

## **CONVENIO No. 241 DE 2016**

### **Objetivo 1**

# **EVALUACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO Y LA VULNERABILIDAD DE LAS ESPECIES DE TIBURONES Y RAYAS ASOCIADAS A LAS DIFERENTES PESQUERÍAS DEL ARCIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA**

**FINANCIADO POR:** Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, AUNAP

**ORGANIZACIÓN EJECUTORA:** Fundación SQUALUS

**Responsable del proyecto:** Andrés Felipe Navia López, Ph.D.

### **Investigadores:**

Paola Andrea Mejía Falla, Ph.D., Fundación SQUALUS.

Daniela Gómez Martínez, B.Sc., Fundación SQUALUS.

José Gabriel Pérez, B.Sc., Fundación SQUALUS.

### **Participantes:**

Anthony Rojas, Secretaría de Agricultura y Pesca de San Andrés, Providencia y Santa Catalina

Trisha Forbes, Secretaría de Agricultura y Pesca de San Andrés, Providencia y Santa Catalina

Erick R. Castro, Coralina

Nacor W. Bolaños, Coralina

Juan Pablo Caldas, Programa Marino Costero Conservación Internacional

Carlos Ballesteros, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca

Andrés Felipe Astudillo, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca

Heins Bent Hooker, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Gustavo Lara Martínez, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

**Periodo del estudio:** Octubre a diciembre de 2016

## INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se ha asumido que los condriictios son especies de alto valor ecológico y por tanto juegan un papel central en la dinámica y equilibrio de los ecosistemas en que habitan (Cortés, 1999; Stevens, et al., 2000), siendo recientemente confirmado que tienen importantes roles en la estructura de las redes tróficas marinas (Navia et al., 2010, 2016a; Bornatowski et al., 2014). A pesar de esto, en Colombia aún es escaso el nivel de conocimiento sobre estas especies en las diferentes regiones de Colombia, especialmente en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (ASPC) (Castro y Ballesteros, 2009; Navia y Mejía-Falla, 2015; Navia et al., 2015a,b).

Algunos trabajos realizados en el ASPC han listado especies de tiburones y rayas pero sin ser su objetivo principal (Barriga et al., 1969; Ben Tuvia y Ríos, 1970; Garzón y Acero, 1983; Gómez y Victoria, 1980; Mejía et al., 1998; Caldas, 2002; Bolaños-Cubillos et al. 2015). Otros estudios son dirigidos a elasmobranquios a nivel nacional e incluyen información de especies del ASPC (Mercado, 1990; Mantilla, 1998; Navia y Mejía-Falla, 2004; Mejía-Falla et al., 2007, 2011); y un único trabajo muestra un primer registro de una especie de raya en el área (Navia et al., 2006).

En cuanto a estudios dirigidos a condriictios en el ASPC, Caldas et al. (2003a,b; 2004) aportaron nuevos registros para el Caribe colombiano y describieron dos especies de tiburones del género *Mustelus*. Ballesteros (2007) y Castro y Ballesteros (2009) caracterizaron por primera vez una pesquería industrial dirigida a la captura de tiburones, aportaron información sobre la abundancia y estructura poblacional de las principales especies capturadas con palangre tiburonero e hicieron propuestas de manejo para mitigar los impactos de la pesquería. Los trabajos más recientes se han enfocado en valorar la importancia turística de estas especies (Ramírez-Luna et al., 2015; Navia y Mejía-Falla 2015) y en proveer herramientas para el manejo de las especies que están siendo aprovechadas en esta nueva forma (Mejía-Falla et al., 2016).

Con base en los estudios de Mejía-Falla et al. (2007, 2011), Castro y Ballesteros (2009) y Bolaños-Cubillos et al. (2015), en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se ha confirmado la presencia de 29 especies de peces cartilaginosos, y cuatro más aún en verificación, siendo dominantes los tiburones con 24 especies.

Desde el año 2000 y hasta 2009 en el ASPSC, y bajo la modalidad denominada pesca blanca, se presentó “pesca industrial dirigida” hacia tiburones, cuyos valores de captura y esfuerzo no fueron registrados de manera sistemática ya que los desembarcos finales del producto se realizaron en Cartagena y no en San Andrés (Ballesteros, 2007). A partir de información de entrevistas a capitanes, así como estimativos de capturas incidentales, Ballesteros (2007) estimó la extracción industrial de tiburones entre 100 y 120 toneladas de troncos para el año 2005. Por su parte, Castro y Ballesteros (2009) registraron que dicha pesquería capturaba 13 especies de tiburones, con altos volúmenes de *Carchahinus perezii*, *C. falciformis* y *Ginglymostoma cirratum*, impactando especialmente a los juveniles de estas especies. Por este motivo, Ballesteros (2007) estimó que el impacto de esta pesquería fue crítico sobre el componente biótico (extracción de juveniles) y sobre las estrategias de manejo de la reserva, creando conflictos de uso de las áreas marinas protegidas.

A nivel mundial, las pesquerías de tiburones y rayas presentan una serie de problemas como, alta incidencia en la captura de organismos de todos los estadios de desarrollo (neonatos, juveniles y hembras preñadas), escasa información del esfuerzo ejercido, empleo de sistemas de captura con valores de selectividad variables y métodos de captura heterogéneos (CONAPESCA-IPN, 2004). Así mismo, los elasmobranquios, especialmente los tiburones constituyen uno de los recursos pesqueros más vulnerables debido a sus estrategias de historia de vida, siendo catalogados actualmente como uno de los recursos marinos más amenazados a nivel global (Stevens *et al.*, 2000; Dulvy & Reynolds, 2002, Dulvy *et al.*, 2003, 2014). Sin embargo, Walker (1988) y Musick (2005) plantean que, si se adoptan las medidas de manejo adecuadas, estas pesquerías podrían ser sostenibles.

Dada la carencia de información sobre la abundancia y esfuerzo en las pesquerías de tiburones que permitan la evaluación cuantitativa mediante métodos pesqueros, recientemente se han desarrollado métodos alternativos para evaluar de una manera rápida los efectos de la pesca sobre las poblaciones explotadas. Estos métodos se basan en el uso de información disponible para identificar los niveles de vulnerabilidad de las poblaciones a las pesquerías que los afectan, generando así elementos de base para la gestión de estos recursos (Stobutzki et al., 2002; Walker, 2005).

La Evaluación de Riesgo Ecológico por los Efectos de la Pesca (ERAEF por sus siglas en inglés) se compone de tres niveles jerárquicos de evaluación, iniciando en un análisis cualitativo de riesgo en el nivel uno, pasando a un análisis intermedio o semi-cuantitativo (Análisis de Productividad y Susceptibilidad-APS) y finalizando en métodos completamente cuantitativos (evaluación de stocks, Walker, 2005; Braccini et al., 2006; Hobday et al., 2011). Aplicando el APS se ha evaluado la vulnerabilidad de diferentes especies de tiburones a distintas pesquerías del mundo (Walker, 2005; Braccini et al., 2006., Cortés et al., 2010; Furlong-Estrada et al., 2014).

El APS utiliza información biológica de las especies (mortalidad, fecundidad, crecimiento, edad, etc.), a partir de la cual se estima la Productividad Biológica (PB) basándose en la capacidad de las mismas para recuperarse después de una disminución. El segundo componente se llama Susceptibilidad (S) y se calcula a partir de diferentes atributos que determinan la capacidad de las pesquerías para atrapar una especie determinada. La combinación de estos dos componentes determina la vulnerabilidad de las especies a una pesquería determinada (Stobutzki et al., 2001; Walker, 2005; Braccini et al., 2006; Tovar-Ávila et al., 2010; Hobday et al., 2011).

Como marco de referencia para este estudio se tuvo presente que el fallo del consejo de estado (5 septiembre de 2012) prohibió la captura dirigida de tiburones en el ASPSC, generando dos escenarios para la realización del APS, antes (con pesca dirigida) y después del fallo (sin pesca dirigida). Esta particularidad permitió también evaluar cómo, una medida de protección genérica

(prohibición de la pesca dirigida) influye en la vulnerabilidad de estas especies. Así, el objetivo del presente estudio fue evaluar el riesgo ecológico y la vulnerabilidad de las especies de tiburones y rayas asociadas a las diferentes pesquerías del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, y determinar si la prohibición de la pesca dirigida de estas especies en el ASPSC ha impactado significativamente la conservación de las mismas.

## MÉTODOS

### Área de estudio

Este estudio cubre la totalidad del área marina de la reserva de Biosfera Seaflower (Fig. 1) ubicada entre los meridianos 82° y 77° W y los paralelos 12° y 16° N. En este caso no se utilizó la zonificación pesquera convencional del Archipiélago (zona norte, centro y sur, Rojas et al., 2015). A cambio de esto la zona de estudio fue dividida en 182 cuadrantes de de 15 x 15 minutos, equivalentes a 27.5 km<sup>2</sup> cada uno, los cuales fueron utilizados para estimar algunos de los atributos de Susceptibilidad, especialmente aquellos relacionados con la distribución de las especies y su sobreposición con las pesquerías.

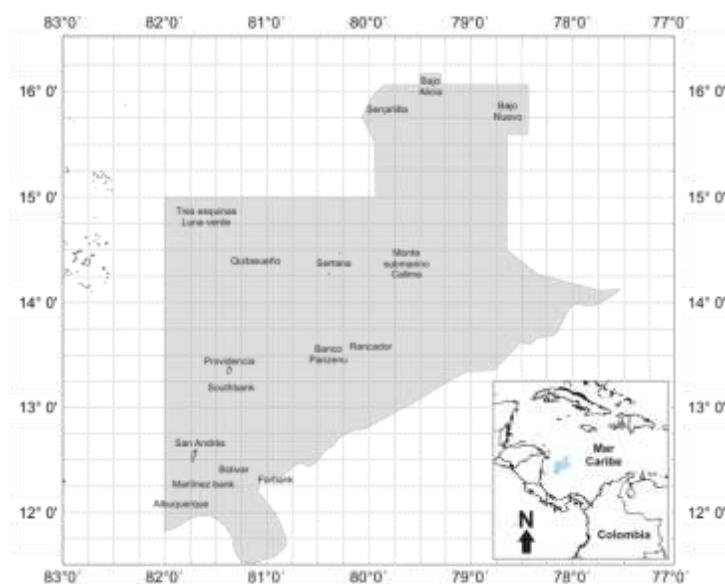


Figura 1. Área marina del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

El riesgo ecológico (RE) y la vulnerabilidad ( $v$ ) de las especies de elasmobranquios capturados en las pesquerías del ASPSC se evaluó con base en dos factores, la productividad biológica (PB) y la susceptibilidad de captura (SC) a los artes de pesca utilizados en la zona de estudio. Las especies a evaluar fueron seleccionadas en un taller “experto” en el cual participaron los investigadores y funcionarios de entidades gubernamentales, no gubernamentales y de universidades que han desarrollado investigación en biología, pesquerías o ecología de peces en el ASPSC (indicados en la portada de este informe). Para dicho proceso de selección se evaluó, con los asistentes al taller, la disponibilidad de información primaria y secundaria de 10 atributos de PB (historia de vida) y 15 atributos de SC (distribución e información pesquera), siguiendo a Walker (2005) y Hobday et al. (2011) para las 29 especies registradas en el ASPSC. Con base en los resultados de este ejercicio se seleccionaron las especies que presentaron información disponible para estimar los diferentes atributos de PB y SC.

Posteriormente se realizó la revisión de los rangos de cada uno de los atributos de PB y SC, partiendo de los estándares establecidos por Walker (2005) y Hobday et al. (2011), ajustando aquellos valores que fueron necesarios de acuerdo al conjunto de especies seleccionadas. La información biológica de las especies para estimar PB se obtuvo de estudios realizados en la región del Gran Caribe, o áreas adyacentes cuanto ésta no estuvo disponible, seleccionándola en el siguiente orden de prioridad: Atlántico Nor-occidental, Atlántico Sur-occidental, Pacífico Oriental Tropical, otras regiones del Pacífico, estudios en otros océanos y finalmente en bases de datos como Fishbase o Robertson et al. (2015). En el caso de ausencia total de información de alguno de los parámetros, se asignó el valor de mayor riesgo, aplicando el principio precautorio.

Para la estimación de la mortalidad natural se aplicaron los métodos indirectos de Lorenzen (1979), Hoenig (1983), Peterson & Wroblewski (1984) y Jensen (1996). Posteriormente se estimó el valor promedio de mortalidad natural para cada especie, el cual fue utilizado para la asignación del

rango de este atributo (Tabla 1). En este estudio se incluyeron por primera vez los atributos de proporción de talla de nacimiento y proporción de talla de madurez (con respecto a la talla máxima) y proporción de edad de madurez (con respecto a la edad máxima), los cuales son tradicionalmente presentados en valor absoluto (Furlong-Estrada et al. 2014). Según nuestro criterio, expresar la variación de estos rasgos biológicos en una escala proporcional permite apreciar mejor las diferencias de productividad derivadas de estos atributos.

**Tabla 1.** Rangos de productividad biológica utilizados para la evaluación del riesgo ecológico de las especies de tiburones y rayas en el ASPSC.

ATRIBUTOS DE PRODUCTIVIDAD	RANGO			Peso (0 - 4)
	ALTA (3)	MODERADA (2)	BAJA (1)	
Edad máxima	< 10 años	10 - 25 años	> 25 años	1
Talla máxima	< 150 cm	150 - 300 cm	> 300 cm	1
Coefficiente de crecimiento de von Bertalanfy (k)	> 0.25	0.15 - 0.25	< 0.15	2
Mortalidad natural	> 0.40	0.20 - 0.40	< 0.20	3
Fecundidad uterina máxima	> 30	15 - 30	< 15	3
Estrategia reproductiva (Ciclo reproductivo)	Bianual	Anual	Biennial o Triennial	2
Proporción de talla de nacimiento (vs. talla máx.)	<10%	10-25%	> 25%	2
Proporción de talla de madurez (vs. talla máx.)	<50%	50-70%	> 70%	3
Proporción de edad de madurez (vs. edad máx.)	<50%	50-70%	> 70%	3
Nivel trófico promedio	< 3.5	entre 3.5 y 4.0	> 4.0	1

Una vez asignado el rango para cada atributo de productividad [alta (3), moderada (2), baja (1)], este fue multiplicado por el peso asignado al mismo (Tabla 1). Finalmente, el valor promedio de productividad por especie ( $PB_i$ ) se calculó como:

$$PB_i = \frac{\sum_i^n (\text{atributo}_i \times \text{peso}_i)}{\sum \text{pesos}}$$

donde  $n$  es el número máximo de los atributos de PB evaluados.

Para determinar la susceptibilidad de captura de cada especie (SC) se utilizaron seis atributos (Tabla 2), basados en la propuesta de Walker (2005) y ajustados a las características locales. Precisamente en este componente de SC se incorporaron las variables necesarias para evaluar el efecto

de la prohibición de la pesca dirigida de tiburones y rayas en el ASPSC ya que estos atributos permiten contrastar cómo cambió el panorama de la actividad de pesca y su impacto sobre las poblaciones en el área de estudio. Por ejemplo, antes de la prohibición, la mayoría de las especies eran “altamente deseables” y por tanto su valor de susceptibilidad fue alto. Una vez entró en vigencia la prohibición, esas mismas especies pasaron a ser un recurso “no deseable” y su valor de susceptibilidad fue bajo. Este tipo de cambios se ve reflejado en atributos como la mortalidad poscaptura y la posibilidad de encuentro entre otros.

**Tabla 2.** Rangos de susceptibilidad de captura (SC) utilizados para la evaluación del riesgo ecológico de las especies de tiburones y rayas en el ASPSC.

ATRIBUTOS DE SUSCEPTIBILIDAD	RANGO			Peso (0 – 4)
	BAJA (1)	MODERADA (2)	ALTA (3)	
Valor de la pesquería (deseable)	Los stocks <b>no son altamente valorados o deseados</b> por la pesquería (precio bajo o nulo)	Los stocks son <b>moderadamente valorados o deseados</b> por la pesquería (precio medio)	Los stocks son <b>altamente valorados o deseados</b> por la pesquería (precio alto)	3
Estrategias de manejo	Las poblaciones tienen límites de captura y <b>supervisión</b> de las mismas	Las poblaciones tienen límites de captura, con <b>supervisión eventual</b>	Las poblaciones tienen límites de captura, pero <b>no se supervisan</b>	2
Mortalidad post captura	Probabilidad de <b>supervivencia alta</b> (mayoría descartados, liberados vivos)	Probabilidad de <b>supervivencia media</b> (algunos sobreviven)	Probabilidad de <b>supervivencia baja</b> (mayoría liberados muertos)	4
Disponibilidad	Zona de distribución de la pesquería <25% de distribución de la población	Zona de distribución de la pesquería 25-50% de distribución de la población	Zona de distribución de la pesquería >50% de distribución de la población	4
Posibilidad de encuentro	<b>Probabilidad baja</b> de que un organismo se encuentre con un arte de pesca (e.g. una especie de hábitos bentónicos con palangre superficial (distribución vertical+migraciones). Info de capturas	<b>Probabilidad media</b> de que un organismo se encuentre con un arte de pesca (e.g. especie de hábitos pelágicos y principalmente en superficie, capturadas con reel y palangre de fondo o viceversa) + distribución vertical + migraciones).	<b>Probabilidad alta</b> de que un organismo se encuentre con un arte de pesca (e.g. una especie de hábitos bento-pelágicos, capturadas con reel y palangre de fondo y superficial) + distribución vertical + migraciones. Capturado con los 3 artes de pesca	2
Selectividad (morfología, operación de artes de pesca)	<b>Probabilidad baja</b> de un organismo a ser capturado y <b>retenido</b> por un arte de pesca (e.g. especies filtradoras atrapadas con anzuelos)	<b>Probabilidad media</b> de un organismo a ser capturado y <b>retenido</b> por un arte de pesca (e.g. especies carnívoras bentopelágicas atrapados con anzuelos)	<b>Probabilidad alta</b> de un organismo a ser capturado y <b>retenido</b> por un arte de pesca (e.g. especies pelágicas piscívoras, atrapadas en anzuelos)	2

El cálculo del valor promedio de susceptibilidad de captura (SC) para cada especie se realizó siguiendo el método cuantitativo ya descrito para PB. La Vulnerabilidad ( $v$ ), una medida del alcance en el cual el impacto de una pesquería sobre una especie podría exceder su habilidad de renovarse (Stobutzki et al. 2002), fue calculada como la distancia Euclidiana desde un punto focal (PB=3, SC=1) como  $v = \sqrt{(p - 3)^2 + (s - 1)^2}$ , donde  $p = \underline{\text{PB}}$  y  $s = \underline{\text{SC}}$  (Cortés et al. 2010). El grado de  $v$  se estimó jerarquizando los valores obtenidos de mayor a menor.

## RESULTADOS

Dentro de los atributos de productividad biológica, la mortalidad natural promedio por especie presentó un rango entre 0.032 en *Sphyrna mokarran* y 0.437 en *Rhizoprionodon porosus* siendo 0.136 el promedio, con una desviación estándar de 0.106. El 53% de los atributos de productividad evaluados en las 15 especies fueron considerados bajos, el 32% medios y el 14% altos. A nivel de especie, *R. porosus* presentó la mayor cantidad de atributos de productividad considerados altos (50%, Tabla 5) seguida de *M. canis* y *G. cuvier*, 30% cada una (Tablas 3,4). Por su parte, *I. oxyrinchus*, *C. leucas*, *C. perezii* y *Aetobatus narinari* no presentaron ningún atributo de productividad alta y mostraron valores superiores al 60% de atributos de productividad baja (Tablas 3,4,5). En cuanto a los atributos, la estrategia reproductiva y el nivel trófico promedio sólo presentaron valores de productividad baja (73.3%) y media (26.7%) en todas las especies. Los demás atributos analizados variaron entre baja y alta productividad, siendo la fecundidad uterina máxima y la proporción de edad de madurez aquellos que presentaron las mayores frecuencias de valor altos de productividad en las 15 especies analizadas, con un 33.3% cada uno. Con excepción de la proporción de la talla de nacimiento (66.7% de especies con productividad media) y la proporción de la talla de madurez (80% de especies con productividad media), todos los demás atributos fueron dominados por niveles bajos de productividad biológica (Tablas 3,4,5).

En cuanto a la susceptibilidad por captura (SC) en el primer escenario analizado (antes del fallo del consejo de estado), es decir, cuando se dio la pesca dirigida a tiburones y se incluyó información de cruceros de pesca exploratoria realizados con palangres superficiales, los valores de SC fueron altos en la mayoría de las especies (Tablas 6,7,8). Esto se dio porque mientras existió esa pesquería, la mayoría de las especies fueron altamente deseables (53.3%), las mortalidades poscaptura fueron altas (60% de las especies) y los artes de pesca altamente selectivos para las especies de interés (53.3%=3, 40%=2), pues utilizaban guayas de acero en los palangres (Tablas 6, 7, 8).

En cuanto al área del ASPSC, esta se dividió en 182 cuadrantes donde 54 de estos fueron identificados como localidades de pesca, tanto de pesca regular como de los cruceros de pesca exploratoria (Fig. 2). En cuanto a la distribución de las especies, esta se asumió continua en todo al área excepto para aquellas especies de tiburones claramente arrecifales como *G. cirratum*, *C. limbatus*, *N. brevirostris*, de distribución poco conocida como *M. canis* y *R. porosus* y las dos especies de batoideos *Hypanus americanus* y *Aetobatus narinari*. Así, la disponibilidad y la posibilidad de encuentro fueron variables y se relacionaron claramente a la distribución conocida de la especie y al número de cuadrantes en donde se sobreponen las actividades pesqueras. Dada la extensión del área estudiada y la relativamente restringida actividad espacial de las pesquerías (Fig. 2), la disponibilidad de la mayoría de las especies (66.7%) fue media y tan solo *M. canis* y *R. porosus* tuvieron disponibilidad alta (Tablas 6,7,8). En cuanto a la posibilidad de encuentro, la distribución de los rangos fue equitativa con el 33.3 % de las especies presentado valores bajos, otro 33.3% valores medios y el restante 33.3% valores altos (Tablas 6,7,8).

**Tabla 3.** Datos específicos (DE) y valores (VAR) de los atributos de productividad para cinco especies de tiburones del ASPSC.

Atributos de Productividad	<i>G. cirratum</i>		<i>R. typus</i>		<i>I. oxyrinchus</i>		<i>M. canis</i>		<i>C. falciformis</i>	
	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR
Edad máxima (años)	25	2.0		1.0	32	1.0	16 H-10 M	2.0	22	2.0
Talla máxima (cm)	308	1.0	1500	1.0	400	1.0	150	3.0	371	1.0
Coefficiente de crecimiento de von Bertalanffy (k) (cm/año)	0.14	1.0	0.05	1.0	0.11	1.0	0.29 H-0.44 M	3.0	0.09 H-0.10 M	1.0
Mortalidad natural	0.13	1.0	0.04	1.0	0.09	1.0	0.28	2.0	0.116	1.0
Fecundidad uterina máxima	50	3.0	304	3.0	25 crías	2.0	20 crías	2.0	18 crías	2.0
Estrategia reproductiva (Ciclo reproductivo)	Biennial	1.0		1.0	Cada 3 años	1.0	Anual	2.0	Anual-Biennial	1.0
Proporción de talla de nacimiento	9.7%	3.0	4.3%	3.0	17.5%	2.0	26.0%	1.0	21.8%	2.0
Proporción de talla de madurez	77.9%	1.0	60.0%	2.0	70.0%	2.0	68.0%	2.0	66.3%	2.0
Proporción de edad de madurez	80.0%	1.0		1.0	56.3%	2.0	31.3%	3.0	54.5%	2.0
Nivel trófico promedio	4.2	1.0	3.6	1.0	4.3	1.0	3.7	2.0	4.5	1.0

**Tabla 4.** Datos específicos (DE) y valores (VAR) de los atributos de productividad para cinco especies de tiburones del ASPSC.

Atributos de Productividad	<i>C. leucas</i>		<i>C. limbatus</i>		<i>C. perezi</i>		<i>G. cuvier</i>		<i>N. brevirostris</i>	
	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR
Edad máxima (años)	25 H-21 M	2.0	9-10	3.0		1.0	45-50	1.0	>30 años	1.0
Talla máxima (cm)	340	1.0	270	2.0	295	2.0	750	1.0	340	1.0
Coefficiente de crecimiento de von Bertalanffy (k) (cm/año)	0.076	1.0	0.274	2.0		1.0	0.18	2.0	0.057	1.0
Mortalidad natural	0.166-0.107	1.0	0.244	2.0	0.064	1.0	0.106	1.0	0.090	1.0
Fecundidad uterina máxima	13	1.0	11	1.0	6	1.0	82	3.0	17	2.0
Estrategia reproductiva (Ciclo reproductivo)	Biennial	1.0	Biennial	1.0	Biennial	1.0	Biennial	1.0	Biennial?	1.0
Proporción de talla de nacimiento	23.8%	2.0	24.1%	2.0	25.4%	1.0	12.0%	2.0	17.6%	2.0
Proporción de talla de madurez	67.6%	2.0	57.8%	2.0	57.6%	2.0	46.7%	3.0	69.1%	2.0
Proporción de edad de madurez	72.0%	1.0	70.0%	2.0		1.0	30.0%	3.0	43.3%	3.0
Nivel trófico promedio	4.3	1.0	4.5	1.0	4.5	1.0	4.5	1.0	4.5	1.0

**Tabla 5.** Datos específicos (DE) y valores (VAR) de los atributos de productividad para tres especies de tiburones y dos de rayas del ASPSC.

Atributos de Productividad	<i>R. porosus</i>		<i>S. lewini</i>		<i>S. mokarran</i>		<i>H. americanus</i>		<i>A. narinari</i>	
	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR
Edad máxima (años)	8 H- 5 M	3.0	30.5 años	1.0		1.0	28	1.0		1.0
Talla máxima (cm)	110	3.0	346 H-340 M	1.0	610	1.0	150 AD	3.0	330 AD	2.0
Coefficiente de crecimiento de von Bertalanffy (k) (cm/año)	0.30 H- 0.42 M	3.0	0.13 H-0.09 M	1.0		1.0		1.0		1.0
Mortalidad natural	0.437	3.0	0.085	1.0	0.032	1.0	0.110	1.0	0.111	1.0
Fecundidad uterina máxima	8	1.0	41	3.0	42	3.0	10	1.0	4	1.0
Estrategia reproductiva (Ciclo reproductivo)	Anual	2.0	Anual	2.0	Biennal	1.0	Anual	2.0	Biennal?	1.0
Proporción de talla de nacimiento	33.6%	1.0	16.5%	2.0	12.7%	2.0	22.7%	2.0	18.0%	2.0
Proporción de talla de madurez	63.6%	2.0	72.3%	1.0	54.5%	2.0	53.3%	2.0	57.5%	2.0
Proporción de edad de madurez	25.0%	3.0	49.2%	3.0		1.0		1.0		1.0
Nivel trófico promedio	3.8	2.0	4,0-4,5	1.0	4.3	1.0	3,3-3,8	2.0	3.7	2.0

**Tabla 6.** Datos específicos (DE) y valores (VAR) de los atributos de susceptibilidad por captura (SC) para cinco especies de tiburones del ASPSC.

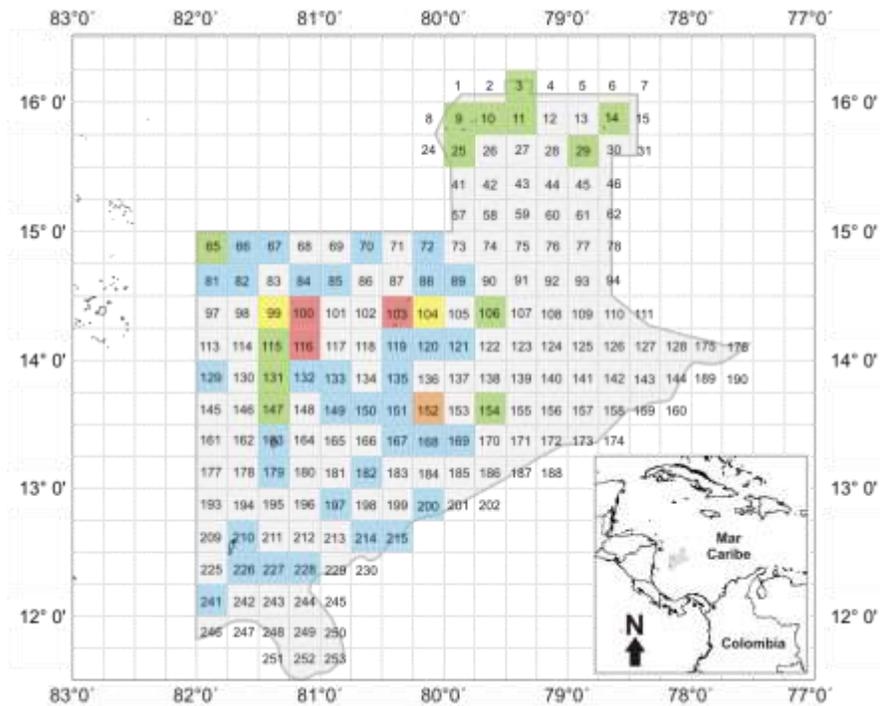
Atributos de Susceptibilidad	<i>G. cirratum</i>		<i>R. typus</i>		<i>I. oxyrinchus</i>		<i>M. canis</i>		<i>C. falciformis</i>	
	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR
Valor de la pesquería (deseable)	No deseable	1.0	No deseable	1.0	Alto	3.0	No deseable	1.0	Alto	3.0
Estrategias de manejo	Eventual	2.0	Eventual	2.0	Eventual	2.0	Eventual	2.0	Eventual	2.0
Mortalidad post captura (supervivencia)	Alta	1.0	Alta	1.0	Baja	3.0	Alta	1.0	Baja	3.0
Disponibilidad	42%	2.0	0%	1.0	15%	1.0	75%	3.0	25%	2.0
Posibilidad de encuentro	Media	2.0	Baja	1.0	Media	2.0	Media	2.0	Alta	3.0
Selectividad (morfología, operación de artes de pesca)	Media	2.0	Baja	1.0	Alta	3.0	Media	2.0	Alta	3.0

**Tabla 7.** Datos específicos (DE) y valores (VAR) de los atributos de susceptibilidad por captura (SC) para cinco especies de tiburones del ASPSC.

Atributos de Susceptibilidad	<i>C. leucas</i>		<i>C. limbatus</i>		<i>C. perezi</i>		<i>G. cuvier</i>		<i>N. brevirostris</i>	
	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR
Valor de la pesquería (deseable)	Alto	3.0	Alto	3.0	Alto	3.0	Alto	3.0	Moderado	2.0
Estrategias de manejo	Eventual	2.0	Eventual	2.0	Eventual	2.0	Eventual	2.0	Eventual	2.0
Mortalidad post captura (supervivencia)	Baja	3.0	Baja	3.0	Baja	3.0	Baja	3.0	Baja	3.0
Disponibilidad	25%	2.0	47%	2.0	25%	2.0	25%	2.0	47%	2.0
Posibilidad de encuentro	Baja	1.0	Media	2.0	Alta	3.0	Alta	3.0	Alta	3.0
Selectividad (morfología, operación de artes de pesca)	Alta	3.0	Alta	3.0	Alta	3.0	Alta	3.0	Alta	3.0

**Tabla 8.** Datos específicos (DE) y valores (VAR) de los atributos de productividad para tres especies de tiburones y dos de rayas del ASPSC.

Atributos de Susceptibilidad	<i>R. porosus</i>		<i>S. lewini</i>		<i>S. mokarran</i>		<i>H. americanus</i>		<i>A. narinari</i>	
	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR	DE	VAR
Valor de la pesquería (deseable)	No deseable	1.0	Alto	3.0	Alto	3.0	No deseable	1.0	No deseable	1.0
Estrategias de manejo	Eventual	2.0	Eventual	2.0	Eventual	2.0	No se supervisan	3.0	No se supervisan	3.0
Mortalidad post captura (supervivencia)	Alta	1.0	Baja	3.0	Baja	3.0	Media	2.0	Alta	1.0
Disponibilidad	78%	3.0	25%	2.0	7%	1.0	48%	2.0	42%	2.0
Posibilidad de encuentro	Alta	3.0	Media	2.0	Baja	1.0	Baja	1.0	Baja	1.0
Selectividad (morfología, operación de artes de pesca)	Media	2.0	Media	2.0	Alta	3.0	Media	2.0	Media	2.0



**Figura 2.** Distribución de las pesquerías en el ASPSC. Los colores indican el número de estudios que reportan capturas de elasmobranquios por cuadrante. Azul= 1, verde= 2, amarillo, 3, naranja= 4, rojo= 5.

La combinación de la PB y SC en cada especie se utilizó para calcular la vulnerabilidad ( $v$ ) de las mismas, encontrando, previo al fallo de la corte suprema, valores muy altos ( $>5.0$ ) e incluso cercanos al máximo posible (6), identificado así que 9 de las 15 especies analizadas (Tabla 9), presentan un alto riesgo ecológico por efectos de pesca en el ASPSC. Dentro de este grupo de especies se destacaron los grandes tiburones pelágicos, ya sean de hábitos coralinos como *C. perezii*, o *N. brevirostris* u oceánicos como *C. leucas* y *C. falciformis* (Fig. 3a). Cinco especies presentaron riesgo medio, y sólo *R. typus*, obtuvo un valor bajo de riesgo, lo cual se deriva de que esta especie a la fecha no ha presentado interacción alguna con las pesquerías del ASPSC. En el segundo caso, una vez se prohibió la pesca dirigida hacia tiburones en el ASPSC, el resultado fue muy distinto pues ninguna especie se ubicó en riesgo alto, desplazándose todas hacia riesgos medios o bajos (Fig. 3b). De igual forma, los valores de vulnerabilidad de las especies se redujeron significativamente, pasando por ejemplo de 5.99 como valor más alto antes de la prohibición a 1.94 en *C. perezii* (Tabla 9).

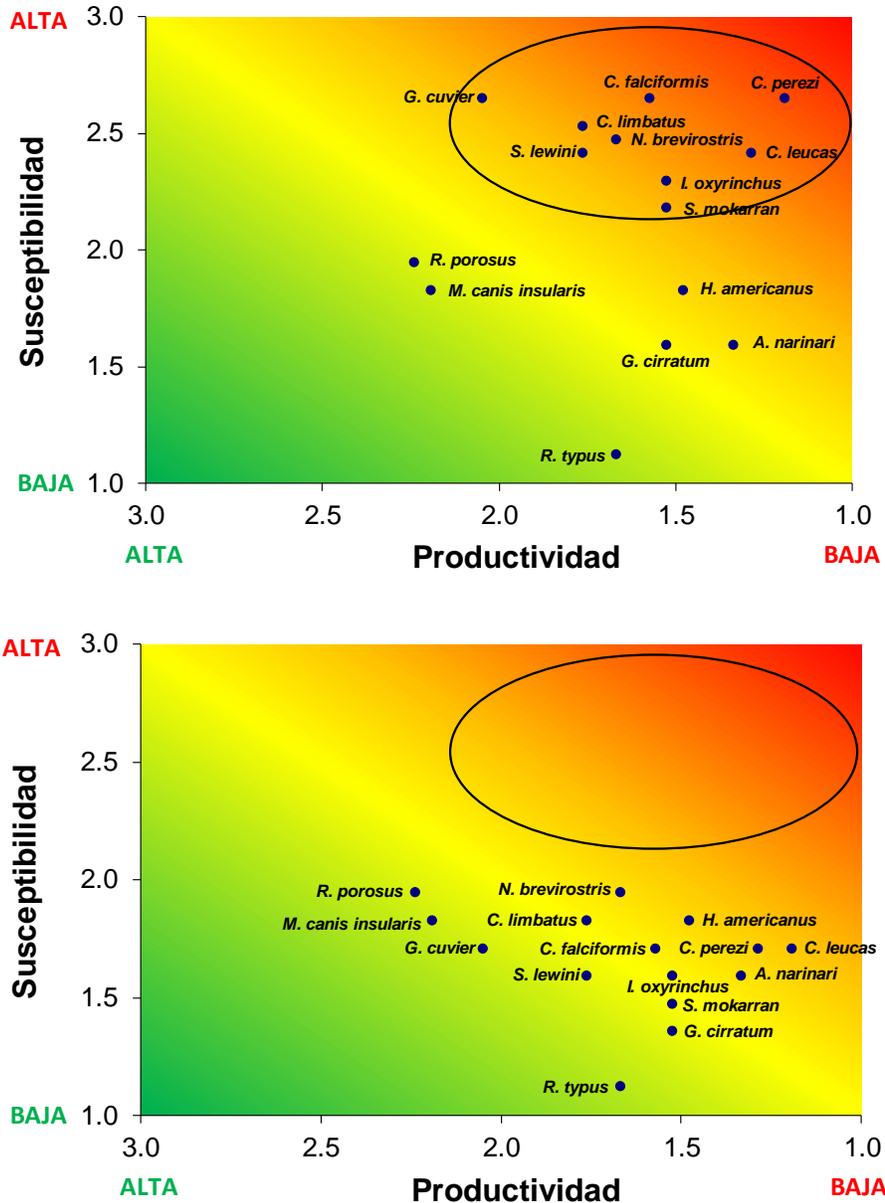
**Tabla 9.** Valores de PB (atributo x peso), SC (atributo por peso) y vulnerabilidad ( $v$ ) para las 15 especies de tiburones y rayas evaluadas en el ASPSC en los dos escenarios estudiados

Especie	Sin fallo			Especie	Con fallo		
	PB	SC	$v$		PB	SC	$v$
<i>C. perezi</i>	1.190	2.647	5.99	<i>C. perezi</i>	1.190	1.706	1.94
<i>C. leucas</i>	1.286	2.412	4.93	<i>C. leucas</i>	1.286	1.706	1.85
<i>C. falciformis</i>	1.571	2.647	4.75	<i>A. narinari</i>	1.333	1.588	1.77
<i>N. brevirostris</i>	1.667	2.471	3.94	<i>H. americanus</i>	1.476	1.824	1.73
<i>C. limbatus</i>	1.762	2.529	3.87	<i>N. brevirostris</i>	1.667	1.941	1.63
<i>I. oxyrinchus</i>	1.524	2.294	3.85	<i>C. falciformis</i>	1.571	1.706	1.59
<i>G. cuvier</i>	2.048	2.647	3.62	<i>I. oxyrinchus</i>	1.524	1.588	1.59
<i>S. mokarran</i>	1.524	2.176	3.56	<i>S. mokarran</i>	1.524	1.471	1.55
<i>S. lewini</i>	1.762	2.412	3.53	<i>G. cirratum</i>	1.524	1.353	1.52
<i>A. narinari</i>	1.333	1.588	3.12	<i>C. limbatus</i>	1.762	1.824	1.49
<i>H. americanus</i>	1.476	1.824	3.00	<i>S. lewini</i>	1.762	1.588	1.37
<i>G. cirratum</i>	1.524	1.588	2.53	<i>R. typus</i>	1.667	1.118	1.34
<i>R. typus</i>	1.667	1.118	1.79	<i>R. porosus</i>	2.238	1.941	1.21
<i>R. porosus</i>	2.238	1.941	1.47	<i>G. cuvier</i>	2.048	1.706	1.19
<i>M. canis</i>	2.190	1.824	1.33	<i>M. canis</i>	2.190	1.824	1.15

## DISCUSIÓN

Las 15 especies de elasmobranquios analizadas presentaron una amplia variación en sus parámetros de historia de vida, siendo dominantes los atributos de PB bajos, tal como ha sido registrado en especies de tiburones oceánicos y pelágicos (Stobutzki et al. 2002, Braccini et al., 2006; Cortés et al., 2010, Furlong-Estrada et al., 2014). Sin embargo, *M. canis* y *C. limbatus* presentaron dominancia de atributos de PB media mientras que *R. porosus* presentó dominancia de atributos de PB alta. Al respecto, numerosos estudios han documentado que la mayoría de las especies de elasmobranquios son sensibles a las actividades pesqueras, presentando bajo potencial de recuperación (Musick, 1999; Walker, 1998; Stevens, 1999). Sin embargo, en años recientes se ha registrado que las especies de tiburones y rayas de tamaño pequeño como *Mustelus antarcticus* (Walker, 1998), *Rhizoprionodo taylori* (Simpfendorfer, 1999) y *Urotrygon rogersi* (Mejía-Falla et al., 2012) presentan atributos de PB alta, siendo esto consecuente con lo encontrado en el presente estudio, y convirtiéndose en una evidencia

más que todas las especies de elasmobranquios requieren evaluaciones independientes para determinar los niveles de captura sustentables para las mismas.



**Figura 3.** Riesgo ecológico por efecto de la pesca de tiburones y rayas en el ASPSC. A) antes de la prohibición de pesca dirigida (Fallo del consejo de estado) y B) después de la prohibición.

Al igual que en el estudio de Furlong-Estrada et al. (2014), la especie del género *Rhizoprionodon* estudiada (*R. porosus*) presentó la mayor PB estimada de todas las especies analizadas. Tal y como es mencionado por estos autores, *R. longurio* ha sido capturada por pesquerías artesanales

durante varias décadas, sugiriendo una considerable capacidad para soportar la explotación pesquera, debido a sus rasgos de PB relativamente alta. En este sentido, y durante el periodo de capturas dirigidas a tiburones en el ASPSC (hasta 2009), se observó que la especie de mayor captura (*C. perezii* 67.76%) presentó la menor PB, sugiriendo una alta susceptibilidad a la sobreexplotación. A lo anterior se sumó el hecho que el 64% de los ejemplares capturados fueron juveniles y la proporción sexual de las capturas fue 1:1 (Ballesteros, 2007). También se encontró que *R. porosus*, segunda especie en importancia de captura (7.34%) presentó la mayor PB de todas las especies, con un porcentaje de captura de juveniles de 33% y con dominancia casi absoluta de hembras, 96.4% (Ballesteros, 2007).

En cuanto a la SC, la mayoría de las especies presentaron valores altos hasta 2012, fecha en la cual se prohibió la pesca dirigida hacia estas especies. Estos resultados son incluso más altos que los registrados en los estudios de Cortés et al. (2010) y Furlong-Estrada et al. (2014). En este primer escenario se destacaron las especies de tiburones grandes, de hábitos oceánicos y/o coralinos como *C. falciformis*, *C. perezii*, *G. cuvier*, *N. brevirostris*, *C. leucas* y *S. lewini*. Estos valores de SC fueron ampliamente influenciados por la selectividad de los artes dirigidos a la pesca de tiburones, los cuales incluían guayas de acero que impedían el escape de los animales una vez atrapados en el anzuelo. En concordancia con lo anterior, la mortalidad poscaptura fue muy alta en las especies asociadas a esta pesquería. Finalmente, las embarcaciones dedicadas a esta pesquería operaban en las zonas de mayor abundancia conocida de organismos, las planicies arrecifales en los bajos y cayos (Ballesteros, 2007; Castro y Ballesteros, 2009; Bent-Hooker, et al., 2012). Este resultado es contradictorio a lo reportado en estudios previos (Walker, 2005; Furlong-Estrada et al., 2014) donde la alta selectividad y posibilidad de encuentro se asocian a pesquerías adaptativas que operan en diferentes sitios y profundidades.

Otro factor que influyó significativamente en los altos valores de SC obtenidos fue la disponibilidad. Aunque el área marina del ASPSC es muy grande, sus condiciones oceánicas y de

aguas muy profundas, hacen que la mayoría de las especies se congreguen en las zonas de bajos y cayos, permitiendo que la mayoría de los grupos poblacionales estuvieran disponibles, tanto para las pesquerías artesanales como para las pesquerías industriales dirigidas a tiburones. Al respecto, la importancia de la disponibilidad se ha referenciado en estudios donde, a pesar de identificar altos valores de selectividad, posibilidad de encuentro y mortalidad poscaptura, el valor de SC para las especies terminó siendo medio o bajo (Furlong-Estrada et al., 2014). Así, claramente existe una fuerte relación entre la disponibilidad de las especies y las pesquerías que actúan sobre las mismas, siendo mayores los valores de este atributo entre mayor autonomía presenten las flotas pesqueras.

Un escenario muy distinto en cuanto a la SC se presentó a partir de la prohibición de la pesca dirigida hacia tiburones en el ASPSC (2012), donde se notó que prácticamente todos los atributos de SC de las especies se redujeron significativamente, llevando que el valor de la pesquería se volviera prácticamente nulo para estas especies en el ASPSC (Navia et al., 2016b). La mortalidad poscaptura, la disponibilidad, la posibilidad de encuentro y la selectividad pasaron de alta a baja en la mayoría de las especies. Todos estos cambios resultaron en valores de SC menores en 13 de las 15 especies analizadas, con excepción de *Rhincodon typus* y *Aetobatus narinari* que conservaron el mismo valor en los dos escenarios. Posterior al fallo del Consejo de Estado, se eliminó el uso del palangre horizontal de superficie con guaya de acero, el cual fue el arte tiburonero por excelencia, así como el uso de embarcaciones industriales para el desarrollo de esta pesca, limitando en la actualidad las capturas de tiburones a unos pocos ejemplares incidentales en palangres verticales (reel), de los cuales, dependiendo del tamaño del animal, puede escapar con frecuencia.

A partir de la implementación de dicho procedimiento administrativo fue evidente la reducción en el riesgo ecológico (RE) de las especies, pasando de tener nueve especies en RE alto a ninguna, y en donde en el segundo escenario domina el RE medio, derivado claro está de los atributos de PB baja de la mayoría de las especies. Por su parte, la vulnerabilidad ( $v$ ) presentó el mismo comportamiento,

pasando de tener valores casi máximos en el escenario con pesca dirigida (5.99 de 6.00 en *C. perezii*) a 1.94 en la misma especie en el segundo escenario. Así, a la fecha, el APS no había podido ser utilizado para evaluar, aunque de manera semicuantitativa y preliminar, la eficiencia de una medida de manejo en la protección grupos poblacionales de elasmobranquios explotados comercialmente.

Esta norma parece ser, a la fecha, una forma efectiva de protección para las poblaciones de tiburones del ASPSC, en especial para especies como *C. perezii* y *G. cuvier*, las cuales han incrementado significativamente sus abundancias y frecuencias de avistamiento en la Isla de Providencia, la más norte de las Islas del ASPSC (Navia y Mejía-Falla, 2015b). Sin embargo, y debido a la extensión del territorio marítimo a cubrir y la ausencia de un programa de vigilancia y control, es imposible asegurar que no exista pesca ilegal y no declarada de estas especies en la zona de estudio. Por otra parte, la reducción en el RE y la  $v$  de tiburones podría cambiar fácilmente si se autoriza la introducción de pesquerías que a la fecha no son permitidas en ASPSC. Al respecto, un estudio de prospección pesquera realizado con palangre horizontal (profundidad 50 m) en sitios oceánicos no explotados actualmente (Rodríguez et al., 2015), registró un porcentaje de captura de 34.5% de la familia Carcharhinidae, con dominancia de *C. falciformis* y algunos ejemplares de *C. longimanus*, *Prionace glauca* y *G. cuvier*.

Si bien las políticas de conservación basadas en límites (p.e. prohibición total de la pesca y santuarios de tiburones) versus las basadas en pesca objetivo (p.e cuotas de captura), no son las preferidas por los investigadores de condriictios a nivel mundial (Shiffman & Hammerschlag, 2016), en el caso del ASPSC al parecer ha resultado una herramienta útil para la conservación de un recurso que fue explotado intensamente, pero donde dicha explotación no fue realizada por pescadores locales, sino por flotas extranjeras que no dejaron ningún dividendo económico, social o alimentario a la zona. A lo anterior se sumó el hecho que los habitantes ancestrales del ASPSC no consideran a los tiburones y las rayas como especies de interés gastronómico ni económico (Navia et al., 2016b), convirtiéndolos en

recursos prácticamente marginales dentro de la actividad pesquera del ASPSC. Por ello, y como una herramienta de manejo muy importante que puede llegar a producir grandes beneficios en la conservación de las especies se debe tener en cuenta el co-manejo de los recursos pesqueros con los usuarios, quienes en este caso fueron participes y promotores de la acción popular que derivó en la orden judicial que prohíbe la pesca dirigida de tiburones y rayas (una medida basada en límites), y que claramente la mayoría de los pescadores de la región están dispuestos a cumplir, haciendo de la misma una acción concreta y al parecer, efectiva en la reducción del riesgo ecológico de las especies.

## REFERENCIAS

- Ballesteros, C. 2007. Evaluación de la pesquería industrial de tiburones en la Reserva de la Biosfera Sea Flower, Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe Colombiano: Primera Aproximación. Tesis de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. 80p.
- Barriga, E., J. Hernández, J. Jaramillo, L. Mora, P. Pinto y P. Ruíz. 1969. La isla de San Andrés. Contribución al conocimiento de su ecología, flora, fauna y pesca. Inst. Cienc. Nat., Univ. Nac. Col., Bogotá, 152 p.
- Bent-Hooker, H., A. Abril-Howard, N. Bolaños, & E. Taylor. 2012. Abundancia de peces en los complejos arrecifales de Serranilla, Bajo Alicia y Bajo Nuevo, Reserva de Biósfera Seaflower de Colombia. *Revista Mar. Cost.* 4: 33-49.
- Ben Tuvia, A. y C. Ríos. 1970. Informe de un crucero del B/I Chocó a la isla de Providencia y los bancos adyacentes de Quitasueño y Serrana en los Territorios insulares de Colombia. *Proy. Des. Pes. Mar. Col.*, Pnud-Fao-Inderena, Comunicaciones 1(2):35-45.
- Bolaños-Cubillos, N., A. Abril-Howard, H. Bent-Hooker, J.P. Caldas y A. Acero-P. 2015. Lista de peces conocidos del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, reserva de

biosfera Seaflower, Caribe occidental colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 44(1): 127-162.

Bornatowski, H., A.F. Navia, R.R. Braga, V. Abilhoa, & M.F. Maia-Corrêa. 2014. Ecological importance of sharks and rays in a structural food web analysis in southern Brazil. ICES Journal of Marine Science. 71(7): 1586-1592.

Braccini, J. M., Gillanders, B. M. y T. I. Walker. 2006. Hierarchical approach to the assessment of fishing effects on non-target chondrichthyans: case study of *Squalus megalops* in southeastern Australia. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 63: 2456–2466.

Caldas, J. 2002. Ictiofauna acompañante de la pesca industrial con palangre horizontal de fondo en los bancos y bajos de la zona norte del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 122 p.

Caldas, J., A. Santos y A. Acero. 2003a. Tres especies de peces cartilaginosos registrados por primera vez para el mar Caribe colombiano. 13-14. En: ACICTIOS (Eds). Mem. VII Sim. Col. Ictio. Acictios, Montería.

Caldas, J., A. Santos y A. Acero. 2003b. Deep sea chondrichthyans captured on industrial fishery in the San Andrés Archipelago, Western Caribbean Sea. 56-59. En: IUCN/SSC Shark Specialist Group (Eds). Abstracts of Conservation and management of deep sea chondrichthyan fishes, New Zealand.

Caldas, J., A. Santos y A. Acero. 2004. Tiburones viuda (*Mustelus*, Triakidae) del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano. 228-238. En: Univ. Nal. Col. (Ed). Investigación y desarrollo de territorios promisorios. Contrib. Cienc. Mar Col. Bogotá.

Castro, E. y C. Ballesteros. 2009. Estado del conocimiento de tiburones y rayas en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. En: Avances en el conocimiento de tiburones, rayas y quimeras de Colombia (Puentes, V., A.F. Navia, P.A. Mejía-Falla, J.P. Caldas, M.C.

- Diazgranados y L.A. Zapata. eds). Fundación SQUALUS, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto Colombiano Agropecuario, COLCIENCIAS, Conservación Internacional, WWF. 245 pp.
- CONAPESCA-INP. 2004. Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y especies afines en México (PANMCT). México, SAGARPA.
- Cortés, E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES J. Mar. Sci.* 56(5): 707-717.
- Cortés, E., Arocha, F., Beerkircher, L., Carvalho, F., Domingo, A., Heupel, M., Holtzhausen, H., Santos, M. N., Ribera, M. y C. Simpfendorfer. 2010. Ecological risk assessment of pelagic sharks caught in Atlantic pelagic longline fisheries. *Aquatic Living Resources* 23: 25–34.
- Dulvy, N.K., Sadovy, Y. & J.D. Reynolds. 2003. Extinction vulnerability in marine populations. *Fish Fish.* 4, 25–64 pp.
- Dulvy, N.K. & J.D. Reynolds. 2002. Predicting extinction vulnerability in skates. *Conserv. Biol.* 16, 440–450 pp.
- Dulvy, N.K., Fowler, S.L., Muscik, J.A., Cavanagh, R.D., Kyne, P.M. et al (2014). Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *eLife*, 3: e00590.
- Furlong-Estrada, E., J. Tovar-Ávila, y E. Ríos-Jara. 2014. Evaluación de riesgo ecológico de la pesca artesanal para los tiburones capturados en la entrada del Golfo de California. *Hidrobiológica*, 24(2): 83-97.
- Garzón, J. y A. Acero. 1983. Notas sobre la pesca y los peces comerciales de la isla de Providencia (Colombia) incluyendo nuevos registros para el Caribe occidental. *Carib. J. Sci.*, 19(3-4):9-19.
- Gómez, D. y P. Victoria. 1980. Inventario preliminar de los peces de la Isla de San Andrés y noreste de la Isla de Providencia (Caribe colombiano). Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 143 p.

- Hobday, A.J., Smith, A.D.M., Stobutzki, I.C., et al. 2011. Ecological risk assessment for the effects of fishing. *Fisheries Research* 108: 372–384.
- Hoenig, J.M. 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fish. Bull.*, 82: 898-902.
- Jensen, A.L. 1996. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53: 820-822.
- Lorenzen, S., C. Gallardo, C. Jara, E. Clasing, G. Pequeño y C. Moreno. 1979. Mariscos y peces de importancia comercial en el sur de Chile. Universidad Austral de Chile: 131 p.
- Mantilla, L. 1998. Lista de especies elasmobranquios de Colombia. *Rev. Fen. Anat.* Vol I. 19/08/2006  
<http://www.bioaquaticresearch.com/Sharks/I-2-01-Tib.html>.
- Mejía, L., J. Garzón y A. Acero. 1998. Peces registrados en los complejos arrecifales de los cayos Courtown, Albuquerque y los bancos Serrana y Roncador, Caribe occidental, Colombia. *Bol. Ecotrópica*, 32:25-42.
- Mejía-Falla, P.A., A.F. Navia, L.M. Mejía, A. Acero & E.A. Rubio. 2007. Tiburones y rayas de Colombia (Pisces: elasmobranchii): lista actualizada, revisada y comentada. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 36: 111-149.
- Mejía-Falla, P.A., A.F. Navia y V. Puentes. 2011. Guía para la identificación de especies de tiburones, rayas y quimeras de Colombia. Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina – CORALINA; Gobernación de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Fundación SQUALUS. 338 pp.
- Mejía-Falla, P.A., A.F. Navia & E. Cortés. 2012. Reproductive variables of *Urotrygon rogersi* (Batoidea: Urotrygonidae): a species with a triannual reproductive cycle in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*. 80: 1246- 1266.

- Mejía-Falla, P.A., A.F. Navia y E. Castro. 2016. Guía de buenas prácticas ambientales para el uso turístico de las rayas. Fundación SQUALUS y CORALINA. 32 pp.
- Mercado J. 1990. Lista de peces cartilaginosos en el litoral Atlántico y Pacífico colombiano. Inderena. Rec. Hidro., 3:64-76.
- Musick, J.A. 1999. Ecology and cobservation of long-lived marine animals. Pp-1-10. En: Musick, J.A. (ed.) Life in the slow lane: ecology and conservation of long-lived marine animals. American Fisheries Society Symposium 23, Bethesda, MD.
- Musick, J. A. 2005. Management of sharks and their relatives (elasmobranchii) Fisheries Society 1: 1–6.
- Navia, A., y P. Mejía-Falla. 2004. Guía para la identificación de tiburones y rayas del Programa Nacional de Avistamiento de Tiburones y Rayas. Fund. Squalus. Cali, 38 p.
- Navia, A.F. y P.A. Mejía-Falla. 2015. Tiburones y rayas del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, pp. 44-55. En: Rojas, A., M. Prada y M. Jay (eds). Atlas biológico pesquero de la reserva de Biósfera Seaflower. Gobernación del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. San Andrés Islas, Colombia.
- Navia, A., P. Mejía-Falla, J. Caicedo y M. Carvalho de. 2006. First record of *Torpedo andersoni* Bullis, 1962 (Elasmobranchii: Torpediniformes) in the Western Caribbean region of Colombia. Carib. J. Sc., 43(2):261-263.
- Navia, A.F., E. Cortés & P.A. Mejía-Falla. 2010. Topological analysis of the ecological importance of elasmobranch fishes: A food web study on the Gulf of Tortugas, Colombia. Ecological Modelling 221: 2918-2926.
- Navia, A.F., P.A. Mejía-Falla, A. Rojas y T. Forbes. 2015a. Ajustes al Plan de Acción Nacional para la Conservación y Manejo de Tiburones y Rayas de Colombia, componente Caribe Insular. Informe Técnico Fundación SQUALUS. 12 p.

- Navia, A.F., P.A. Mejía-Falla, y T. Forbes. 2015b. Evaluación de aspectos poblacionales de *Dasyatis americana* en San Andrés: insumos para manejo y conservación. Informe Técnico Fundación SQUALUS, 16 pp.
- Navia, A.F., P.A. Mejía-Falla, J. López-García, A. Giraldo & V.H. Cruz. 2016a. How many roles can play elasmobranchs in a tropical network? *Marine and Freshwater Research*. 36(4): 1-12.
- Navia, A.F., P.A. Mejía-Falla, & J. López-García. 2016b. Diagnostico pesquero de tiburones y rayas en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Informe Técnico Fundación SQUALUS. 51 p.
- Peterson, I. y J.S. Wroblewski. 1984. Mortality rate of fish in the pelagic ecosystem. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 1117-1120.
- Ramírez-Luna, A.V., P.A. Mejía-Falla, y A.F. Navia. 2015. Diagnóstico y propuesta de manejo para la manipulación y alimentación de rayas en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, pp. 8-44 En: Informe Técnico Fundación SQUALUS. 88 pp.
- Robertson, D.R., E. A. Peña, J. M. Posada & R. Claro. 2015. Peces Costeros del Gran Caribe: sistema de Información en línea. Version 1.0 Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá.
- Rodríguez, A, M. Rueda, D. Bustos-Montes, A. Galeano, B. Mejía-Mercado, J. Viaña, G. Ramírez, J. Correa, E. Isaza, A. Girón, E. Escarria, S. Salas, L. Prieto, G. Angulo, H. Castillo y J. Sierra. 2015. Programa de investigación pesquera en aguas marinas jurisdiccionales de Colombia. Convenio AUNAP-INVEMAR No. 0140-2014. Informe técnico y financiero final. PRY-VAR-002-14-ITF. Santa Marta. 287 p + anexos.
- Rojas, A., Prada, M., Jay, M. (Eds). 2015. Atlas Biológico Pesquero de la Reserva de Biosfera Seflower. Gobernación del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. San Andres Islas, Colombia. 160 pp.

- Simpfendorfer, C.A. 1999. Mortality estimates, and demographic analysis, for the Australian sharpnose shark (*Rhizoprionodon taylori*) from northern Australia. *Fishery Bulletin* 97: 978-986.
- Stevens, J.D. 1999. Variable resilience to fishing pressure in two sharks: the significance of different ecological and life history parameters. Pp: 11-15. In: Musick, J.A (Ed). *Life in the slow lane: ecology and conservation of long-lived marine animals*. American Fisheries Society Symposium 23, Bethesda, MD.
- Stevens, J.D., R. Bonfil, N.K. Dulvy & P.A. Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, chimaeras (Chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES J. Mar. Sci.* 57: 476-494 pp.
- Stobutzki, I. C., Miller, M.J. y D. T, Brewer. 2001. Sustainability of fishery by catch: a process for dealing with highly diverse and numerous by catch. *Environmental Conservation* 28: 167-18
- Stobutzki, I. C., Miller, M. J., Heales, D. S. y D. T. Brewer. 2002. Sustainability of elasmobranchs caught as by catch in a tropical prawn (shrimp) trawl fishery. *Fishery Bulletin* 91: 138-150.
- Tovar-Ávila J., Day, R. W. y T. I. Walker. 2010. Using rapid assessment and demographic methods to evaluate the effects of fishing on *Heterodontus portusjacksoni* off far-eastern Victoria, Australia. *Journal of Fish Biology*, The Fisheries Society of the British 15.
- Walker, T. I. 1998. Can shark resources be harvested sustainably? A question revisited with a review of shark fisheries. *Marine and Freshwater Research* 49: 553-572.
- Walker, T. I. 2005. Management measurements. Pp: 216-242. In: Musick, J.A. & R. Bonfil (Eds). *Management Techniques for elasmobranchs fisheries*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma