología utilizada por los cruceros científicos mencionados es la red de arrastre de fondo, un arte de pesca que barre un área definida. Con la información obtenida, se estandarizaron los valores de biomasa de las especies y familias de peces extraídas mediante el cálculo de la Captura por Unidad de Área (CPUA), utilizando la siguiente ecuación:

$$CPUA = \frac{Cp_i}{a}$$

Donde Cp_i es el peso de la especie i capturada durante el arrastre y a es el área barrida durante el tiempo que duro el arrastre (Sparre y Venema, 1995). El área barrida (figura 3) se estimó con la siguiente fórmula:

$$a = D * rs * X_2, \quad D = V * t$$

Donde V equivale a la velocidad de desplazamiento de la red sobre el fondo, t el tiempo de duración del arrastre, rs la longitud de la relinga superior y X_2 es la parte de la relinga superior que equivale al ancho del sector barrido por la red de arrastre (la abertura de las alas) $rs * X_2$ (Sparre y Venema, 1995).

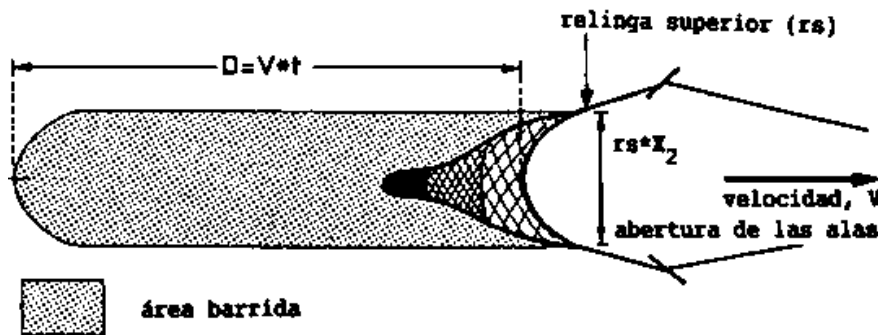


Figura 3. Esquema del área barrida por una red de arrastre, incluyendo sus respectivas mediciones, según lo tomado de la publicación de Sparre y Venema (1995).

Los valores estandarizados de las capturas de peces en los cruceros científicos se agruparon en asociaciones de años. Estas agrupaciones correspondieron a: el inicio de la pesca industrial de arrastre de camarón en el Caribe continental colombiano (1970), el período de tiempo previo al máximo esfuerzo de pesca (1988), el período posterior (década de 1990), y, finalmente, los registros donde se presenta el mayor descenso del esfuerzo pesquero (2001). Esta clasificación se realizó en relación con la reconstrucción del esfuerzo pesquero

de la pesca industrial de arrastre de camarón en el Caribe colombiano, llevada a cabo por García et al. (2007) (Figura 4).

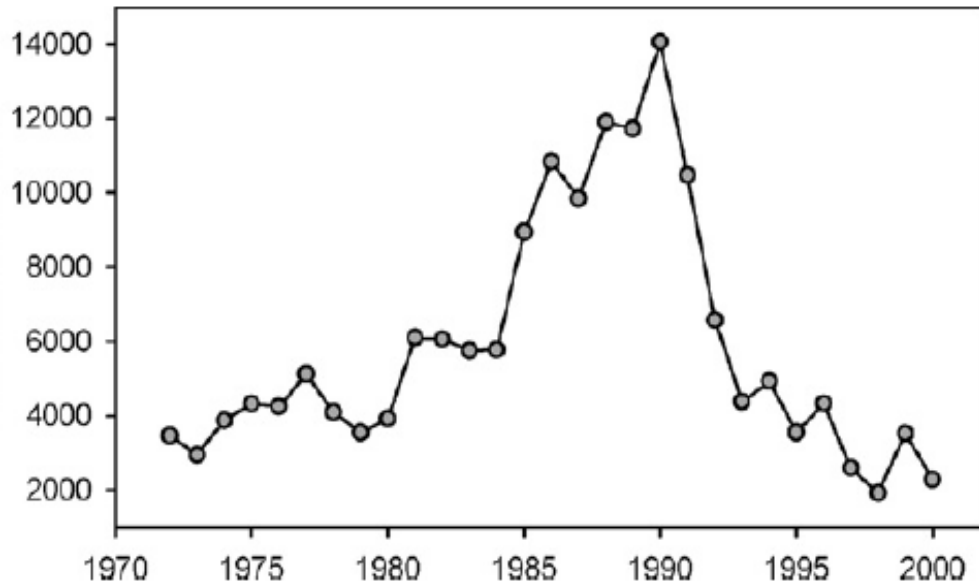


Figura 4. Esfuerzo de la pesca de arrastre de camarón en el Caribe colombiano, medido en días de pesca en el mar por año (eje Y). Los datos corresponden al período de 1972 a 2000 y fueron tomados de la publicación de García et al. (2007).

2.2 Clasificación de la información

En este estudio, los datos de los cruceros se agruparon por familias, ya que la información a nivel de especie o género no siempre era consistente. Para los análisis, se categorizaron las familias como demersales o pelágicas basándose en bibliografía especializada (Carpenter, 2002a; 2002b; 2003c) y se excluyeron las especies pelágicas, que son capturadas incidentalmente por las redes de arrastre.

Aunque la identificación precisa a nivel de especie es crucial en la mayoría de los estudios biológicos, los niveles taxonómicos superiores a menudo se usan en análisis ecológicos y pesqueros, a pesar de los problemas que pueden surgir de identificaciones erróneas o imprecisas (Leonart et al., 2006). Para abordar esta situación, las especies o géneros más frecuentes en las expediciones del Caribe colombiano se agruparon por familias para facilitar las comparaciones entre los diferentes períodos de tiempo.

Los cambios en las categorías alimenticias de las especies señalan alteraciones en el ecosistema relacionadas con la comunidad, donde la relación depredador-presa es fundamental (Caddy y Garibaldi, 2000). A partir de la clasificación trófica de peces demersales del Caribe colombiano (Vivas, 2007) y las categorías definidas por Bellwood et al. (2004) y Ferreira et al. (2004), se clasificaron las familias representativas en grupos tróficos específicos: piscívoros, zooplanctívoros, herbívoros y detritívoros. Además, se realizó un análisis específico para el grupo de los Pleuronectiformes (lenguados), ya que los cambios en su biomasa a lo largo de los años son un indicador de la estructura de la comunidad y de la producción bentónica, lo que demuestra la relación entre la perturbación del bentos y el ecosistema (Mathratta y Link, 2006).

2.3 Indicadores seleccionados para el análisis de la comunidad de peces demersales

Para Dado que las comunidades explotadas son sistemas complejos y pocos indicadores son exclusivos de los impactos pesqueros, es difícil encontrar un único indicador que mida el efecto de la pesca. Por esta razón, la alternativa recomendada es examinar múltiples indicadores para acumular evidencia de los procesos involucrados (Rochet y Trenkel, 2003). Los indicadores relacionados con la comunidad consideran la interacción entre individuos o poblaciones, lo que permite evidenciar cambios en los flujos de energía y biomasa de los organismos. Por lo tanto, se seleccionaron los siguientes indicadores de orden comunitario que ayudan a relacionar diferentes procesos de evaluación de impactos en comunidades de peces demersales sometidas a explotación pesquera (Rochet y Trenkel, 2003; Piet y Jennings, 2005; Methratta y Link, 2006):

- Biomasa total promedio (\bar{W}): es un indicador simple fácil de estimar e interpretar. Si el promedio de peso de la comunidad cambia, se espera que decrezca en poblaciones explotadas.

$$\bar{W} = \sum W / N$$

Donde **W** equivale a la biomasa de los individuos y **N** corresponde al número total de ejemplares. Como la información se estandarizó a CPUA, **W** correspondió a la biomasa de los especímenes por unidad de área en cada estación, y **N**

correspondió al número total de estaciones para cada uno de los periodos de tiempo seleccionados.

- Proporción de especies no comerciales: Este indicador sugiere que la proporción de especies no comerciales en una comunidad debe aumentar como consecuencia de la explotación pesquera. Para este estudio, las familias de peces demersales extraídas durante los cruceros científicos se clasificaron en las categorías "comercial" y "no comercial". Esta clasificación se basó en diversas fuentes bibliográficas, tanto regionales (Carpenter, 2002a; 2002b; 2002c) como nacionales (Acero, 1993).
- Composición trófica: Una comunidad de especies regula sus poblaciones a través de las interacciones entre grupos de especímenes con una categoría trófica definida. En este sentido, analizar las diferentes categorías tróficas en una comunidad puede evidenciar el cambio de esta a lo largo del tiempo. Con base en la clasificación mencionada anteriormente, se evaluaron las biomásas de piscívoros, herbívoros, zooplanctívoros y detritívoros en los cuatro períodos de tiempo establecidos.

Toda la información proveniente de los cruceros científicos se organizó en matrices de Excel para realizar los diferentes cálculos numéricos y construir las figuras en los componentes temáticos descritos anteriormente.

3. Resultados

3.1 Descripción general de la información

La composición porcentual de peces demersales en comparación con los pelágicos estuvo representada por valores entre el 80 % y 90 % a lo largo de los cruceros (Figura 5). Esto demuestra que las operaciones de pesca con redes de arrastre de fondo extrajeron principalmente del medio natural peces que asocian su ciclo de vida con el sustrato marino (demersales).

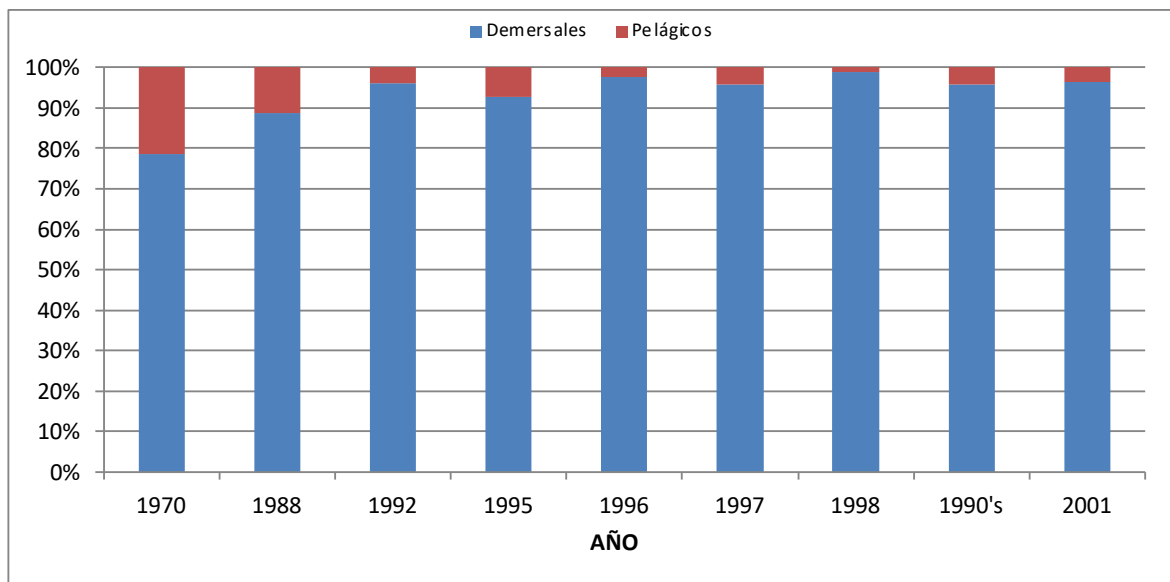


Figura 5. composición porcentual de los peces demersales y pelágicos en las capturas de los cruceros científicos se presenta para cada período de tiempo evaluado.

Teniendo en cuenta que no se podía garantizar que la resolución taxonómica de los cruceros de investigación tuviera el mismo nivel de detalle, las especies y géneros se agruparon por familias para identificar las más representativas en términos de biomasa. La fauna íctica demersal a lo largo de las investigaciones estuvo compuesta principalmente por las familias Carangidae, Lutjanidae, Sciaenidae, Gerreidae, Haemulidae, Sparidae, Balistidae, Serranidae, Mullidae y Ariidae, que en conjunto representaron más del 80% de la biomasa de peces en los períodos examinados. Las primeras seis familias de esta lista (Carangidae,

Lutjanidae, Sciaenidae, Gerreidae, Haemulidae, Sparidae) concentraron la mayor biomasa, aproximadamente el 50% (Figura 6). Otras familias como Synodontidae, Ostraciidae, Dasyatidae, Priacanthidae y Pomacanthidae también tuvieron una representatividad significativa en algunos períodos.

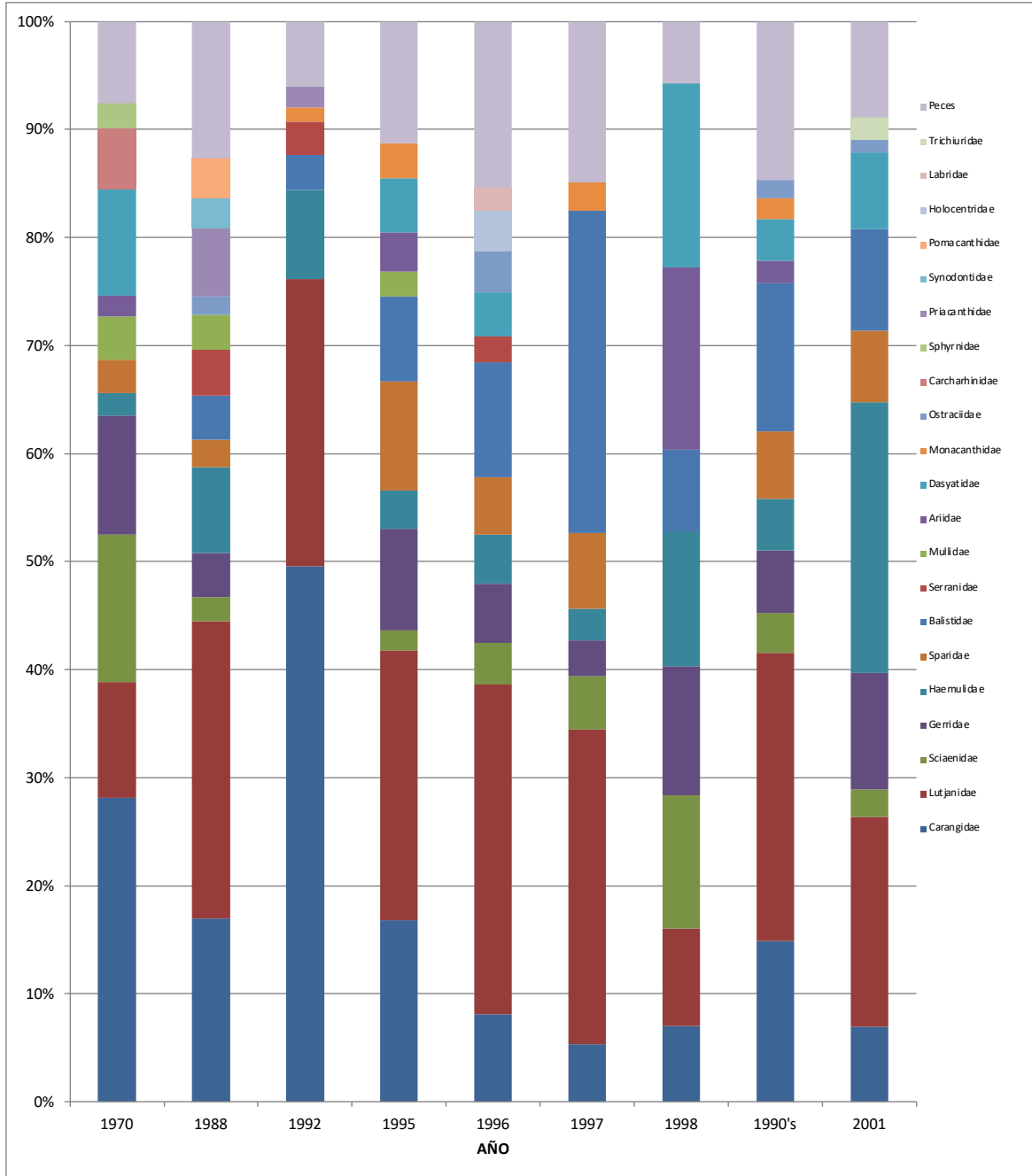


Figura 6. Composición porcentual de las familias de peces demersales capturadas durante los cruceros científicos para cada período de tiempo.

3.2 Indicadores para la comunidad de peces demersales

La biomasa total promedio de la comunidad de peces demersales del Caribe colombiano muestra un claro descenso desde 1970 hasta la década de 1990, con los valores más bajos registrados entre 1995 y 1998. Sin embargo, se observa un incremento de la biomasa en el último período de tiempo, correspondiente a 2001 (Figura 7A).

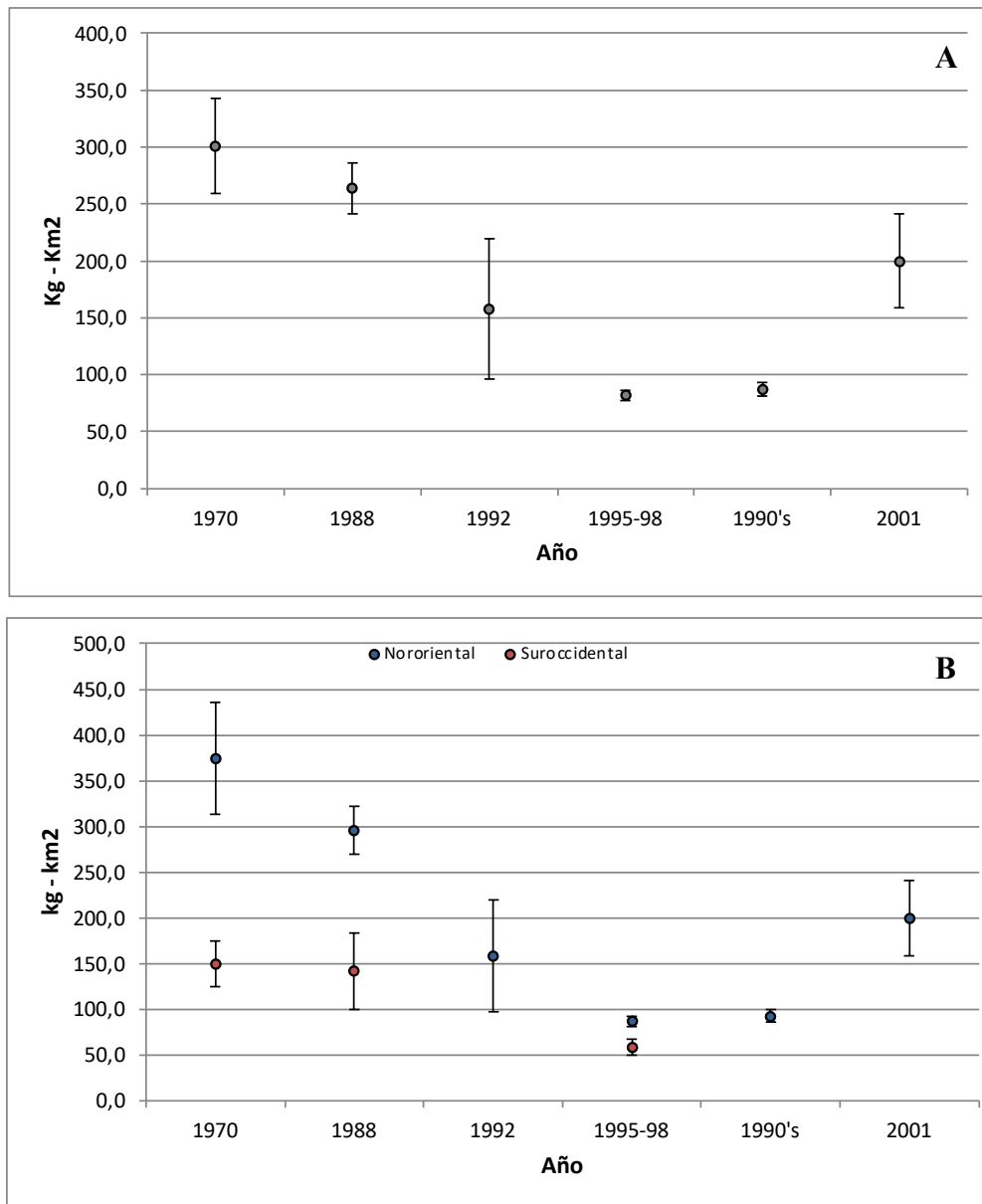


Figura 7. Biomasa promedio (CPUA, expresada en kg/km²) de la comunidad de peces demersales del Caribe colombiano (A), y las zonas nororiental y suroccidental (B).

Al discriminar los valores para cada una de las zonas del Caribe colombiano, tanto la nororiental como la suroccidental, se observa la misma tendencia descendente en la biomasa de los peces demersales. Para la zona suroccidental, los valores de biomasa promedio son claramente inferiores a los de la zona nororiental en los dos primeros períodos de tiempo (1970 y 1988), volviéndose más similares para el período de 1995-1998 (Figura 7B).

En relación con la proporción de peces demersales que carecen de importancia comercial respecto a los que sí la tienen, se presenta una tendencia positiva en esta proporción, aunque no es significativa ($R^2 = 0,0982$) (Figura 8A). Al calcular dicha proporción para la zona nororiental (NOR) y suroccidental (SUR), se observan tendencias inversas: positiva para la primera y negativa para la segunda (Figura 8B). Sin embargo, ninguna de estas tendencias es significativa ($R^2 = 0,1156$ NOR / $R^2 = 0,69$ SUR).

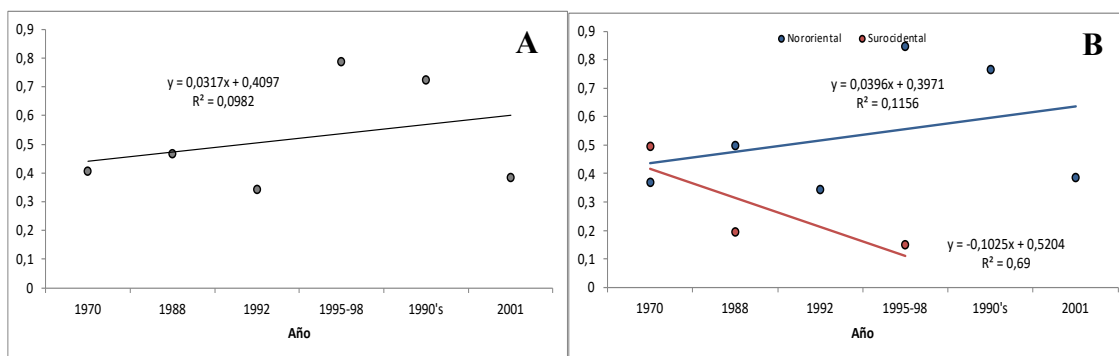


Figura 8. Proporción de peces no comerciales con respecto a los comerciales para la comunidad de peces demersales del Caribe colombiano (A), y la zona nororiental y suroccidental (B).

A partir de una representación de la biomasa promedio (kg/km^2) de peces demersales, se observan las siguientes tendencias. En la zona nororiental, se registra un descenso en la biomasa de ambos grupos de peces (comerciales y no comerciales), alcanzando sus valores más bajos en la década de 1990. Posteriormente, se presenta un incremento para el último período de tiempo, en 2001 (Figura 9A). En la zona suroccidental, el descenso es más pronunciado para los peces demersales no comerciales en comparación con los de interés comercial (Figura 9B).

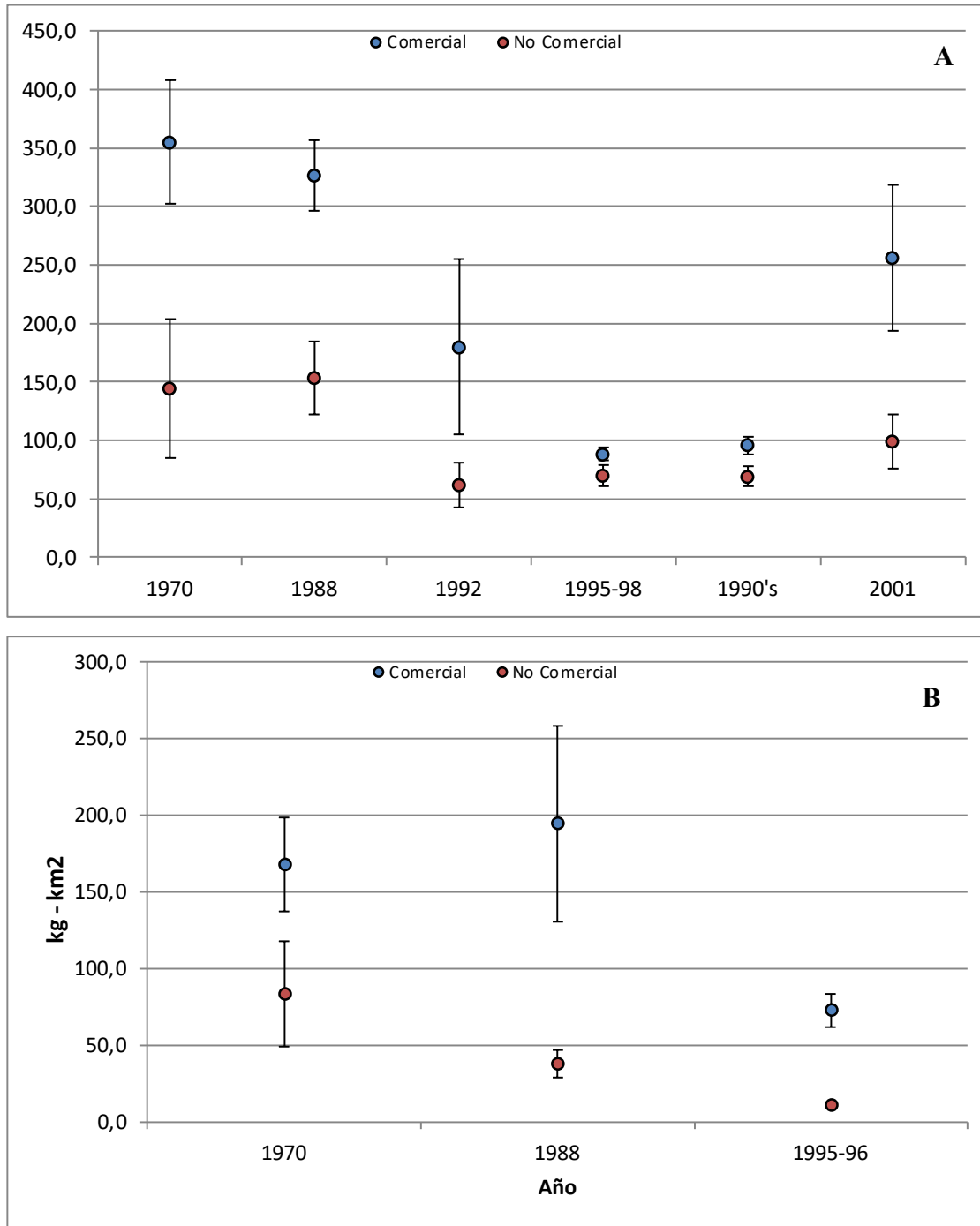


Figura 9. Biomasa promedio (CPUA, en kg/km²) de los peces demersales comerciales y no comerciales para las zonas nororiental (A) y suroccidental (B) del Caribe colombiano, cubriendo el período desde 1970 hasta 201.

3.3 Tendencia familias peces demersales

La biomasa promedio (kg/km^2) de las familias de peces demersales más representativas en los cruceros científicos mostró diferentes tendencias a lo largo de los períodos evaluados. Los peces cartilagosos, que incluyen tiburones y rayas, mostraron un descenso de la biomasa desde 1970 hasta 2001. Las rayas, en particular, tuvieron valores marcadamente más bajos a partir de 1988, y ninguno de los dos grupos mostró signos evidentes de recuperación en el último período (2001) (Figura 10).

Los peces óseos que mostraron las tendencias descendentes más pronunciadas fueron las corvinas (Sciaenidae), los salmonetes (Mullidae) y los jureles (Carangidae). Aunque se observó un leve incremento de la biomasa en 2001 para los dos últimos grupos, los bagres (Ariidae) continuaron con una tendencia descendente sin signos de recuperación. Los bagres, sin embargo, mostraron un rango más amplio en la desviación de los datos en los primeros tres períodos de tiempo (Figura 10).

Por otro lado, los meros y chernas (Serranidae) presentaron una tendencia descendente con un notable incremento en 1988, alcanzando sus valores de biomasa promedio más altos, seguidos de un leve incremento en 2001. Las mojarras (Gerreidae) fueron el único grupo de peces óseos que mostró un marcado descenso de la biomasa desde 1970 hasta la década de 1990, seguido de un evidente incremento en 2001, superando los niveles de 1998 y acercándose a los de 1970 (Figura 10).

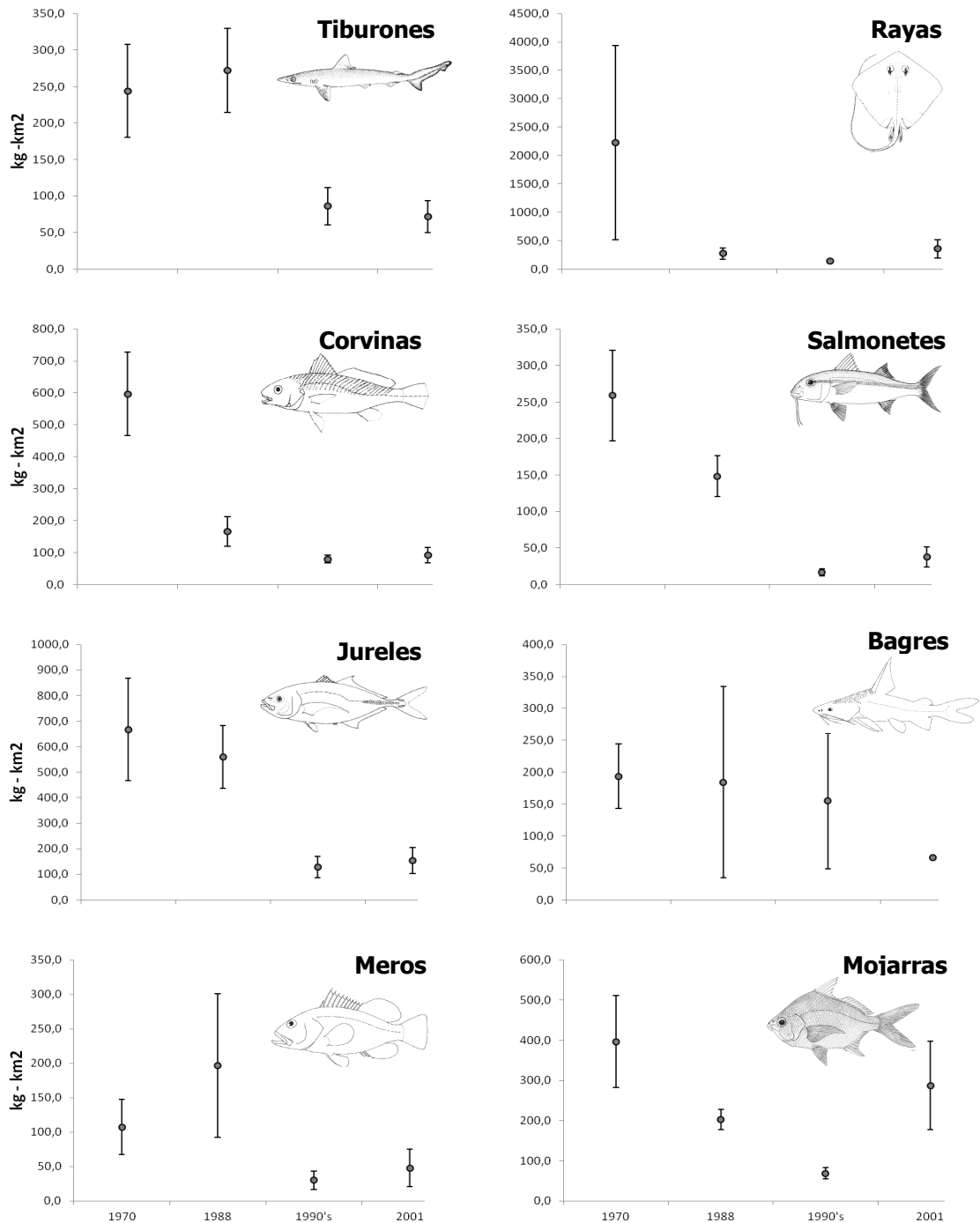


Figura 10. Biomasa promedio (CPUA, en kg/km²) de varios grupos de peces demersales en el Caribe colombiano (tiburones, rayas, corvinas, salmonetes, jureles, bagres, meros y mojarras). Los datos corresponden al período de 1970 a 2011.

Otros grupos de peces óseos representativos en las capturas de los cruceros científicos mostraron tendencias distintas a las descendentes. Los pargos (*Lutjanidae*) y los sargos (*Sparidae*) presentaron valores de biomasa promedio menores en 1970, con un posterior aumento, descenso y nuevo incremento en los siguientes períodos (1988, 1990 y 2001, respectivamente). No se pudo evidenciar una tendencia clara a lo largo del tiempo, aunque para ambos grupos la década de 1990 tuvo los valores de biomasa más bajos en comparación con los otros períodos (Figura 11).

En el caso de los peces cofre (*Ostraciidae*) y los peces lija (*Monacanthidae*), se observó un comportamiento de la biomasa ascendente en los primeros períodos y descendente en los finales, notándose que los niveles promedio de biomasa son similares entre los años más distantes entre sí (1970 y 2001) (Figura 11).

Finalmente, algunos grupos de peces óseos demersales mostraron una tendencia al incremento en la biomasa promedio a lo largo de los períodos analizados. Los roncós (*Haemulidae*) y los peces globo (*Tetraodontidae*) presentaron los valores más bajos en 1970, con una tendencia ascendente a través de los otros períodos, y un descenso en la década de 1990, el cual fue más marcado para los roncós que para los peces globo (Figura 11).

Los peces ballesta (*Balistidae*) y los peces globo con espinas (*Diodontidae*) ilustraron los incrementos de biomasa promedio más claros a lo largo de los diferentes períodos de tiempo, con valores mínimos de biomasa en 1970 en comparación con el período de 2001 (Figura 11). Es importante recalcar que tres de los grupos de peces que mostraron incrementos de biomasa a lo largo de los años pertenecen al orden Tetraodontiformes.

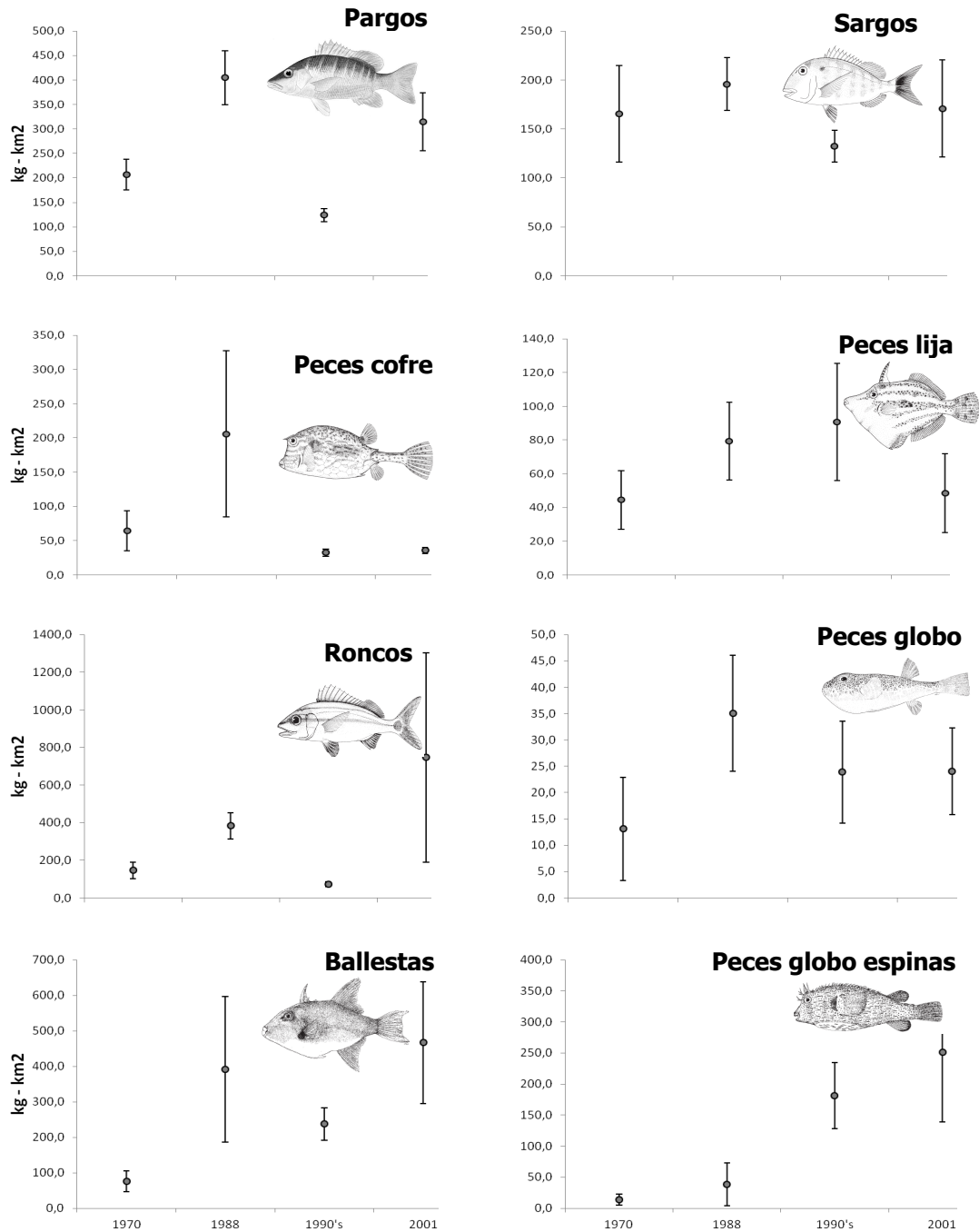


Figura 11. Biomasa promedio (CPUA, en kg/km²) de varios grupos de peces demersales en el Caribe colombiano (pargos, sargos, peces cofre, peces lija, roncos, peces globo y ballestas), abarcando el período desde 1970 hasta 2011.

Al desglosar los valores para las familias más representativas en cada una de las zonas del Caribe colombiano, tanto la nororiental como la suroccidental muestran las mismas tendencias que las mencionadas anteriormente. Para la zona suroccidental, los valores de

biomasa promedio son claramente inferiores a los de la zona nororiental, y se observan niveles más estables para los salmonetes, pargos, roncós y ballestas (Figura 12).

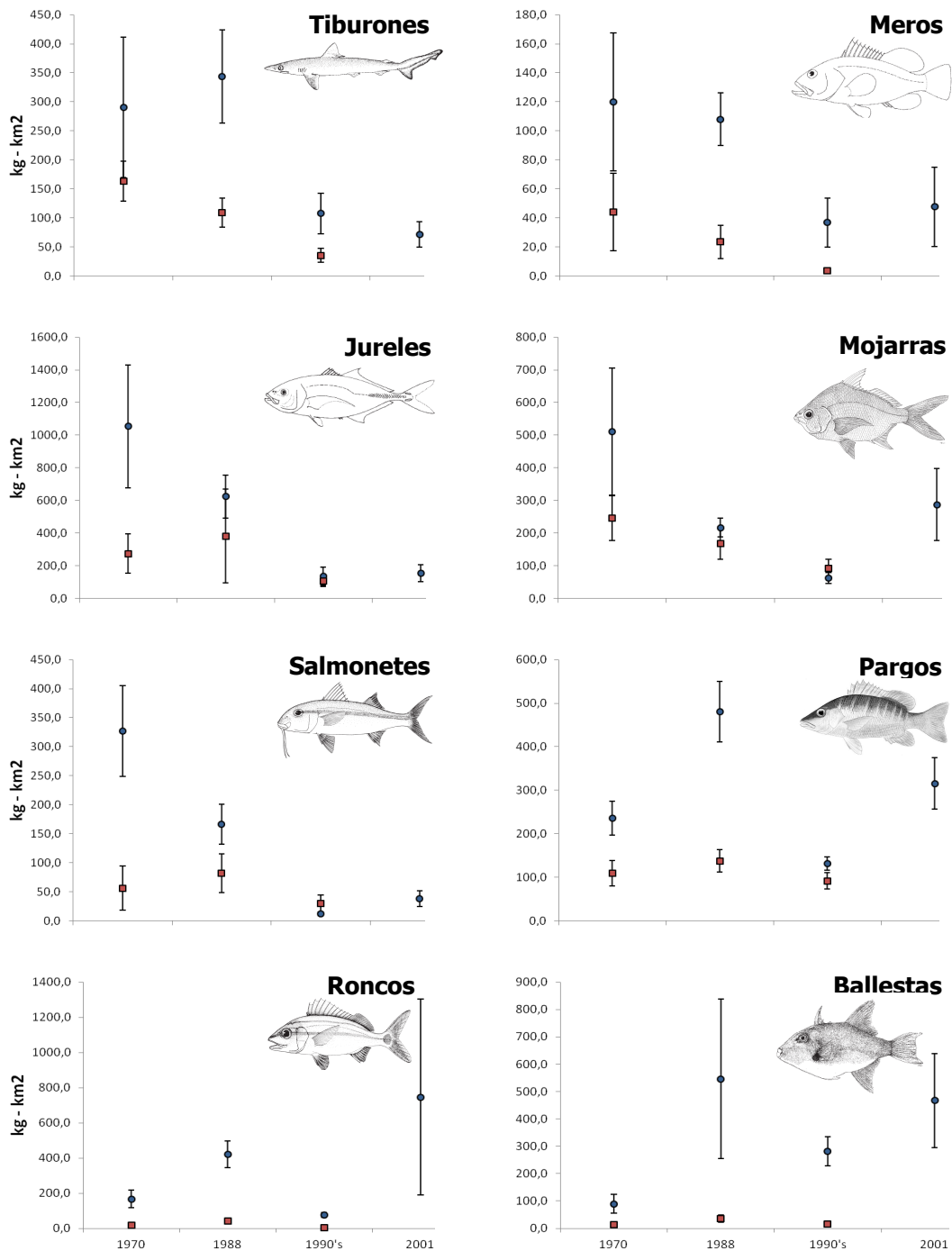


Figura 12. Biomasa promedio (CPUA, en kg/km²) de varios grupos de peces demersales en el Caribe colombiano (tiburones, meros, jureles, mojarras, salmonetes, pargos, roncós y ballestas), asociando las zonas nororiental (círculos azules) y suroccidental (cuadrados rojos), desde el período de 1970 a 2011.

Tendencia grupos funcionales (categorías tróficas)

Las biomazas promedio (kg/km²) de las especies de peces demersales que conforman los grupos funcionales por categorías tróficas mostraron marcados descensos para los piscívoros y zooplanctívoros a lo largo de los períodos de tiempo evaluados. Los herbívoros presentan niveles de biomasa más estables, con una leve tendencia al incremento. Por su parte, los detritívoros muestran una disminución de las biomazas promedio hasta la década de 1990, con una recuperación en el último año (2001). Los Pleuronectiformes muestran una tendencia descendente, excepto en 1988, año en que registraron los mayores valores de biomasa promedio (Figura 13).

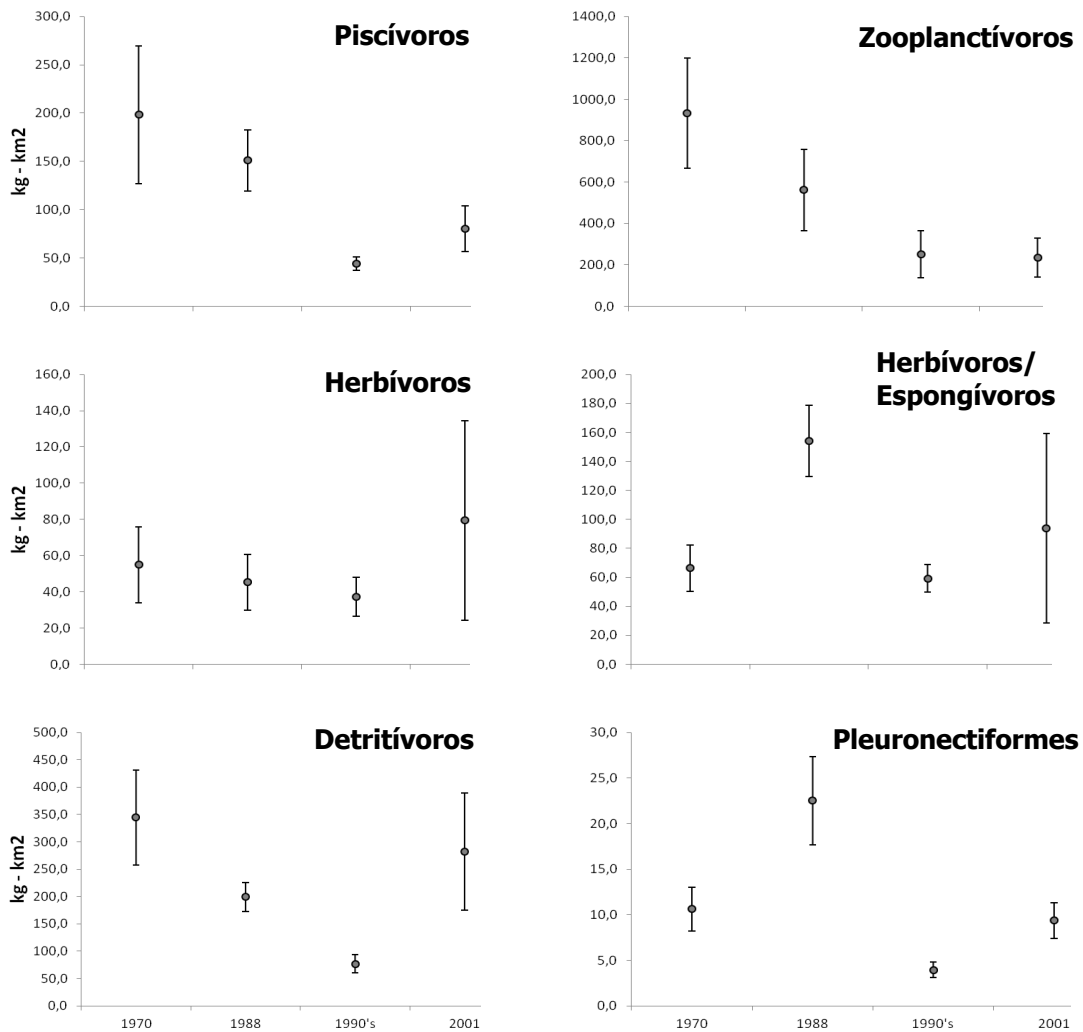


Figura 13. Biomasa promedio (CPUA, en kg/km²) de los grupos funcionales de peces demersales del Caribe colombiano, con datos que abarcan el período de 1970 a 2011.

Al analizar los valores de los grupos funcionales en las diferentes zonas del Caribe colombiano, se observa que tanto la zona nororiental como la suroccidental presentan una clara tendencia descendente en la biomasa promedio de los piscívoros a lo largo de los períodos evaluados. En el caso de los zooplanctívoros, estos tienen una representación importante en la zona suroccidental, con biomásas mayores que las de la zona nororiental en el período de 1988 (Figura 14). Finalmente, los Pleuronectiformes en la zona suroccidental muestran una marcada tendencia descendente de la biomasa promedio a través del tiempo. Por el contrario, en la zona nororiental, los valores fueron bajos en 1970, seguidos de un aumento, un descenso y un posterior incremento en los otros tres períodos (1988, 1990 y 2001, respectivamente). En la década de 1990, este grupo presentó los valores de biomasa más bajos en comparación con los otros períodos (Figura 14).

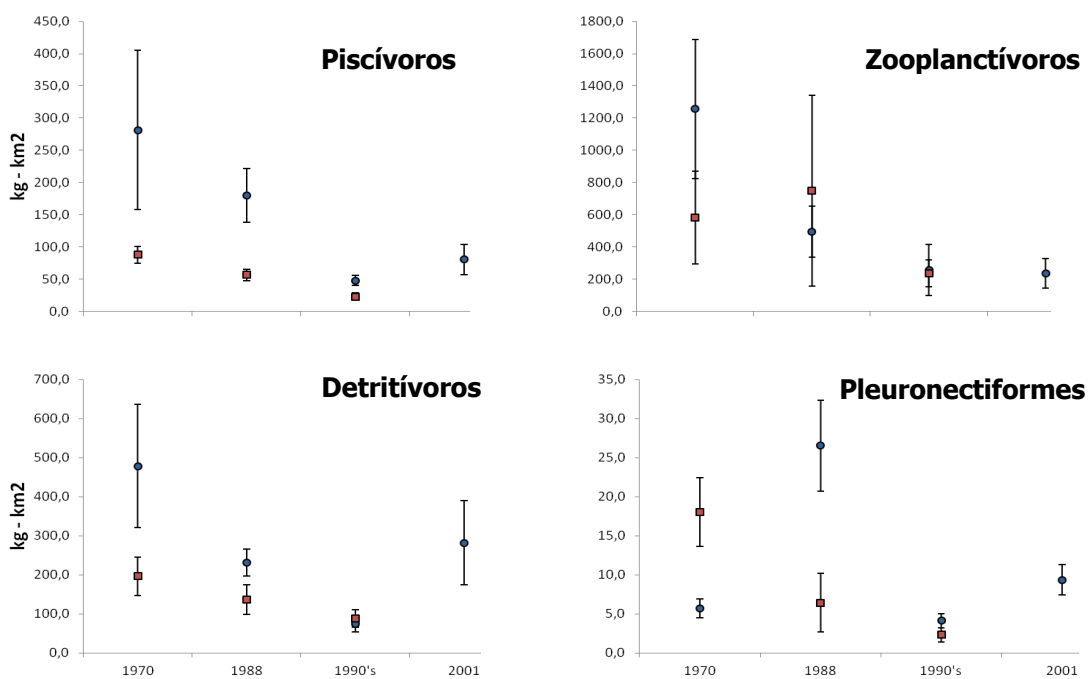


Figura 14. Biomasa promedio (CPUA, en kg/km^2) de los grupos funcionales de peces demersales del Caribe colombiano, sociando las zonas nororiental (círculos azules) y suroccidental (cuadrados rojos), desde el período de 1970 a 2011.

4. Discusión de resultados

4.1 Aspectos generales de la comunidad de peces demersales

Los cruceros de evaluación científica que registraron la información para este estudio se basaron en el método de redes de arrastre de fondo. Estas redes tienen características en sus materiales, como puertas de arrastre y lastre, que las mantienen lo más cerca posible del sustrato marino. Además, sus dimensiones varían en las relingas superior e inferior, lo que incide en la apertura efectiva de la red mientras es arrastrada (Barreto et al., 2001; Zúñiga et al., 2004).

Los datos de captura de los cruceros científicos incluyen especies ícticas del grupo de peces pelágicos, aunque estos se extrajeron en porcentajes muy bajos en comparación con los demersales (Figura 5). La presencia de especies pelágicas se debe principalmente a la altura que alcanza la relinga superior de la red. Aunque los peces pelágicos se caracterizan por nadar en la columna de agua, algunas familias representativas de estos organismos (Scombridae, Echeneidae, Hemiramphidae) tienen comportamientos migratorios que los llevan a nadar cerca del fondo marino (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988). Es evidente que en el período de 1970, la composición porcentual de peces pelágicos fue más alta, lo que se asocia a las mayores dimensiones de la relinga superior del buque B/I Chocó en comparación con las otras embarcaciones de los cruceros científicos en el Caribe colombiano (Tabla 1). Con una mayor altura de la red, el B/I Chocó tuvo más posibilidades de capturar peces en la columna de agua, lo que resultó en porcentajes superiores de peces pelágicos.

El predominio de peces demersales en los cruceros de investigación es coherente con las características de este grupo de organismos, que tienen una importante asociación con el fondo marino en relación con sus hábitos alimentarios, comportamiento reproductivo o patrones de migración. En este sentido, las comunidades de peces demersales están representadas principalmente por las familias Ariidae, Bothidae, Carangidae, Gerreidae,

Lutjanidae, Mullidae, Sciaenidae, Serranidae, Tetraodontidae, entre otras. Esta estructura puede variar longitudinalmente debido a estrategias de reproducción, procesos de reclutamiento y tipos de hábitat (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988).

Las familias de peces anteriormente mencionadas fueron las más distintivas en los cruceros de investigación científica realizados en Colombia, con una notable representatividad para las familias Carangidae, Lutjanidae, Sciaenidae, Gerreidae, Sparidae, Balistidae y Haemulidae (Figura 6). Diferentes evaluaciones con redes de arrastre de fondo en el Caribe colombiano relacionan a los pargos (Lutjanidae), jureles (Carangidae), mojarras (Gerreidae), bagres (Ariidae), sargos (Sparidae), roncós (Haemulidae) y corvinas (Sciaenidae) como algunos de los principales grupos de peces capturados y más representativos de la plataforma continental (Duarte y von Schiller, 1997; García et al., 1998; Manjarrés et al., 2001; Duarte et al., 2006). Esto evidencia cómo la comunidad de peces demersales en diferentes áreas de la plataforma continental del Caribe colombiano se estructura principalmente por ensamblajes de estos grupos.

La notable representación de los pargos a lo largo de los cruceros de evaluación ilustra que este grupo de peces es uno de los más importantes en la plataforma continental del Caribe colombiano. Esto ha sido confirmado por diversas evaluaciones pesqueras en la región, que identifican algunas especies de esta familia (*Lutjanus analis*, *L. synagris*) como las de mayor distribución en el Caribe colombiano (Manjarrés et al., 1996) y como uno de los grupos con mayor demanda y representatividad en los desembarcos de pesca artesanal (Barros y Correa, 1995; Barros y Manjarrés, 2004; Correa y Manjarrés, 2004). Además, los pargos son considerados uno de los grupos de peces de mayor importancia comercial (Allen, 1985). Para la gran región del Caribe, se registra un número significativo de especies de amplia distribución (FAO, 2002) que han sido objeto de evaluación por diferentes expediciones científicas en toda el área.

En cuanto a las abundancias significativas de jureles, mojarras y sargos, varios estudios en el Caribe colombiano han evidenciado la alta predominancia de estos grupos de peces en las capturas. Los jureles han sido los más representativos en los registros de desembarcos

durante varios años (Manjarrés y Mazenet, 2004). Las mojarra y los sargos se han considerado grupos de gran importancia en los ensamblajes de peces demersales de la plataforma continental (Manjarrés et al., 2001), donde las variables oceanográficas inciden en su distribución, abundancia y permanencia en los sustratos marinos (Manjarrés et al., 2005). En consecuencia, la información generada por las investigaciones mencionadas demuestra que estos grupos, que fueron representativos a lo largo de los diferentes períodos de los cruceros de investigación, caracterizan la estructura principal de la comunidad de peces demersales y han sostenido las diversas pesquerías que se desarrollan en la zona costera del Caribe colombiano.

4.2 Indicadores para la comunidad de peces demersales

El efecto de la pesca de camarón en las comunidades de organismos marinos ha sido ampliamente documentado en el Caribe colombiano, donde la elevada captura incidental de fauna acompañante ejerce una fuerte presión sobre la comunidad demersal (Duarte et al., 2004). Esto ha provocado una disminución de la biomasa de peces demersales en zonas específicas del Caribe colombiano (García et al., 2007), una reducción general de la biomasa en los ecosistemas de los fondos marinos (Duarte et al., 2007) y un descenso en el nivel trófico promedio de la comunidad de peces demersales (Vivas, 2007).

Los resultados de este estudio muestran un descenso claro y significativo en la biomasa total promedio de peces demersales extraídos por los cruceros científicos en el Caribe colombiano a lo largo de los años (Figura 7A). Este descenso está directamente relacionado con el desarrollo de la pesca de arrastre de camarón, una actividad con impactos bien documentados en la comunidad demersal. Las mayores biomásas se registraron en 1970, al inicio de la pesca de arrastre, mientras que los valores más bajos se observaron entre 1995 y 1998, un período en el que el esfuerzo pesquero había disminuido a sus niveles más bajos. Este comportamiento es similar a lo documentado para muchos recursos comerciales sometidos a una fuerte explotación (Pauly y Zeller, 2003; Turner et al., 1999; Christensen et al., 2003). Específicamente, en las pesquerías de arrastre de fondo, se ha observado un

descenso generalizado en la biomasa de los peces demersales (Rogers y Ellis, 2000; Heales et al., 2007), lo cual está fuertemente influenciado por la degradación de los hábitats naturales del sustrato marino (Kaiser et al., 2002).

Al evaluar los resultados por zonas, se observa que tanto la nororiental como la suroccidental del Caribe colombiano presentan la misma tendencia descendente en la biomasa promedio de los peces demersales. Sin embargo, es importante notar que los valores de biomasa son significativamente menores en la zona suroccidental en los dos primeros períodos (1970 y 1988) (Figura 7B), a pesar de que ambas áreas tuvieron un número similar de estaciones de muestreo. Las diferencias en biomasa podrían deberse a las características ambientales de la región nororiental, que experimenta importantes fenómenos de surgencia (afloramiento) (Bula-Meyer, 1990). Estos fenómenos incrementan la productividad primaria y la abundancia de larvas de peces de interés comercial (Arteaga et al., 2004).

Considerando el indicador propuesto por Rochet y Trenkel (2003) sobre la proporción de especies no comerciales respecto a las comerciales, se observa que los peces demersales del Caribe colombiano muestran una tendencia positiva en este indicador (Figura 8A). Esto significa que, a lo largo del tiempo, se encuentran mayores biomásas de peces que carecen de interés comercial. Esto se debe a que las especies de alto valor en la pesca de arrastre son extraídas con mayor frecuencia, mientras que las especies sin demanda en el mercado son descartadas (Barreto et al., 2001; Escobar y Duarte, 2009).

Este comportamiento se aprecia más claramente al comparar la biomasa promedio entre los distintos períodos. Antes del mayor esfuerzo de pesca de arrastre de camarón (1970, 1988), las abundancias de especies de interés comercial eran mayores en comparación con las especies sin valor comercial (Figura 9A), una diferencia que es aún más marcada en la zona suroccidental (Figura 9B). Para la década de 1990, cuando la pesquería decayó, los valores de biomasa entre ambos grupos (no comerciales y comerciales) se volvieron muy similares, lo que ilustra el notable descenso en las abundancias de las especies comerciales. Esta tendencia es consistente con los hallazgos de Vivas (2007), quien analizó indicadores

trofodinámicos para el Caribe colombiano y encontró una disminución en el nivel trófico promedio de la comunidad íctica demersal de 0.06 por década.

4.3 Tendencias en las familias y grupos de peces demersales

Al analizar los diferentes grupos y familias de peces, se observaron tendencias diversas a lo largo de los períodos de tiempo asociados a las expediciones científicas. Los peces cartilaginosos (tiburones y rayas) mostraron una clara disminución en los valores de biomasa promedio, siendo más pronunciada en las rayas (Figura 10). Se ha demostrado que las poblaciones de elasmobranquios son susceptibles a la actividad pesquera, lo que provoca reducciones significativas en su abundancia (Bonfil, 1997; Casey y Myers, 1998; Baum et al., 2003). Esto se debe a que su estrategia de vida tipo K resulta en una lenta recuperación de las poblaciones naturales, requiriendo muchos años para su eventual restablecimiento si son fuertemente explotadas (Casey y Myers, 1998; Stone et al., 1998; Stevens et al., 2000).

Entre los peces óseos, los jureles (Carangidae), las corvinas (Sciaenidae) y los salmonetes (Mullidae) presentaron las disminuciones más marcadas, seguidos por los meros (Serranidae) y los bagres (Ariidae) (Figura 10). Esto coincide con los hallazgos de García et al. (2007) para individuos de las familias Sciaenidae y Mullidae en la región del Caribe nororiental. Existen ejemplos específicos que respaldan los cambios en las comunidades de peces demersales relacionados con la pesca de arrastre, donde los efectos se vinculan al descenso en la abundancia y proporción de grandes teleósteos (Rijnsdorp et al., 1996; Piet y Rijnsdorp, 1998; Rogers y Ellis, 2000; Zwanenburg, 2000), como se observa en este estudio. Otras investigaciones han demostrado que, en períodos previos a la pesca de arrastre de camarón, la comunidad de peces estaba dominada por un grupo de familias (por ejemplo, Ariidae, Carangidae, Leiognathidae, Nemipteridae en la costa de Malasia, y Dasyatidae en el golfo de Tailandia) diferentes a las encontradas en años posteriores (Chan y Liew, 1986; Pauly y Neal, 1985). También es ampliamente reconocido que la estructura, abundancia y composición de la comunidad de peces asociada al sustrato marino cambian en relación con

la actividad de arrastre a lo largo de extensas escalas de tiempo (Kodama et al., 2002; Jin, 2004; Levin et al., 2006).

Es interesante notar cómo algunas familias de peces demersales han mostrado un claro incremento en sus biomásas a través de los años (Haemulidae, Diodontidae, Balistidae) (Figura 11). Este fenómeno ha sido observado en otras investigaciones donde ciertos géneros (Nemipterus, Saurida) que representaban cerca del 10% de las capturas en la década de 1960, incrementaron su representatividad al 25% veinte años después. Esto evidencia transformaciones en la estructura del hábitat, ya que las especies ahora predominantes son comunes en áreas arenosas, lo que se asocia al deterioro del sustrato marino por el impacto continuo de las redes de arrastre de fondo (Sainsbury et al., 1993).

En el caso específico de las mojarras (Gerreidae), después de un marcado descenso en su biomasa, los valores se incrementaron en el último período (2001) a niveles cercanos a los iniciales (Figura 10). Esto probablemente se relaciona con la disminución del esfuerzo de la pesquería de arrastre de camarón a valores mínimos de días de pesca por año (Figura 4). Algunos estudios sugieren que la pesca de arrastre de camarón realizada estacionalmente en fondos de sedimentos blandos produce cambios temporales en la estructura de la comunidad demersal, la cual eventualmente puede recuperarse (Simpson y Watling, 2006), como se evidencia para las mojarras en la plataforma continental del Caribe colombiano.

Para algunas familias y grupos de peces demersales capturados en los cruceros científicos, se obtuvo un número de datos significativo que permitió ilustrar la biomasa promedio en las zonas nororiental y suroccidental del Caribe colombiano. Las tendencias fueron muy similares a las descritas anteriormente; sin embargo, para los tiburones y los meros, se observaron descensos muy marcados en la zona suroccidental. Por otro lado, para las ballestas, salmonetes y roncós no se evidencia una tendencia clara en esta zona (Figura 12). Como se mencionó previamente, las condiciones ambientales entre las dos zonas han sido bien descritas y tienen un impacto en la abundancia y distribución de las especies.

4.4 Tendencias grupos funcionales (categorías tróficas)

Se ha documentado que los atributos que estructuran una comunidad íctica se relacionan principalmente con el número, identidad y abundancia relativa de las especies. Esto depende de la diversidad y las interacciones interespecíficas como la competencia, la predación y el mutualismo (Morin, 1999). Tales interacciones bióticas, especialmente la competencia y la predación en las etapas juveniles, son cruciales. En particular, los consumidores de segundo orden son muy importantes para determinar las características de las comunidades de peces tropicales debido a su amplio espectro trófico y su especificidad de hábitat en distintas etapas de su ciclo de vida (Yáñez-Arancibia et al., 1986).

Los valores de biomasa promedio de los grupos funcionales categorizados para los peces demersales ilustraron un marcado descenso en los piscívoros y zooplanctívoros (Figura 13), lo cual se relaciona con la tendencia global de pérdida de grandes depredadores debido a la explotación (Myers y Worm, 2003). Un estudio de Criales-Hernández et al. (2006) en la región de La Guajira, mediante una simulación de la captura incidental en la pesca de arrastre de camarón, determinó cambios en la biomasa de grupos funcionales del ecosistema de fondos bentónicos, como los pargos, que son depredadores de otros organismos, principalmente peces.

En cuanto a los peces detritívoros, se observa una clara disminución en los primeros períodos, con una recuperación en el último año (2001) (Figura 13). Esto se asocia con el papel ecológico de algunos peces demersales en la transformación de la energía desde fuentes primarias, al consumir directamente detritos para sostener niveles superiores de la red trófica en la comunidad íctica (Yáñez-Arancibia, 1988). La dominancia de especies que se alimentan de invertebrados bentónicos también es crucial para la transferencia del flujo energético, ya que los camarones y cangrejos son un importante vínculo con la producción detritívora (Odum et al. en Livingston, 2003). Esto permite relacionar el efecto de la pesca de arrastre de camarón con la comunidad bentónica que sustenta la red alimenticia. Por lo tanto, cuando se presenta el mayor esfuerzo de pesca (principios de la década de 1990), se

observan las menores biomásas de especies detritívoras, lo que afecta a los organismos que se alimentan de estos peces.

Los cambios en los grupos tróficos están relacionados con las características estructurales y funcionales del ecosistema y sus hábitats, que controlan la estructura de las poblaciones y comunidades demersales. Esto es un reflejo de la variabilidad del ambiente y las interacciones de competencia y predación (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988). Se ha demostrado que, para el equilibrio de la estructura de una comunidad íctica demersal, las interacciones interespecíficas son muy importantes para la dinámica de las especies, lo que conduce a una mayor estabilidad a nivel comunitario que a nivel de especies individuales (Blanchard, 2001). Asimismo, se afirma que la variabilidad ambiental, la explotación pesquera y las diferentes estrategias ecológicas de las especies han influido en la estructura de las asociaciones de peces demersales en áreas de pesca específicas durante un período considerable (Labropoulou y Papaconstantinou, 2004).

El tamaño, la vitalidad y la distribución espacial de las poblaciones de especies pesqueras dependen de la dimensión y calidad del medio natural en el que se encuentran (Auster et al., 1997). Como la pesca induce cambios en la composición de tamaño y en la historia de vida de las poblaciones de peces, con alteraciones en la relación depredador-presa y efectos en la competencia intraespecífica, se produce una mortalidad en la comunidad íctica (Jennings y Dulvy, 2005). En este sentido, se puede deducir que el constante efecto de la pesca de arrastre de camarón, llevada a cabo durante muchos años en el Caribe colombiano, ha incidido muy probablemente en la transformación de los hábitats de los fondos marinos, lo que a su vez afecta a las comunidades de organismos demersales que dependen de ese medio natural.

Finalmente, en el caso de los Pleuronectiformes (lenguados), un grupo que es indicador de la estructura de la comunidad y la producción bentónica, y que muestra la relación entre la perturbación del bentos y el ecosistema (Methratta y Link, 2006), se observaron cambios en su biomasa promedio que están claramente asociados a la evolución de la pesca de arrastre de camarón en el Caribe colombiano (Figura 13). Los valores de biomasa más bajos se

evidenciaron en la década de 1990, un período posterior a los mayores esfuerzos en días de pesca por año de las embarcaciones de arrastre. Además, la tendencia decreciente fue más marcada en la zona suroccidental que en la nororiental (Figura 14).

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

La pesquería de arrastre de camarón en el Caribe colombiano ha ejercido un impacto significativo y duradero en la estructura de la comunidad de peces demersales a lo largo del tiempo. Los datos de los cruceros científicos evidencian un claro y preocupante descenso en la biomasa promedio de esta comunidad, con los valores más bajos registrados entre 1995 y 1998, un período que siguió al máximo esfuerzo pesquero. Este declive no solo afectó a las especies objetivo, sino que se extendió a grandes depredadores como tiburones y rayas, así como a peces óseos de alta importancia comercial como jureles, corvinas, salmonetes y meros.

Al mismo tiempo, se observó un incremento en la biomasa de especies que históricamente han sido parte de la fauna incidental y el descarte, como las ballestas, los peces globo y las mojarras. Estos cambios en la composición de la comunidad demuestran un desequilibrio en la red trófica del ecosistema, con una notable pérdida de los grupos funcionales de piscívoros y zooplanctívoros. A pesar del posterior decaimiento del esfuerzo pesquero, la comunidad no ha mostrado una recuperación significativa, lo que sugiere que los impactos son a largo plazo y han alterado tanto la estructura de la comunidad como la calidad de su hábitat.

Los cruceros científicos en el Caribe colombiano han permitido establecer que la comunidad de peces demersales de la plataforma continental está principalmente estructurada por familias como Carangidae (jureles), Lutjanidae (pargos), Sciaenidae (corvinas), Haemulidae (roncos) y Sparidae (sargos). Los cambios observados en la abundancia (biomasa promedio en kg/km^2) de esta comunidad, incluyendo descensos e incrementos, están directamente asociados con el desarrollo de la pesca industrial de arrastre de camarón. Los períodos con el mayor esfuerzo pesquero se correlacionan temporalmente con los valores más bajos de biomasa para los principales grupos de peces demersales en la región.

Un análisis de la biomasa en el último período evaluado por los cruceros científicos (2001) sugiere que la mayoría de los grupos de peces de alto valor comercial presentan bajas

densidades en la actualidad. Esto se refleja en la disminución de las capturas de peces marinos por parte de las pesquerías que extraen recursos demersales de la plataforma continental. Esta situación subraya el impacto a largo plazo de la actividad pesquera, que ha reducido la disponibilidad de los recursos más valiosos.

Se observa que los menores valores de biomasa registrados en la zona suroccidental del Caribe colombiano en comparación con la zona nororiental están probablemente relacionados con los eventos de surgencia (afloramiento) que se desarrollan en la segunda región. Estos fenómenos impulsan una mayor productividad en el área, lo que incide positivamente en la biomasa de peces. Esta diferencia geográfica destaca la importancia de las condiciones ambientales en la distribución y abundancia de las comunidades de peces.

Los cambios temporales en los grupos funcionales de peces demersales, categorizados por características tróficas, indican que los ambientes naturales del fondo marino han sido afectados en sus características estructurales, especialmente en las relaciones alimenticias de los principales grupos de peces. Esto coincide con la temporalidad del desarrollo de la pesca industrial de arrastre de camarón en el Caribe colombiano, sugiriendo que la alteración del hábitat es un factor clave en los cambios de la comunidad íctica.

Si bien se observan descensos generalizados, los incrementos de biomasa promedio en algunos grupos de peces, como los detritívoros, sugieren una incipiente recuperación de las abundancias de la comunidad íctica demersal del Caribe colombiano. Esta regeneración de los fondos marinos, apoyada por los altos valores de biomasa de los peces detritívoros en el último período, indica que una disminución del esfuerzo pesquero podría permitir una cierta recuperación ecológica.

5.2 Recomendaciones

Para mitigar los efectos negativos y promover la recuperación de las comunidades de peces demersales, se proponen las siguientes acciones. En primer lugar, es crucial reducir el esfuerzo pesquero mediante la implementación de cuotas de captura y la designación de zonas de veda que prohíban la pesca de arrastre en áreas clave de reproducción o hábitat crítico. Adicionalmente, se deben prohibir estrictamente las capturas incidentales de especies vulnerables, especialmente tiburones y rayas, para permitir que sus poblaciones, de crecimiento lento, puedan recuperarse.

En segundo lugar, es fundamental impulsar el uso de tecnologías de pesca selectivas, como los Dispositivos Reductores de Captura Incidental (DRCI), para minimizar la extracción de especies no objetivo y de juveniles. Paralelamente, se recomienda realizar estudios biológicos detallados sobre las especies no comerciales y descartadas, con el fin de comprender mejor su papel ecológico y el estado de sus poblaciones, lo cual es esencial para una gestión más holística de los ecosistemas marinos.

Finalmente, la promoción de la pesca sostenible y la creación de áreas marinas protegidas son medidas estratégicas a largo plazo que no solo buscan la recuperación del ecosistema, sino también la viabilidad económica de la comunidad pesquera, garantizando la salud del ecosistema y la sostenibilidad de sus recursos.

Bibliografía

Acero, A. 1993. Guía de los peces comerciales de la Región Caribe de Colombia. INPA, CIP.

Alverson, D.L.; Freeberg, M.H.; Pope, J.G. y Murawski, S.A. 1994. A global assessment of fisheries bycatch and discards. FAO Fish. Tech. Paper, No. 339. Rome. 233 p.

Álvarez, R. y Rey, I. 2003. Fauna extraída en la explotación del barco M/N "Vikheim" al noroeste del Caribe colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 51(2): 551-554.

Arteaga, E.; Viaña, J.; Manjarrés, L.; Correa, F.; Arévalo, J.; Gómez-Canchong, P.; Pineda, J. y S. Barrera. 2004. Aspectos oceanográficos y su relación con la distribución espacio-temporal del ictioplancton en el área de surgencia de La Guajira, Mar Caribe de Colombia. En: Manjarrés, L.M. (Ed). 2004. Dinámica espacio-temporal del ecosistema de afloramiento de Boca de Cenizas-Punta Espada (Caribe colombiano) y sus implicaciones para un régimen de pesca responsable. Informe Técnico. UNIMAG, COLCIENCIAS, INCODER, INPA, UNAL. Santa Marta, 24p.

Auster, P.J.; Watling, L. y Rieser, A. 1997. Comment: the interphase between fisheries research and habitat management. *North American Journal of Fisheries Management*, 17: 591-595.

Barreto, C.G.; Polo, G.A. y Mancilla, B. 2001. Análisis biológico pesquero y económico de la fauna acompañante en la pesquería de arrastre industrial colombiana: contribución biológica y económica para la investigación y el desarrollo en recursos pesqueros colombianos y estimación del impacto de la fauna incidental en la pesca de arrastre del camarón. En: FAO, 2001. *Tropical shrimp fisheries and their impact on living resources. Shrimp fisheries in Asia: Bangladesh, Indonesia and the Philippines; in the Near East: Bahrain and Iran; in Africa: Cameroon, Nigeria and the United Republic of Tanzania; in Latin America: Colombia, Costa Rica, Cuba, Trinidad and Tobago, and Venezuela.* FAO Fisheries Circular. No. 974. Rome, FAO. 378 p.

Barros, M. y Correa, F.A. 1995. Caracterización de la flota y la actividad pesquera artesanal con embarcación de la región de Santa Marta. Tesis Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, 102 p.

Barros, M. y Manjarrés, L.M. 2004. Estadísticas pesqueras del departamento de La Guajira. En: Manjarrés, L.M. (Ed). 2004. Estadísticas pesqueras artesanales del Magdalena y La Guajira, con aplicación de herramientas informáticas para su sistematización y procesamiento. UNIMAG – INCODER – INPA- COLCIENCIAS, Santa Marta: 51-64.

Baum, J.K., R.A. Myers, D.G. Kehler, B. Worm, S.J. Harley y P.A. Doherty. 2003. Collapse and Conservation of Shark Populations in the Northwest Atlantic. *Science*, 299: 389-392.

Beare, D.J.; Needle, C.L.; Burns, F. y Reid, D.G. 2005. Using survey data independently from commercial data in stock assessment: an example using haddock in ICES Division VIa. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 996-1005.

Bellwood, D.R.; Hughes, T.P.; Folke, C. y Nyström, M. 2004. Confronting the coral reef crisis. *Nature*, 429: 827-833.

Bianchi, G.; Gislason, H.; Graham, K.; Hill, L.; Jin, X.; Koranteng, K.; Manickchand-Heileman, K.; Paya, I.; Sainsbury, K.; Sanchez, F. y Zwanenburg, K. 2000. Impact of fishing on size composition and diversity of demersal fish communities. *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 558-571.

Blanchard, F. 2001. The effect of fishing on demersal fish community dynamics: an hypothesis. *ICES J. Mar. Sci.*, 58: 711-718.

Bonfil, R. 1997. Status of shark resources in the Southern Gulf of Mexico and Caribbean: implications for management. *Fisheries Research*. 29: 101-117.

Buelvas, J. y Guerrero, C. 1996. Equipo pesquero y motriz de la flota camaronera del Caribe colombiano. Tesis Ingeniería Pesquera, Universidad del Magdalena. Santa Marta, 145 p.

Bula-Meyer, G. 1990. Oceanografía. En: Jimeno, M. (Ed). Colombia Caribe. Fondo para la protección del medio ambiente, "jose celestino mutis". 264 p.

Bullis, H.R. 1964a. R/V Oregon Cruise Report No. 92. U.S. department of the interior, Fish and Wildlife Service, Bureau of commercial fisheries Region II. Exploratory fishing and gear research base headquarters Pascuquala, Misisiippi. 8 p.

Bullis, H.R. 1964b. R/V Oregon II Cruise 4. U.S. department of the interior, Fish and Wildlife Service, Bureau of commercial fisheries Region II. Exploratory fishing and gear research base headquarters Pascuquala, Misisiippi. 3 p.

Bullis, H.R. 1964c. R/V Oregon II Cruise Announcement cruise 22. U.S. department of the interior, Fish and Wildlife Service, Bureau of commercial fisheries Region II. Exploratory fishing and gear research base headquarters Pascuquala, Misisiippi. 11 p.

Bullis, H.R. y Struhsaker, P.J. 1970. Fish Fauna of the Western Caribbean Upper Slope. *J. Fla. Acad. Sci.* Vol. 33 (1): 43-76.

Caddy, J.F. y Garibaldi, L. 2000. Apparent changes in the trophic composition of world marine harvests: the perspective from the FAO capture database. *Ocean and Coastal Management*, 43: 615-655.

Cao, Y.; Larsen, D.P. y Hughes, R.M. 2001. Evaluating sampling sufficiency in fish assemblage surveys: a similarity-based approach. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 58: 1782-1793.

Carpenter, K.E., (Ed). 2002a. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volumen 1. Introduction, mollusks, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes and chimaeras. FAO species identification guide for fishery purposes and American society of ichthyologists and herpetologists special publication N° 5. Rome, 1-600 p.

Carpenter, K.E., (Ed). 2002b. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volumen 2. Bony fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae). FAO species identification guide for fishery purposes and American society of ichthyologists and herpetologists special publication N° 5. Rome, 601-1374 p.

Carpenter, K.E., (Ed). 2002c. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volumen 3. Bony fishes part 3 (Opisthognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. FAO species identification guide for fishery purposes and American society of ichthyologists and herpetologists special publication N° 5. Rome, 1375-2127 p.

Casey, J.M. y Myers, M.A. 1998. Near Extinction of a Large, Widely Distributed Fish. *Science*, 281: 690-692.

Casini, M.; Cardinale, M.; Hjelm, J. y Vitale, F. 2005. Trends in cpue and related changes in spatial distribution of demersal fish species in the Kattegat and Skagerrak, eastern North Sea, between 1981 and 2003. *ICES J. Mar. Sci.*, 62: 671-682.

Correa, F.A. y Manjarrés, L.M. 2004. Inventario y caracterización general de las unidades económicas de pesca artesanales de La Guajira, Mar Caribe de Colombia. En: Manjarrés, L.M. (Ed). 2004. Pesquerías demersales del área norte del Mar caribe de Colombia y parámetros biológico – pesqueros y poblacionales del recurso pargo. Universidad del Magdalena, Santa Marta: 23-35.

Criales-Hernández, M.I.; Duarte, L.O.; García, C.B. y Manjarres, L. 2006. Ecosystem impacts of the introduction of bycatch reduction devices in a tropical shrimp trawl fishery: insights through simulation. *Fisheries Research*, 77: 333-342.
Díaz, J.M. y Acero, A. 2003. Marine Biodiversity in Colombia: Achievements, Status of Knowledge, and Challenges. *Gayana*, 67 (2): 261-274.

Duarte, L.O. y von Schiller, H. 1997. Comunidad íctica en las praderas de *Thalassia testudinum* en el Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano. *Rev. Intropica*, 2: 121-125.

Duarte, L.O.; García, C.B. y Moreno, I. 1999. Atlas demográfico de los peces demersales del Golfo de Salamanca, Caribe colombiano. Dinámica poblacional, distribución alimentación y reproducción. Libro digital CD-ROM. INVEMAR, COLCIENCIAS. ISBN 95950-6-5.

Duarte, L.O.; García, C.B.; Altamar, J. y Manjarrés, L.M. 2004. Bottom trawl bycatch of the shrimp fishery in the upwelling area off Colombia, Caribbean Sea: Current status and historical insights. En: Manjarrés, L.M. (Ed). Dinámica espacio-temporal del ecosistema de afloramiento de Boca de Cenizas-Punta Espada (Caribe colombiano) y sus implicaciones para un régimen de pesca responsable. Informe Técnico. UNIMAG, COLCIENCIAS, INCODER, INPA, UNAL. Santa Marta, 24 p.

Duarte, L.O.; Gómez-Canchong, P.; Manjarrés, L.M.; García, C.B.; Escobar, F.D.; Altamar, J.; Viaña, J.E.; Tejada, K.; Sánchez, J. y Cuello, F. 2006. Variabilidad circadiana de la tasa de captura y la estructura de tallas en camarones e ictiofauna acompañante en la pesquería de arrastre del Mar Caribe de Colombia. *Invest. Mar. Valparaiso*, 34(1): 23-42.

Duarte, L.O.; Manjarrés, L.M.; Altamar, J.; Escobar, F.; García, C.B.; Gómez-Canchong, P.; Viana, J. y Cuello, F. 2007. Ictiofauna acompañante de la pesquería de arrastre de camarón en el Mar Caribe de Colombia: estado actual e indicios históricos. Resúmenes IX Simposio Colombiano de Ictiología.

FAO. 2001. Tropical shrimp fisheries and their impact on living resources. Shrimp fisheries in Asia: Bangladesh, Indonesia and the Philippines; in the Near East: Bahrain and Iran; in Africa: Cameroon, Nigeria and the United Republic of Tanzania; in Latin America: Colombia, Costa Rica, Cuba, Trinidad and Tobago, and Venezuela. *FAO Fisheries Circular*. No. 974. Rome, FAO. 378 p.

FAO. 2002. Marine resources of the Western Central Atlantic. *FAO Fisheries and Aquaculture Department*.

Ferreira, C.E.L.; Luiz, O.J. y Vianna, M. 2004. Spatial distribution of fish communities in coastal areas of the southeastern Brazil. *Journal of Fish Biology*, 65: 1475-1489.

García, C.B.; Manjarrés, L.M.; Duarte, L.O.; Escobar, F.; Altamar, J.; Viaña, J.; Cuello, F. y Gómez-Canchong, P. 1998. Evaluación de la fauna de acompañamiento de la pesquería de arrastre de camarón en el Caribe colombiano. En: *Memorias del I Congreso Internacional de Investigación Pesquera*. Santa Marta.

García, C.B.; Duarte, L.O.; Altamar, J. y Manjarrés, J.M. 2007. Demersal fish density in the upwelling ecosystem off Colombia: Historic outlook. *Fisheries Research*, 85: 68-73.

Gómez-Canchong, P.; Manjarres, L.M.; Duarte, L.O. y Altamar, J. 2004. Atlas pesquero del área norte del Mar Caribe de Colombia. Universidad del Magdalena, Santa Marta, 230 p.

Hall, S.J. y Mainprize, B.M. 2005. Managing by-catch and discards: how much progress are we making and how can we do better?. *Fish and Fisheries*, 6: 134-155.

Heales, D.S.; Brewer, D.T.; Kuhnert, P.M. y Jones, P.N. 2007. Detecting declines in catch rates of diverse trawl bycatch species, and implications of monitoring. *Fisheries Research*, 84: 153-161.

Hutchings, J.A. 2001. Influence in population decline, fishing, and spawner variability on the recovery of marine fishes. *Journal of Fish Biology*, 59 (supplement A): 306-322.

ICES. 2005. Ecosystems effects of fishing: impacts, metrics, and management strategies. ICES Cooperative Research Report, No. 272, 177 p.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR. 2004. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2003 – Junio de 2004. Serie de publicaciones periódicas, N° 8. Santa Marta. 329 p.

Jackson, J.; Kirby, M.X.; Berger, W.H.; Bjorndal, K.A.; Botsford, L.W.; Bourque, B.J.; Bradbury, R.H.; Cooke, R.; Erlandson, J.; Estes, J.A.; Hughes, T.P.; Kidwell, S.; Lange, C.B.; Lenizan, H.S.; Pandolfi, J.M.; Peterson, C.H.; Steneck, R.S.; Tegner, M.J. y Warner, R.R. 2001. Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. *Science*, 293: 629-637.

Jennings, S.; Kaiser, M.J. y Reynolds, J.D. 2001. *Marine Fisheries Ecology*. Blackwell Science, Londres. 417 p.

Jennings, S. y Blanchard, J.L. 2004. Fish abundance with no fishing: predictions based on macroecological theory. *Journal of Animal Ecology*, 73: 632-642.

Jennings, S. y Dulvy, N.K. 2005. Reference points and reference directions for size-based indicators of community structure. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 397-404.

Jin, X. 2004. Long-term changes in fish community structure in the Bohai Sea, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 59: 163-171.

Jones, K.M., D.G. Fitzgerald y Sale, P.S. 2002. Comparative Ecology of Marine Fish Communities. En: Hart, P.J. y Reynolds, J.D. (Eds.). Handbook of Fish Biology and Fisheries, Vol. 1: Fish Biology. Blackwell Science Ltd. Malden, USA. 413 p.

Kaiser, M.J.; Ramsay, K.; Richardson, C.A.; Spence, F.E. y Brand, A.R. 2000. Chronic fishing disturbance has changed shelf sea benthic community structure. *Journal of Animal Ecology*, 69: 494-503.

Kennelly, S.J. y Broadhurst, M.K. 2002. By-catch begone: changes in the philosophy of fishing technology. *Fish and Fisheries*, 3: 340-355.

Kodoma, k.; Auki, I. y Shimizu, M. 2002. Long-term changes in the assemblage of demersal fishes and invertebrates in relation to environmental variations in Tokyo Bay, Japan. *Fisheries Management and Ecology*, 9: 303-313.

Labropoulou, M. y Papaconstantinou, C. 2004. Community structure and diversity of demersal fish assemblages: the role of fishery. *Sci. Mar.*, 68 (1). 215-226.

Levin, P.S.; Holmes, E.E.; Pinen, K.R. y Harvey, C.J. 2006. Shifts in a pacific ocean fish assemblage: the potential influence of exploitation. *Conservation Biology*, 4: 1181-1190.

Lleonart, J.; Taconet, M. y Lamboeuf, M. 2006. Integrating information on marine species identification for fishery purposes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 316: 231-238.

Manjarrés, L.M. y Mazonet, J.C. 2004. Análisis de las estadísticas de desembarques y esfuerzo pesquero del departamento del Magdalena (1993-2001). En: Manjarrés, L.M. (Ed). 2004. Estadísticas pesqueras artesanales del Magdalena y La Guajira, con aplicación de herramientas informáticas para su sistematización y procesamiento. UNIMAG – INCODER – INPA- COLCIENCIAS, Santa Marta: 35-49.

Manjarrés, L. (Ed.). 2004. Informe técnico final proyecto “Evaluación de las Pesquerías Demersales del Área Norte del Caribe Colombiano y Parámetros Ecológicos, Biológico-pesqueros y Poblacionales del Recurso Pargo”. INPA-COLCIENCIAS. Santa Marta. 317 p.

Manjarrés, L.; Vergara, A.; Torres, J.; Rodríguez, G.; Arteaga, E.; Viaña, J.; Arévalo, J. y Galvis, R. 2005a. Evaluación de peces demersales e ictioplancton en el Mar Caribe de Colombia, incluyendo condiciones oceanográficas. Parte I: Crucero INPA-VECEP/UE/DEMER/9507 (julio de 1995). *Rev. Intropica*. Vol. 2(1): 51-86.

Manjarrés, L.; Vergara, A.; Torres, J.; Rodríguez, G.; Arteaga, E.; Viaña, J.; Arévalo, J. y Galvis, R. 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). *Rev. Intropica*. Vol. 2(1): 87-115.

Manjarrés, L.; Vergara, A.; Torres, J.; Rodríguez, G.; Arteaga, E.; Viaña, J.; Arévalo, J.; Galvis, R.; Rodríguez, D.Y. y Barros, M. 2005c. Evaluación de peces demersales e ictioplancton en el Mar Caribe de Colombia, incluyendo condiciones oceanográficas. Parte III: Crucero INPA301 VECEP/UE/DEMÉR/9604 (abril de 1996). *Rev. Intropica*. Vol. 2(1): 117-149.

Manjarrés, L.; Rodríguez, G.; Torres, J.; Vergara, A.; Arteaga, E.; Arévalo, J.; Galvis, R.; Rodríguez, R. y Viaña, J. 1996. Crucero de evaluación de recursos demersales en el Caribe colombiano, INPA-VECEP/INVEMAR/DEMÉR. Informe Técnico Final. Santa Marta, 31 p.

Methratta, E.T. y Link, J.S. 2006. Evaluation of quantitative indicators for marine fish communities. *Ecological Indicators*, 6: 575-588.

Mora, J. 1988. Análisis de la pesca de camarón de aguas someras (*Penaeus F. notialis* y *Penaeus brasiliensis*) efectuada por la flota camaronera del Caribe colombiano. INDERENA CIP.

Morin, P.J. 1999. *Community Ecology*. Blackwell Science Ltd. Malden, USA. 423 p.
Munro, J.L. 1983. Caribbean Coral Reef Fishery Resources. International Center for Living Aquatic Resources Management – ICLARM. Manila, Philippines. 1-9.

Myers, R.A. y Worm, B. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature*, 423: 280-283.

Palacio, F. 1974. Peces colectados en el Caribe colombiano por la Universidad de Miami. *Boletín Museo del Mar*, 6: 3-137.

Pauly, D. 1995. Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries. *TREE*, 10 (10): 255-257.

Pauly, D.; Alder, J.; Bennett, E.; Christensen, V.; Tyedmers, P. y Watson, R. 2003. The future of fisheries. *Science*, 332: 1359-1361.

Piet, G.J. y Rijnsdorp, A.D. 1998. Changes in the Demersal fish assemblage in the south-eastern North Sea following the establishment of a protected area (“plaice box”). *ICES Journal of Marine Science*, 55: 420-429.

Piet, G.J. y Jennings, S. 2005. Response of potential fish community indicators to fishing. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 214-225.

Pitcher, T.J. 2001. Fisheries Managed to Rebuild Ecosystems? Reconstructing the Past to Salvage the Future. *Ecological Applications*, 11 (2): 601-617.

Quintero, R. 1992. Crucero de evaluación de recursos demersales por el método de área barrida, Fase Caribe Colombiano. Mem. VIII Sem. Nal. Cienc. Tec. del Mar. Bogotá. 818-829.

Ramírez, A. 1998. Ecología Aplicada: Diseño y Análisis Estadístico. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Colección Ecología. 325 p.

Rijnsdorp, A.D.; van Leeuwen, P.I.; Daan, N. y Heensen, J.L. 1996. Changes in abundance of demersal fish species in the North Sea between 1906-1909 and 1990-1995. ICES Journal of Marine Science, 53: 1054-1062.

Rochet, M.J. y Trenkel, V.M. 2003. Which community indicators can measure the impacts of fishing? A review and proposals. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 60: 86-99.

Rogers, S.I. y Ellis, J.R. 2000. Changes in the demersal fish assemblages of British coastal waters during the 20th century. ICES Journal of Marine Science, 57: 866-881.

Rogers, S.I. y Millner, R.S. 1996. Factors affecting the annual abundance and regional distribution of English inshore Demersal fish populations: 1973 to 1995. ICES Journal of Marine Science, 53: 1094-1112.

Sainsbury, K.J.; Campell, R.A. y Whitelaw, A.W. 1993. Effects of trawling on the marine habitats on the North West Shelf of Australia and implications for sustainable fisheries management. En: Hancock, D.A. (Eds.). Sustainable Fisheries Through Sustaining Fish Habitat, Australian Society for Fish Biology Workshop. Bureau of Resource Science Proceedings, 17: 137-145.

Simpson, A.W. y Watling, L. 2006. An investigation of the cumulative impacts of shrimp trawling on mud-bottom fishing grounds in the Gulf of Maine: effects on habitat and macrofaunal community structure. ICES Journal of Marine Science, 63: 1616-1630.

Sparre P. y Venema, S.C. 1995. Introducción a la Evaluación de Recursos Pesqueros Tropicales. Parte 1 – Manual.

Steer, R.; Arias, I.F.; Ramos, M.A.; Sierra, C.P.; Alonso, D. y Ocampo, P. 1997. Documento base para la elaboración de la "Política Nacional de Ordenamiento Integrado de las Zonas Costeras Colombianas". Documento de consultoría para el medio Ambiente. Serie de Publicaciones especiales N° 6. 390 p.

Stevens, J., R. Bonfil, N. Dulvy y Walker, P. 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.

Stone, R.B., C.M. Bailey, S.A. McLaughlin, P.M. Mace y Schulze, M.B. 1998. Federal Management of US Atlantic Sharks Fisheries. *Fisheries Research*, 39: 215-221.

Strømme, T. y Saetersdal, G. 1989. Prospecciones de los recursos pesqueros de las áreas de la plataforma entre Surinam y Colombia. IMR, Bergen.

Tabares, N.; Soultau, M. y Díaz, J. 1996. Caracterización geomorfológico del sector suroccidental del Mar Caribe. *Bol. Cient. CIOH*, 17: 3-16.

Testaverde, S.A. y Rios, C. 1972. Colección de peces de los cruceros del B/I Chocó a lo largo de las costas del Caribe Colombiano durante 1970. *Boletín Informativo* 2(4): 63-110.

Thrush S.F. y Dayton, P.K. 2002. Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging: implications for marine biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 33: 449-473.

Turner, S.J.; Thrush, S.F.; Hewitt, J.E.; Cummings, V.J. y Funnell, G. 1999. Fishing impacts and the degradation or loss of habitat structure. *Fisheries Management and Ecology*, 6: 401-420.

Vivas, J.C. 2007. Tendencias históricas de indicadores trofodinámicos para la detección de cambios en la estructura y función de los peces demersales del Mar Caribe de Colombia. Tesis Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta, 115 p.

Wells, R.J.D.; Cowan, J.H. y Patterson, W.F. 2008. Habitat use and the effect of shrimp trawling on fish and invertebrate communities over the northern Gulf of Mexico continental shelf. *ICES Journal of Marine Science*, 65: 1610-1619.

Yáñez-Arancibia, A. y Sánchez-Gil, P. 1988. Ecología de los recursos demersales marinos. A.G.T. Editor, S.A., México D.F., 228 p.

Yáñez-Arancibia, A.; Lara-Domínguez, A.L.; Aguirre, A. y Díaz, S. 1986. Feeding ecology of tropical estuarine fishes in relation to recruitment processes. In: Yáñez-Arancibia, A. y Pauly, D. (Eds.) *Recruitment Processes in Tropical Coastal Demersal Communities*. Ocean Science in Relation to living Resources, International Recruitment Project, IOC-FAO- UNESCO Workshop OSLR/IREP Project. 44: 1-323.

Yáñez-Arancibia, A. 1986. Los peces demersales de la plataforma continental del sur de México. 1 Caracterización ambiental, ecología y evaluación de las especies, poblaciones y comunidades. *Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. Publicación especial* 9: 230 p.

Yemane, D.; Field, F.G. y Leslie, R.W. 2005. Exploring the effects of fishing on fish assemblages using Abundance Biomass Comparison (ABC) curves. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 374-379.

Zeller, D. y Pauly, D. 2005. Good news, bad news: global fisheries discards are declining, but so are total catches. *Fish and Fisheries*, 6: 156-159.

Zuñiga, H. y Escobar, M. 1993. Análisis de la operatividad del equipo de pesca y estimación de abundancia relativa de demersales. Zona norte de Caribe colombiano. Informe complementario el crucero INPA/DEMER/9210. Reporte técnico. INPA/Universidad del Magdalena, Santa Marta. 27 p.

Zuñiga, H.; Altamar, J. y Manjarres, L.M. 2000. Caracterización Tecnológica de la Flota de Arrastre Camaronero del Mar Caribe de Colombia. FAO EP/GLO/201/GEF. 20 p.

Zuñiga, H., J. Altamar y L. Manjarrés. 2004. Caracterización tecnológica de la flota de arrastre camaronero del mar Caribe de Colombia. FAO, Roma, 21 p.

Zwanenburg, K.C.T. 2000. The effects of fishing of demersal fish communities of the Scotian Shelf. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 503-509.