

**ASPECTOS BIOLÓGICOS Y PESQUEROS DE ELASMOBRANQUIOS
CAPTURADOS EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL GORGONA Y SU ÁREA
DE INFLUENCIA ENTRE 2004 Y 2005**

JIMENA BOHÓRQUEZ-HERRERA

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA
BOGOTÁ
2006**

**ASPECTOS BIOLÓGICOS Y PESQUEROS DE ELASMOBRANQUIOS
CAPTURADOS EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL GORGONA Y SU ÁREA
DE INFLUENCIA ENTRE 2004 Y 2005**

JIMENA BOHÓRQUEZ–HERRERA

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Biólogo
Marino**

Director

ANDRÉS FELIPE NAVIA LÓPEZ

Biólogo, B. Sc.

Co-Directora

MARCELA GRIJALBA BENDECK

Bióloga Marina, C. M. Sc.

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE BIOLOGÍA MARINA

BOGOTÁ

2006

Asesores:

PAUL GÓMEZ CANCHONG; Biólogo Marino, B. Sc.

PAOLA ANDREA MEJÍA FALLA; Bióloga, B. Sc.

PAOLA ANDREA ROJAS MALAGÓN; Bióloga, B. Sc.

Este trabajo se realizó con el apoyo de:

**FUNDACIÓN COLOMBIANA PARA LA
INVESTIGACIÓN Y CONSERVACIÓN DE
TIBURONES Y RAYAS
SQUALUS**



**Universidad de Bogotá
JORGE TADEO LOZANO
Facultad de Biología Marina**



**Unidad Administrativa Especial del Sistema
de Parques Nacionales Naturales
Dirección Territorial Suroccidente
PARQUE NACIONAL NATURAL
GORGONA
República de Colombia**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
Facultad de Ciencias
Departamento de Biología
Sección de Biología Marina**



Grupo de Investigación de Peces Cartilaginosos

**Universidad de Bogotá
JORGE TADEO LOZANO
Facultad de Biología Marina
Sede Santa Marta**



**Grupo de Investigación de Peces Cartilaginosos
Universidad Jorge Tadeo Lozano - Sede Santa Marta**

NOTA DE APROBACIÓN

El trabajo de grado titulado “**Aspectos biológicos y pesqueros de elasmobranquios capturados en el Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia entre 2004 y 2005**” presentado por la estudiante JIMENA BOHÓRQUEZ HERRERA como requisito parcial para optar al título de Biólogo Marino, fue revisado por el jurado y calificado como: **Aprobado.**

ARTURO ACERO PIZARRO

Jurado

ANDRÉS FELIPE NAVIA LÓPEZ

Biólogo, B. Sc.

Director

CARLOS GUILLERMO BARRETO

Jurado

MARCELA GRIJALBA BENDECK

Bióloga Marina, B. Sc.

Co-Directora

CIUDAD Santafé de Bogotá D.C. **FECHA** 09 / 10 / 2006

*A esa fuerza que en el universo
te impulsa a seguir por difícil que sea,
a luchar por tus sueños y a soñar...
A soñar sin importar lo que digan o lo que pase.*

*A esa fuerza que te impulsa a trabajar
por cumplir tus sueños...*

¡¡¡PARA QUE NUNCA SE ACABE!!!

Jimena BoHe

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su eterno apoyo para seguir mis sueños, porque sus enseñanzas son la mejor guía para escoger el camino en la vida; a mis hermanas Caro y Nati por ser mis amigas, mis cómplices y mi fuerza constante para seguir adelante.

A la Fundación SQUALUS y todos sus miembros, por esta gran oportunidad, por creer en mí y permitirme entrar en el Pacífico colombiano, por su excelente asesoría y su maravillosa amistad.

Al Parque Nacional Natural Gorgona; la Dra. Claudia Acevedo y Paola Rojas, por su colaboración para la elaboración de este trabajo y por la confianza que depositaron en mí para analizar estos datos de gran importancia.

Al señor Adolfo Aguiño y su familia, al pescador Carlos Anchico y el grupo de pescadores y trabajadores del cuarto frío de Guapi por su excelente participación en el proyecto y por su magnífica colaboración en la toma de datos. Al grupo de pescadores de Bazán involucrados en el proyecto, a los investigadores que participaron en la toma de datos y a los Guardaparques Voluntarios por su valioso trabajo durante los años de muestreo.

A Jairo Cuero, Blanca Castillo (en Guapi), Jorge, Merizalde, Chasqui, Héctor (en Gorgona) y todos los que me ayudaron de una u otra manera en campo.

A Andrés Navia, Paúl Gómez, Paola A. Mejía y Paola Rojas, por sus sabios consejos y sus oportunas correcciones.

A Marcela Grijalba por sus correcciones, por creer en mí y apoyarme siempre en mis proyectos, por sus consejos y ante todo por su amistad.

Al Grupo de Investigación de Peces Cartilagosos (GIPECA), por ayudarme en el análisis del documento y ante todo por ser ese sueño e ilusión que ya estamos realizando. A la Facultad de Biología Marina de la Universidad Jorge Tadeo Lozano por su apoyo y grandes enseñanzas durante mi carrera.

Al Departamento de Biología de la Universidad del Valle, sección de Biología Marina y al Dr. Efraín Rubio, por su amabilidad y colaboración en el préstamo del laboratorio para el análisis de las muestras.

A Carlos Julio Polo y Andrés Ospina por su apoyo tanto profesional como personal y por su extraordinaria amistad.

A Kelly Acevedo y Fabián Moreno por que más que excelentes colegas y compañeros de trabajo, son increíbles amigos. A Mayra Muñoz, Mario Pardo, Olga Torres, Rafa Rincón y Diana Vásquez por su compañía y amistad que durante estos cinco años han sido parte fundamental en mi desarrollo profesional.

A Ronald David, por todo su apoyo y fortaleza en este proceso, por ser cómplice, amante y amigo en la consecución de mis sueños y por haberme permitido entrar a su mundo, conocerlo y vivirlo junto a él.

A todos aquellos que de una u otra forma han apoyado mi formación, por estar ahí en el momento adecuado.

Y por encima de todo, a Dios por bendecirme en cada instante de mi vida, por ser mi apoyo, mi tranquilidad y mi fortaleza. Por ponerme en el momento y lugar indicado, con las personas correctas. POR BENDECIRME CON CADA SITUACIÓN Y PERSONA EN MI VIDA. *Por todos sus ángeles.*

Gracias.



CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	3
1.2. ÁREA DE ESTUDIO	5
2. METODOLOGÍA	9
2.1. FASE DE CAMPO	9
2.1.1. Pesca con espinel	9
2.1.2. Pesca con calabrote	10
2.2. FASE DE LABORATORIO	11
2.3. FASE DE GABINETE	12
2.3.1. Aspectos estructurales	12
2.3.2. Composición por tallas y tipo de crecimiento	13
2.3.3. Condición reproductiva	15
2.3.4. Espectro trófico	17
2.3.4.1. Índices tróficos	17
2.3.4.2. Índices ecológicos	19
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
3.1. UBICACIÓN TAXONÓMICA DE LAS ESPECIES CAPTURADAS	21
3.2. DESCRIPCIÓN DE CADA ESPECIE	22
3.2.1. <i>Squatina californica</i> Ayres, 1859	22
3.2.2. <i>Squatina</i> sp.	23
3.2.3. <i>Heterodontus mexicanus</i> Taylor y Castro-Aguirre, 1972	24
3.2.4. <i>Mustelus</i> spp.	25
3.2.5. <i>Carcharhinus leucas</i> (Müller y Henle, 1839)	26
3.2.6. <i>Carcharhinus limbatus</i> (Müller y Henle, 1839)	27
3.2.7. <i>Carcharhinus porosus</i> (Ranzani, 1839)	28
3.2.8. <i>Rhizoprionodon longurio</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	28
3.2.9. <i>Sphyrna lewini</i> (Griffith y Smith, 1834)	29



3.2.10. <i>Raja velezi</i> Chirichigno, 1973	30
3.2.11. <i>Zapteryx xyster</i> Jordan y Evermann, 1896	31
3.2.12. <i>Dasyatis longa</i> (Garman, 1880)	32
3.2.13. <i>Aetobatus narinari</i> (Euphrasen, 1790)	33
3.2.14. <i>Rhinoptera steindachneri</i> Evermann y Jenkins, 1892	34
3.3. ASPECTOS ESTRUCTURALES	34
3.3.1. <i>Abundancia</i>	34
3.3.1.1. Abundancia absoluta y relativa de las especies	34
3.3.1.2. Abundancia de las especies con relación al área de estudio	38
3.3.1.3. Abundancia de las especies en relación al tiempo	38
3.3.2. <i>Composición</i>	39
3.3.3. <i>Discusión</i>	40
3.4. COMPOSICIÓN POR TALLAS Y TIPO DE CRECIMIENTO	48
3.4.1. <i>Composición por tallas</i>	48
3.4.2. <i>Tipo de crecimiento</i>	50
3.4.3. <i>Discusión</i>	51
3.5. CONDICIÓN REPRODUCTIVA	54
3.5.1. <i>Proporción de sexos</i>	54
3.5.2. <i>Estadíos de madurez sexual</i>	54
3.5.3. <i>Índices para evaluar la condición reproductiva de las especies</i>	57
3.5.4. <i>Talla media de madurez sexual</i>	59
3.5.5. <i>Generalidades del desarrollo embrionario y de los ovocitos</i>	60
3.5.6. <i>Discusión</i>	63
3.6. ESPECTRO TRÓFICO	69
3.6.1. <i>Índices tróficos</i>	70
3.6.1.1. Espectro trófico de <i>Mustelus</i> spp.	71
3.6.1.2. Espectro trófico de <i>Dasyatis longa</i>	74
3.6.2. <i>Índices ecológicos</i>	77
3.6.3. <i>Discusión</i>	77
4. CONCLUSIONES	82



**Aspectos biológicos y pesqueros de elasmobranquios capturados en el
PNN Gorgona y su área de influencia entre 2004 y 2005.**



BIBLIOGRAFÍA	86
ANEXOS	106



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la condición reproductiva de los individuos.	11
Tabla 2. Características de los ovocitos de acuerdo a su viabilidad.	12
Tabla 3. Abundancia absoluta (número de individuos) y relativa (porcentaje) de las especies de acuerdo al arte de pesca empleado.	35
Tabla 4. Promedios de la CPUE en número de individuos (#ind/[t x #anz]) y la CPUE en biomasa (kg/[t x #anz]), de las especies de acuerdo al arte de pesca empleado en los años de muestreo con sus respectivas medidas de variación (EE: error estándar).	37
Tabla 5. Promedios, longitudes mínimas y máximas de las especies de elasmobranquios capturadas durante los años de muestreo.	49
Tabla 6. Valores de a y b para <i>Mustelus</i> spp. y <i>Dasyatis longa</i> que determinan el tipo de crecimiento de las especies.	51
Tabla 7. Valores de b para las especies de los géneros <i>Mustelus</i> y <i>Dasyatis</i> determinadas en estudios anteriores.	53
Tabla 8. Valores resultantes de la prueba de <i>ji-cuadrado</i> (χ^2) para <i>Mustelus</i> spp. y <i>Dasyatis longa</i> .	53
Tabla 9. Valores mínimos, máximos y promedios del número de embriones por hembra, encontrados en cada especie.	61
Tabla 10. Tallas máximas, mínimas y promedios (cm) de los embriones encontrados en cada especie.	61
Tabla 11. Coeficiente de vacuidad presentado para <i>Mustelus</i> spp. y <i>Dasyatis longa</i> de acuerdo a su sexo.	70
Tabla 12. Valores relativos (%) de los índices tróficos para <i>Mustelus</i> spp. por los métodos numérico (N), gravimétrico (W), de frecuencia de ocurrencia (FO) y el índice de importancia relativa (IIR).	73
Tabla 13. Valores relativos (%) de los índices tróficos para <i>Dasyatis longa</i> por los métodos numérico (N), gravimétrico (W), de frecuencia de ocurrencia (FO) y el índice de importancia relativa (IIR).	76



Tabla 14. Valores de diversidad y uniformidad en el análisis trófico con sus medidas de variación (error estándar).	77
Tabla 15. Valores del índice de amplitud de nicho de Levin's con su respectiva estandarización.	77



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia, detallando las áreas de muestreo.	6
Figura 2. Esquema general de un espinel de fondo.	9
Figura 3. Esquema general de un tiburón (izquierda) y una raya en vista ventral (derecha) mostrando las medidas pertinentes al presente estudio.	10
Figura 4. Tiburón ángel del Pacífico. Izquierda: esquema general; derecha: fotografía de ejemplar en colección PNN Gorgona.	22
Figura 5. <i>Squatina</i> sp. Izquierda: ejemplar en colección del PNN Gorgona; centro: detalle aleta pectoral derecha; derecha: detalle del ocelo sobre la pectoral.	23
Figura 6. Tiburón cornudo mexicano. Izquierda: esquema general; derecha: fotografía de ejemplar capturado en el área de estudio.	24
Figura 7. Toyo vieja. Izquierda: esquema general, derecha: fotografía de ejemplares capturados en el área de estudio.	25
Figura 8. Tiburón sarda. Izquierda: esquema general; derecha: fotografía de ejemplar capturado en el área de estudio.	26
Figura 9. Esquema general del tiburón aletinegro.	27
Figura 10. Esquema general del tiburón poroso.	28
Figura 11. Tiburón cazón picudo del Pacífico. Izquierda: esquema general; derecha: fotografía de ejemplar capturado en el área de estudio.	29
Figura 12. Esquema general de la cornuda común.	30
Figura 13. Raya de Velez. Izquierda: esquema general de un macho; derecha: fotografía de ejemplar en colección del PNN Gorgona.	31
Figura 14. Guitarra bruja. Izquierda: esquema general de una hembra en vista dorsal y ventral; derecha: fotografía del ejemplar capturado en el área de estudio.	32
Figura 15. Raya látigo coluda. Izquierda: esquema general; derecha: fotografía.	33
Figura 16. Chucho pintado. Izquierda: A: esquema general, B: vista lateral de la cabeza, C: vista ventral de la cabeza; derecha: fotografía.	33



- Figura 17.** Chucho dorado. Izquierda: A: esquema general en vista dorsal, B: vista ventral de la cabeza, C: vista lateral de la cabeza, D: dientes; derecha: fotografía de un ejemplar capturado en el área de estudio. 34
- Figura 18.** Promedios de las CPUE expresadas en número de individuos (CPUE (#ind)) y biomasa (CPUE (kg)), de las especies capturadas en el 2004 con sus respectivas medidas de variación (error estándar). 36
- Figura 19.** Promedios de las CPUE expresadas en número de individuos (CPUE (#ind)) y biomasa (CPUE (kg)), de las especies capturadas en el 2005 con sus respectivas medidas de variación (error estándar). 36
- Figura 20.** Abundancia relativa de los elasmobranquios de acuerdo a las distintas ubicaciones de los muestreos. 38
- Figura 21.** Abundancia absoluta mensual de los elasmobranquios capturados con los distintos artes en los dos años de muestreo. 39
- Figura 22.** Índices bioecológicos (Riqueza de Margalef, Uniformidad de Pielou, Diversidad de Shannon – Wiener y Dominancia de Simpson) que expresan la composición mensual de los elasmobranquios, durante los años de muestreo. 40
- Figura 23.** Distribución de frecuencia de tallas de *Mustelus* spp. en los años de muestreo. 50
- Figura 24.** Distribución de frecuencia de tallas de *Dasyatis longa* en los años de muestreo. 50
- Figura 25.** Distribución de frecuencia de tallas de *Dasyatis longa* en los años de muestreo diferenciadas por los artes de captura. 50
- Figura 26.** Curvas de crecimiento exponencial y lineal con sus respectivas ecuaciones para *Mustelus* spp. (A, B) y *Dasyatis longa* (C, D, E, F). 51
- Figura 27.** Proporción de sexos de las especies de elasmobranquios capturadas durante los años de muestreo. 54
- Figura 28.** Estadíos de madurez sexual registrados en las hembras de las especies de elasmobranquios capturados durante los años de muestreo. 55
- Figura 29.** Estadíos de madurez sexual registrados en los machos de las especies de elasmobranquios capturados durante los años de muestreo. 55



- Figura 30.** Abundancia mensual de los estadios de madurez para las hembras (A) y los machos (B) de *Mustelus* spp. capturados en los dos años de muestreo. 56
- Figura 31.** Abundancia mensual de los estadios de madurez para las hembras (C) y los machos (D) de *Dasyatis longa* capturados en los dos años de muestreo. 56
- Figura 32.** Abundancia relativa (%) del total de elasmobranquios capturados con los distintos artes de pesca empleados, en relación a los estadios de madurez sexual (A: hembras, B: machos). 56
- Figura 33.** Relación mensual entre el índice gonadosomático (IGS) con su respectiva medida de variación (error estándar) y la abundancia absoluta (# ind.) de las hembras maduras de *Mustelus* spp. durante los dos años de muestreo. 57
- Figura 34.** Índices reproductivos mensuales de las hembras de *Mustelus* spp. durante los dos años de muestreo, con sus respectivas medidas de variación (error estándar). 57
- Figura 35.** Relación mensual entre el índice gonadosomático (IGS) con su respectiva medida de variación (error estándar) y la abundancia absoluta (# ind.) de las hembras maduras de *Dasyatis longa* durante los dos años de muestreo. 58
- Figura 36.** Índices reproductivos mensuales de las hembras de *Dasyatis longa* durante los dos años de muestreo, con sus respectivas medidas de variación (error estándar). 58
- Figura 37.** Índices reproductivos mensuales de los machos de *Mustelus* spp. durante los dos años de muestreo, con sus respectivas medidas de variación (error estándar). 58
- Figura 38.** Índices reproductivos mensuales de los machos de *Dasyatis longa* durante los dos años de muestreo, con sus respectivas medidas de variación (error estándar). 59
- Figura 39.** Relación de la frecuencia relativa acumulada de las hembras maduras de *Mustelus* spp. por frecuencia de tallas (Longitud Total). 59
- Figura 40.** Relación de la frecuencia relativa acumulada de las hembras maduras de *Dasyatis longa* por frecuencia de tallas (Ancho de Disco). 59
- Figura 41.** Relación de la frecuencia relativa acumulada de las hembras maduras de *Dasyatis longa* por frecuencia de tallas (Longitud Total). 60



- Figura 42.** Proporción de sexos de los embriones obtenidos en las hembras grávidas capturadas. 60
- Figura 43.** Diámetro promedio, valores máximos y mínimos de los huevos viables obtenidos en 10 hembras de *Dasyatis longa* según el estado de madurez sexual (III ó IV) y el tamaño. 62
- Figura 44.** Diámetro promedio, valores máximos y mínimos de los huevos viables obtenidos en una hembra de *Heterodontus mexicanus* según el estado de madurez sexual (III) y el tamaño. 62
- Figura 45.** Tallas promedio mensuales de los embriones en cada especie, con sus respectivas medidas de variación. 63
- Figura 46.** Relación mensual entre los estómagos llenos y vacíos de *Mustelus* spp. 70
- Figura 47.** Relación mensual entre los estómagos llenos y vacíos de *Dasyatis longa*. 70
- Figura 48.** Porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Mustelus* spp. de acuerdo a los grandes grupos (izquierda) y a las principales categorías de presas de los crustáceos (derecha). 74
- Figura 49.** Porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Dasyatis longa* de acuerdo a los grandes grupos (izquierda) y a las principales categorías de presas de los crustáceos (derecha). 76



LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Distribución vertical de la temperatura del agua en cuatro estaciones ubicadas en el costado oriental de la isla Gorgona. Izquierda: perfil vertical de temperatura; Derecha: ubicación de las estaciones de muestreo.	106
Anexo B. Representación gráfica de los valores de precipitación registrados en la estación Gorgona por el IDEAM para el año 2004.	106
Anexo C. Isolíneas de salinidad del agua en el área de estudio. Arriba izquierda: superficie (0 m); Arriba derecha: profundidad (25 m); Abajo: perfil vertical de salinidad en las estaciones demarcadas en el anexo B (derecha).	107



RESUMEN

Se analizaron algunos aspectos biológicos y pesqueros de nueve especies de tiburones (*Squatina californica*, *Squatina* sp., *Heterodontus mexicanus*, *Mustelus* spp., *Carcharhinus leucas*, *C. limbatus*, *C. porosus*, *Rhizoprionodon longurio* y *Sphyrna lewini*) y cinco de rayas (*Raja velezi*, *Zapteryx xyster*, *Dasyatis longa*, *Aetobatus narinari* y *Rhinoptera steindachneri*) capturados con espinel y calabrote en el Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia en los años 2004 y 2005; para los cuales no se encontró incidencia de factores ambientales (temperatura, precipitación y salinidad) en la estructura del ensamblaje de los mismos en el área de estudio. Se obtuvo la mayor CPUE en número de individuos para *Mustelus* spp. seguido de *D. longa*, la cual presentó los valores más altos de CPUE en biomasa, siendo estas dos, las únicas especies que por su número de individuos permitieron el análisis de los aspectos biológicos. Se registra un individuo de *D. longa* que supera las tallas de la literatura (3,8 m de LT y 1,8 m de AD); en el ámbito reproductivo se determinó que el área de estudio es frecuentada principalmente por hembras y que existe una mayor abundancia de individuos inmaduros con respecto a los que ya han alcanzado su madurez sexual. Se observa, además una tendencia de los elasmobranquios a reproducirse hacia el segundo semestre del año sugiriendo para *Mustelus* spp. un ciclo reproductivo de al menos 10 meses (junio a marzo). Se concluyó que el espinel es un arte selectivo para *Mustelus* spp. pero no para *D. longa* de la cual se capturan mayor número de individuos juveniles que adultos. El calabrote por su parte, mostró ser un arte mucho más selectivo y por ende más sostenible para las poblaciones de la raya látigo coluda. Los hábitos alimenticios para ambas especies (*Mustelus* spp. y *D. longa*), están dominados por crustáceos de los géneros *Portunus* y *Squilla*; sin embargo, los peces y los moluscos también aportan considerablemente a su dieta. Así mismo, las dos especies son consideradas especialistas como posible mecanismo para reducir la competencia difusa y aumentar la probabilidad de coexistencia en el área con otros predadores; y aunque ambas especies comparten algunas categorías de presas, no presentan sobreposición de dietas significativa.



ABSTRACT

Some biological and fishery aspects were analyzed of nine species of sharks (*Squatina californica*, *Squatina* sp., *Heterodontus mexicanus*, *Mustelus* spp., *Carcharhinus leucas*, *C. limbatus*, *C. porosus*, *Rhizoprionodon longurio* and *Sphyrna lewini*) and five of rays (*Raja velezi*, *Zapteryx xyster*, *Dasyatis longa*, *Aetobatus narinari* and *Rhinoptera steindachneri*) captured by espinel and calabrote in the Gorgona National Natural Park and their influence area in the 2004 and 2005 years, where it wasn't find incidence of environmental factors (temperature, precipitation and salinity) in the structure of the assembly of themselves in the study area. It was obtained the bigger CPUE in number of individuals by *Mustelus* spp. followed by *Dasyatis longa*, which presented the highest values of CPUE in biomass, being this two, the only species that allow the biological analysis because of their number of individuals. It was registered an individual of *D. longa* that beat the literature sizes (3,8 m of TL and 1,8 m of WD); in the reproductive topic, the study area is principally frequent by females and it exists a bigger abundance of immature individuals than the ones who have reached their sexual maturity. Besides that, it were note a tendency of the Elasmobranchii to reproduce in the second semester of the year suggesting for *Mustelus* spp. a reproductive cycle of at least 10 months (June to March). It was concluded that the espinel is a selective fishery art for *Mustelus* spp. but not for *D. longa*, where the majority of the capture individuals are young than the adults. The calabrote, showed to be a fishery art much more selective and therefore, more sustainable for the long tail stingray populations. The food habits for both species (*Mustelus* spp. and *D. longa*), are dominated by crustacean of genera *Portunus* and *Squilla*; however, the fishes and mollusks contribute considerably to their diets also. Moreover, the two species are specialists as a mechanism to reduce the diffuse competence and increase the probability of coexistence in the area with other predators; and although both species share some prey categories, they don't present a significant overlap diet.



1. INTRODUCCIÓN

Los tiburones y las rayas son peces que presentan características de historia de vida como bajo potencial reproductivo, periodos largos de gestación, crecimiento lento y madurez sexual a grandes tallas; así como una relación stock-reclutamiento generalmente densodependiente, lo que hace que las poblaciones sean muy sensibles a la sobreexplotación y que necesiten de muchas décadas para su recuperación (FAO Servicio de Recursos Marinos, 2001). La actividad pesquera dirigida hacia estos individuos ha aumentado desde la segunda guerra mundial debido al incremento de la población humana y al aprovechamiento casi completo de los animales (carne, aletas, cartílago, dientes, mandíbula e hígado); teniendo en cuenta que también son capturados como *bycatch* en muchas pesquerías (Londoño, 1977; Castillo, 1998; Navia, 2002; Acevedo *et al.*, 2005; Lamilla, 2005).

Según datos de la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), se estima que en el mundo se obtienen cada año un millón de toneladas de tiburones y rayas, lo que se traduce en 100 millones de individuos aproximadamente; sin embargo estas estadísticas son muy inciertas ya que muchos lugares del mundo no tienen un registro continuo y certero de los desembarcos ni del consumo o utilización de los subproductos a nivel local (Cortés, *s.f.*). Así, y considerando estos registros como no oficiales, Stevens *et al.* (2000) plantean que la captura global de tiburones y rayas se acerca a 1,5 millones de toneladas. Esta situación ha generado preocupación a nivel mundial para lograr un manejo sostenible de estos animales, pues su desaparición puede traer graves efectos en los ecosistemas marinos, que van desde cambios en la abundancia, la estructura de las poblaciones, los parámetros de la historia de vida y hasta la extinción de las especies; así como efectos indirectos en las relaciones tróficas de la comunidad a través de la remoción selectiva de predadores y de presas, de competidores y la sustitución de especies (Stevens *et al.*, 2000). Por esto se requieren indiscutiblemente estudios a nivel mundial sobre la



biología, comportamiento y ecología de este grupo (FAO Servicio de Recursos Marinos, 2001; Baum *et al.*, 2003).

La producción pesquera en Colombia gira en torno a dos actividades económicas en constante desarrollo que son la pesca y la acuicultura; siendo la pesca una labor realizada de manera artesanal, industrial y acuícola (Acero, *s.f.*). El litoral Pacífico colombiano, presenta cuatro centros de desarrollo y acopio pesqueros principales (Buenaventura, Tumaco, Guapi y Bahía Solano); sin embargo, todas las comunidades o asentamientos ubicados sobre la costa tienen relación directa o indirecta con las labores pesqueras y gracias a esto entre 1990 y 1996, se registró una producción pesquera artesanal e industrial promedio de 86543 toneladas (Zapata *et al.*, 1998; Acero, *s.f.*). Las especies comerciales que se capturan en este litoral se dividen básicamente en peces pelágicos, peces bentónicos y demersales, crustáceos y moluscos, estando los elasmobranquios representados en la segunda categoría (Acero, *s.f.*).

El Parque Nacional Natural Gorgona (PNNG) y su área de influencia también son zonas atractivas para el desarrollo de actividades pesqueras artesanales, industriales y científicas; sin embargo, según el artículo 622 de 1997, por el cual se reglamenta que, en materia de pesca, únicamente se permite aquella con fines científicos, deportivos o de subsistencia. Dichas restricciones generaron un conflicto entre el Parque y las poblaciones que ancestralmente han ocupado el territorio para actividades de pesca, razón por la cual en 1997 se inició un programa de monitoreo cuyo objetivo ha sido evaluar los patrones de variabilidad temporal a largo plazo, en la composición del ensamblaje íctico demersal y dinámica poblacional de las principales especies del Parque y su área de influencia en pesquerías artesanales de la región, permitiendo de esta manera obtener información fundamental para orientar estrategias adecuadas de manejo (Castillo *et al.*, 2004). Este trabajo se titula: “Hacia un manejo sostenible de los recursos ícticos demersales del Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia, con el respaldo de los actores sociales involucrados”, que desde 1997 se viene desarrollando en la isla. El presente trabajo tiene



como fin fortalecer y apoyar dicho proyecto en el análisis biológico de las capturas de elasmobranquios en los años 2004 y 2005.

Este estudio se enmarca dentro de los planes de acción mundiales para la conservación y ordenación de los condricios que lideran actualmente la Comisión de Supervivencia de Especies (Species Survival Commission) de la IUCN con su grupo de especialistas en tiburones (SSG – Shark Specialist Group) y la FAO con su grupo técnico de trabajo en tiburones (TWG – Technical Working Group on Sharks) (Stevens *et al.*, 2000). De igual forma este proyecto está contenido dentro del Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera en las líneas de evaluación de impactos causados por técnicas extractivas de bienes de la biodiversidad marina, la caracterización de ecosistemas y especies, y de acuerdo al mandato de Yakarta, se enfoca hacia el uso sostenible de los recursos vivos marinos y costeros (RVMC) (Díaz y Gómez, 2000). Finalmente se enmarca en la línea de investigación de biología pesquera de la Fundación SQUALUS (Grupo para la Investigación y Conservación de Tiburones y Rayas) y se desarrolló como requisito de grado para optar al título de Biólogo Marino en la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

1.1. ANTECEDENTES

El estudio de los recursos ícticos del Pacífico colombiano y de la isla Gorgona ha sido bien documentado a través del tiempo, comenzando desde la década de los 70 con trabajos como los de Fernández (1975), quién adelantó una investigación biológica y pesquera de algunos tiburones del Pacífico colombiano. Sterling (1975, 1976 a, b) dió los primeros pasos hacia un inventario de peces del litoral Pacífico, no obstante Zapata (2001) argumentó que muchos de estos registros son erróneos y actualmente de poca utilidad. Londoño (1977) evaluó algunos aspectos biológicos de los peces con interés comercial capturados por la flota camaronera, así como Díaz (1979) analizó la dentición y el reemplazo dental de algunos carcharhínidos en el Pacífico colombiano y Gómez y Díaz (1979) realizaron un estudio sobre 10 especies de tiburones capturados en la isla. Por su parte, Rubio (1982, 1984 a, b) estudió la taxonomía de la ictiofauna asociada al ecosistema de manglar-estero



en la bahía de Buenaventura y de bahía de Málaga; Díaz (1984) realizó un análisis zoogeográfico de 22 especies de tiburones para el Pacífico colombiano, trabajo similar al publicado por Prahll (1986) quien enfatizó en la zoogeografía de peces, moluscos, crustáceos y corales en la isla; más tarde Rubio (1986a, b, 1987) construyó una lista preliminar de 175 especies de peces de Gorgona y analizó la composición taxonómica de los peces del golfo de Tortugas, mientras que un año después Rubio *et al.* (1987) en un estudio más completo, documentaron un total de 206 especies para la isla.

Complementando los estudios anteriores, Rubio *et al.* (1988) y Rubio (1989, 1990) publicaron otros aspectos de la fauna marina del Pacífico colombiano, sus peces de importancia comercial y detalles sobre la ictiofauna acompañante en la pesquería de camarón de aguas someras. De igual manera, Franke (1990) analizó la frecuencia y abundancia de 17 especies de tiburones en el Parque Gorgona, seguido por Franke y Acero (1991) quienes proporcionaron nuevos registros en la misma área y Rubio (1992) quien analizó la estructura taxonómica y caracterizó de una manera preliminar las comunidades de peces en las zonas estuarinas y de manglares del Pacífico colombiano. Por su parte Rubio y Estupiñán (1992) y Rubio *et al.* (1992) analizaron los recursos ícticos del PNN Sanquianga y de la isla Malpelo, así como Rubio y Ruiz (1993) realizaron el primer registro de *Zapteryx exasperata* en el litoral Pacífico.

Posteriormente, Acero y Franke (1995) complementando estudios anteriores, describieron una nueva especie de *Rhinobatos* en el PNN Gorgona y registraron algunas especies de rayas en la misma área; por su parte Acevedo (1996) realizó una evaluación biológica y de dinámica poblacional de los tiburones de la familia Carcharhinidae en la ensenada de Panamá, mientras que Tapiero (1997) trabajó la biología y dinámica poblacional de *Sphyrna lewini* en el litoral Pacífico. De igual forma, Rojas (2000) estudió la biología de *Mustelus lunulatus* en la isla Gorgona, considerándolo un recurso pesquero potencial en el Pacífico colombiano.



Más tarde Zapata (2001) mediante recopilación bibliográfica determinó un total de 336 especies de peces marinos en la isla y sus alrededores, de las cuales 74 familias son de peces óseos y 18 familias son de peces cartilaginosos, mientras que Navia (2002) evaluó algunos aspectos de la biología de elasmobranquios capturados como fauna acompañante en la pesquería del camarón del Pacífico colombiano. Un año más tarde, Rubio y Angulo (2003) publicaron un libro sobre los peces asociados a los arrecifes de coral en el Pacífico colombiano, entre los cuales se analizan seis familias de tiburones y cinco de rayas y Gómez *et al.* (2003) analizaron los hábitos alimenticios de *Mustelus lunulatus* y *M. henlei* en el PNN Gorgona.

Un trabajo de gran importancia para el tema y en el cual se enmarca este proyecto, es el de Castillo *et al.* (2004), quienes desarrollaron un plan de manejo preliminar de los recursos del Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia; es así como este estudio que inició en 1997 y continúa actualmente, enfatiza sus esfuerzos hacia la sostenibilidad de los recursos marinos con un análisis biológico y pesquero de los recursos extraídos con los principales artes de pesca que se emplean en la zona, y con el componente social como un factor de suma importancia para el desarrollo del mismo.

1.2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio de esta investigación es el Parque Nacional Natural Gorgona (PNNG) y su área de influencia marítima (Figura 1). La isla Gorgona está ubicada al suroccidente del Pacífico colombiano y hace parte del municipio de Guapi (Cauca) (Díaz *et al.*, 2001); el área de influencia por su parte está definida como la extensión comprendida entre la bocana del río Guapi y la bocana del río Guascama, estando en su mayoría conformada por el PNN Sanquianga. El Parque tiene una extensión total de 61687,5 has y su área insular está localizada entre las coordenadas 02°49' – 03°06' N y 78°06' – 78°18' W, abarcando casi 9 km de largo y 2,5 km de ancho (Díaz *et al.*, 2001, Castillo *et al.*, 2004). Las características del área marina de la isla, la convierten en un enclave biogeográfico para la dispersión y migración de diferentes especies marinas (Castillo *et al.*, 2004).

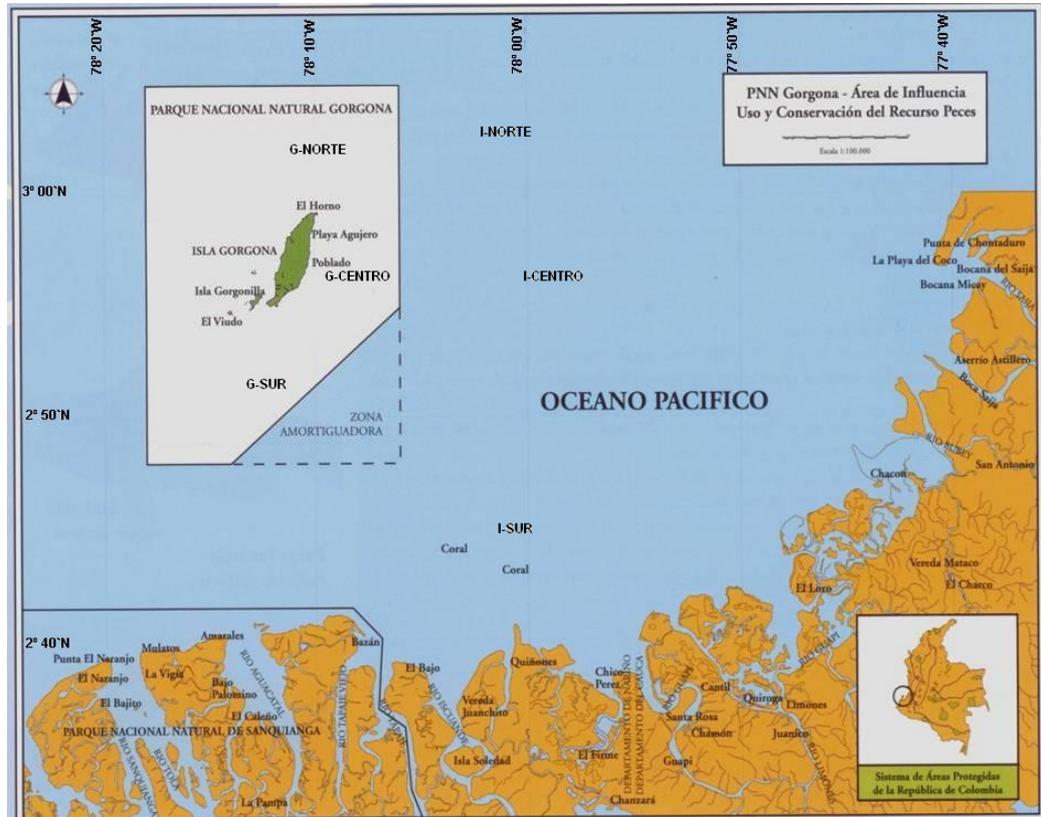


Figura 1. Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia (tomado de Rojas *et al.*, 2004), detallando las áreas de muestreo (G: Área marina protegida de Gorgona; I: Área marina de Influencia).

El clima de Gorgona está condicionado por su localización en la región ecuatorial de bajas presiones atmosféricas dentro de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y se caracteriza según datos de la estación meteorológica del IDEAM ubicada en la isla entre 1986 y 1999, por una alta pluviosidad (6848 mm anuales promedio), humedad relativa promedio del 90 % anual, temperatura media anual del aire de 26,1 °C y vientos suaves de dirección variable (Chasqui, 2005); de igual manera se han determinado dos épocas climáticas, una lluviosa entre mayo y octubre, seguida de una de menores precipitaciones entre diciembre y febrero (Prahl *et al.*, 1986, Díaz *et al.*, 2001).

En la zona insular la morfología montañosa alcanza una altitud de 228 m en el cerro de la Trinidad y sus laderas de pendientes pronunciadas derivan en la costa como litorales rocosos. Así mismo el fondo marino presenta fuertes pendientes hasta la isóbata de 50 m a



lo largo del eje central en sentido noreste, mientras que la isóbata submarina en el costado oriental (en dirección al continente) alcanza los 50 m a tan sólo 2 km de la línea costera y llega a profundidades entre 70 y 80 m (Díaz *et al.*, 2001). El relieve submarino varía de acuerdo a cada zona: en la región noroccidental las pendientes son pronunciadas hasta los 30 m después de los cuales, se suavizan hasta los 45 m y se extienden más allá de los límites del Parque hasta que en el margen externo de la plataforma continental, alcanzan profundidades hasta de 3000 m (Díaz *et al.*, 2001). A diferencia de esto, el fondo marino en la parte occidental y suroccidental es de tendencia plana cercano a los 20 m, aunque presenta pequeñas aglomeraciones rocosas que se elevan unos metros (sitios conocidos como Montañitas y Cazuela) y hasta emergen sobre el nivel del mar (Gorgonilla y el Viudo); después desciende suavemente hasta los 40 m en donde se mantiene casi horizontalmente. En el extremo norte de la isla en el sector de El Horno existe una pendiente fuerte que alcanza profundidades de hasta 120 m (Díaz *et al.*, 2001).

El régimen hidrográfico de la zona se ve influenciado por varios factores; el primero de ellos es la marea, cuya amplitud puede oscilar entre 5 m (ámbitos máximos) y 0,6 m (ámbitos mínimos) con un ciclo mareal que se repite completamente dos veces en algo más de 24 horas, por lo que se consideran de tipo semidiurno (Prahl *et al.*, 1986). Las corrientes marinas superficiales, que hacen también parte de este régimen, son de gran importancia en la estructura térmica e intervienen activamente en la dispersión de muchas especies del área; esta circulación de masas de agua superficiales está determinada por la posición en la ZCIT y se ven influidas por la corriente ciclónica de Panamá, la cual es conocida en dirección norte como corriente de Colombia y se alimenta de un brazo desprendido de la corriente del Perú (Wirtki, 1963, En: Díaz *et al.*, 2001; Prahl *et al.*, 1986); esta última recorre las masas de agua superficiales del PNN Gorgona en sentido noreste con mayores velocidades en los primeros y últimos meses del año, mientras que las menores se perciben entre abril y junio (Díaz y Gómez, 2000). Por último, el oleaje oceánico que proviene del suroccidente, se caracteriza por trenes de olas de poca altura y amplio periodo del océano abierto que cuando encuentran fondos someros, incrementan su altura y chocan con relativa fuerza principalmente en el costado occidental de la isla sobre los acantilados y las playas,



**Aspectos biológicos y pesqueros de elasmobranquios capturados en el
PNN Gorgona y su área de influencia entre 2004 y 2005.**



mientras que en el costado oriental las estructuras emergidas hacen que pierdan su energía y cambien de dirección, por lo que hay poca turbulencia (Díaz *et al.*, 2001).



2. METODOLOGÍA

2.1. FASE DE CAMPO

2.1.1. Pesca con Espinel

Durante los años 2004 y 2005, se realizaron muestreos mensuales de pesca experimental científica (autorizada en el artículo 30, decreto 622 de 1977 reglamentario del Código de los Recursos Naturales Renovables de Colombia) dentro y fuera del área del PNN Gorgona. Las faenas fueron llevadas a cabo por tres pescadores que realizaron igual número de lances en ambas zonas (tres adentro y tres afuera), en una embarcación de pesca artesanal con un motor de 40 HP y un espinel de 1000 anzuelos número siete y ocho, los cuales se “empatan” a una línea de nylon con una longitud aproximada de 25 cm que se engancha a una línea madre. Esta se lanza con una boya inicial y un lastre para que alcance el fondo, detrás del cual van una serie de anzuelos separados uno del otro por 3,6 m, después se engancha el lastre final con su boya y su banderín (Figura 2). Se emplearon dos tipos de anzuelo, el primero es el comúnmente usado tipo “J” y el segundo es uno circular “O” el cual se empezó a trabajar desde el 2005 de manera experimental por un proyecto de la WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza) con el fin de evaluar la disminución en la captura incidental de tortugas marinas. La carnada empleada cambió de acuerdo a su disponibilidad entre tollo, carduma o anguila (Castillo *et al.*, 2004).

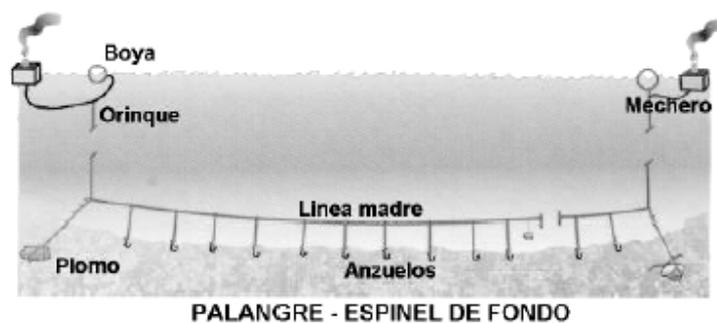


Figura 2. Esquema general de un espinel de fondo (tomado de Zapata *et al.*, 1998). Para la pesca con espinel se emplean anzuelos 7 y 8, para la pesca con calabrote se usan tamaños 000 y 1.



Los ejemplares capturados fueron llevados a las instalaciones de la estación científica de la isla Gorgona en donde se procedió a la identificación hasta especie con la ayuda de claves para peces del Pacífico Oriental Tropical (Chirichigno, 1974; Rubio *et al.*, 1987; Allen y Robertson, 1994; Compagno *et al.*, 1995; McEachran y Notarbartolo di Sciara, 1995a). Se registraron datos morfométricos y biológicos tales como longitud total (**LT**) en tiburones y rayas, longitud del disco (**LD**) y ancho del disco (**AD**) en rayas (Figura 3) y el peso total (**PT**) en todas las especies. Cabe anotar que tanto en junio de 2004 como en marzo de 2005 no se realizaron muestreos por complicaciones técnicas, por lo que se debe tener la precaución de no considerar los valores de estas épocas como cero (0).

2.1.3. Pesca con Calabrote

Este muestreo se llevó a cabo entre agosto y septiembre de 2005, en el cual los individuos fueron capturados con calabrote o espinel tiburonero de fondo que usa anzuelos grandes de tamaños 000 y 1, por embarcaciones que operan en el área de influencia del Parque Gorgona (Figura 2). Los elasmobranquios fueron desembarcados en cuartos fríos de Guapi, en donde se procedió a separar e identificar los individuos por especie usando las guías de Chirichigno, 1974; Rubio *et al.*, 1987; Allen y Robertson, 1994; Compagno *et al.* (1995), McEachran y Notarbartolo di Sciara (1995a) y Grace (2001). Se registró la longitud total (**LT**) en todos los casos, la longitud precaudal (**LP**) y la longitud de la cabeza (**LC**) en tiburones, la longitud del disco (**LD**) y el ancho del disco (**AD**) en rayas (Figura 3) y el peso total (**PT**) para todas las especies.

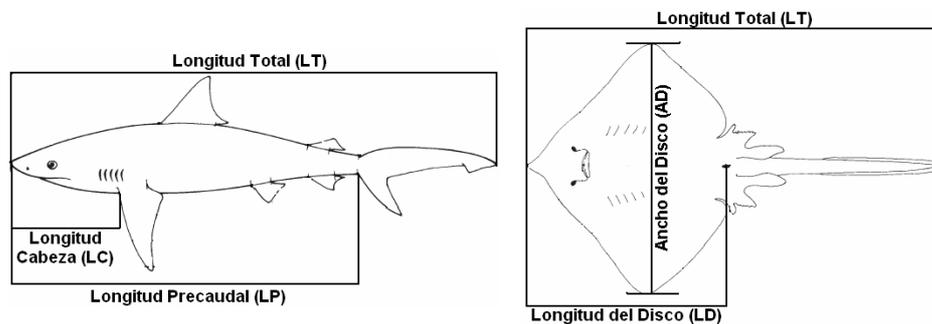


Figura 3. Esquema general de un tiburón (izquierda) y una raya en vista ventral (derecha) mostrando las medidas pertinentes al presente estudio (modificado de Compagno *et al.*, 1995 y McEachran y Notarbartolo di Sciara, 1995a).



2.2. FASE DE LABORATORIO

En laboratorio se determinó el peso del estómago (**Pe**), de las gónadas (**Pg**), del hígado (**Ph**) y de los embriones [que a su vez fueron medidos (**LT**)], los cuales fueron rotulados y conservados en solución de formol bufferado al 10 %. Posteriormente se procedió a la determinación macroscópica del estado de madurez sexual de acuerdo a lo estipulado en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de la condición reproductiva de los individuos con referencia a los estudios de Tresierra y Culquichicón (1995), Castro (1996), Rojas (2000) y Acuña *et al.* (2001).

HEMBRAS	Inmaduras (I)	En las hembras juveniles o inmaduras el ovario es pequeño, rosado y no hay diferenciación de ovocitos, presentándose como un tejido uniforme.
	En desarrollo (II)	En el ovario aparecen células de forma redondeada llamadas ovocitos que le dan una apariencia granulosa a toda la estructura, en la que posteriormente se observarán óvulos. Los ovocitos son estructuras esféricas pequeñas de color amarillo opaco, cuyo tamaño alcanza los 5 mm de diámetro aproximadamente y están plenamente incluidos en el tejido ovárico. Los óvulos son esféricos anaranjados y pueden alcanzar los 16 mm de diámetro, sobresaliendo del resto del tejido.
	En maduración (III)	Presencia de óvulos de mayor tamaño por lo que se observa un aumento en el volumen del útero y la coloración de la gónada tiende a ser más rosada. Una vez fecundados en los oviductos, los óvulos adquieren una coloración amarilla intensa, alcanzando medidas de 19 a 36 mm de diámetro y son alojados en los úteros cubiertos por una membrana transparente muy elástica.
	Maduras (IV)	Presencia de embriones. Desde la formación del feto hasta su nacimiento se pueden identificar tres etapas: 1. El embrión curvado sobre la masa vitelogénica en el que se diferencia claramente la región cefálica; 2. Presencia de hendiduras branquiales, la diferenciación morfológica es casi total y se distinguen los cláspers en los machos, y 3. Embriones de configuración similar al adulto y en algunos casos con dentadura notoria.
MACHOS	Inmaduro (I)	Cláspers pequeños y flácidos, rotación menor a 360°, rifidón cerrado y ausencia de semen. Los cláspers no llegan al borde posterior de las aletas pélvicas.
	En maduración (II)	Cláspers aumentan de tamaño y se extienden hasta el borde posterior de las aletas pélvicas.
	Maduro (III)	Calcificación total del cláspers, rotación igual 360°, rifidón abierto y presencia de semen. Hay presencia de puntos hematosos en los cláspers (indicadores de cópula reciente) y estos se extienden mucho más allá del borde posterior de las aletas pélvicas.



Para evaluar la viabilidad de los ovocitos se creó una escala empírica para la clasificación de los mismos (Tabla 2) y únicamente se contó y midió el diámetro máximo de los ovocitos que por sus características se mostraron “viables”.

Tabla 2. Características de los ovocitos de acuerdo a su viabilidad.

VIABLES	NO VIABLES
* Tamaño grande (depende de la especie)	* Tamaño más pequeño (depende de la especie)
* Color anaranjado o amarillo oscuro	* Color amarillo pálido
* Fácil desprendimiento del tejido ovárico	* Se encuentran con otros huevos en masas grandes y están muy unidos al tejido ovárico
* Consistencia sólida	* No son muy consistentes y presentan una sustancia lechosa amarillenta por dentro

Para el análisis del espectro trófico, se extrajo el contenido estomacal y se analizó con ayuda de bibliografía como Clothier (1950), Clothier y Baxter (1969), Meglitsch (1972), Compagno *et al.* (1995), McEachran y Notarbartolo di Sciara (1995a) y Barnes y Ruppert (1996), después de lo cual se contaron y pesaron los ítems alimentarios.

2.3. FASE DE GABINETE

2.3.1. Aspectos estructurales

Los aspectos estructurales del ensamblaje de los elasmobranquios capturados fueron determinados en relación a la abundancia, la composición por tallas y a la distribución de las especies en el tiempo. Para determinar la abundancia se empleó el índice de Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) el cual se calculó tanto en número de individuos, como con la biomasa de los mismos por especie, en relación al tiempo efectivo de pesca (tiempo que transcurre entre la terminación del lance y el momento en que se empieza a recoger el arte de pesca) y al número de anzuelos empleados en los lances, así:

$$CPUE = \frac{\#}{t * anz}$$

Donde # es el número de individuos o la biomasa en kilogramos de los individuos, *t* es el tiempo efectivo de pesca en horas y *anz* es el número de anzuelos empleados en cada lance.



Todos los cálculos fueron realizados para cada arte por separado (espinel **J**, espinel experimental **O** y calabrote), por lo que se procedió a estandarizar la fórmula anteriormente nombrada de acuerdo al promedio del número de horas y del número de anzuelos de cada uno, de la siguiente forma:

Para el espinel con anzuelo tipo “**J**” y el calabrote,

$$CPUE = \frac{\#}{15h * 1000anz}$$

Para el espinel experimental con anzuelo circular “**O**”,

$$CPUE = \frac{\#}{15h * 500anz}$$

Los índices bioecológicos de los elasmobranquios asociados a esta pesca se trabajaron empleando el programa *PRIMER 5 para Windows, versión 5.2.9.* y fueron:

- Riqueza de Margalef

$$d = \frac{(S-1)}{\text{Log}(N)}$$

- Uniformidad de Pielou

$$J' = \frac{H'}{\text{Log}(S)}$$

- Diversidad de Shannon - Wiener

$$H' = -\sum (Pi \ln Pi)$$

- Dominancia de Simpson

$$\lambda = \sum (Pi)^2$$

Donde **S** es el número total de especies; **N** es el número total de individuos y **Pi** es el número de individuos de la especie *i*.

2.3.2. Composición por tallas y tipo de crecimiento

La composición por tallas se realizó mediante la determinación de tallas máximas, mínimas y promedio para cada especie; además de la ilustración de un histograma de frecuencias. A



su vez, para la determinación de diferencias estadísticamente significativas entre las tallas obtenidas con los dos tipos de anzuelos del espinel (J y O), se empleó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U (Zar, 1999) con el programa *STATGRAPHICS Plus for Windows 4*, de dos colas con una α : 0,05 cuyas hipótesis fueron:

H₀: Las tallas de los elasmobranquios capturados con espinel de anzuelo **J** no tienen diferencias estadísticamente significativas con las de los capturados con anzuelo **O**.

H_a: Las tallas de los elasmobranquios capturados con espinel de anzuelo **J** tienen diferencias estadísticamente significativas con las de los capturados con anzuelo **O**.

El tipo de crecimiento de las especies en estudio se determinó empleando la relación de la longitud total y el peso total de cada individuo, propuesta por Pauly (1984), así:

$$PT = a \times LT^b$$

Esta ecuación a su vez se linealizó mediante la siguiente función logaritmo:

$$\text{Log}PT = \text{Log}a + b\text{Log}LT$$

Donde ***PT*** es el peso total de los individuos (g), ***LT*** es la longitud total (cm), ***a*** es el intercepto con el eje Y y ***b*** es la pendiente de la recta.

Para evaluar el tipo de crecimiento esto se comparó el valor estimado con un valor de referencia utilizando la prueba t-Student, en donde se empleó el estadístico t calculado a partir de la ecuación de Pauly (1984):

$$t_c = \frac{s(\log LT) * |b - 3| * \sqrt{n - 2}}{s(\log PT) * \sqrt{1 - r^2}}$$

Donde ***s(logLT)*** es la desviación estándar del logaritmo de la longitud total, ***s(logPT)*** es la desviación estándar del logaritmo del peso total, ***b*** es la pendiente de la recta, ***n*** es el número total de individuos de cada especie y ***r²*** es el valor de confiabilidad de la línea de tendencia.



Este valor (t_c) se comparó contra el valor tabulado con un $\alpha/2$ de 0,025 y $n-2$ grados de libertad. Cuando el valor t calculado es menor que el t tabulado, se acepta que b es estadísticamente igual a tres (3) considerando un crecimiento de tipo isométrico, mientras que se determina un crecimiento alométrico en caso contrario. Si el b no es significativamente diferente de tres, se ajusta el valor de a con la siguiente ecuación:

$$a = \overline{PT} / \overline{LT}^3$$

Donde PT y LT son los promedios del peso y la longitud total empleados en el cálculo de la relación talla-peso

La longitud asintótica (L_∞) se calculó utilizando la siguiente fórmula propuesta por Pauly (1984), la cual asume que el individuo capturado de mayor tamaño, aún le falta un 5 % para alcanzar la talla máxima de la especie.

$$L_\infty = \frac{L_{\text{máx}}}{0,95}$$

Donde $L_{\text{máx}}$ es la longitud máxima de captura y **0,95** es el factor de estandarización.

2.3.3. Condición reproductiva

La caracterización de la condición reproductiva de los individuos, se llevó a cabo teniendo en cuenta los resultados de algunos índices propuestos en Tresierra y Culquichicón (1995), como:

- Factor de condición (K): permite medir el estado de la especie para eventos reproductivos o las reservas alimenticias de la misma.

$$K = \left(\frac{PT}{LT^3} \right) * 100$$

Donde PT es el peso total de los individuos sin eviscerar y LT es la longitud total del individuo.

- Índice gonadosomático (IGS): muestra tentativamente las variaciones cíclicas de las gónadas en función del peso, acorde con las épocas del año y los cambios



ambientales que estas implican, permitiendo el establecimiento de los periodos de alta actividad reproductiva.

$$IGS = \left(\frac{Pg}{PT} \right) * 100$$

Donde **Pg** es el peso de ambas gónadas y **PT** es el peso total.

- Índice hepatosomático (IHS): expresa el cambio de la actividad metabólica en la época reproductiva, dado que el hígado es un órgano de almacenamiento de grasas y glicógeno los cuales participan dinámicamente en la formación de gametos, por lo que este órgano varia significativamente tanto en peso como en volumen en el proceso de maduración de las gónadas y que es mucho más significativo en hembras que en machos.

$$IHS = \left(\frac{Ph}{PT} \right) * 100$$

Donde **Ph** es el peso del hígado y **PT** es el peso total sin eviscerar.

La proporción de sexos se realizó una prueba de *ji-cuadrado* (χ^2) para confirmar si hay diferencias estadísticamente significativas en la relación 1:1, mediante el empleo de la siguiente ecuación (Zar, 1999):

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Donde **O** es la frecuencia observada y **E** es la frecuencia esperada, con $k-1$ grados de libertad (**k** es el número de eventos en comparación) y un α de 0,05.

Si el valor de es menor o igual al valor de la tabla se acepta la hipótesis nula, mientras que si es mayor se rechaza. Las hipótesis que se trabajaron fueron:

H₀: La proporción sexual de la especie *i* corresponde a una relación 1:1.

H_a: La proporción sexual de la especie *i* no corresponde a una relación 1:1.



La talla media de madurez sexual se fijó con base en los criterios de Vazzoler (1981), en donde se graficaron las frecuencias de hembras maduras por clases de tallas, y mediante el ajuste de los puntos a una curva sigmoide, se traza una línea paralela a la abscisa, hasta que haga corte con un punto de la curva sigmoide y se baja paralela a la ordenada, en donde se encontrará el valor aproximado de la talla media de madurez sexual. Se analizó además la talla de los embriones al nacer.

2.3.4. Espectro trófico

El análisis de los contenidos estomacales se realizó mediante los métodos numéricos, señalados por Hureau (1970; En: Gherbi-Barre, 1983) y Vegas (1977; En: Gherbi-Barre, 1983) y analizados por Hyslop (1980) y Cortés (1997), además de los índices ecológicos revisados por Krebs (1999). La ubicación taxonómica de los ítems alimenticios de las especies de elasmobranquios capturadas en el presente estudio, siguen los criterios propuestos por Bowman y Abele (1982), Nelson (1994), Barnes y Ruppert (1996) y Pechenik (2000). El proceso se realizó con el empleo de los programas Microsoft® Office Excel 2003 y *Primer 5 for Windows*, Versión 5.2.2.

2.3.4.1. Índices tróficos

- Índice de vacuidad (**V**): relaciona el número de estómagos vacíos con el número de estómagos totales

$$V = \left(\frac{EV}{N} \right) * 100$$

Donde **EV** es el número de estómagos vacíos y **N** es el número de estómagos totales analizados.

- Porcentaje en número (%N): consiste en separar los componentes de cada muestra de estómago en categorías de alimento, compilando el número total de individuos de cada una y expresándolo como un porcentaje del número total de individuos por categoría de alimento



$$\%N = \left(\frac{Ni}{NT} \right) * 100$$

Donde **Ni** es el número total de individuos de cada categoría y/o especie y **NT** es el número total de individuos.

- Frecuencia de ocurrencia (%FO): refleja la ocurrencia con la que se encuentra cada componente alimentario y es expresado como un porcentaje del total de estómagos con alimento.

$$\%FO = \left(\frac{Ni}{NT} \right) * 100$$

Donde **Ni** es el número de estómagos que tenían el mismo componente y **NT** es el número de estómagos con alimento.

- Porcentaje en peso (%P): tiene en cuenta el peso de los contenidos estomacales, con respecto a la suma de los pesos de cada componente alimentario en los diferentes estómagos, y se expresa como el porcentaje de la suma de todos los componentes alimentarios para todos los estómagos.

$$\%P = \left(\frac{Pi}{PT} \right) * 100$$

Donde **Pi** es el peso de una categoría de presa en la muestra y **PT** es el peso total de las diferentes categorías de presas encontradas en las muestras.

- Porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR): para emplear este índice se utiliza el índice de importancia relativa (IIR) el cual muestra los componentes de mayor importancia dentro del espectro trófico (Cortés, 1997).

$$IIR = (\%P + \%N) * \%FO$$

Donde **IIR** es el índice de importancia relativa, **Pi** es el peso de una presa en la muestra y **PT** es el peso total de las diferentes presas encontradas en las muestras.



Este índice se interpretó con a la escala propuesta por Gherbi-Barre (1983) que considera que los valores entre 0 a 20 corresponden a presas circunstanciales, de 21 a 200 son presas secundarias y de 201 a 20000 son presas principales.

Para efectos de comparación se empleó el %IIR propuesto por Cortés (1997):

$$\%IIR_i = \frac{100IIR_i}{\sum_{i=1}^n IIR_i}$$

Donde IIR_i es el índice de importancia relativa de la categoría de presa i y $\sum IIR_i$ es la suma de los índices de importancia relativa de todas las categorías de presa.

2.3.4.2. Índices ecológicos

- Uniformidad de presas (E): Se empleó el índice de equiparabilidad de Pielou que muestra si hay uniformidad entre las especies identificadas o se presentó dominancia de una o varias especies.

$$E = \frac{H'}{MH'} = \frac{H'}{-LN(1/S)}$$

Donde E es el índice de equiparabilidad, H' es el índice de diversidad de Shannon – Wiener, MH' es la diversidad máxima posible y S es el total de especies).

Para esto se empleó la escala propuesta por Vandemeer (1981; En: Bocanegra *et al.*, 2000), que considera que los valores de diversidad menores a tres corresponden a una dieta poco diversa y mayores a tres a una dieta dominada por varias especies.

- Amplitud de nicho: Para determinar la amplitud del nicho trófico de las especies se calculó el índice de Levins propuesto por Levins (1968) y estandarizado por Hurlbert (1978).

$$Bi = \frac{1}{\sum P_{ij}^2} \quad \text{y} \quad Ba = \frac{(Bi - 1)}{(n - 1)}$$



Donde **B_i** es el índice de Levins para el predador i , **P_{ij}** es la proporción de la presa i en la dieta del depredador j , **B_a** es la estandarización del índice de Levins y **n** es el número de categorías de presas.

- Índice de sobreposición de dieta: Se aplicó para analizar el traslapamiento trófico entre sexos y especies. Se empleó el índice de Morisita-Horn ($C\lambda$) (Krebs, 1999). En este los valores oscilan entre cero y uno (0-1), por lo que aquellos valores cercanos a cero (0) indican que no existe traslapamiento y en el caso que el valor sea uno (1), significa que hay igual abundancia en la dieta de los depredadores que se están comparando, y por ende hay un traslapamiento total entre ellos.

$$C\lambda = \frac{2 \sum (P_{xi} * P_{yi})}{(\sum P_{xi}^2 + \sum P_{yi}^2)}$$

Donde **P_{xi}** es la proporción de presa i del total de presas consumidas por el sexo o especie X , **P_{yi}** es la proporción de presa i del total de presas consumidas por el sexo o especie Y y **n** es el número total de presas.



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. UBICACIÓN TAXONÓMICA DE LAS ESPECIES CAPTURADAS

La ubicación taxonómica de las especies capturadas sigue los criterios de clasificación propuestos por Mejía-Falla *et al.* (*en prensa*) que se apoyan en Compagno (1999, 2002a y b), Douady *et al.* (2003) y McEachran y Aschliman (2004).

Clase Chondrichthyes

Subclase Elasmobranchii

Cohorte Euselachii

Subcohorta Neoselachii

Superorden Squalomorphi

Orden Squatiniformes

Familia Squatinidae

Squatina californica Ayres, 1859

Squatina sp.

Superorden Galeomorphi

Orden Heterodontiformes

Familia Heterodontidae

Heterodontus mexicanus Taylor & Castro-Aguirre, 1972

Orden Carcharhiniformes

Familia Triakidae

Mustelus spp.

Familia Carcharhinidae

Carcharhinus leucas (Valenciennes en Müller & Henle, 1839)

Carcharhinus limbatus (Valenciennes en Müller & Henle, 1839)

Carcharhinus porosus (Ranzani, 1839)

Rhizoprionodon longurio (Jordan & Gilbert, 1882)

Familia Sphyrnidae

Sphyrna lewini (Griffith & Smith en Cuvier, Griffith & Smith, 1834)



Superorden Batoidea

Orden Rajiformes

Familia Rajidae

Raja velezi Chirichigno, 1973

Familia Rhinobatidae

Zapteryx xyster Jordan & Evermann, 1896

Orden Myliobatiformes

Familia Dasyatidae

Dasyatis longa (Garman, 1880)

Familia Myliobatidae

Aetobatus narinari (Euphrasen, 1790)

Familia Rhinopteridae

Rhinoptera steindachneri Evermann & Jenkins, 1892

3.2.DESCRIPCIÓN DE CADA ESPECIE

3.2.1. *Squatina californica* Ayres, 1859

Parte anterior del cuerpo dorsoventralmente aplanada, con las aletas pectorales bien diferenciadas de la cabeza; así mismo tiene boca terminal y ojos y espiráculos ubicados en la superficie dorsal de la cabeza. Las aletas pectorales y pélvicas son de gran tamaño a diferencia de las dorsales que son pequeñas y se ubican muy cercanas a la aleta caudal cuyo lóbulo inferior es de mayor tamaño que el superior (Compagno, 1984a; Robertson y Allen, 2002) (Figura 4).

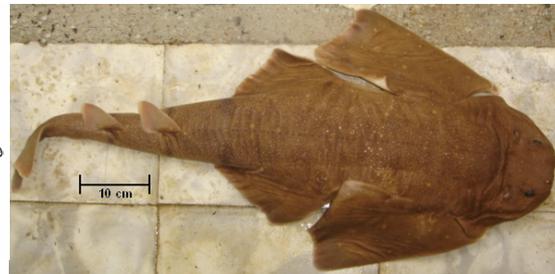
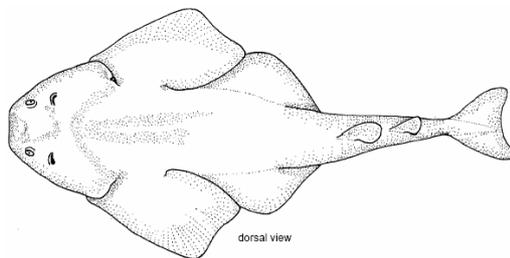


Figura 4. Tiburón ángel del Pacífico. Izquierda: Esquema general (tomado de Compagno, 1984a); derecha: fotografía de ejemplar en colección PNN Gorgona.



Los barbillones nasales anteriores son simples con puntas espatuladas; la distancia entre el ojo y el espiráculo es menor que 1,5 veces el diámetro ocular. Los lóbulos dermales a los lados de la cabeza carecen de lóbulos triangulares, mientras que los lóbulos libres de las aletas pectorales son estrechamente subangulares. Además presenta pequeñas espinas en la línea media del dorso, la cola, sobre el hocico y los ojos. La longitud total máxima está alrededor de los 152 cm; los machos maduran alrededor de los 75 a 80 cm y las hembras entre los 86 a los 104 cm, los embriones nacen de 21 a 26 cm de longitud total (Compagno, 1984a). La coloración de esta especie es café moteado o grisáceo con algunas manchas dispersas formando en ocasiones ocelos pequeños (Robertson y Allen, 2002), aunque Compagno (1984a) afirma que no posee ocelos sobre el cuerpo (Figura 4).

3.2.2. *Squatina* sp.

Este tiburón tiene las mismas características generales de *Squatina californica*, sin embargo para el Pacífico americano comúnmente se han empleado dos nombres distintos siendo *S. californica* Ayres, 1859, para ejemplares del norte y *S. armata* Philippi, 1887, para los del sur (Franke y Acero, 1991). Compagno (1984a) por su parte afirma que es una sola especie y sostiene que estos individuos no poseen ocelos sobre el cuerpo; a pesar de esto y tal como se observa en las figura 5, este animal tiene ocelos bien diferenciados, cuatro sobre cada aleta pectoral y seis sobre el dorso a ambos lados del cuerpo siendo 14 en total, aunque Franke y Acero (1991) denotan que tan sólo son 12.



Figura 5. *Squatina* sp. Izquierda: ejemplar en colección del PNN Gorgona; centro: detalle aleta pectoral derecha; derecha: detalle del ocelo sobre la pectoral.



Los estudios de Chirichigno (1974) y Rubio (1986a) han citado para el Pacífico a *S. armata*, sin embargo otros trabajos como el de Franke (1990) y Franke y Acero (1991) nombran este individuo como *Squatina* sp. connotando que los especímenes colombianos son problemáticos por presentar 12 ocelos en el cuerpo y las aletas de manera muy similar a *S. tergocellatoides* Chen, 1963, que es endémica de Taiwán.

3.2.3. *Heterodontus mexicanus* Taylor & Castro-Aguirre, 1972

Este tiburón presenta cuerpo delgado, su cabeza es robusta y provista de dos crestas, las aletas dorsales tienen espinas gruesas; la primera aleta dorsal se origina sobre la base de las pectorales y la punta de la aleta anal alcanza el origen ventral de la caudal al ser plegada contra el cuerpo. La cresta ósea es baja sobre cada ojo, las aberturas nasales no tienen barbas pero las narinas sí, las cuales se conectan con la boca, el fleco nasal anterior es alargado posteriormente, la boca es pequeña y redondeada con dientes molariformes que se alargan a nivel posterior (Compagno, 1984a; Robertson y Allen, 2002) (Figura 6).

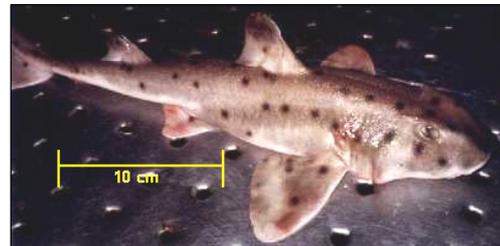
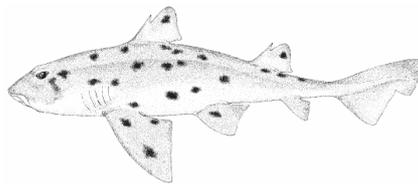


Figura 6. Tiburón gato mexicano. Izquierda: Esquema general (tomado de Compagno, 2002b); derecha: fotografía de ejemplar capturado en el área de estudio.

La coloración es gris o café claro con manchas negras dispersas en el tronco y sobre las aletas; estas miden la mitad o más del diámetro del ojo, con una banda clara transversal entre las crestas supraorbitales en el espacio interorbital (Figura 6). La talla máxima es 70 cm, pero maduran aproximadamente a 55 cm. Los juveniles salen de los huevos a los 14 cm en promedio; los huevos tienen una cáscara dura con dos penachos filamentosos largos en cada vértice, así como rebordes espiralados pareados en forma de T, ubicados



transversalmente al eje central de la cáscara y con cinco torniquetes visibles a cada lado (Compagno, 1984a; Robertson y Allen, 2002).

3.2.4. *Mustelus* spp. Linck, 1790

Los tiburones del género *Mustelus* son animales con cuerpo delgado y largo, con hocico puntiagudo y boca angular, ojos dorsolaterales provistos de membrana nictitante ventral, horizontalmente ovalados y con fuertes quillas suboculares; presentan dos aletas dorsales, la primera es ligeramente más grande que la segunda y se ubica detrás de las aletas pectorales; la aleta anal es más pequeña y se sitúa debajo del centro de la segunda dorsal, mientras que la caudal es fuertemente asimétrica con el lóbulo inferior reducido o ausente en algunos adultos (Compagno, 1984b; Robertson y Allen, 2002) (Figura 7).

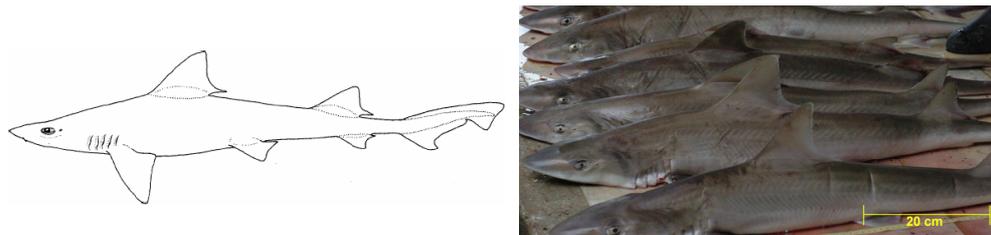


Figura 7. Toyo vieja. Izquierda: Esquema general (tomado de Compagno, 1984b), derecha: fotografía de ejemplares capturados en el área de estudio (Cortesía Fundación SQUALUS)

Los barbillones nasales anteriores son ligeramente elongados, lobulados y están bien separados entre sí y de la boca, la longitud internarinal corresponde a uno o dos veces el ancho de los nostrils y los surcos labiales son moderadamente largos, cayendo los superiores muy por detrás del nivel superior de la sínfisis. Los dientes no tienen forma de cuchilla y son similares en ambas mandíbulas así como los mediales no se diferencian de los anteroposteriores (Compagno, 1984b).

Gran número de ejemplares documentados en estudios anteriores correspondieron a *Mustelus lunulatus*, sin embargo dadas las características del muestreo en este trabajo, no se dispuso del tiempo suficiente para determinar las pequeñas diferencias entre las especies *M. lunulatus* y *M. henlei*, aunque teniendo en cuenta las abundancias registradas previamente



para estas especies (Franke, 1990; Gómez *et al.*, 2003), se asume que la mayoría de información encontrada corresponde a *M. lunulatus*.

3.2.5. *Carcharhinus leucas* (Valenciennes en Müller & Henle, 1839)

Carcharhinus leucas es un tiburón de cuerpo largo y corpulento, de cabeza roma y con hocico largo y redondeado. Presenta ojos circulares y pequeños, sus dientes son triangulares en la mandíbula superior y fuertes, con cúspides delgadas y raíces arqueadas en la mandíbula inferior. No presenta quilla interdorsal, sus aletas pectorales son largas y angulares, la primera aleta dorsal que nace sobre o un poco por detrás del punto de inserción de las pectorales, es larga y triangular con el lóbulo posterior libre pequeño, característica similar en la segunda aleta dorsal aunque ésta es mucho más pequeña que la primera y su origen está ubicado al frente de la anal (Compagno, 1984b; Grace, 2001; Robertson y Allen, 2002) (Figura 8).

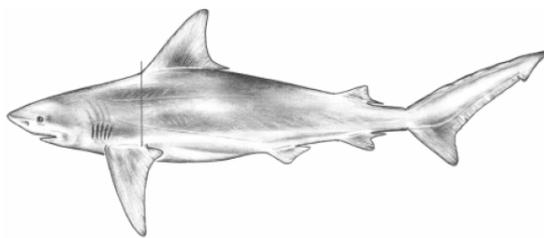


Figura 8. Tiburón madrecazón. Izquierda: Esquema general (tomado de Grace, 2001); derecha: fotografía de ejemplar capturado en el área de estudio.

La longitud internarinal corresponde 0,7 a 1 veces la longitud preoral, los pliegues labiales son cortos e inconspicuos, la línea de poros hiomandibulares se ubican justo detrás de las comisuras labiales y las aberturas branquiales son relativamente largas. Su coloración es grisácea en el dorso tendiendo a blanquearse a nivel ventral y frecuentemente tiene una banda de color gris pálido horizontal que se extiende hacia la parte superior de su abdomen; así mismo las puntas de las aletas son oscuras especialmente en juveniles, pero en adultos esta característica no está muy marcada. Alcanza hasta 350 cm, las crías nacen con un



tamaño entre 56 y 81 cm; los machos maduran entre los 157 y 226 cm alcanzando por lo menos 299 cm, mientras que las hembras lo hacen entre los 180 y 230 cm hasta tallas que sobrepasan los 324 cm (Compagno 1984b; Robertson y Allen, 2002).

3.2.6. *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes en Müller y Henle, 1839)

Tiene cuerpo robusto con hocico extenso y puntudo, ojos pequeños y alargados, grandes aberturas branquiales y sin quilla interdorsal. Las aletas pectorales son moderadamente largas, falcadas y con puntas estrechamente redondeadas o puntudas, la primera dorsal es alta, falcada, su ápice es puntudo y se origina sobre o un poco posterior al punto de inserción de las pectorales, mientras que la segunda dorsal se origina sobre o un poco por delante de la anal. Las dorsales, el lóbulo inferior de la caudal, las pélvicas y pectorales presentan las puntas negras (Compagno, 1984b; Robertson y Allen, 2002) (Figura 9).

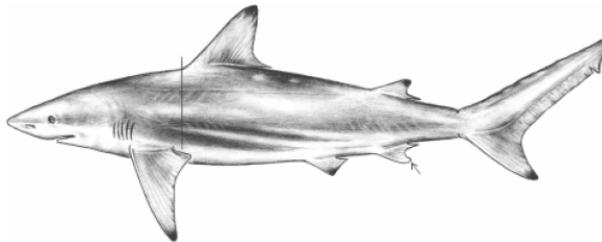


Figura 9. Esquema general del tiburón aletinegro (tomado de Grace, 2001).

La longitud internarinal es 1,3 a 1,7 veces la longitud preoral, los pliegues labiales son cortos e inconspicuos, los poros hiomandibulares se ubican detrás de las comisuras y los dientes de ambas mandíbulas son estrechos y muy aserrados. Su coloración es gris o café grisáceo en el dorso aclarándose hasta lograr un tono blanco en el vientre y en ocasiones presenta unas bandas grises claras casi horizontales extendidas sobre cada flanco. Alcanzan una talla máxima de 275 cm, los machos maduran cerca de los 135 a los 180 cm y crecen posiblemente hasta 255 cm, las hembras por su parte maduran entre los 120 y los 180 cm y el tamaño de los embriones al nacer está entre 38 y 72 cm (Compagno, 1984b; Robertson y Allen, 2002).



3.2.7. *Carcharhinus porosus* (Ranzani, 1839)

Este tiburón de cuerpo delgado y rostro largo y puntiagudo, presenta ojos circulares y grandes, aletas pectorales pequeñas y curvas, aleta anal con una muesca profunda, sin extensas quillas preanales y sin cresta interdorsal. La primera aleta dorsal es alta, falcada, tiene el ápice redondeado y su origen se ubica sobre el margen posterior de las pectorales, la segunda aleta dorsal por su parte es pequeña y su origen se ubica sobre o ligeramente por detrás del punto medio de la aleta anal (Compagno, 1984b; Robertson y Allen, 2002) (Figura 10).

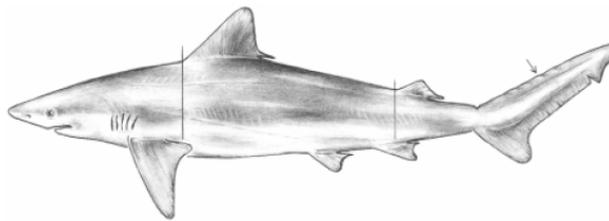


Figura 10. Esquema general del tiburón poroso (tomado de Grace, 2001)

Las aberturas branquiales son pequeñas, las comisuras labiales no son muy desarrolladas ni visibles en perfil. La línea de poros hiomandibulares no es alargada conspicuamente y se ubica justo detrás de ellas. En el dorso y los costados su coloración es grisácea y en el vientre es blanca; las puntas de las aletas pectorales, dorsales y caudal pueden ser oscuras o blancuzcas pero esta coloración no está muy marcada. Alcanzan hasta 150 cm de longitud total, los machos maduran entre los 75 y 78 cm creciendo hasta 117 cm, mientras que las hembras maduran a los 84 cm o menos y crecen hasta los 134 cm. La talla de los embriones al nacer está entre los 31 y 40 cm (Compagno, 1984b; Robertson y Allen, 2002).

3.2.8. *Rhizoprionodon longurio* (Jordan & Gilbert, 1882)

Este tiburón es relativamente delgado, su hocico es largo, puntiagudo y tiende a ser semitranslucido en vista ventral. En el Pacífico oriental, esta especie es la única de la familia de los cazones picudos, que tiene largas comisuras labiales (2,1 a 2,6 % de la longitud total) y el inicio de la segunda aleta dorsal se encuentra muy por detrás del nacimiento de la aleta anal, ubicándose su origen en el último tercio de la base de la anal en frente de su inserción. La primera aleta dorsal se inserta sobre o un poco por delante de los



lóbulo libre de las aletas pectorales, el margen anterior de la pectoral por lo general es igual o más pequeño que la longitud de la primera dorsal tomada desde el origen del lóbulo libre; la punta de la pectoral cuando se pega al cuerpo alcanza la tercera o dos tercios de la base de la primera aleta dorsal. La cresta interdorsal es muy rudimentaria o está ausente pero presenta largas crestas preanales; la aleta caudal presenta fosetas tanto a nivel dorsal como ventral (Compagno, 1984b; Robertson y Allen, 2002) (Figura 11).

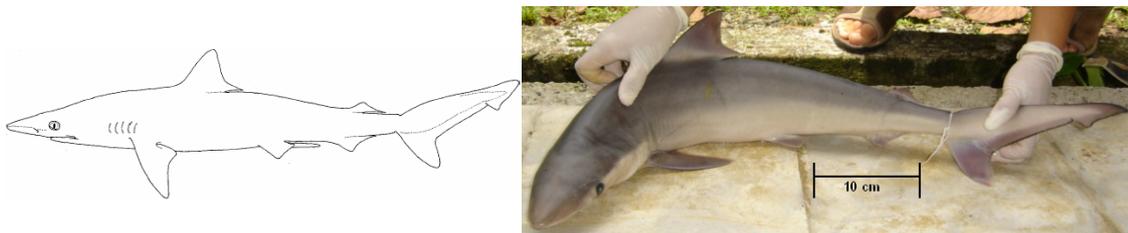


Figura 11. Tiburón pan blanco. Izquierda: Esquema general (tomado de Compagno, 1984b); derecha: fotografía de ejemplar capturado en el área de estudio.

Tiene cinco hendiduras branquiales y las dos últimas se ubican sobre las pectorales; las narinas son oblicuas y la línea de poros hiomandibulares es alargada, se encuentra a los lados de la cabeza justo detrás del ángulo de la boca y por lo general son más de 16 en total (de 8 a 15 a cada lado). Los dientes presentan bordes aserrados en los adultos y no se diferencian entre sexos. Su coloración es gris o café en el dorso y los costados, blanco en el vientre, las aletas pectorales con bordes claros y las dorsales con puntas oscuras. La talla máxima es de por lo menos 110 cm, alcanzando posiblemente 154 cm; los machos maduran entre 58 y 69 cm y crecen hasta 92 cm, las hembras maduras miden entre 103 cm hasta posiblemente 154 cm de longitud total; los embriones al nacer tienen entre 33 y 34 cm (Compagno, 1984b; Robertson y Allen, 2002).

3.2.9. *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith en Cuvier, Griffith & Smith, 1834)

Presenta la cabeza ancha correspondiendo entre el 24 y el 30 % de la longitud total, siendo angostas las extensiones laterales de la misma; el margen anterior es convexo con una muesca prominente a nivel medial, una hendidura notoria en cada extremo del martillo cerca del lóbulo terminal en donde se ubican los ojos, una fisura pequeña en medio de la



muesca medial y las hendiduras laterales generando una apariencia de borde festoneado con cuatro lóbulos. Los márgenes posteriores de la cabeza son angulados posterolateralmente y generalmente más amplios que en el ancho de la boca (Figura 12). La primera aleta dorsal es moderadamente falcada, tiene su origen sobre o un poco por detrás del punto de inserción de las aletas pectorales y su lóbulo libre se encuentra mucho antes del origen de las aletas pélvicas, la segunda aleta dorsal es baja de altura, con longitud de la base menor a la de la anal, un margen posterior ligeramente cóncavo, un margen interno largo que alcanza aproximadamente dos veces la altura de la aleta y su punta termina casi en frente del origen del lóbulo superior de la aleta caudal. Las aletas pélvicas no son falcadas con los márgenes posteriores rectos o ligeramente cóncavos (Compagno, 1984b; Robertson y Allen, 2002) (Figura 12).

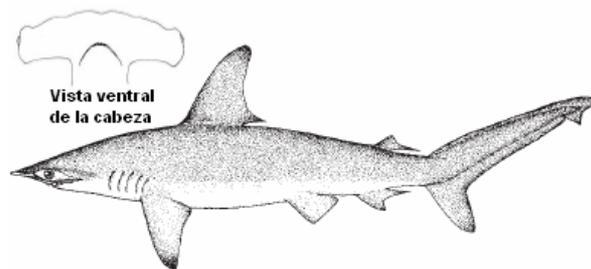


Figura 12. Esquema general de la cornuda común (tomado de Compagno, 2002a).

Los dientes tienen cúspides moderadamente anchas y con bordes suaves o levemente aserrados. Su coloración es gris cafesusco en el dorso, blanca en el vientre y tiene las puntas de las pectorales oscuras o negras. La talla máxima está entre 370 y 420 cm de longitud, los machos maduran entre los 140 y 165 cm y crecen hasta por lo menos 295 cm, mientras que las hembras maduran cerca de los 212 cm y alcanzan por lo menos 309 cm; los embriones nacen con tallas entre 42 y 55 cm (Compagno, 1984b; Robertson y Allen, 2002).

3.2.10. *Raja velezi* Chirichigno, 1973

Esta especie tiene un disco romboidal aplanado, el ancho corresponde al 70 u 80 % de la longitud total, los lados anteriores del disco son de forma cóncava y los extremos de las aletas pectorales son puntiagudos. Las pélvicas presentan dos lóbulos bien diferenciados y



separados por una escotadura del borde lateral, siendo el lóbulo posterior más largo. Las dos pequeñas dorsales son de similar dimensión y se ubican cerca del extremo posterior de la cola, justo delante de la aleta pélvica que es muy rudimentaria, se encuentra un pliegue bajo detrás de la segunda dorsal. Los espiráculos son de gran tamaño, se ubican detrás de los ojos y poseen pliegues pseudobranquiales en sus bordes posteriores. El hocico es rígido, los orificios nasales se hallan a poca distancia por delante de la boca y forman una cortina nasal casi continua (McEachran, 1995b; Robertson y Allen, 2002) (Figura 13).

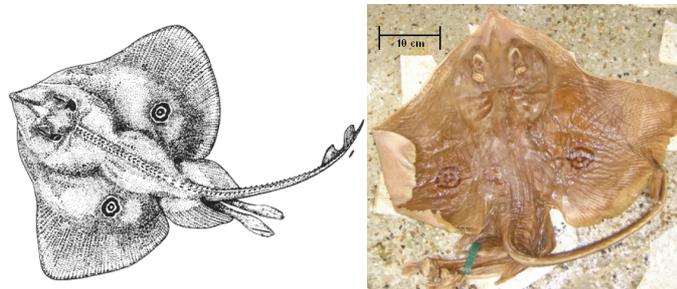


Figura 13. Raya de Velez. Izquierda: Esquema general de un macho (tomado de McEachran, 1995b); derecha: Fotografía de ejemplar en colección del PNN Gorgona.

Además presenta pequeñas, delgadas y acanaladas espinas cubriendo todo el disco, siendo más grandes hacia la zona dorsal del rostro en el borde frontal y alrededor de los ojos; también están dispuestas por la línea media desde la parte trasera de los ojos hasta la primera dorsal, al igual que dos filas de espinas en ambos costados de la cola. Dorsalmente es de coloración gris o café y ventralmente blanca con bordes oscuros, además con un ocelo grande y muy bien definido en el centro de cada aleta pectoral de color blanco con cinco manchas amarillas en el centro. Alcanza un tamaño máximo de 83 cm (McEachran, 1995b; Robertson y Allen, 2002).

3.2.11. *Zapteryx xyster* Jordan & Evermann, 1896

Este animal tiene el cuerpo delgado, su cabeza junto con las aletas pectorales son continuas y forman una estructura triangular, las dos aletas dorsales son de igual tamaño y la aleta caudal es asimétrica con un lóbulo inferior muy poco distinguido. Presenta una serie de espinas en la línea media del dorso desde la zona posterior de los ojos hasta el origen de la



primera aleta dorsal y posee un espiráculo grande detrás de cada ojo; el hocico es corto, un poco puntiagudo y su cartílago forma un doble levantamiento desde la zona anterior del interorbital hasta la punta del mismo (Robertson y Allen, 2002). Su coloración ventral es blancuzca y en el dorso café rojizo con manchas negruzcas irregulares que en algunas zonas forman barras transversales, posee dos pares de manchas pequeñas amarillas oceladas, ubicándose la primera en medio cuerpo y la segunda en la parte posterior de las aletas pectorales. El tamaño máximo registrado es 63 cm en playas de la isla Gorgona (Acero y Franke, 1995; Robertson y Allen, 2002) (Figura 14).



Figura 14. Guitarra bruja. Izquierda: Esquema general de una hembra en vista dorsal y ventral (tomado de CONABIO, 2006); derecha: Fotografía de ejemplar capturado en el área de estudio.

3.2.12. *Dasyatis longa* (Garman, 1880)

Esta raya posee un disco romboidal más ancho que largo, con sus márgenes anterolaterales casi rectos. No presenta aletas dorsales ni aleta caudal. Muestra una fila medial de aguijones desde la cabeza hasta la cintura pectoral, sobre la cual se encuentran dos más a cada lado y dos espinas adicionales más atrás y una o dos espinas sobre cada hombro, aunque la piel en su mayoría es lisa. La cola está muy bien diferenciada del disco, es delgada y larga logrando una longitud dos veces mayor que la del disco, presenta además una o más espinas aserradas y venenosas en la mitad anterior, al igual que una quilla en el dorso y un pliegue a nivel ventral. Posee papilas carnosas en la boca, la mandíbula tiene dientes pequeños dispuestos en varias series, el rostro es angular, la boca no es protráctil y la cortina nasal es bien desarrollada y festoneada. El dorso es generalmente gris a casi negro sin marcas distintivas. La longitud total máxima registrada es de 2,6 m y de ancho de



disco es 1,2 m (McEachran, 1995a; Robertson y Allen, 2002); sin embargo en el presente documento se registran individuos de hasta 1,8 m de ancho de disco (Figura 15).

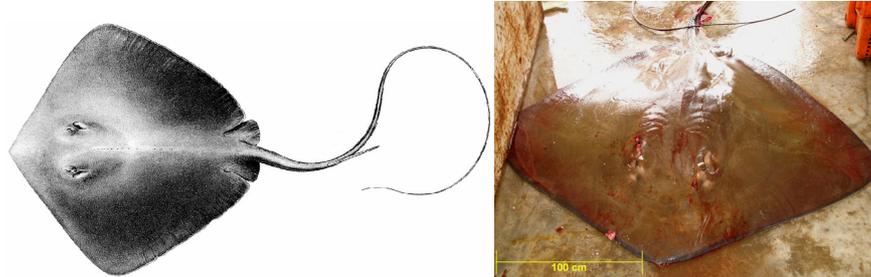


Figura 15. Raya látigo coluda. Izquierda: Esquema general (tomado de Garman, 1997; En: Robertson y Allen, 2002); derecha: Fotografía (Cortesía Fundación SQUALUS).

3.2.13. *Aetobatus narinari* (Euphrasen, 1790)

Esta raya de disco más ancho que largo, se distingue por que la cabeza sobresale notoriamente del disco, es de forma cuadrada, su hocico es redondeado y saliente, sus dientes están formados por una serie de placas aplanadas y tiene además papilas carnosas en el piso de la boca. Presenta dos grandes aletas pectorales triangulares en forma de alas con extremos curvos, así como un lóbulo subrostral que se prolonga delante de la cabeza. No tiene aleta caudal y tiene una pequeña dorsal en la base de la cola que es larga y delgada siendo su longitud mucho mayor a la del disco; esta muestra entre dos y seis espinas aserradas justo detrás de la aleta. Su coloración a nivel dorsal es gris oscura a negra con numerosas manchas blancas y ventralmente es blanca. Llega a alcanzar más de 2,5 m de ancho de disco (McEachran y Notarbartolo di Sciara, 1995c; Robertson y Allen, 2002) (Figura 16).

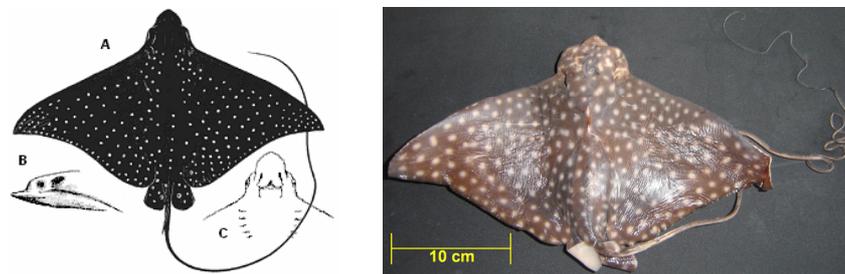


Figura 16. Chucho pintado. Izquierda: A: Esquema general, B: Vista lateral de la cabeza, C: Vista ventral de la cabeza (tomado y modificado de Compagno, 2002a y Bigelow y Schroeder, 1953); derecha: Fotografía (Cortesía Fundación SQUALUS)



3.2.14. *Rhinoptera steindachneri* Evermann & Jenkins, 1892

Esta especie de disco romboidal más ancho que largo, tiene la cabeza muy bien diferenciada del cuerpo y sus aletas pectorales están separadas de modo que forman un proceso subrostral carnoso que se extiende por delante de la cabeza exhibiendo una escotadura profunda en la línea media generando dos lóbulos. Los ojos y espiráculos se ubican a los lados de la cabeza, la boca es casi transversal y su piso carece de papilas carnosas; los dientes están dispuestos en seis a nueve series de placas aplanadas superiores e inferiores. Las aletas pectorales son falciformes y se originan en la parte posterior del borde ocular, presenta además una pequeña aleta dorsal que se ubica entre los bordes laterales de las aletas pélvicas y carece de aleta caudal. La cola es muy delgada y circular, su longitud es mayor a la del disco y presenta una o dos espinas largas y aserradas. La piel es lisa y en el dorso es color café amarillento pálido, en el vientre es blanco y la cola es oscura (McEachran y Notarbartolo di Sciara, 1995c; Robertson y Allen, 2002). Robertson y Allen (2002) registra una longitud en ancho de disco de hasta 230 cm (Figura 17).

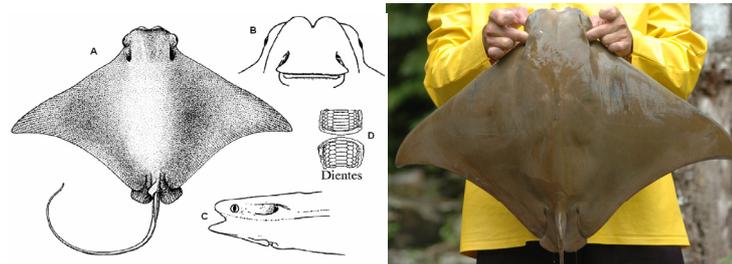


Figura 17. Chucho dorado. Izquierda: A: esquema general en vista dorsal, B: vista ventral de la cabeza, C: vista lateral de la cabeza, D: dientes (tomado y modificado de McEachran y Notarbartolo di Sciara, 1995c); Derecha: Fotografía de un ejemplar capturado en el área de estudio (cortesía Germán Soler).

3.3. ASPECTOS ESTRUCTURALES

3.3.1. Abundancia

3.3.1.1. Abundancia absoluta y relativa de las especies

Durante los dos años de muestreo se capturaron 261 individuos pertenecientes a cinco órdenes, 10 familias, 11 géneros y 14 especies que fueron descritos en la sección anterior (3.1). Como se observa en la tabla 3, la abundancia en número de especies, en los dos años de estudio (2004 y 2005) fue dominada por *Mustelus* spp. (70,88 %) y la segunda especie



en importancia fue *Dasyatis longa* (14,56 %) la cual estuvo mejor representada en el segundo año de muestreo (30 individuos) que en el primero (ocho individuos).

Tabla 3. Abundancia absoluta (número de individuos) y relativa (porcentaje) de las especies de acuerdo al arte de pesca empleado.

Especie	Espinel (J)						Espinel (O)		Calabrote		Total	
	2004		2005		Total		2005		2005		Total	
	# ind	%	# ind	%	# ind	%	# ind	%	# ind	%	# ind	%
<i>Mustelus</i> spp.	117	87,97	51	61,45	168	77,78	17	65,38	0	0,00	185	70,88
<i>Dasyatis longa</i>	8	6,02	13	15,66	21	9,72	6	23,08	11	57,89	38	14,56
<i>Carcharhinus limbatus</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	6	31,58	6	2,30
<i>Carcharhinus leucas</i>	0	0,00	4	4,82	4	1,85	0	0,00	2	10,53	6	2,30
<i>Rhinoptera steindachneri</i>	1	0,75	3	3,61	4	1,85	1	3,85	0	0,00	5	1,92
<i>Heterodontus mexicanus</i>	1	0,75	3	3,61	4	1,85	0	0,00	0	0,00	4	1,53
<i>Sphyrna lewini</i>	3	2,26	1	1,20	4	1,85	0	0,00	0	0,00	4	1,53
<i>Squatina</i> sp.	1	0,75	2	2,41	3	1,39	1	3,85	0	0,00	4	1,53
<i>Carcharhinus porosus</i>	0	0,00	2	2,41	2	0,93	1	3,85	0	0,00	3	1,15
<i>Squatina californica</i>	0	0,00	2	2,41	2	0,93	0	0,00	0	0,00	2	0,77
<i>Rhizoprionodon longurio</i>	1	0,75	1	1,20	2	0,93	0	0,00	0	0,00	2	0,77
<i>Aetobatus narinari</i>	1	0,75	0	0,00	1	0,46	0	0,00	0	0,00	1	0,38
<i>Zapteryx xyster</i>	0	0,00	1	1,20	1	0,46	0	0,00	0	0,00	1	0,38
Total general	133	100	83	100	216	100	26	100	19	100	261	100

Posteriormente están las especies *Carcharhinus limbatus* y *C. leucas* con seis individuos (2,30 %) cada una, siendo capturadas únicamente en el segundo año de muestreo. *Rhinoptera steindachneri* presentó cinco individuos (uno en 2004 y cuatro en 2005) (1,92 %), mientras que *Sphyrna lewini*, *Squatina* sp. y *Heterodontus mexicanus* registraron cuatro individuos (1,53 % cada uno), teniendo los dos últimos mayor frecuencia de captura en el segundo año de muestreo, a diferencia de *S. lewini* con mayor número de individuos en el 2004. De *C. porosus* sólo se capturaron tres individuos (1,15 %) en el 2005, seguido por *Aetobatus narinari*, *Squatina californica* y *Rhizoprionodon longurio* con tan solo dos individuos (0,77 %) cada uno, encontrándose por último las rayas *Raja velezi* y *Zapteryx xyster* con un solo individuo (0,38 %).

Aparte de las especies anteriormente mencionadas, al norte del área marina protegida de la isla Gorgona, se registró además un macho de *Raja velezi* de 80 cm de longitud total; sin



embargo fue capturada con volantín (línea de mano vertical) el cual no es un arte de pesca contemplado en el presente trabajo.

Teniendo en cuenta las abundancias absolutas nombradas previamente con el total de condrictios capturados, se nota claramente la diferencia entre los valores de CPUE al ser calculadas en términos de número de individuos y biomasa en kilogramos (Figuras 18 y 19); relación similar a la observada en la tabla 4, con la diferencia que en esta se hace evidente la distinción por arte de pesca.

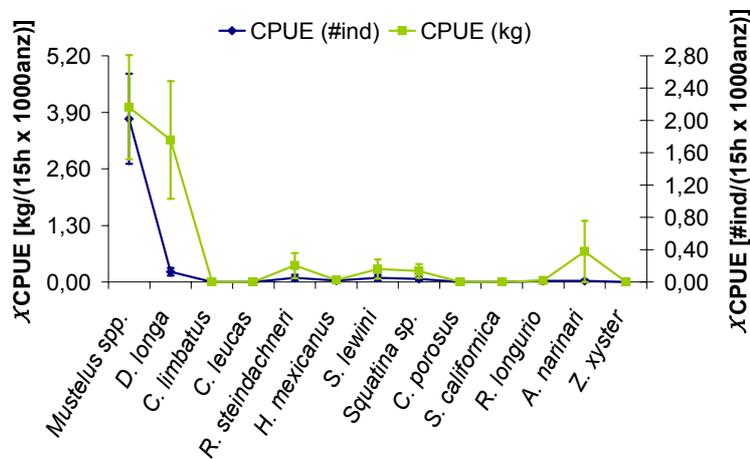


Figura 18. Promedios de las CPUE expresadas en número de individuos [CPUE (#ind)] y biomasa [CPUE (kg)], de las especies capturadas en el 2004 con sus respectivas medidas de variación (error estándar).

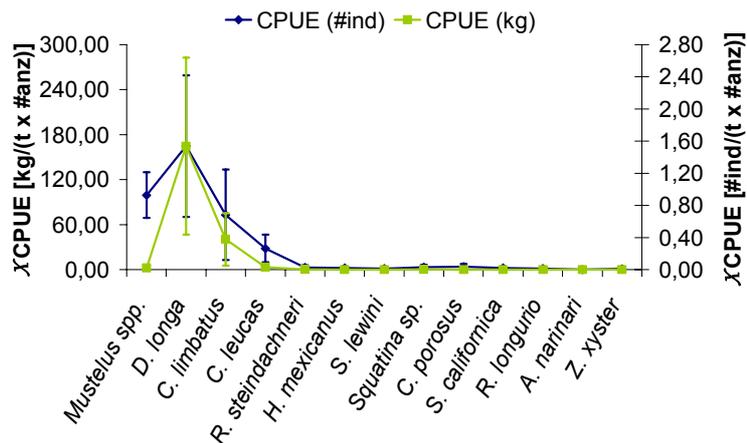


Figura 19. Promedios de las CPUE expresadas en número de individuos [CPUE (#ind)] y biomasa [CPUE (kg)], de las especies capturadas en el 2005 con sus respectivas medidas de variación (error estándar).



Tabla 4. Promedios de la CPUE en número de individuos (#ind/[t x #anz]) y la CPUE en biomasa (kg/[t x #anz]), de las especies de acuerdo al arte de pesca empleado en los años de muestreo con sus respectivas medidas de variación (EE: error estándar)

Especie	Espinel (J)								Espinel (O)				Calabrote				TOTAL							
	2004				2005				TOTAL				2005				2005				TOTAL			
	CPUE (# ind)		CPUE (kg)		CPUE (# ind)		CPUE (kg)		CPUE (# ind)		CPUE (kg)		CPUE (# ind)		CPUE (kg)		CPUE (# ind)		CPUE (kg)		CPUE (# ind)		CPUE (kg)	
	χ	EE	χ	EE	χ	EE	χ	EE	χ	EE	χ	EE												
<i>Mustelus</i> spp.	2,02	0,56	4,02	1,20	0,59	0,15	1,37	0,32	1,09	0,23	2,30	0,48	0,34	0,13	0,96	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	2,95	0,84	6,34	1,98
<i>D. longa</i>	0,13	0,05	3,26	1,35	0,15	0,05	6,08	2,20	0,14	0,04	5,09	1,50	0,14	0,08	5,71	3,86	1,25	0,75	152,95	112,07	1,66	0,93	168,01	119,49
<i>C. limbatus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	0,56	40,34	34,87	0,68	0,56	40,34	34,87	0,68	0,56
<i>C. leucas</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,34	0,25	0,01	0,00	0,22	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,16	2,78	2,78	0,26	0,17	3,12	3,03
<i>R. steindachneri</i>	0,05	0,04	0,38	0,29	0,01	0,01	0,04	0,04	0,02	0,01	0,16	0,10	0,02	0,02	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,06	0,56	0,47
<i>H. mexicanus</i>	0,02	0,02	0,04	0,04	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,07	0,07
<i>S. lewini</i>	0,05	0,04	0,30	0,22	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,13	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,05	0,33	0,26
<i>Squatina</i> sp.	0,04	0,02	0,25	0,16	0,01	0,01	0,08	0,07	0,02	0,01	0,14	0,07	0,02	0,02	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,05	0,47	0,35
<i>C. porosus</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,06	0,05	0,01	0,01	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,09	0,08
<i>S. californica</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,09	0,06	0,01	0,01	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,09	0,06
<i>R. longurio</i>	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,06	0,06
<i>A. narinari</i>	0,01	0,01	0,70	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,70	0,70
<i>Z. xyster</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Total general	2,57	0,57	9,31	1,91	0,76	0,17	8,04	2,31	1,41	0,24	8,51	1,64	0,53	0,16	6,98	3,87	2,18	0,80	196,07	111,23	6,05	1,70	220,40	119,32



3.3.1.2. Abundancia de las especies con relación al área de estudio

El área marina protegida (Gorgona) presentó mayor porcentaje de elasmobranquios que el área de influencia del Parque (Figura 20), analizando únicamente los capturados con espinel, trabajando así el mismo esfuerzo pesquero.

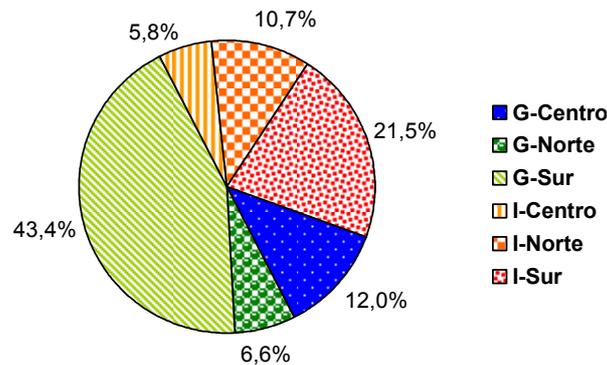


Figura 20. Abundancia relativa de los elasmobranquios de acuerdo a las distintas ubicaciones de los muestreos (G: Área marina protegida de Gorgona; I: Área marina de Influencia).

Teniendo en cuenta la ubicación de los muestreos (Figura 1), la zona sur del área marina protegida de Gorgona (G-Sur) fue la de mayor abundancia (número de individuos) con 105 individuos que constituyen el 43,4 % del total de elasmobranquios capturados, seguida por la zona sur del área de influencia (I-Sur) con 21,5 %. Luego se encontró la zona central del área protegida (G-Centro) con 12,0 % y la zona norte del área de influencia (I-Norte) con 10,7 %; siendo la zona norte del área protegida (G-Norte) y la zona central del área de influencia (I-Centro) las de menor abundancia (6,6 % y 5,8 % respectivamente) (Figura 20).

3.3.1.3. Abundancia de las especies en relación al tiempo

El comportamiento de la abundancia mensual de los elasmobranquios durante los años de muestreo (Figura 21) estuvo fuertemente influenciado por *Mustelus* spp. dado que este tiene el mayor número de capturas y por ende, la mayor representatividad. A su vez estuvo afectada aunque en menor medida, por *D. longa* principalmente entre junio y septiembre de 2005. En la figura 21 se evidencia que por año se encuentran dos períodos de mayor abundancia, por ello en el tiempo de muestreo se diferenciaron tres de ellos distribuidos así: el primero entre abril y agosto (2004), el segundo y más alto que ocurrió entre octubre



(2004) y enero (2005) y el tercero entre mayo y julio del 2005. Tal como se nombró en la metodología, debe tenerse en cuenta que los valores de junio de 2004 y marzo de 2005, no son cero (0), puesto que no hubo muestreo.

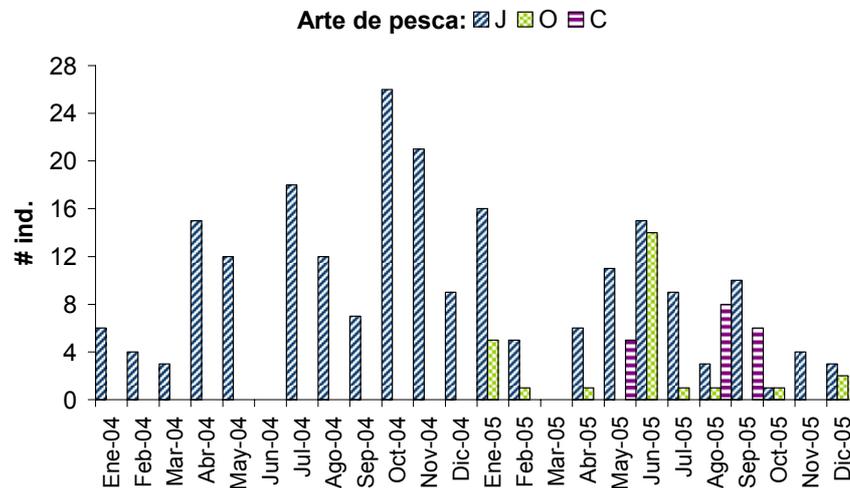


Figura 21. Abundancia absoluta mensual de los elasmobranquios capturados con los distintos artes en los dos años de muestreo (J: espinel anzuelo tipo J; O: espinel experimental circular, C: calabrote).

3.3.2. Composición

En el año 2004 la riqueza de las especies fue mayor en los meses de mayo, noviembre y diciembre. Los valores más altos de uniformidad y diversidad se obtuvieron en mayo y diciembre, contrario a la dominancia que presentó valores altos casi todo el año con respecto a los otros índices, con valores bajos en mayo y diciembre, cuando la riqueza, uniformidad y diversidad se hallaron altas (Figura 22).

El 2005 por su parte, difirió un poco de lo ocurrido en el primer año de muestreo, pues la riqueza obtuvo sus mayores valores en septiembre y noviembre, aún cuando abril, mayo y octubre también estuvo elevada; la uniformidad, se mantuvo alta casi todo el año, excepto en los meses de enero, febrero y junio, diferenciándose también de la diversidad, pues ésta adquirió los datos superiores entre abril y septiembre, además de noviembre. La dominancia fue baja casi todo el año, obteniendo los puntos más altos en enero y febrero (Figura 22). Además de las diferencias ya nombradas entre los dos años de muestreo, en la figura 22 se hace evidente que el 2005 presentó en general valores más altos que el 2004.

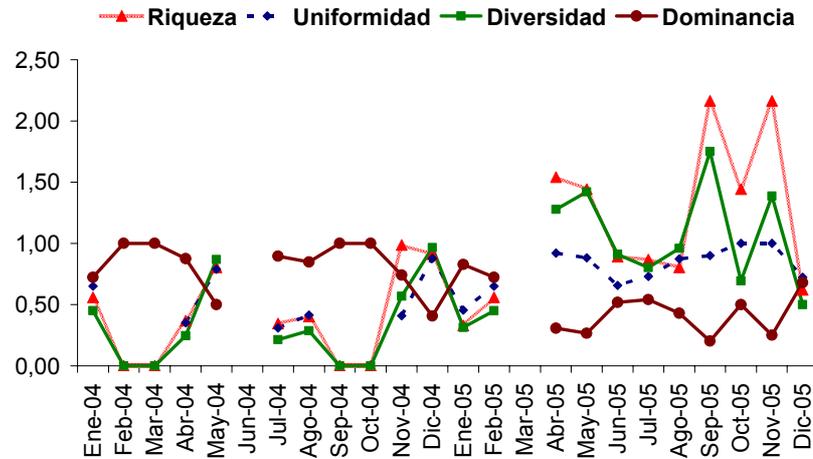


Figura 22. Índices bioecológicos (Riqueza de Margalef, Uniformidad de Pielou, Diversidad de Shannon – Wiener y Dominancia de Simpson) que expresan la composición mensual de los elasmobranquios, durante los años de muestreo.

3.3.3. Discusión

La presencia de los elasmobranquios en un área y/o una época específica, puede estar determinada por factores tanto físicos (corrientes, temperatura, salinidad) como bióticos (disponibilidad de alimento, hábitat) que influyen de diversa manera a variados niveles, en especies distintas o en lugares diferentes en las mismas especies (Simpfendorfer y Heupel, 2004).

Las abundancias absolutas y relativas de las especies estuvieron muy influenciadas por el esfuerzo pesquero con el que se trabajaron los artes de pesca empleados, pues el espinel J (espinel de anzuelo tipo “J”) mostró la mayor abundancia de individuos en respuesta a su tiempo de uso en este estudio (dos años), a diferencia del espinel experimental [espinel de anzuelo circular (O)] que únicamente se empleó durante el 2005 y el calabrote utilizado sólo en tres meses del último año (Tabla 3).

En el 2004 (Figura 18) la proporción observada previamente entre *Mustelus* spp. y *D. longa* cambia de manera drástica siendo mucho mayor la CPUE en biomasa que aquella en número de individuos, dado que a pesar que los individuos de toyo fueron mucho más



abundantes, son de tamaño y peso muy bajo al ser comparados a las rayas látigo coludas, que alcanzan grandes tamaños y biomasas. Estas diferencias se hacen más visibles en el 2005 (Figura 19) donde los valores de CPUE en biomasa de las especies, principalmente de *D. longa* son mucho más elevados en relación con la CPUE en número de individuos (Tabla 4). Al igual que la abundancia absoluta, la CPUE es un factor que varía de acuerdo al arte de pesca empleado, tal como se observa en la tabla 4. Allí se hace evidente que el calabrote, a pesar de haber sido utilizado únicamente durante tres meses del 2005, fue el que mayor influencia ejerció en la captura tanto en número como en peso con un bajo esfuerzo de pesca. Esto responde a la mayor selectividad de este arte con relación al espinel, pues al emplear un anzuelo mucho más grande, los animales que se capturan son de gran tamaño y con poca posibilidad de escape. Los dos tipos de anzuelos empleados con espinel presentaron pequeñas diferencias entre sí en la captura de elasmobranquios; sin embargo el anzuelo tipo J mostró una captura un poco mayor.

La abundancia absoluta de *Mustelus* spp. estuvo influenciada por el arte de pesca predominante durante los muestreos (espinel); esto puede deberse dado el pequeño tamaño de su anzuelo que permite retener especies pequeñas, juveniles de especies grandes o especies grandes de boca pequeña (Franke, 1990). Vale la pena resaltar que la baja abundancia en la captura con el calabrote responde al escaso número de faenas realizadas, por lo que no es posible inferir que la abundancia de especies pequeñas de elasmobranquios en el área sea mayor. Durante los dos años de muestreo *Mustelus* spp. fueron capturados únicamente con espinel, siendo la mejor especie representada en términos de abundancia absoluta y relativa (Tabla 3); esto concuerda con resultados obtenidos en estudios previos como el realizado por Franke (1990) en el que *M. lunulatus* fue el de mayor captura con espinel con 49,70 % sobre el total de tiburones obtenidos, seguido en abundancia por *R. longurio* y *M. henlei* con 29,04 % y 11,32 % respectivamente. Rojas (2000), a su vez, registró a *M. lunulatus* como la especie de condriictios más abundante en la isla, con 81 % en relación al total de tiburones capturados durante 1998.



Los dos estudios previamente nombrados trabajaron únicamente el componente tiburones (excluyendo las rayas), por lo que para efectos de comparación se determinaron las abundancias relativas con respecto al total de tiburones capturados. Es así como en este estudio *Mustelus* spp. mostró una mayor abundancia (85,65 %) en relación a la registrada por Franke (1990) aun agrupando los valores de ambas especies (*M. lunulatus* y *M. henlei*) (61,02 %), ocurriendo lo mismo con la registrada por Rojas (2000) (81 %). Lo anterior puede estar dado por el desplazamiento de estas especies desde o hacia otras áreas en distintos momentos, el incremento en la abundancia de los animales o simplemente a una variabilidad natural en abundancia propia de las especies; estando los resultados, a su vez, influidos por factores como la variabilidad entre los tiempos de trabajo, los sitios de muestreo y/o la metodología empleada.

Por su parte *D. longa* se capturó en los dos años de estudio con los dos tipos de artes de pesca, representando una abundancia total de 14,56 % (Tabla 3), habiendo sido registrada anteriormente en el área de estudio (Acero y Franke, 1995; Franke y Acero, 2001; Rubio y Angulo, 2003), pero sin datos de su abundancia. Es por esto que la información del presente trabajo es importante, pues la especie tiene una alta representación en biomasa en el área de estudio convirtiéndolo en un recurso pesquero de alto valor; razón por la cual se hacen necesarios más estudios en el área enfocados a la especie, tal como lo confirman Acero y Franke (1995).

Carcharhinus limbatus durante el muestreo se capturó únicamente en el 2005 con calabrote, alcanzando una abundancia relativa en número de 31,58 % en relación al total de elasmobranquios obtenidos con este arte (Tabla 3). Estudios como el de Franke (1990) permiten observar que la abundancia relativa de esta especie era mucho mayor a la que actualmente se está registrando, dado que la estimó en 76,44 % empleando el mismo arte. Acevedo (1996), por su parte, cita esta especie como la segunda más abundante (después de *C. falciformis*) en su estudio en la ensenada de Panamá con un 11,11 % en relación a los demás carcharhinidos atrapados y a pesar de que este último estudio se realizó en aguas oceánicas, permite ver con gran preocupación como hace más de 20 años el aletinegro era



una especie comercialmente explotable (Agencia de Cooperación Internacional de Japón, 1981; En: Acevedo, 1996). Con los resultados actuales se evidencia una disminución en la especie en el área que pueden estar dados por desplazamientos naturales causados por condiciones ambientales o por factores antrópicos como la pesca excesiva, por lo que se requieren estudios biológicos y pesqueros que demuestren su condición real con el fin de reglamentar su pesca, como lo sostienen Acero *et al.* (2002), dado que la especie está catalogada con bajo riesgo en el Pacífico colombiano, según la lista de la IUCN.

La captura de *C. leucas* en el 2005 con espinel (J) y calabrote (2,30 %) fue levemente mayor a la encontrada por Franke (1990) (1,44 %); esta abundancia posiblemente responda a que la totalidad de los individuos de esta especie fueron capturados en el sur del área de influencia, zona en la cual se concentran gran cantidad de desembocaduras de ríos, coincidiendo de esta manera con los hábitos costeros, lacustres y ribereños de esta especie (Compagno, 1984b).

Sphyrna lewini fue capturada con espinel (J) y tuvo una abundancia de 2,26 % en el 2004 y 1,20 % en el 2005 sobre el total de elasmobranquios muestreados con este aparejo artesanal (Tabla 3). Estos valores son más bajos a los registros de Franke (1990) (4,49%) con espinel y con calabrote (13,46 %) y a pesar de que en el presente estudio también se trabajó este último arte, con él no se capturó ningún ejemplar. De manera similar Acevedo (1996) estimó su abundancia relativa en 9,6 % de la captura total, empleando métodos industriales en aguas oceánicas de la ensenada de Panamá, lo cual seguramente es respuesta a que esta especie, a pesar de ser encontrada en zonas costeras e insulares, tiene un distribución mucho mayor en aguas semioceánicas (Compagno, 1984b).

Los bajos valores de abundancia de *Heterodontus mexicanus* y *Squatina* sp. (1,53 % cada uno), encontrados en los muestreos con el espinel (J y O) son semejantes a los registrados por Franke (1990), quién obtuvo abundancias relativas de 0,26 % y 0,43 % respectivamente. *C. porosus* también fue capturado con espinel y mostró en el presente estudio una abundancia relativa de 1,15 % para los dos años (Tabla 3), valor muy similar al



anotado previamente por Acevedo (1996) en su análisis de pesca artesanal para la especie (1,5 %) en la ensenada de Panamá.

Rhizoprionodon longurio colectada con espinel (J) mostró una abundancia relativa muy baja (0,75% en el 2004 y 1,20 % en el 2005) en comparación a la registrada por Franke (1990) (29,04 %). Esto podría indicar que la abundancia de la especie ha disminuido con el paso de los años y que esta reducción puede estar relacionada con su alta vulnerabilidad a este arte, en razón a las tallas que alcanza. Adicionalmente, ha sido frecuentemente registrada en el área y es endémica del Pacífico oriental al igual que *Mustelus lunulatus*, *Heterodontus mexicanus* y *Squatina armata* (Díaz, 1984); característica que evidencia la necesidad de nuevos estudios. Sin embargo para afirmar que existe una disminución en la abundancia es necesario hacer comparaciones en términos de captura por unidad de esfuerzo y de los cuales no se tiene registro previo.

En la isla Gorgona se realizó un estudio sobre las especies de rayas registradas para el área (Acero y Franke, 1995), pero este no describe su abundancia, por ello los valores que se presentan en este trabajo no permiten inferir ningún tipo de dinámica en el tiempo. *Rhinoptera steindachneri* obtuvo una abundancia relativa de 1,92 % y, aunque esta especie no tiene gran importancia comercial, sí es consumida y utilizada por los pescadores, por lo que se recomienda continuar sus estudios. *Aetobatus narinari* y *Zapteryx xyster* fueron capturadas únicamente con espinel (J) y presentaron muy bajas abundancias (0,46 % cada una) (Tabla 3). Las bajas abundancias de los batoideos encontradas en este estudio, son respuesta a la poca vulnerabilidad de las especies a los artes de pesca empleados y no a la abundancia de estas en el área, puesto que estudios previos (Rubio *et al.*, 1987; Acero y Franke, 1995; Rubio y Angulo, 2003; Navia y Mejía, 2004) revelan riqueza de otras especies como *Pristis perotteti*, *Diplobatis ommata*, *Rhinobatos glaucostigma*, *R. leucorhynchus*, *R. planiceps*, *R. prahli*, *Zapteryx xyster*, *Raja velezi*, *Dasyatis brevis*, *Urobatis halleri*, *Discopyge tschudii*, *Urotrygon asterias*, *Manta birostris*, *Mobula thurstoni* y *M. munkiana*.



La mayor abundancia de las especies en el área marina de la isla Gorgona puede responder a que por ser esta una zona protegida, se conservan las características del hábitat favoreciendo sus procesos biológicos y constituyendo un enclave biogeográfico para la dispersión y migración de diferentes especies marinas incluidos los elasmobranquios (Castillo *et al.*, 2004). La mayor abundancia de individuos en la zona sur (65,40 %) puede obedecer a que Gorgonilla y otras aglomeraciones rocosas permiten la existencia de formaciones coralinas distribuidas hacia el sur y suroccidente de la isla (El Viudo, Las Montañitas, La Cazuela), que en conjunto pueden favorecer procesos biológicos de alimentación, reproducción y crecimiento, además de presentar la influencia de corrientes, lo cual permite una mayor disponibilidad de alimento para niveles tróficos inferiores lo que constituye un lugar ideal para que depredadores tope como los elasmobranquios puedan encontrar sus presas

La abundancia de la zona norte (16,35 %) puede estar respondiendo a que, al igual que en la zona sur, existe la influencia de corrientes, además de presentar bancos rocosos que sirven de refugio a crustáceos que también son un ítem común en la dieta de los tiburones y rayas (Rojas, 2000, Gómez *et al.*, 2003). La zona centro, por su parte, mostró igual abundancia a la norte. Estos resultados no concuerdan con lo anteriormente publicado por Rojas (2000) en donde la zona de mayor abundancia para *M. lunulatus* en 1998, fue el norte y la de menor fue el sur, lo cual probablemente muestre que, aunque existan preferencias en las zonas, estas se encuentran en un área muy pequeña para la movilidad de estos animales, por lo que las abundancias en cada área pueden estar variando constantemente.

La temperatura es un factor que puede influir en la estructura de las poblaciones de elasmobranquios, dado que la mayoría de ellos son peces ectotérmicos, que buscan un ámbito de temperatura que les permita optimizar las tasas fisiológicas metabólicas, de crecimiento y de alimentación (Carlson *et al.*, 2004). Teniendo en cuenta los datos de temperatura del agua registrados por INVEMAR (2000; En: Díaz *et al.*, 2001), se puede observar que a lo largo del año no hay grandes fluctuaciones en esta condición, encontrando 26 °C en los últimos meses del año y 28 °C entre mayo y junio; sin embargo, y



a pesar de que el gradiente térmico vertical por lo general no sobrepasa 1°C por cada 10 m de profundidad, puede observarse un cambio brusco de temperatura en aguas relativamente profundas (45 m y 60 m) llegando a temperaturas hasta de 16 °C (Anexo A) (Prahl *et al.*, 1979; Díaz *et al.*, 2001; INVEMAR, 2001).

De acuerdo a lo previamente mencionado y entendiendo que los artes de pesca empleados en este estudio son de fondo; se deduce que la abundancia en las capturas de elasmobranquios no responde directamente a un patrón mensual de temperatura del agua. Esto es corroborado por Brett (1971; En: Carlson *et al.*, 2004) quién puntualiza que la mayoría de peces ectotérmicos son termoconformes, no habitando en los rangos de temperatura óptimos, sino entre la máxima y mínima temperatura que pueden soportar. Esta característica ha sido ratificada en estudios recientes (Carlson *et al.*, 2004) que demuestran que cuando estos animales viven en ambientes heterogéneos se alimentan en aguas cálidas y descansan en aguas más frías. Sin embargo los estudios de la influencia de la temperatura en la fisiología de condriictios se han dirigido a pocas especies (Carey *et al.*, 1982, 1985; Alexander, 1995; Goldman, 1997, 2002; Carlson, 1998; Mattern *et al.*, 2000; Bernal *et al.*, 2001), y es necesario experimentar el efecto de este factor en un mayor número de especies.

Al relacionar la abundancia de elasmobranquios con la precipitación, se observa que las mayores lluvias se presentaron entre mayo y noviembre y las menores entre diciembre y abril (Anexo C), coincidiendo con la abundancia de tiburones y rayas. Esto puede estar causado, en cierta parte, por que al aumentar las lluvias, se incrementa la disponibilidad de alimento que se genera por la crecida de las 25 quebradas constantes que están en las laderas de la isla Gorgona, otras 70 más que poseen caudal durante la época más lluviosa y principalmente por las copiosas descargas de los ríos de la vertiente del Pacífico que circulan por la cordillera occidental (Díaz *et al.*, 2001). Con relación a esto Compagno (1984b) plantea que los movimientos de *M. henlei* en la bahía de San Francisco durante el invierno, pueden estar dados a que la lluvia incrementa el flujo de agua dulce y por tanto la disponibilidad de alimento. Lo anterior, aunque podría explicar parcialmente la mayor abundancia de los elasmobranquios en el área de estudio con la época de mayores lluvias



(exceptuando enero del 2005), no es un factor definitivo dado que los caudales de los cuerpos de agua dulce del área de estudio no son tan grandes como para influir de gran manera en la abundancia de los ítems alimentarios de las especies en estudio.

Un tercer factor abiótico es la salinidad que también afecta la estructura de las comunidades de peces (Kardong, 1999). Al observar los mapas de salinidad (Anexo C), pueden verse valores muy similares en las zonas de muestreo, donde los valores más altos de salinidad (30,8 UPS) se encontraron en cercanías a la isla y los más bajos fueron hallados en el sector sureste (30,2 UPS) hacía las bocanas de los ríos Tapaje, Iscuandé, Guapi, Guajui y Timbiquí, con la formación de una haloclina en aguas más profundas (40 – 60 m) con salinidades entre 31,5 UPS y 34,5 UPS (INVEMAR, 2001). Al confrontar esto con las capturas de elasmobranquios puede advertirse, que la mayor abundancia se presentó en la zona sur (Figura 20), donde se presentan menores salinidades coincidiendo con la teoría de que los elasmobranquios son organismos osmoconformistas que emplean solutos para mantener la osmolaridad (Carlson *et al.*, 2004), como lo demuestran ciertas especies como *Carcharhinus leucas* que ha sido registrado en aguas salobres (Snelson *et al.*, 1984). Sin embargo, no todas las especies manejan las mismas dinámicas pues otros estudios (Janech y Piermarini, 1997; Janech *et al.*, 1998; Piermarini y Evanns, 2000) demuestran como en *Dasyatis sabina*, existen costos energéticos osmoregulatorios asociados a la disminución en la salinidad.

Por todo lo anterior se hace evidente que la abundancia y distribución de los elasmobranquios capturados en este estudio no responde enteramente a los factores ambientales mencionados. Ante esta situación se puede considerar que la estructura de este ensamblaje en Gorgona y su área de influencia, responde a factores de mayor escala espacial que afectan la región Pacífica centro oriental como sucede en diversos grupos de organismos marinos (Rex *et al.*, 1993; McPherson y Duarte, 1994), y que además pueden estar influidos por las dinámicas que ocurren dentro de corredor biológico del Pacífico oriental constituido por las islas Gorgona y Malpelo (Colombia), Galápagos (Ecuador) y Cocos (Costa Rica).



Teniendo en cuenta la composición de las capturas, puede verse que los índices en el 2004 muestran la evidente dominancia ejercida por *Mustelus* spp. como consecuencia de su registro durante todos los meses del 2004 (Figura 22), siendo además los únicos representantes de los elasmobranquios en febrero, marzo, septiembre y octubre. La escasez de las otras especies en el tiempo ocasionó la baja riqueza, la cual a su vez estuvo muy ligada con la diversidad, cuyos valores fueron dados por el bajo número de especies y la baja abundancia de las mismas. De igual manera ocurre con la uniformidad, que mostró para el mismo año que las especies se distribuyeron de manera desigual en el área de estudio. A pesar de esto puede observarse una disminución notable del índice de dominancia (50 % y 60 %) en mayo y diciembre, y un consecuente aumento de los demás índices evaluados (riqueza, uniformidad y diversidad), picos que concuerdan con la aparición de otras especies. El comportamiento disímil que se observó en el 2005 (Figura 22), responde al registro de mayor número de especies y de manera un poco más continua en el tiempo, impidiendo que se generara dominancia por una especie como en el año anterior.

3.4.COMPOSICIÓN POR TALLAS Y TIPO DE CRECIMIENTO

3.4.1. Composición por tallas

De las 14 especies capturadas durante el periodo evaluado puede observarse como *D. longa* fue la especie con mayor amplitud en tallas (153,00 cm – 381,62 cm), mientras que *Squatina* sp. presentó la menor amplitud (95,00 cm – 98,00 cm) (Tabla 5).



Tabla 5. Promedios, longitudes mínimas y máximas de las especies de elasmobranquios capturadas durante los años de muestreo. n: Número de individuos; LT: Longitud total; EE: Error estándar.

Especie	n	Ámbito de LT (cm)	Promedio de LT (cm)	EE
<i>Squatina californica</i>	2	81,00 - 87,50	84,25	3,25
<i>Squatina</i> sp.	4	95,00 - 98,00	96,63	0,80
<i>Heterodontus mexicanus</i>	4	52,50 - 65,00	60,13	2,68
<i>Mustelus</i> spp.	185	45,60 - 129,00	81,25	1,31
<i>Carcharhinus leucas</i>	6	138,60 - 173,00	153,87	7,15
<i>Carcharhinus limbatus</i>	6	170,00 - 217,00	201,83	7,24
<i>Carcharhinus porosus</i>	3	73,00 - 98,50	81,67	8,42
<i>Rhizoprionodon longurio</i>	2	79,00 - 88,00	83,50	4,50
<i>Sphyrna lewini</i>	4	84,50 - 122,00	104,38	7,68
<i>Raja velezi</i>	1		80,00	
<i>Zapteryx xyster</i>	1		51,00	
<i>Dasyatis longa</i>	38	153,00 - 381,62	271,13	10,07
<i>Aetobatus narinari</i>	1		283,00	
<i>Rhinoptera steindachneri</i>	5	94,50 - 129,00	113,50	7,83
Total	263	45,60 - 381,62	114,48	75,26

En relación a las tallas de captura y el tipo de crecimiento por especie, se analizaron únicamente las relacionadas con *Mustelus* spp. y *D. longa*, dado que las otras especies presentaron un bajo número de individuos que no permiten dilucidar ningún tipo de tendencia. En la determinación de diferencias estadísticamente significativas en las tallas de captura con los dos tipos de anzuelos empleados en el espinel (J y O), la prueba de Mann-Whitney U mostró un P-value para *Mustelus* spp. de 0,676652 y para *D. longa* de 0,819118, siendo estos mayores a 0,05 aceptando de esta manera la hipótesis nula que dice que no hay diferencias estadísticamente significativas entre estas tallas.

La figura 23 ilustra la distribución de tallas de *Mustelus* spp. mostrando una distribución asimétrica con un ámbito amplio de tallas modal (55,00 cm – 95,00 cm), a diferencia de lo observado en la figura 24 que podría sugerir para *D. longa* una distribución bimodal, la cual es explicada al analizar las capturas de acuerdo al arte de pesca, así la captura con espinel presenta rangos de tallas mucho menores a los que son obtenidos mediante el empleo del calabrote (Figura 25).

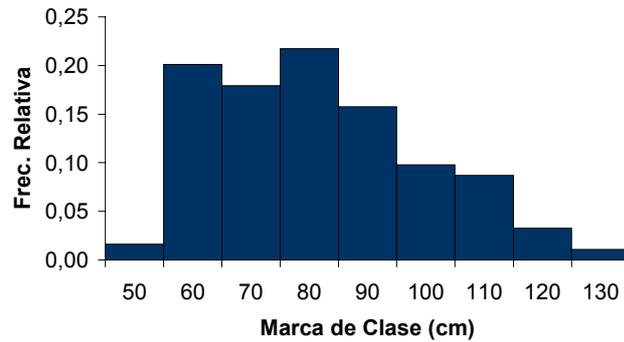


Figura 23. Distribución de frecuencia de tallas de *Mustelus* spp. en los años de muestreo.

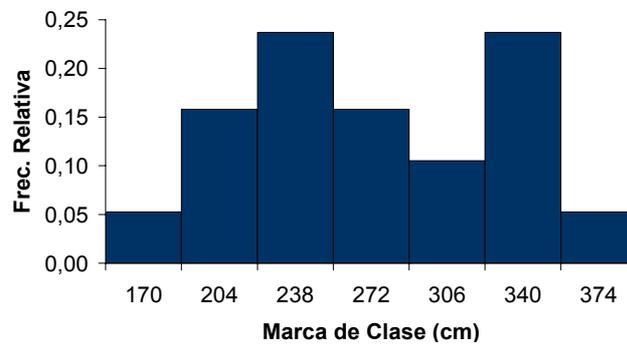


Figura 24. Distribución de frecuencia de tallas de *Dasyatis longa* en los años de muestreo.

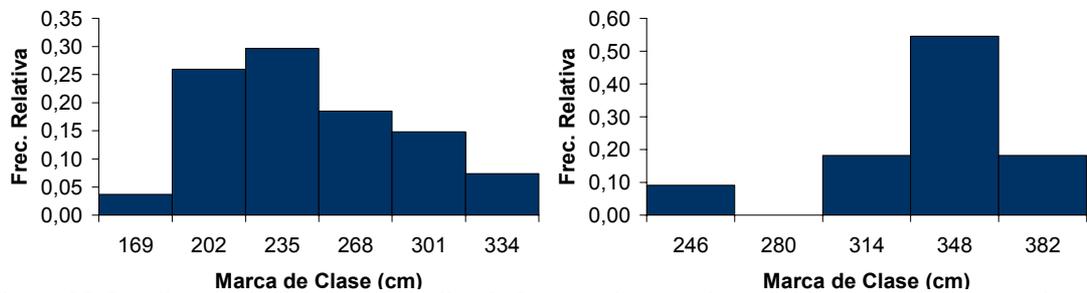


Figura 25. Distribución de frecuencia de tallas de *Dasyatis longa* en los años de muestreo diferenciadas por los artes de captura. Izquierda: Espinel (anzuelos tipo J y circular O); derecha: Calabrote.

3.4.2. Tipo de crecimiento

Mediante este ejercicio se determinó un crecimiento de tipo isométrico para ambas especies (Tabla 6); sin embargo existió una variación en el manejo de los datos dado que en *Mustelus* spp., al trabajar únicamente con los individuos capturados se obtuvo un crecimiento de tipo alométrico; por lo que se incluyó la información de los embriones y con ella se confirmaron los resultados (Figura 26). Las gráficas para determinar el valor de b , muestran un crecimiento exponencial de *Mustelus* spp. y *D. longa* (Figura 26).



Tabla 6. Valores de a y b para *Mustelus spp.* y *Dasyatis longa* que determinan el tipo de crecimiento de las especies. n: Número de individuos; Tc: valor de t calculado; Tt: valor de t tabulado con un $\alpha/2$ de 0,025 y n-2 grados de libertad y L_∞ : longitud asintótica.

Especie	n	a	b	Tc	Tt	Crecimiento	L_∞
<i>Mustelus spp.</i>	320	2,71E-08	3,01	0,91	2,34	Isométrico	135,79
<i>Dasyatis longa</i>	LT	23	2,41E-03	3,55	1,78	Isométrico	360,53
	AD	36	2,99E-05	3,22	1,79	Isométrico	197,89

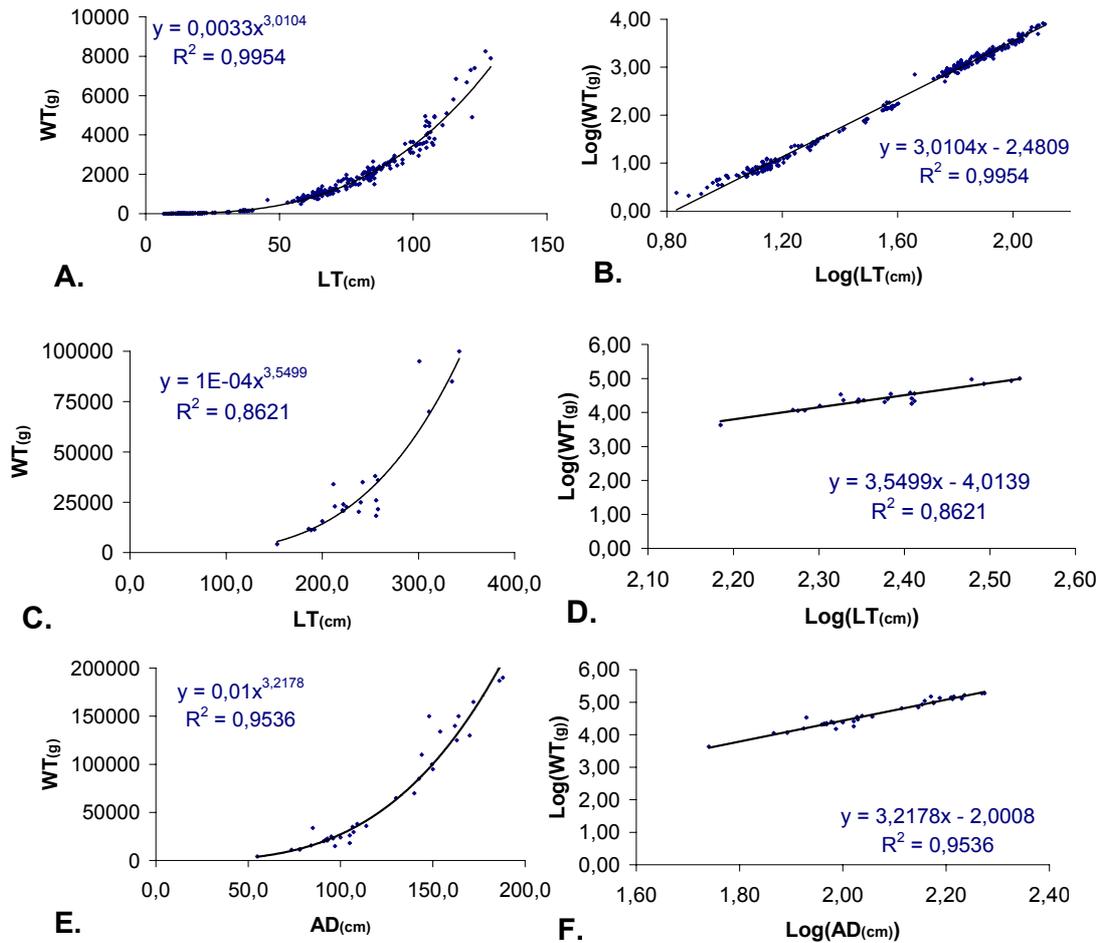


Figura 26. Curvas de crecimiento exponencial y lineal con sus respectivas ecuaciones para *Mustelus spp.* (A y B) y *Dasyatis longa* (C, D, E y F).

3.4.3. Discusión

Las especies de este estudio presentaron un ámbito de tallas acorde a lo reportado previamente en la bibliografía (Compagno, 1984a,b, 2002 a,b; McEachran y Notarbartolo di Sciara, 1995a; Compagno *et al.*, 1995; Robertson y Allen, 2002); con excepción de *D.*



longa que hasta el momento registraba una talla máxima de 2,6 m y 1,2 m de ancho de disco (Robertson y Allen, 2002; McEachran, 1995a), mientras que en el presente trabajo se registraron individuos hasta de 3,8 m de longitud total y 1,8 m de ancho del disco, lo cual representa una gran importancia dado que es una diferencia considerable en la talla de la especie y tiene implicaciones en los parámetros de la historia de vida de las especies tales como la longevidad, el crecimiento, la reproducción y la fecundidad, los cuales influyen en la vulnerabilidad de la especie.

Teniendo en cuenta la distribución de tallas de *Mustelus* spp. (Figura 24) que fue obtenida únicamente con espinel, puede observarse como la mayor captura se dió entre los 55 cm y 95 cm de longitud total. Por su parte, *D. longa* presentó sus mayores capturas entre 187 cm y 279 cm, observando además otro pico elevado de frecuencia relativa de captura entre 323 cm y 357 cm de longitud total (Figura 25). La distribución bimodal presentada por la raya látigo coluda, está dada principalmente por el tamaño del anzuelo y no por la forma del mismo, como se confirmó con la prueba de Mann-Whithney U. De esta manera se visualiza la selectividad del calabrote que por presentar un anzuelo muy grande permite capturar especies de grandes tamaños, a diferencia del espinel cuyo anzuelo es poco selectivo y captura individuos de tallas pequeñas.

El tipo de crecimiento alométrico encontrado al analizar únicamente los especímenes capturados de *Mustelus* spp. es seguramente respuesta a que el rango de tallas de captura de estos está influenciado por el arte de pesca, ya que los individuos más jóvenes no quedan suficientemente representados y por ende se genera un sesgo en el resultado, hecho que se confirmó al determinar el crecimiento isométrico cuando se incluyeron las tallas de los embriones.

Los resultados obtenidos en el tipo de crecimiento confirman lo expuesto por estudios anteriores (Tabla 7) en los cuales se determina un crecimiento de tipo isométrico para estas especies del mismo género (*Mustelus* y *Dasyatis*), tal como sucede en la mayoría de elasmobranquios. El crecimiento isométrico esta relacionado con el incremento de la



superficie de un objeto o animal de manera similar en los tres ejes longitudinales (x, y, z) (Randall *et al.*, 1998)); el valor de b determinado en el presente estudio para *Mustelus* spp., se asemeja mucho a lo registrado para las especies del género, aunque levemente mayor con respecto a los estudios de Navia (2002) y Rojas (2000) que también se llevaron a cabo en el Pacífico colombiano. Los valores de b obtenidos para *D. longa* presentaron una variación un poco mayor teniendo en cuenta el estudio de Navia (2002), puede notarse como en relación a la longitud total (LT) el valor de b determinado en este estudio es mayor, siendo aún más grande la diferencia cuando se tiene en cuenta el ancho del disco (AD).

Tabla 7. Valores de b para las especies de los géneros *Mustelus* y *Dasyatis* determinadas en estudios anteriores.

Especie	b		Localidad	Referencia
<i>Mustelus</i> spp.	3,12		No especifica	Froese & Pauly, 2006.
<i>Mustelus antarcticus</i>	3,00		No especifica	Froese & Pauly, 2006.
<i>Mustelus asterias</i>	3,08		Croacia	Pallaoro <i>et al.</i> 2005.
<i>Mustelus canis</i>	3,10		Sur África	Van der Elst, 1981.
<i>Mustelus lenticulatus</i>	3,32		Nueva Zelanda	Froese & Pauly, 2006.
<i>Mustelus lunulatus</i>	2,75		Pacífico colombiano	Rojas, 2000.
<i>Mustelus lunulatus</i>	2,92		Pacífico colombiano	Navia, 2002.
<i>Mustelus manazo</i>	3,20		Japón, Vanau	Brouard & Grandperrin, 1984.
<i>Mustelus mustelus</i>	2,76		Croacia	Dulcic & Kralijevic, 1996.
<i>Mustelus norrisi</i>	3,18		México	Bonfil <i>et al.</i> 1990.
<i>Mustelus</i> spp.	3,01		Pacífico colombiano	Presente estudio
<i>Dasyatis</i> spp.	3,08	-	No especifica	Froese & Pauly, 2006.
<i>Dasyatis akajei</i>	3,00	LT	No especifica	Froese & Pauly, 2006.
<i>Dasyatis americana</i>	2,67	LT	Estados Unidos	Froese & Pauly, 2006.
<i>Dasyatis americana</i>	2,81	AD	Cuba	Froese & Pauly, 2006.
<i>Dasyatis brevis</i>	3,00	LT	No especifica	Froese & Pauly, 2006.
<i>Dasyatis centroura</i>	3,00	LT	No especifica	Froese & Pauly, 2006.
<i>Dasyatis guttata</i>	3,34	LT	Caribe colombiano	Duarte <i>et al.</i> 1999.
<i>Dasyatis kuhlii</i>	3,36	LS	Nueva Caledonia	Kulbicki <i>et al.</i> 2005.
<i>Dasyatis longa</i>	2,89	LT	Pacífico colombiano	Navia, 2002.
<i>Dasyatis longa</i>	1,80	AD	Pacífico colombiano	Navia, 2002.
<i>Dasyatis longa</i>	3,55	LT	Pacífico colombiano	Presente estudio
<i>Dasyatis longa</i>	3,22	AD	Pacífico colombiano	Presente estudio
<i>Dasyatis pastinaca</i>	3,11	AD	Sur África	Froese & Pauly, 2006.
<i>Dasyatis pastinaca</i>	3,21	AD	Escocia	Froese & Pauly, 2006.
<i>Dasyatis pastinaca</i>	3,40	AD	Croacia	Froese & Pauly, 2006.
<i>Dasyatis pastinaca</i>	3,31	LT	Mediterráneo este.	Ismen, 2003.
<i>Dasyatis pastinaca</i>	3,26	AD	Mediterráneo este.	Ismen, 2003.
<i>Dasyatis sabina</i>	3,16	AD	Estados Unidos	Schwartz & Dahlberg, 1978.
<i>Dasyatis thetidis</i>	3,00	LT	No especifica	Froese & Pauly, 2006.



3.5. CONDICIÓN REPRODUCTIVA

3.5.1. Proporción de sexos

Únicamente siete especies presentaron representantes de individuos de ambos sexos teniendo una mayoría de hembras en las especies *H. mexicanus*, *Mustelus spp.*, *S. lewini* y *D. longa* con una proporción (Hembras:Machos) de 3:1 y *C. leucas* con 2:1; mientras que los machos estuvieron mejor representados en *C. limbatus* con 1:2 y *R. steindachneri* con 1:4 (Figura 27). Sin embargo esta relación sólo es válida para *Mustelus spp.* y *D. longa* puesto que fueron las únicas especies que tienen un número estadísticamente significativo de individuos capturados y cuyas proporciones fueron confirmadas con la prueba de *ji-cuadrado* (χ^2) (Tabla 8)

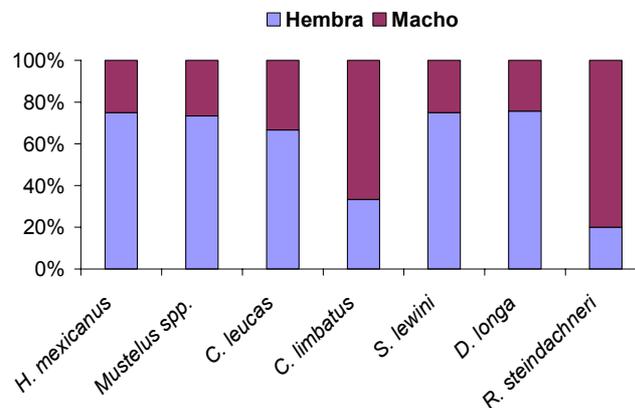


Figura 27. Proporción de sexos de las especies de elasmobranquios capturadas durante los años de muestreo.

Tabla 8. Valores resultantes de la prueba *ji-cuadrado* (χ^2) para *Mustelus spp.* y *Dasyatis longa*

Especie	χ^2 calculado	χ^2 tabla
<i>Mustelus spp.</i>	40,20	3,84
<i>Dasyatis longa</i>	9,76	3,84

3.5.2. Estadíos de madurez sexual

La figura 28 muestra que la mayoría de las hembras capturadas (61 %) fueron inmaduras sexualmente (estadíos 1 y 2), siendo únicamente *H. mexicanus*, *Mustelus spp.*, *C. leucas*, *C. limbatus* y *D. longa* las que registraron las hembras maduras (estadíos 3 y 4) en ambos años de muestreo. Por otra parte, la mayoría de los machos fueron capturados en estado inmaduro (estadíos 1 y 2) (81 %), mientras que sólo las especies *Squatina sp.*, *H.*



mexicanus, *Mustelus* spp., *C. limbatus*, *D. longa* y *R. steindachneri* presentaron individuos maduros sexualmente (estadio 3) (Figura 29).

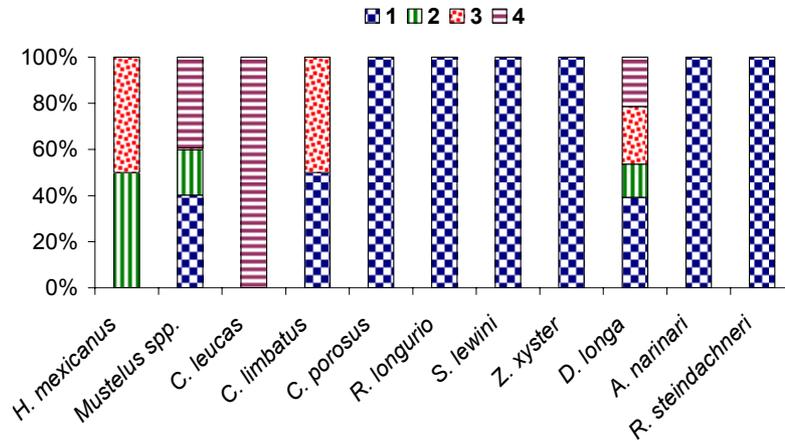


Figura 28. Estadios de madurez sexual registrados en las hembras de las especies de elasmobranquios capturadas durante los años de muestreo.

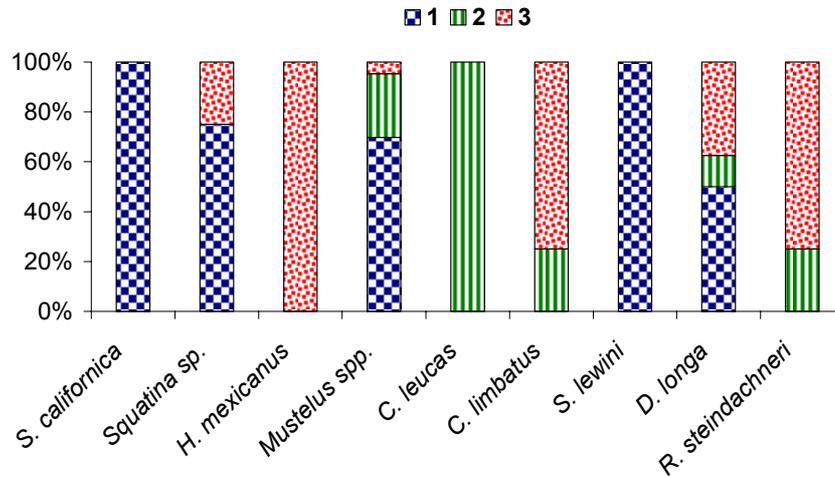


Figura 29. Estadios de madurez sexual registrados en los machos de las especies de elasmobranquios capturados durante los años de muestreo.

Las abundancias mensuales de los estadios de madurez sexual en las especies de mayor captura (*Mustelus* spp. y *Dasyatis longa*) y para ambos sexos se muestran en las figuras 30 y 31.

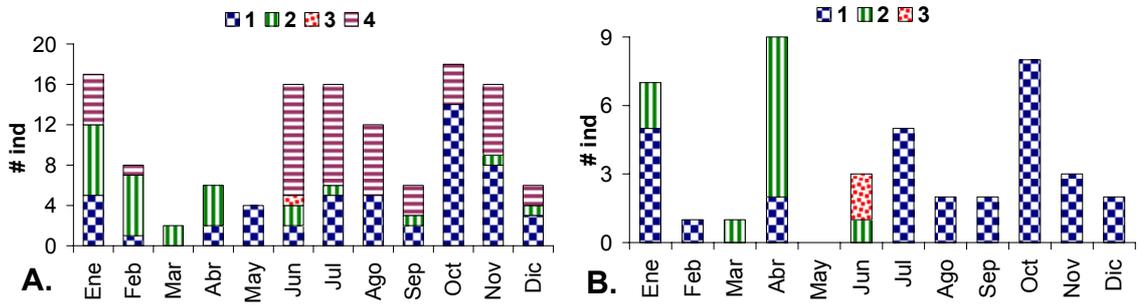


Figura 30. Abundancia mensual de los estadios de madurez para las hembras (A) y los machos (B) de *Mustelus* spp. capturados en los años de muestreo.

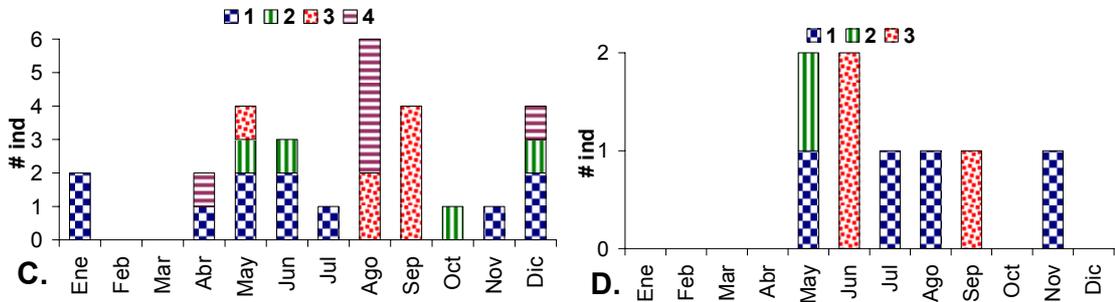


Figura 31. Abundancia mensual de los estadios de madurez para las hembras (C) y los machos (D) en *Dasyatis longa* capturados en los años de muestreo.

En la figura 32 se observa como el espinel de anzuelo tipo J captura muchos más individuos inmaduros que maduros, a diferencia del espinel experimental de anzuelo circular (O) en el cual las diferencias entre la captura de individuos maduros e inmaduros es menor. El calabrote por su parte, muestra una mayoría absoluta en cuanto a la captura de individuos maduros con respecto a los que no han alcanzado su madurez sexual.

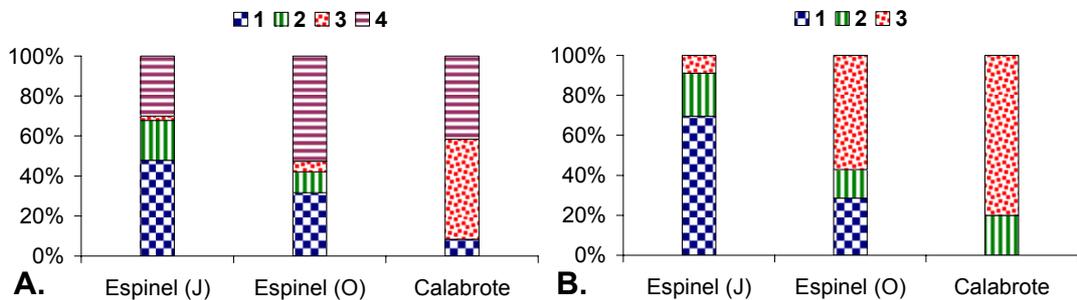


Figura 32. Abundancia relativa (%) del total de elasmobranquios capturados con los distintos artes de pesca empleados, en relación a los estadios de madurez sexual (A: hembras, B: machos).



3.5.3. Índices para evaluar la condición reproductiva de las especies

Al confrontar lo anterior con los índices que permiten evaluar la condición reproductiva de las especies (*Mustelus* spp. y *D. longa*), puede observarse como en las hembras el índice gonadosomático (IGS) muestra una tendencia clara con respecto al número de individuos maduros (Figuras 33 y 35). Sin embargo, el índice hepatosomático (IHS) y el factor de condición (K) no presentan esta misma relación (Figuras 34 y 36). En los machos no se observa la relación entre el IGS y la abundancia de los individuos maduros y los índices reproductivos no reflejan ninguna tendencia (Figuras 37 y 38).

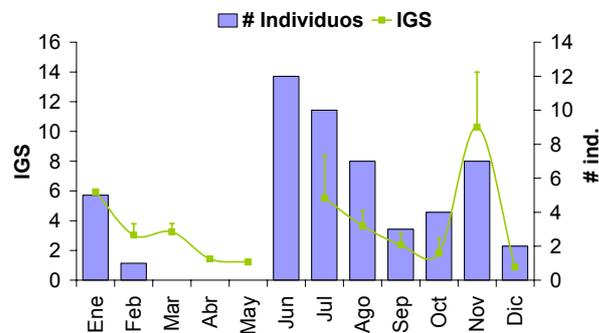


Figura 33. Relación mensual entre el índice gonadosomático (IGS) con su respectiva medida de variación (error estándar) y la abundancia absoluta (# ind.) de las hembras maduras de *Mustelus* spp. durante los dos años de muestreo.

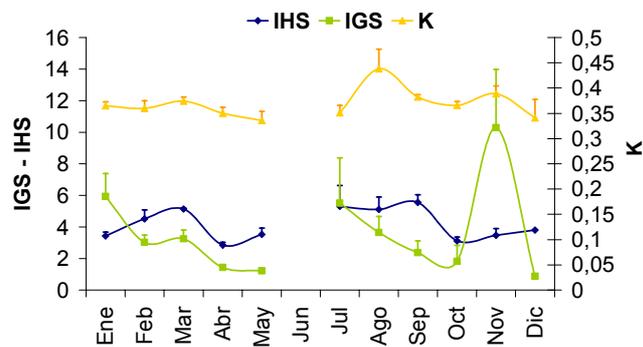


Figura 34. Índices reproductivos mensuales de las hembras de *Mustelus* spp. durante los dos años de muestreo, con sus respectivas medidas de variación (error estándar).

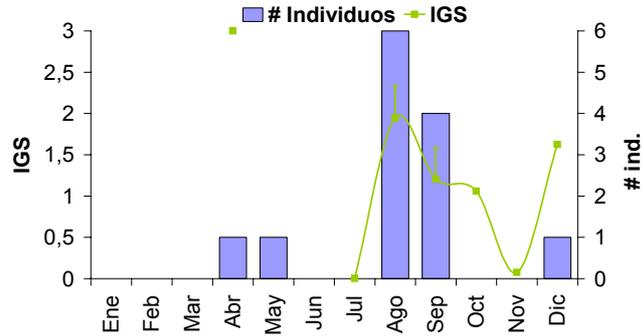


Figura 35. Relación mensual entre el índice gonadosomático (IGS) con su respectiva medida de variación (error estándar) y la abundancia absoluta (# ind.) de las hembras maduras de *Dasyatis longa* durante los dos años de muestreo.

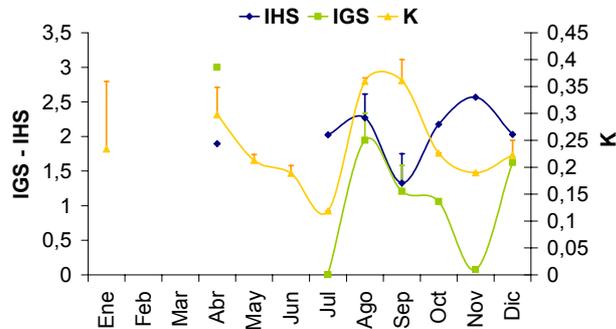


Figura 36. Índices reproductivos mensuales de las hembras de *Dasyatis longa* durante los dos años de muestreo, con sus respectivas medidas de variación (error estándar).

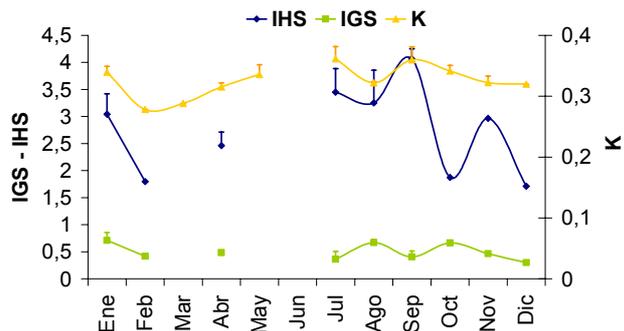


Figura 37. Índices reproductivos mensuales de los machos de *Mustelus* spp. durante los dos años de muestreo, con sus respectivas medidas de variación (error estándar).

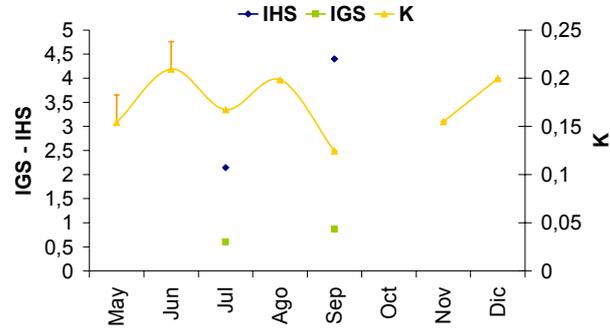


Figura 38. Índices reproductivos mensuales de los machos de *Dasyatis longa* durante los dos años de muestreo, con sus respectivas medidas de variación (error estándar).

3.5.4. Talla media de madurez sexual

La talla media de madurez sexual (TMM) de las hembras fue calculada para *Mustelus* spp. en 61 cm (Figura 39) y para *D. longa* en 156,6 cm de ancho de disco (Figura 40) y 332 cm de longitud total (Figura 41).

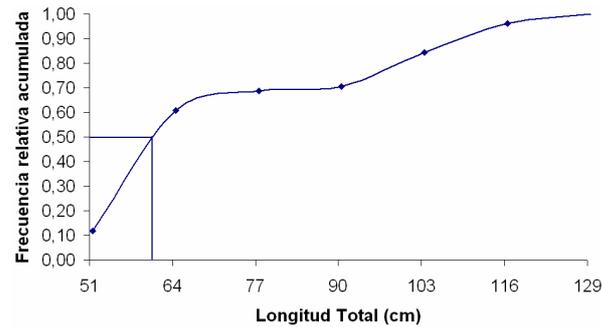


Figura 39. Relación de la frecuencia relativa acumulada de las hembras maduras de *Mustelus* spp. por frecuencia de tallas (longitud total).

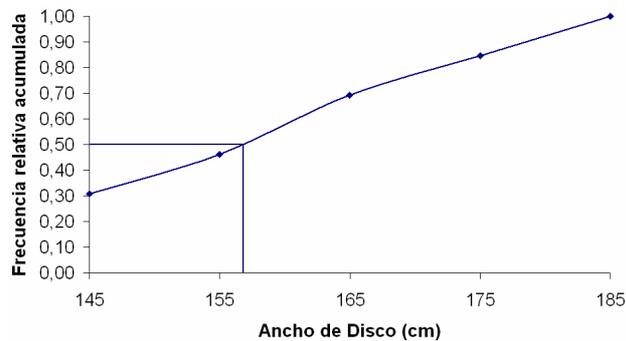


Figura 40. Relación de la frecuencia relativa acumulada de las hembras maduras de *Dasyatis longa* por frecuencia de tallas (ancho de disco).

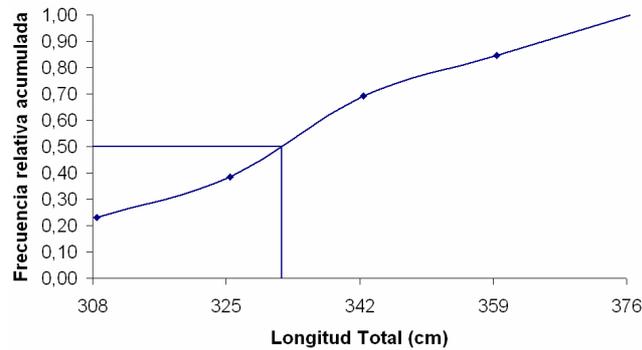


Figura 41. Relación de la frecuencia relativa acumulada de las hembras maduras de *Dasyatis longa* por frecuencia de tallas (longitud total).

3.5.5. Generalidades del desarrollo embrionario y de los ovocitos.

Mustelus spp., *D. longa* y *C. leucas* fueron las tres únicas especies que presentaron hembras grávidas en estado IV y la proporción de sexos para los embriones de estas especies fue de 1:2, 1:1 y 1:1 respectivamente (Hembras:Machos). Sin embargo, la única proporción estadísticamente significativa es la de *Mustelus spp.* en razón tamaño muestral (número de individuos) y cuyos resultados fueron confirmados con la prueba *ji-cuadrado* (χ^2 calculado: 6,84, χ^2 tabla:3,84). El número de embriones promedio por hembra fue para *Mustelus spp.* de cinco ($\pm 0,40$), para *D. longa* de dos ($\pm 0,37$) y para *C. leucas* de ocho (Tabla 9).

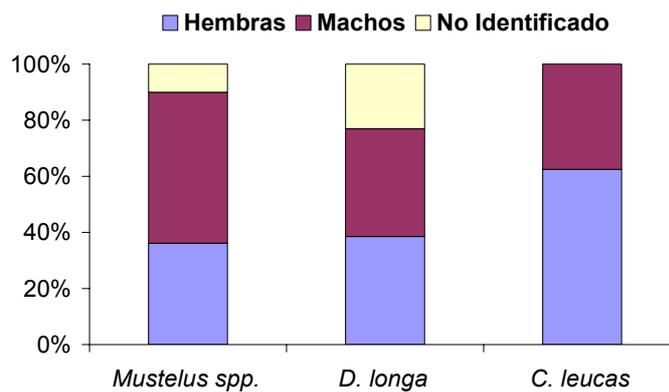


Figura 42. Proporción de sexos de los embriones obtenidos en las hembras grávidas capturadas.



Tabla 9. Valores mínimos, máximos y promedios de embriones por hembra, encontrados en cada especie (n: número de embriones analizados; EE: error estándar).

	n	Mínimo	Máximo	Promedio	EE
<i>Mustelus spp.</i>	33	2	9	5	0,39
<i>Dasyatis longa</i>	5	1	3	2	0,37
<i>Carcharhinus leucas</i>	1	8	8	8	

Las tallas promedios de los embriones fueron para *Mustelus spp.* de 18,39 cm ($\pm 0,87$) de LT, para *D. longa* de 69,65 cm ($\pm 8,60$) de LT y 24,15 cm ($\pm 3,48$) de AD y para *C. leucas* de 62,00 cm ($\pm 0,70$) de LT (Tabla 10).

Tabla 10. Tallas máximas, mínimas y promedios (cm) de los embriones encontrados en cada especie (n: número de embriones analizados; EE: error estándar).

	<i>Mustelus spp.</i>		<i>Dasyatis longa</i>				<i>Carcharhinus leucas</i>	
	Machos	Hembras	Longitud Total		Ancho de Disco		Machos	Hembras
			Machos	Hembras	Machos	Hembras		
Máxima	38,80	40,00	96,60	99,60	36,80	36,60	63,00	63,00
Mínima	6,80	9,40	48,40	38,50	16,40	18,50	57,50	62,00
Promedio	17,06	19,71	67,52	71,78	22,14	26,15	61,66	62,33
n	102	68	5	6	5	6	5	3
EE	0,71	1,03	8,25	8,96	3,76	3,21	1,06	0,33

Por otra parte sólo se analizaron ovocitos de *D. longa*, *H. mexicanus* y *C. leucas*; sin embargo, la descripción de estos únicamente hace referencia a las dos primeras especies dado que la hembra con embriones de *C. leucas*, presentó gran cantidad de folículos atrécicos muy pequeños y muy unidos entre sí, embebidos en una masa (tejido ovárico) y con las características no viables nombradas en la tabla 2.

El ámbito de tamaños para los ovocitos pequeños en *D. longa* varió entre 1,8 mm a 13,4 mm. Los diámetros máximos de los ovocitos medianos y grandes se observan en la figura 43 y muestran un tamaño similar en estadíos III y IV de madurez sexual.

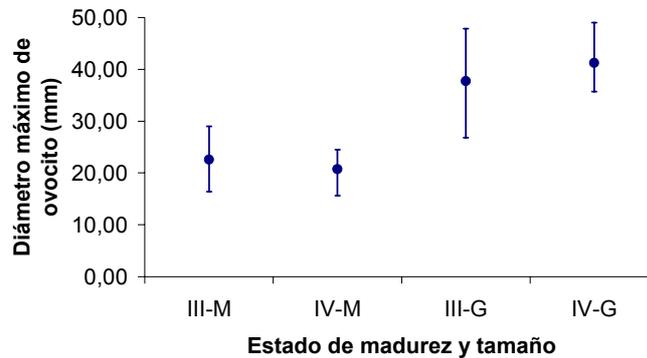


Figura 43. Diámetro promedio, valores máximos y mínimos de los ovocitos viables obtenidos en 10 hembras de *Dasyatis longa* según el estado de madurez sexual (III ó IV) y el tamaño (M: mediano; G: grande).

La figura 44 muestra la tendencia en tamaños de los ovocitos encontrados en la hembra de estado III de *H. mexicanus*, presentando los pequeños en un diámetro del ovocito promedio de 13,00 mm ($\pm 0,71$); los medianos de 18,70 mm ($\pm 0,45$) y los grandes de 22,25 mm ($\pm 0,53$) en el diámetro máximo del ovocito.

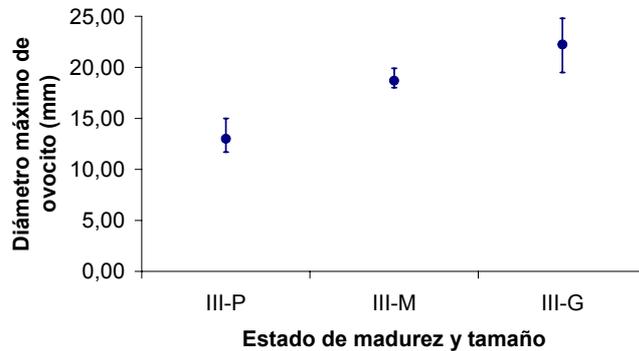


Figura 44. Diámetro promedio, valores máximos y mínimos de los ovocitos viables obtenidos en una hembra de *Heterodontus mexicanus* según el estado de madurez sexual (III) y el tamaño (P: pequeño, M: mediano; G: grande).

Al tener en cuenta el desarrollo de las tallas de los embriones (Figura 45), se observa una concordancia con los índices de valoración de la condición reproductiva descritos previamente.

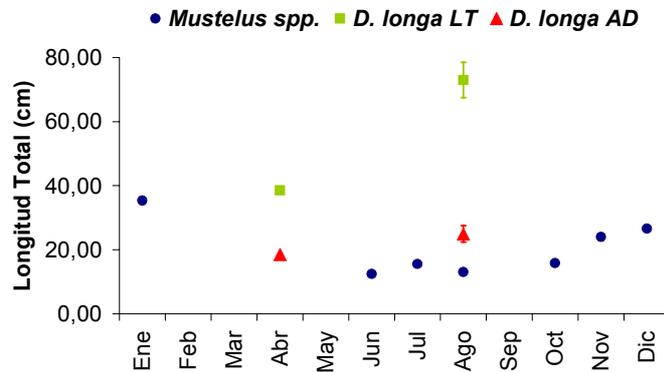


Figura 45. Tallas promedio mensuales de los embriones en cada especie, con sus respectivas medidas de variación.

3.5.6. Discusión

El conocimiento del desarrollo reproductivo de los organismos tiene una gran importancia dado que las fluctuaciones en las abundancias de los primeros estadios de vida en las poblaciones de peces, son vitales para el mantenimiento de las mismas en un ecosistema (Saborido y Junquera, 2001). La proporción de sexos muestra como el área de estudio esta siendo mucho más empleada por hembras que por machos, muy seguramente en respuesta a que las condiciones del área marina de la isla permiten llevar a cabo el nacimiento de los embriones, con una mayor probabilidad de supervivencia de los mismos en sus estadios tempranos de vida, gracias a la diversidad de hábitat y sustratos presentes en el área que sirven como refugio para estos individuos, puesto que los individuos de zonas tropicales no dependen tanto de los factores ambientales para un desarrollo reproductivo exitoso, sino que el componente que prima es el control de la depredación sobre las crías (Saborido y Junquera, 2001), siendo esta una posible razón por la cual las hembras buscan aguas aledañas a la isla Gorgona, como una zona segura para culminar este proceso. Esto a su vez evidencia un fenómeno que ha sido encontrado previamente en poblaciones de condriictios (Klimley, 1983; Lowe *et al.*, 1996; Anislado-Tolentino, 2000; Aguilar, 2003; Baigorri y Polo, 2004, entre otros) y es la segregación espacial por sexos y tallas la cual está dada tanto por las diversidad y tamaño de las presas de los individuos, como por estrategias para reducir la competencia intraespecífica entre las poblaciones.



Lo anterior es confirmado al tener en cuenta los valores registrados previamente por Rojas (2000) quien obtuvo una proporción sexual para *M. lunulatus* de 3:1 (Hembras:Machos) en la isla Gorgona, puesto que otros estudios sugieren que en las aguas lejanas a la isla (Pacífico colombiano) hay una mayor proporción de machos que al interior de ella, como los realizados por Acevedo (1996), que definió esta proporción en 1:1 para *Carcharhinus falciformis* y en 1:3 en *C. limbatus*, Tapiero (1997), que la determinó en 1:2 para *S. lewini* y Navia (2002), que para *M. lunulatus* la precisó en 1:1 y para *D. longa* en 2:1.

Puede evidenciarse, de acuerdo a los estadios de madurez sexual, que la isla Gorgona y su área de influencia tienen una mayor abundancia de individuos inmaduros que maduros, lo cual ha sido a su vez confirmada en los trabajos de Navia (2002) y Rojas (2000). Al relacionar los estadios de madurez sexual de acuerdo a los meses de muestreo se puede inferir sobre posibles épocas de reproducción de algunas especies. De esta manera se puede observar como para *Mustelus* spp. (Figura 30) se encuentran hembras maduras desde junio hasta febrero. De manera similar y aunque las hembras inmaduras también se registran durante todo el año, se reconocen dos meses con una mayor abundancia de estas (octubre y noviembre), respondiendo muy seguramente al nacimiento de las crías de las hembras maduras que se empiezan a registrar en junio.

D. longa presentó una época definida de hembras maduras entre agosto y septiembre, aunque estas también se registran en abril, mayo y diciembre (Figura 31). Sin embargo, estas abundancias están claramente influenciadas por el uso del calabrote, que a diferencia del espinel, permite capturar individuos más grandes; por lo que para la definición clara de las épocas de reproducción de estos individuos se recomienda el empleo constante de un arte de pesca de mayor selectividad, como es el calabrote para la captura de individuos de mayores tallas y por ende, con mayor probabilidad que hallan alcanzado maduros su madurez sexual. El comportamiento de los machos es un poco distinto, dado que en los años de muestreo solo se identificaron machos reproductivamente maduros en mayo para *Mustelus* spp. y junio y septiembre para *D. longa*; mientras que los inmaduros sexualmente fueron capturados constantemente durante todo el año.



Los índices empleados para valorar la condición reproductiva de las especies, muestran como en las hembras de *Mustelus* spp. (Figura 34) el IGS tiene tres momentos donde los valores son más elevados (enero, julio y noviembre); el IHS y K, por su parte, presentan una disposición similar al IGS en los primeros meses (enero a mayo), logrando elevados valores entre julio y septiembre y revelando que el bienestar de los individuos para eventos reproductivos y la reserva de grasas y glicógeno en el hígado, se encuentran en el mejor momento. A continuación se aprecia una ligera disminución de estos dos índices (IHS y K) y consecutivamente en noviembre se observa un valor elevado del IGS significando muy seguramente que este es el momento donde la formación de embriones es un hecho; con base en esto puede inferirse que la época de apareamiento estuvo dada meses antes, aunque si es así, esto no se daría en la zona marina de la isla Gorgona ni en el área de influencia puesto que la frecuencia de machos maduros en el área es mínima, o que existe una segregación espacial de machos y hembras que se reúnen en periodos de máxima actividad reproductiva. Sucesivamente, aunque en diciembre se observó una disminución drástica del IGS, en enero volvió a subir y declinó nuevamente hasta abril junto con el IHS y el K; sugiriendo que entre diciembre y abril se llevó a cabo el parto de las crías, aunque este suceso se confirmaría si el IHS mostrara una considerable ascenso después de la caída del IGS, de lo cual no hay registro si no hasta julio. Al observar el desarrollo mensual de los embriones (Figura 45), puede confirmarse lo expresado anteriormente, en donde se plantea una época de hembras grávidas en el segundo semestre del año, comenzando para *Mustelus* spp. en junio con un desarrollo progresivo de los embriones hasta enero, después de lo cual seguramente se efectúa el parto de los mismos, coincidiendo a su vez con lo mostrado por los índices previamente expuestos (IGS, IHS y K).

Rojas (2000) sugiere para *M. lunulatus* una etapa de gestación que se inicia antes de mayo y culmina entre septiembre y octubre, después de una caída considerable en los valores del IGS, muy similar a lo que ocurre en el presente estudio entre noviembre y diciembre; sin embargo este trabajo considera un ciclo reproductivo de por lo menos 10 meses (entre junio y marzo), dado que no se tiene registro del desarrollo primario de los ovocitos y con un desarrollo embrionario de aproximadamente ocho meses (junio a enero) y un parto hacia



los primeros meses del año. Esto concuerda con registros para otras especies de este mismo género como *M. whitneyi* que tiene un ciclo de 13 a 14 meses (Samame *et al.*, 1988), *M. manazo* de 11 meses (Teshima *et al.*, 1971) y *M. canis* de 11 meses (Graham, 1967; En: Wourms, 1977).

Para *Mustelus* spp. se observó un comportamiento inusual del IGS pues muestra tres momentos con valores muy elevados (Figura 34), para lo cual se pueden considerar hipótesis como el haber muestreado distintas poblaciones con diferentes picos reproductivos, lo cual es poco probable por que el área de muestreo es pequeña; o que el tipo de reproducción de los individuos capturados no concuerda con ninguno de los tres ciclos reproductivos básicos que describe Wourms (1977) contradiciendo lo postulado por Dodd (1972), quien consideró un sofisticado ciclo reproductivo anual para el género *Mustelus*. Sin embargo, es más probable que este comportamiento del IGS se halla visto influenciado por errores en el diseño del muestreo o en la precisión en la toma de los datos, por lo que se considera según los resultados previamente denotados, que *Mustelus* spp. hace parte del tercer tipo de ciclo reproductivo descrito por Wourms (1977), como un ciclo reproductivo anual o bienal bien definido. A partir de esto también se pueden considerar dos hipótesis y son que *Mustelus* spp. tenga reproducción asincrónica dado el poco tiempo que hay entre el parto de las crías y las presencia de nuevos embriones, o simplemente que esta especie espera un tiempo después del parto, para iniciar nuevamente el ciclo el siguiente año.

Por el bajo número de individuos, los índices gonadosomático, hepatosomático y el factor de condición en las hembras de *D. longa* no permiten ver con absoluta claridad el comportamiento del ciclo reproductivo, por lo que en este trabajo sólo se da una aproximación. De acuerdo al comportamiento de los índices reproductivos (IGS, IHS y K) (Figura 36) pueden verse tres momentos con valores elevados del IGS (abril, agosto y diciembre), que responden directamente a que fueron los únicos meses en los que se encontraron hembras grávidas; los otros índices (IHS y K) mostraron tendencias similares al IGS en la mayoría del año, con excepción del IHS que entre octubre y diciembre mostró



un ascenso. Esto y el desarrollo de los embriones que hacia agosto mostraron las tallas promedio más grandes (24,91 cm \pm 2,58 de AD) (Figura 45), permite sugerir una época de parición hacia finales de año, puesto que la talla de nacimiento de esta especie registrada previamente es de 40 cm de AD (Villavicencio-Garaizar *et al.*, 1994; Hueter *et al.*, *sin publicar*, En: Smith, 2005) y aunque el promedio de agosto es más bajo, una de las hembras capturadas en este mes tenía tres embriones de más de 36 cm de AD cada uno. Además, teniendo en cuenta la presencia de embriones en abril, agosto y diciembre, podría sugerirse un desarrollo embrionario de aproximadamente nueve meses, tiempo que cabe dentro del periodo de gestación registrado por Villavicencio-Garaizar *et al.* (1994) determinado entre 10 a 11 meses, o al de su congénere *D. violacea* cuyo ciclo de gestación se ha determinado en casi un año (McEachran, 1995a); sin embargo, por el bajo número de individuos la confiabilidad de este criterio es muy baja y por esto se recomienda que para estudios que permitan establecer el ciclo reproductivo de esta especie se empleen artes de pesca como el calabrote que permitan la captura de individuos más grandes y maduros.

Los machos de *Mustelus spp.* y *D. longa*, que en su mayoría fueron individuos inmaduros, mostraron variaciones constantes de los índices de reproducción sexual, siendo junio el único mes que presentó dos individuos maduros para cada especie. Estos índices (Figuras 37 y 38) no fueron muy representativos en machos dado que por el bajo número de individuos capturados y el estado de madurez sexual de los mismos, los cambios en el peso de las gónadas y el hígado no son suficientemente significantes para notar diferencias que permitan deducir el comportamiento reproductivo de los mismos.

El comportamiento reproductivo de las especies de elasmobranquios capturadas en este estudio, concuerda con la tendencia de otras especies de peces de zonas tropicales, las cuales se pueden reproducir en cualquier época del año en respuesta a la poca variabilidad estacional y a la temperatura del agua que actúan sobre la tasa metabólica de las mismas (Castillo *et al.*, 2004). Sin embargo, se puede observar una mayor tendencia a desarrollar dichos procesos reproductivos hacia el segundo semestre del año, coincidiendo con lo



registrado para otras especies de peces en el área (Acevedo *et al.*, 1997; Torres, 1997; Zapata *et al.*, 1997 y Castillo *et al.*, 2004).

En cuanto a la talla media de madurez (TMM), se definió para las hembras de *Mustelus* spp. en 61,00 cm, la cual es claramente distinta a la reportada por Compagno (1984b) puesto que este autor considera una talla de madurez para hembras en *M. lunulatus* de 92 cm y en *M. dorsalis* de 43 cm. *Dasyatis longa* por su parte, presentó para las hembras una TMM de 156,6 cm de AD y 332 cm de LT, valor mayor a los registros previos encontrados para esta especie que aunque no determinan con exactitud la talla de madurez, hacen mención a la talla sobre la cual todos los individuos capturados fueron maduros sexualmente y fueron 110 cm de AD (Villavicencio-Garaizar *et al.*, 1994) y 139 cm de AD (Navia, 2002).

Según lo notado anteriormente y teniendo en cuenta las tallas de captura nombradas previamente (Sección 3.4.1), puede observarse como el 86,96 % de los individuos capturados de *Mustelus* spp. ya habían alcanzado la TMM y tan sólo el 13,04 % no habían logrado esta talla (Figura 23), lo cual permite insinuar que el espinel es un arte cuya captura no afecta en gran proporción la reproducción de los individuos de esta población, siendo por ende saludable para el mantenimiento de las poblaciones de la misma. A diferencia de esto, tan sólo el 26,32 % de los individuos de *D. longa* capturados habían logrado alcanzar su TMM, mientras que el 73,68 % no lo habían hecho (Figura 24); y al relacionar esto con los artes de pesca permite observar como el espinel se basa en la captura de individuos inmaduros, por lo que se considera que no es un arte de pesca sostenible para esta especie, en contraste con el calabrote cuya captura da una mayor probabilidad a los individuos para reproducirse.

La alta selectividad del calabrote es confirmada al analizar los estadios de madurez sexual de los elasmobranquios con respecto al arte de pesca empleado (Figura 32), los cuales muestran que con este, el 92 % de las hembras y el 80 % de los machos ya habían alcanzado su madurez sexual a diferencia de los otros artes. Sin embargo se encontró un



resultado interesante y es que a pesar de que el espinel no es sostenible puesto que no permite que la mayoría de estos individuos lleguen a reproducirse, se encontró una diferencia notable entre los dos tipos de anzuelos usados en el espinel, pues el 58 % de los elasmobranquios capturados con anzuelo circular, ya habían alcanzado su madurez sexual, mientras que tan sólo el 32 % de los capturados con anzuelo J, lo habían hecho. Ahora bien, si se analiza la CPUE de las especies (Tabla 4), puede notarse que el calabrote es un arte que captura una elevada proporción de elasmobranquios tanto en número de individuos como en biomasa con respecto a los otros artes de pesca, por lo que se considera que es recomendable tanto para las comunidades humanas pesqueras y para el recurso el uso de este arte.

En *C. leucas* la presencia de folículos atrécicos en una hembra que presentaba embriones en alto grado de desarrollo, sugiere que esta hembra no ovularía durante su periodo de gestación, ni inmediatamente después del parto, lo cual evidencia una reproducción sincrónica; a diferencia de *D. longa* en donde la presencia de ovocitos viables en hembras con embriones en estados avanzados de desarrollo sugiere que existe la posibilidad de otra ovulación después del parto, tal como lo indica Mattos *et al.* (2004) para *Rhizoprionodon porosus*. La presencia de ovocitos de distintos tamaños en un mismo estado de madurez sexual para *D. longa* (Figura 43) y *H. mexicanus* (Figura 44), confirma que estas especies tienen ovarios con desarrollo asincrónico, puesto que muestra una distribución continua en los diámetros de los ovocitos (Saborido y Junquera, 2001).

3.6. ESPECTRO TRÓFICO

El espectro trófico a nivel estadístico se determinó únicamente para *Mustelus* spp. y *D. longa* por el bajo número de representantes de las otras especies.

3.6.1 Índices tróficos

En los años de muestreo fueron analizados 117 estómagos de *Mustelus* spp. y 18 de *Dasyatis longa*. Para *Mustelus* spp. el coeficiente de vacuidad fue cercano al 50%, mientras que *D. longa* obtuvo la mayoría de estómagos (61 %) con contenido estomacal (Tabla 11).



Tabla 11. Coeficiente de vacuidad presentado para *Mustelus spp.* y *Dasyatis longa* por sexo.

Especie	# estómagos analizados	# estómagos vacíos	# estómagos llenos	Coefficiente de Vacuidad (V)
<i>Mustelus spp.</i>	117	58	59	49,57
Hembras	91	49	42	53,85
Machos	26	9	17	34,62
<i>Dasyatis longa</i>	18	7	11	38,89
Hembras	16	6	10	37,50
Machos	2	1	1	50,00

La relación mensual entre los estómagos llenos y vacíos de *Mustelus spp.* (Figura 46) y *D. longa* (Figura 47) no permite apreciar un patrón específico de una época en la cual los individuos no se alimenten.

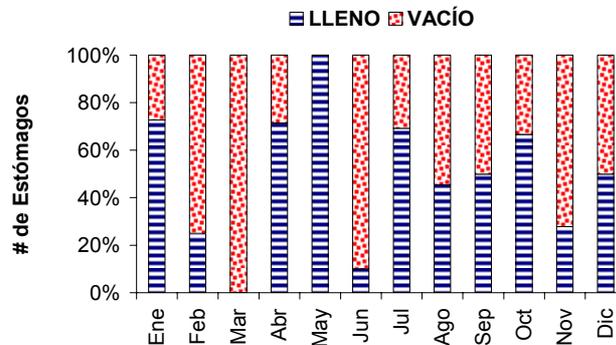


Figura 46. Relación mensual entre los estómagos llenos y vacíos de *Mustelus spp.*

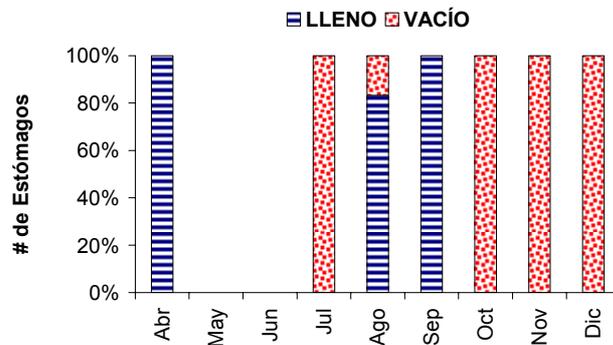


Figura 47. Relación mensual entre los estómagos llenos y vacíos de *Dasyatis longa*

3.6.1.1. Espectro trófico de *Mustelus spp.*

Se obtuvieron 25 categorías de presas en el análisis del contenido estomacal de *Mustelus spp.*, las cuales se agruparon en tres grandes grupos: los moluscos representados por una sola clase y un orden; los artrópodos que en su totalidad fueron crustáceos con dos órdenes



y 11 familias identificadas y los peces con tan solo un orden identificado. La clasificación taxonómica de los ítems alimentarios encontrados en esta especie se presenta a continuación:

Phyllum Mollusca

Clase Cephalopoda *

Orden Theutoidea *

Phyllum Arthropoda

Clase Crustácea *

Subclase Malacostraca

Superorden Hoplocarida

Orden Stomatopoda

Familia Squillidae *

Squilla panamensis *

Superorden Peracarida

Orden Decapoda

Infraorden Penaeidea *

Morfotipo I *

Infraorden Anomura

Familia Diogenidae *

Familia Paguridae

Xyllopagurus cancellarius *

Familia Galatheidae

Munida sp. *

Infraorden Brachyura *

Morfotipo II *

Familia Raninidae *

Familia Dorippidae *



Familia Leucosiidae

Iliacantha hancocki *

Familia Majidae

Stenorynchus debilis *

Morfotipo III *

Familia Parthenopidae

Parthenope hyponica *

Familia Portunidae *

Portunus asper *

Portunus sp₁. *

Portunus sp₂. *

Familia Xanthidae *

Phyllum Chordata

Clase Actinopterygii

División Teleostei

Subdivisión Euteleostei *

Orden Pleuronectiformes *

* Categorías de presas

Los índices tróficos de esta especie destacaron cinco categorías de presas, consideradas como alimento principal las cuales fueron en su orden de importancia *Portunus* sp₁. (50,18 %), familia Squillidae (17,06 %), infraorden Brachyura (9,83 %), *Squilla panamensis* (8,74 %) y la subdivisión Euteleostei (4,96 %) (Tabla 12).



Tabla 12. Valores relativos (%) de los índices tróficos para *Mustelus* spp. por los métodos numérico (N), gravimétrico (W), de frecuencia de ocurrencia (FO) y el índice de importancia relativa (IIR). P: Presa principal; S: Presa secundaria; C: Presa circunstancial.

CATEGORÍA	% N	%W	%FO	IIR	%IIR	TIPO DE PRESA
PHYLLUM MOLLUSCA						
Clase Cephalopoda	0,61	0,18	1,72	1,36	0,03	C
Orden Theutoidea	3,68	5,24	10,34	92,26	2,26	S
PHYLLUM ARTHROPODA						
Clase Crustacea	1,84	4,10	5,17	30,73	0,75	S
Orden Stomatopoda						
Familia Squillidae	13,50	7,76	32,76	696,41	17,06	P
<i>Squilla panamensis</i>	7,98	12,71	17,24	356,68	8,74	P
Orden Decapoda						
Infraorden Penaeidea	1,84	0,96	5,17	14,48	0,35	C
Morfotipo I	1,23	0,55	1,72	3,07	0,08	C
Infraorden Anomura						
Familia Diogenidae	0,61	0,10	1,72	1,23	0,03	C
Familia Paguridae						
<i>Xylopagurus cancellarius</i>	1,84	0,66	3,45	8,63	0,21	C
Familia Galatheididae						
<i>Munida</i> sp.	6,13	3,09	8,62	79,50	1,95	S
Infraorden Brachyura	10,43	8,96	20,69	401,24	9,83	P
Morfotipo II	0,61	0,30	1,72	1,57	0,04	C
Familia Ranninidae	0,61	0,22	1,72	1,44	0,04	C
Familia Dorippidae	3,07	3,91	5,17	36,11	0,88	S
Familia Leucosiidae						
<i>Iliacantha hancocki</i>	1,84	2,03	5,17	20,01	0,49	C
Familia Majidae						
<i>Stenorynchus debilis</i>	0,61	0,50	1,72	1,91	0,05	C
Morfotipo III	1,23	1,50	3,45	9,40	0,23	C
Familia Parthenopidae						
<i>Parthenope hyponica</i>	0,61	0,51	1,72	1,93	0,05	C
Familia Portunidae	0,61	2,13	1,72	4,73	0,12	C
<i>Portunus asper</i>	0,61	0,65	1,72	2,18	0,05	C
<i>Portunus</i> sp1.	28,83	22,81	39,66	2048,02	50,18	P
<i>Portunus</i> sp2.	3,68	5,15	5,17	45,67	1,12	S
Familia Xanthidae	2,45	2,25	3,45	16,22	0,40	C
PHYLLUM CHORDATA						
Subdivisión Euteleostei	4,29	12,49	12,07	202,59	4,96	P
Orden Pleuronectiformes	0,61	0,73	1,72	2,31	0,06	C
MONI	0,61	0,52	1,72	1,95	0,05	C
Total	100	100	196,55	4082	100	-



También se definieron cinco categorías como presas secundarias de *Mustelus* spp. que fueron el orden Theutoidea (2,26 %), *Munida* sp. (1,95 %), *Portunus* sp₂. (1,12 %), familia Dorippidae (0,88 %) y clase Crustacea (0,75 %); el resto de categorías identificadas fueron clasificadas como presas circunstanciales (Tabla 12).

El grupo de mayor importancia dentro del espectro trófico de *Mustelus* spp. fue el de los crustáceos, de los cuales los braquiuros presentaron el mayor porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR) (Figura 48).

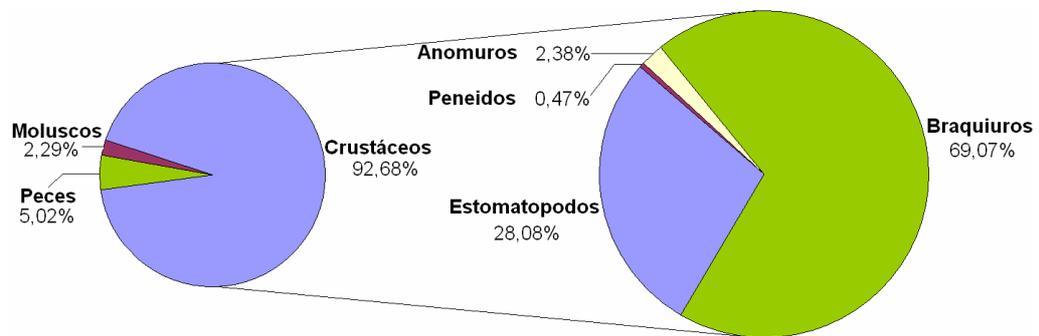


Figura 48. Porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Mustelus* spp. de acuerdo a los grandes grupos (izquierda) y a las principales categorías de presas de los crustáceos (derecha)

3.6.1.2. Espectro trófico de *Dasyatis longa*

Para *D. longa* se obtuvieron 12 categorías de presas, en donde se identificaron tres grandes grupos: moluscos, representados por tres clases; artrópodos constituidos en su totalidad por crustáceos con dos órdenes y tres familias; y los cordados para los que se identificó la familia Ariidae.

La clasificación taxonómica de las categorías de presas identificadas esta descrita a continuación:

Phyllum Mollusca

Clase Gastropoda *

Orden Neogastropoda

Familia Turridae

Polystira oxytropis *



- Clase Bivalvia *
 - Clase Cephalopoda
 - Orden Theutoidea *
 - Phyllum Arthropoda
 - Clase Crustácea *
 - Subclase Malacostraca
 - Superorden Hoplocarida
 - Orden Stomatopoda
 - Familia Squillidae *
 - Superorden Peracarida
 - Orden Decapoda
 - Infraorden Brachyura *
 - Familia Portunidae
 - Portunus* sp₁. *
- Phyllum Chordata
 - Clase Actinopterygii
 - División Teleostei
 - Subdivisión Euteleostei *
 - Orden Siluriformes
 - Familia Ariidae *

* Categorías de presas

Para esta especie se determinaron tres categorías de presas principales que fueron la clase Crustácea (31,57 %), subdivisión Euteleostei (31,01 %) y la familia Squillidae (25,95 %); además como presas secundarias se definieron a la familia Ariidae (4,87 %), el orden Theutoidea (2,22 %), infraorden Brachyura (1,30 %), género *Portunus* (1,04 %) y *Portunus* sp₁. (0,94 %). Las categorías restantes fueron clasificadas como presas circunstanciales (Tabla 13).



Tabla 13. Valores relativos (%) de los índices tróficos para *Dasyatis longa* por los métodos numérico (N), gravimétrico (W), de frecuencia de ocurrencia (FO) y el índice de importancia relativa (IIR). P: Presa principal; S: Presa secundaria; C: Presa circunstancial.

| CATEGORÍA | % N | %W | %FO | IIR | %IIR | TIPO DE PRESA |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| PHYLLUM MOLLUSCA | | | | | | |
| Clase Gastropoda | 2,94 | 1,06 | 3,45 | 13,78 | 0,50 | C |
| Familia Turridae | | | | | | |
| <i>Polystira oxytropis</i> | 1,47 | 0,03 | 3,45 | 5,16 | 0,19 | C |
| Clase Bivalvia | 1,47 | 0,15 | 3,45 | 5,59 | 0,20 | C |
| Clase Cephalopoda | | | | | | |
| Orden Theutoidea | 2,94 | 5,98 | 6,90 | 61,51 | 2,22 | S |
| PHYLLUM ARTHROPODA | | | | | | |
| Clase Crustácea | 33,82 | 16,91 | 17,24 | 874,63 | 31,57 | P |
| Orden Stomatopoda | | | | | | |
| Familia Squillidae | 20,59 | 9,19 | 24,14 | 718,87 | 25,95 | P |
| Orden Decapoda | | | | | | |
| Infraorden Brachyura | 4,41 | 0,83 | 6,90 | 36,14 | 1,30 | S |
| Familia Portunidae | | | | | | |
| Género Portunus | 5,88 | 2,49 | 3,45 | 28,86 | 1,04 | S |
| <i>Portunus</i> sp1. | 4,41 | 3,14 | 3,45 | 26,04 | 0,94 | S |
| Subclase Cirripedia | 1,47 | 0,18 | 3,45 | 5,68 | 0,20 | C |
| PHYLLUM CHORDATA | | | | | | |
| Subdivisión Euteleostei | 19,12 | 22,41 | 20,69 | 859,12 | 31,01 | P |
| Orden Siluriformes | | | | | | |
| Familia Ariidae | 1,47 | 37,65 | 3,45 | 134,91 | 4,87 | S |
| Total | 100 | 100 | 100 | 2770,30 | 100 | - |

De los tres grupos identificados en el contenido estomacal de *D. longa*, los moluscos fueron los que presentaron el menor porcentaje del índice de importancia relativa, siendo los crustáceos el grupo de mayor significancia dentro del espectro trófico de esta especie. De este último los estomatópodos constituyen el grupo de más importancia (Figura 49).

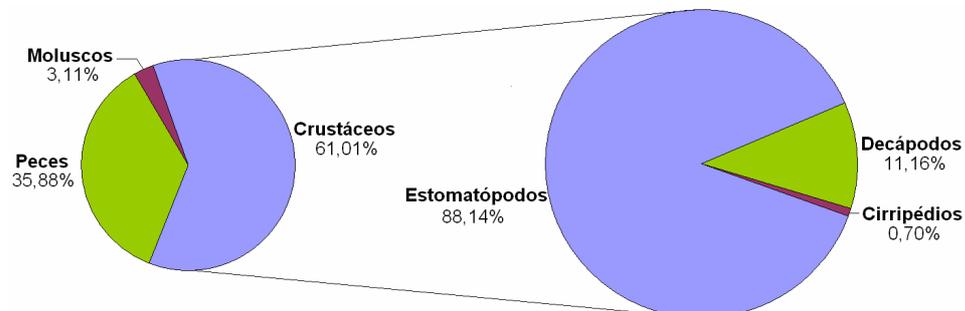


Figura 49. Porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR) del contenido estomacal de *Dasyatis longa* de acuerdo a los grandes grupos (izquierda) y a las principales categorías de presas de los crustáceos (derecha)



3.6.2. Índices ecológicos

Los valores de uniformidad de la dieta fueron bajos y muy similares para ambas especies. Sin embargo fue posible determinar una diferencia en la uniformidad de las dietas entre los sexos de *Mustelus spp.*, siendo mayor en los machos que en las hembras (Tabla 14). Esta diferenciación no se pudo realizar en *D. longa*, debido a que solamente se contó con un macho con contenido estomacal analizado.

Tabla 14. Valores de diversidad y uniformidad en el análisis trófico con sus medidas de variación (error estándar).

| | | Diversidad | Diversidad Máx. | Uniformidad |
|-----------------------|---------|-------------|-----------------|-------------|
| <i>Dasyatis longa</i> | General | 0,46 ± 0,19 | 2,48 | 0,19 ± 0,08 |
| | General | 0,91 ± 0,20 | 3,22 | 0,28 ± 0,06 |
| <i>Mustelus spp.</i> | Machos | 3,62 ± 1,02 | 2,56 | 1,12 ± 0,32 |
| | Hembras | 0,73 ± 0,23 | 3,14 | 0,23 ± 0,06 |

La amplitud de nicho, determinada mediante el empleo del índice de Levin's, obtuvo valores muy bajos para ambas especies (Tabla 15).

Tabla 15. Valores del índice de amplitud de nicho de Levin's con su respectiva estandarización. N: Número de categorías de presas.

| | N | Levins | Estandarización |
|-----------------------|----|--------|-----------------|
| <i>Mustelus spp.</i> | 25 | 7,66 | 0,28 |
| <i>Dasyatis longa</i> | 12 | 4,92 | 0,36 |

Por último, el valor del índice de Morisita-Horn para determinar la sobreposición de dietas entre las dos especies (*Mustelus spp.* y *D. longa*) fue bajo (0,36), a diferencia del valor determinado entre ambos sexos de *Mustelus spp.* (0,90).

3.6.3. Discusión

El alto índice del coeficiente de vacuidad para las especies de elasmobranquios, puede responder en cierta medida a la expulsión del contenido estomacal como una respuesta



fisiológica del animal al estrés producido por la captura o por el cambio de presión que ocurre en el momento de llevar el arte de fondo a la superficie (Castillo *et al.*, 2004).

Si se tiene en cuenta la relación entre estómagos llenos y vacíos mensualmente (Figuras 46 y 47), puede observarse que ninguna especie deja de consumir alimento durante sus periodos de gestación. Esto es contrario a lo que plantea Rojas (2000) quién considera que una proporción considerable de individuos de *Mustelus lunulatus* deja de alimentarse durante dicho periodo.

En cuanto a la dieta, los crustáceos son las presas más frecuentes de ambas especies, siendo en *Mustelus* spp. mucho más notoria su importancia (%IIR) con respecto a los peces y los moluscos, que en *D. longa* (Figura 48 y 49); coincidiendo para la primera especie con los resultados expuestos por los estudios de Rojas (2000), Navia (2002) y Gómez *et al.* (2003). En *Mustelus* spp. la gran mayoría de los crustáceos hacen parte del infraorden Brachyura, del cual se destaca la especie *Portunus* sp₁. que fue categorizado como el ítem principal del espectro trófico de esta especie. Para la isla Gorgona, Lemaitre y Álvarez (1992) denotaron la presencia de cinco especies de este género de las cuales en el presente estudio únicamente se logró identificar una (*Portunus asper*); estando después de los braquiuros en orden de importancia los estomatópodos con su familia Squillidae (*Squilla panamensis*). Gómez *et al.* (2003) establecen a *Portunus iridiscens* y a *Squilla panamensis* como las presas de mayor frecuencia dentro del espectro trófico de *M. lunulatus* y *M. henlei*, a diferencia de Navia (2002) quien establece a *S. panamensis* como la presa principal dentro de la dieta de *M. lunulatus*; por su parte Rojas (2000) determinó de manera general a los cangrejos como el grupo de crustáceos que constituyen el alimento principal para la misma especie. A pesar de esto, para cuestiones de comparación, solamente se pueden emplear los resultados obtenidos por Navia (2002), puesto que trabaja la misma escala de clasificación de las presas que se emplea en el presente trabajo, mientras que los otros dos estudios utilizan el coeficiente alimentario (Q) el cual no tiene en cuenta el índice de frecuencia de presas.



En *Dasyatis longa*, los crustáceos y los peces son componentes principales en la dieta de esta especie (Figura 65). Dentro de los crustáceos definitivamente la categoría de mayor importancia son los individuos de la familia Squillidae, los cuales junto con los ejemplares de la familia Portunidae, han sido bien documentados en los sustratos marinos de la isla Gorgona (Murillo, 1988; Lemaitre y Álvarez, 1992), mientras que los moluscos son el último grupo en orden de importancia en la dieta de esta raya. El único registro previo encontrado sobre el espectro trófico de esta especie fue el desarrollado por Navia (2002), quién de manera similar al presente trabajo describe como presas principales a individuos de la familia Squillidae y al grupo de los peces.

Dado que las dos especies analizadas presentan componentes de la dieta muy similares, es necesario analizar la ecología trófica de las mismas, con el fin de determinar las relaciones tróficas que presenten. Krebs (1985) muestra como para esto se requiere reducir la complejidad de la comunidad en categorías amplias de acuerdo a sus hábitos alimentarios, y dado que los niveles tróficos describen de una manera muy general el comportamiento alimentario de las comunidades, es aconsejable trabajar a nivel de gremios, entendiendo este como un grupo de especies que explotan un recurso básico común de manera similar (Root, 1967). Es así y en concordancia con lo expuesto por Navia (2002), que puede denotarse a las especies en estudio como parte de un gremio de elasmobranquios carnívoros que depredan sobre individuos asociados a los fondos (rocosos, arenosos y fangosos). De acuerdo a esto se puede analizar la ecología trófica desde los puntos de uniformidad de la dieta, amplitud de nicho y sobreposición de dietas.

La uniformidad de las presas encontradas en las especies analizadas en el presente estudio puede verse influenciada por la diversidad de las mismas. Es así como puede notarse que según la escala propuesta por Vandemeer (1981; En: Bocanegra *et al.*, 2000), que la dieta de *D. longa* y *Mustelus* spp. no presenta una gran diversidad; muy seguramente en respuesta a que el espectro trófico de ambas especies estuvo dominado por unas pocas categorías de presas en relación al total de ítems identificados, lo cual hace que la dieta sea poco uniforme. Ahora bien, al analizar los valores obtenidos para ambos sexos de *Mustelus*



spp. se encontró que los machos presentaron una dieta dominada por varias especies que tiende a ser diversa, a diferencia de las hembras quienes presentaron poca diversidad en sus dietas. Esto es dado por la misma razón planteada previamente en donde las hembras presentaron unos pocos ítems alimenticios identificados con gran dominancia.

La amplitud de nicho permite establecer la especificidad en las dietas de cada una de las especies (Krebs, 1999); así la baja amplitud de nicho encontrada para *Mustelus* spp. y *D. longa* puede responder a varias circunstancias, como la disponibilidad de presas. Dado que si esta es alta conlleva a una amplitud de nicho baja, puesto que los depredadores prefieren evitar la competencia difusa y especializarse en unas pocas presas (Hajisamanea *et al.*, 2003); otra condición está relacionada con la complejidad estructural del hábitat, ya que si este presenta una gran estructura física que permite la formación de micro-hábitats, se genera un mayor nicho espacial y permite la coexistencia de competidores y la persistencia de depredadores y presas en el tiempo (Crowder y Cooper, 1982), como ocurre en la isla Gorgona. Lo anterior permite considerar a *Mustelus* spp. y a *D. longa* como especies con alta especificidad en la dieta. Además de las razones previamente mencionadas, los bajos valores de amplitud de nicho trófico están influenciados por el nivel de identificación de presas (LPI) (altos niveles taxonómicos), pues según lo propuesto por Greene y Jaksic (1983), esto puede subestimar la amplitud de las dietas de las especies, e influenciar los resultados del IIR (Hansson, 1998).

En la interpretación del índice de Morisita-Horn que permite determinar el nivel de sobreposición de dietas, puede verse un valor muy bajo entre *Mustelus* spp. y *D. longa*, indicando que estas especies al parecer no están compartiendo los mismos recursos alimentarios. Sin embargo, si se analizan las categorías de presas puede verse como, a pesar de que el tollo vieja se alimenta principalmente de *Portunus* sp1. (50,18 %), tiene a la familia Squillidae (17,06 %) y a *Squilla panamensis* (8,74 %) como presas principales dentro de su espectro trófico. Esto significa que está compitiendo por este recurso con la raya látigo coluda, puesto que la familia Squillidae también constituye una de sus presas más importantes (25,95 %). Sin embargo, puede verse que ambas especies, tienen además



otra categoría importante dentro de su espectro trófico, que para *Mustelus* spp. es *Portunus* sp1. y para *D. longa* son los peces; comportamiento igualmente descrito por Navia (2002), con la diferencia que él describe en su trabajo la presencia de una sobreposición marcada de las dietas. Opuesto a esto, puede verse un valor muy alto en la sobreposición de la dieta entre ambos sexos de *Mustelus* spp., lo cual muestra que la definición de ítems alimentarios está dada principalmente por la especie y no varía significativamente de acuerdo al sexo.

Este resultado puede estar dado gracias a que, al igual que la amplitud de nicho, la sobreposición de dietas también puede verse afectada por el LPI, con la diferencia que en este caso se puede sobreestimar (Greene y Jaksic, 1983). Es así como en un estudio de hábitos alimentarios que incluya mayor número de especies y logre niveles de identificación muy detallados, se va a identificar un mayor fraccionamiento del recurso que se expresa en una menor amplitud de nicho y por ende una menor sobreposición de dietas, evitando de esta manera la competencia difusa entre las especies (Hutchinson, 1981).



4. CONCLUSIONES

Durante los años 2004 y 2005, mediante el uso del espinel y el calabrote, fueron capturadas 14 especies de elasmobranquios (nueve de tiburones y cinco de rayas), habiendo sido todas registradas previamente para el área de estudio. De estas, la mayor abundancia absoluta y la CPUE en número de individuos la obtuvo el tiburón *Mustelus* spp., seguida por la raya *Dasyatis longa*; sin embargo, dado el tamaño de los individuos de esta última, el comportamiento de la CPUE en biomasa (kg) fue inverso.

La abundancia de *Mustelus* spp. puede explicarse por su alta vulnerabilidad con respecto al arte de pesca predominante durante los muestreos como es el espinel, dado el pequeño tamaño de su anzuelo. Por su parte, las bajas capturas registradas mediante el uso del calabrote están directamente relacionadas a la poca utilización de este arte en el estudio, por lo que los resultados no permiten inferir que las especies de tallas pequeñas o aquellas que son susceptibles a ser capturadas con espinel, sean más abundantes que las de especies más grandes que tienen mayor posibilidad de captura con calabrote.

La zona sur del área marítima de la isla Gorgona, tiene características más favorables que las otras dos zonas (norte y centro), en cuanto a la pesca de elasmobranquios se trata, seguramente por su diversidad de hábitats, el efecto de corrientes y las descargas de sistemas acuáticos continentales.

La abundancia y distribución mensual de los elasmobranquios en la isla Gorgona durante el tiempo de muestreo, no respondieron directamente a factores ambientales como la temperatura, la precipitación y la salinidad del agua, muy seguramente por las reducidas fluctuaciones climáticas que ocurren en las zonas tropicales. Sin embargo, se infiere que la composición y abundancia de los elasmobranquios que habitan el área marina de la isla Gorgona responden a factores de mayor escala espacial que afectan la región Pacífica centro oriental.



Mustelus spp. fue la especie que mayor dominancia registró con respecto al resto de elasmobranquios capturados y sólo cuando los valores de esta se disminuyen durante mayo y diciembre del 2005, la riqueza, diversidad y uniformidad se elevan gracias a una mayor captura de otras especies.

Se registró un incremento sustancial en las tallas registradas para *Dasyatis longa* con una longitud total máxima de 3,8 m y una longitud de ancho de disco de 1,8 m.

Se evidenció la selectividad del calabrote hacia especies de grandes tamaños, a diferencia del espinel cuyo anzuelo poco selectivo captura individuos de especies pequeñas o juveniles de especies grandes.

Tanto para *Mustelus* spp. como para *D. longa* el área de estudio es empleada principalmente por hembras, para la consecución exitosa de los procesos reproductivos; sin embargo, este ciclo al parecer no se lleva a cabo por completo en esta zona puesto que el apareamiento no fue registrado.

Existe una notable diferencia entre la proporción de cada estadio de madurez, siendo la mayoría individuos inmaduros, lo cual puede estar indicando el uso de esta área como una zona de protección que permite mayor supervivencia en los primeros estadios de vida.

Existe una tendencia en las especies de elasmobranquios capturadas a llevar a cabo los procesos reproductivos en el segundo semestre del año. Para *Mustelus* spp. se sugiere un ciclo reproductivo de por lo menos 10 meses (junio – marzo), llevándose a cabo el parto de los embriones entre enero y abril mostrando un ciclo reproductivo anual bien definido; la información reproductiva que se obtuvo para *D. longa* sugiere una posible época de parición de los embriones entre septiembre y noviembre y se considera la posibilidad de que exista asincronía en la reproducción de *Heterodontus mexicanus* y *D. longa*, al presentar ovocitos con distintos diámetros en el mismo momento.



El 86,6 % de los individuos de *Mustelus* spp. que fueron capturados con espinel están por encima de la talla media de madurez sexual (61 cm), mostrando que este arte posiblemente no afecta la estructura poblacional de la especie en el área de estudio. Para *D. longa* el espinel afecta notablemente la estructura poblacional, pues tan sólo el 26,32 % de la captura de esta especie había alcanzado la talla media de madurez sexual, mientras que el calabrote es un arte que por su selectividad brinda mayor probabilidad de reproducción para esta especie.

Los individuos de *Mustelus* spp. y *D. longa* capturados no dejan de consumir alimento durante sus épocas de reproducción; la mayoría de presas identificadas para estas, son de hábitat asociados al fondo, por lo que se confirma que es una especie de hábitos bentónicos, aunque también se alimentan de presas que viven en la columna del agua.

El espectro trófico de *Mustelus* spp. mostró a los crustáceos como las presas más abundantes, con *Portunus* spl. como la presa de mayor importancia. Dentro de estos, los braquiuros fueron el grupo que mayor índice de importancia relativa presentó, seguidos de los estomatópodos, los anomuros y los peneidos en último lugar. Aunque en menor proporción, los peces también fueron alimento preferencial y los moluscos se categorizaron como alimento ocasional.

Para *D. longa* los crustáceos constituyeron las presas de mayor importancia, siendo la familia Squillidae la que mayor porcentaje de importancia mostró; posteriormente se encontraron los decápodos con la familia Portunidae y por último los cirripedios, considerados presas circunstanciales para esta especie. Los peces a su vez son un componente de gran importancia para esta raya; siendo los moluscos el grupo con menor representación.

La dieta de *Mustelus* spp. y *D. longa* no presentó una gran diversidad, en concordancia con una baja uniformidad, lo cual se generó en respuesta a la dominancia de unas pocas categorías de presa sobre el total de ítems identificados para cada una de las especies.



Teniendo en cuenta la diferenciación por sexos en *Mustelus* spp., los machos presentaron mayor diversidad en sus dietas que las hembras, las cuales tienen una mayor dominancia por unos pocos ítems alimenticios. La amplitud de nicho y la sobreposición de dietas estuvieron influenciadas por la baja especificidad en la identificación de las presas, lo cual puede subestimar la amplitud de la dieta y sobreestimar la sobreposición de la misma.

La baja amplitud de nicho encontrada para *Mustelus* spp. y *D. longa* evidencia la alta especialización de la dieta de estas especies en pocas presas, evitando de esta manera la competencia difusa entre predadores y aumentando su probabilidad de coexistencia en el tiempo.

A pesar de que *Mustelus* spp. y *D. longa* comparten algunos recursos alimentarios de importancia como los individuos de la familia Squillidae, la competencia entre ellos por este recurso no evidencia una sobreposición de dietas, dado que cada una de estas especies tiene otras presas alternas disminuyendo de esta manera la rivalidad por los recursos.

La alta sobreposición de dietas entre ambos sexos de *Mustelus* spp. permite suponer que la definición de los ítems alimenticios está dada principalmente por la especie y no varía significativamente de acuerdo al sexo.



BIBLIOGRAFÍA

ACERO, A. *s.f.* Bases de la estrategia para el desarrollo de la pesca artesanal marítima y la sostenibilidad de las acciones emprendidas por el programa UE-VECEP ALA 92/43. En: INPA. 1999. Resultados del Programa de Pesca UE-INPA VECEP ALA 92/43. Colombia, INPA, Programa de Pesca UE-VECEP, Unión Europea. Cd-Rom.

ACERO, P.A.; MEJÍA, L.S. y SANTOS-ACEVEDO, M. 2002. *Carcharhinus limbatus*. En: MEJÍA, L.S. y ACERO, A. (Eds.) Libro rojo de peces marinos de Colombia. La serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá; INVEMAR, Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente; p. 44 – 46. ISBN 96972-4-0.

ACERO, P.A. y FRANKE, R. 2001. Peces del Parque Nacional Natural Gorgona. p. 123 – 131. En: BARRIOS, L.M. y LÓPEZ-VICTORIA, M. (Eds.). Gorgona Marina: Contribución al conocimiento de una isla única. Serie de Publicaciones Especiales No. 7. INVEMAR; 160 p.

_____ 1995. Nuevos registros de peces cartilaginosos del Parque Nacional Natural Gorgona (Pacífico colombiano). II. Rayas y descripción de una nueva especie. En: Bibl. J. J. Triana, v. 11; p. 9 – 21.

ACEVEDO, G. 1996. Contribución al estudio de la biología y la dinámica poblacional de los tiburones de la familia Carcharhinidae (Condriothytes: Lamniformes) en la ensenada de Panamá. Trabajo de grado (Biólogo), Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali; 213p.



ACEVEDO, J.; ANGULO, W.; RAMÍREZ, M. y ZAPATA, L. 1997. Reproducción de *Brotula clarkae* (Pisces: Ophidiidae) en el Pacífico colombiano. Informe técnico final. Colombia, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA); 22 p.

ACEVEDO, K.; BOHÓRQUEZ-HERRERA, J.; MOLINA, E.; MORENO, C. y MORENO, F. 2005. Caracterización y algunos aspectos biológicos del ensamblaje de tiburones y rayas (Subclase Elasmobranchii) descartado por la flota camaronera en el Caribe colombiano entre agosto y noviembre del 2005. Proyecto seminario de Investigación, Facultad de Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano; 90 p.

ACUÑA, E.; CID, L.; PÉREZ, E.; KONG, I.; ARAYA, M.; LAMILLA, J.; PEÑAILILLO, J.; BENNETT, X.; GONZÁLEZ, M.; VILLARROEL, J.; LÓPEZ, H. y BARRAZA, O. 2001. Estudio biológico de tiburones (marrajo dentado, azulejo y tiburón sardinero) en la zona norte y central de Chile. Informe final, Universidad Católica del Norte - Sede Coquimbo, Facultad de Ciencias del Mar, Departamento de Biología Marina (proyecto No. 2000 – 23), Coquimbo – Chile; 112 p.

AGUILAR, N. 2003. Ecología trófica de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) en el Golfo de California. Tesis de maestría. Instituto Politecnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Departamento de Pesquerías y Biología Marina, México.

ALEXANDER, 1995. Evidence of a counter-current heat exchanger in the ray *Mobula tarapacana* (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Batoidea: Myliobatiformes). En: J. Zool. Lond. v. 237; p. 377 – 384.

ALLEN, G.R. and ROBERTSON D.R. 1994. Fishes of the tropical eastern Pacific. Hawaii – E.U.A, University of Hawaii Press.



ANISLADO-TOLENTINO, V. 2000. Ecología pesquera del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el litoral del estado de Michoacán, México. Tesis de maestría (Master en Ciencias), Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias; 145 p.

BAIGORRÍ, Á. y POLO, C. 2004. Espectro trófico de dos especies de tiburón zorro (Chondrichthyes Alopiidae) *Alopias pelagicus* Nakamura, 1935 y *Alopias superciliosus*, en Playa Tarqui Manta, Ecuador. Trabajo de grado (Biólogo Marino), Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta; 133 p.

BARNES, R. y RUPPERT, E. 1996. Zoología de los invertebrados. México, Ed. Interamericana; 1114 p.

BAUM, J.; MYERS, R.; KEHLER, D.; WORM, B.; HARLEY, S. and DOHERTY, P. 2003. Collapse and conservation of shark populations in the northwest Atlantic. En: Science, v. 299, No. 5605; p. 389 – 392.

BERNAL, D.; SEPULVEDA, C. and GRAHAM, J.B. 2001. Water tunnel studies of heat balance in swimming mako sharks. En: J. Exp. Biol. v. 204; p. 4043 – 4054.

BIGELOW, H. and SCHROEDER, W. 1953. Fishes of the western north Atlantic, Number 1, Part 2: Sawfishes, Guitarfishes, Skates, Rays and Chimaeroids. New Haven, Sears Foundation of Marine Research – Yale University.

BOCANEGRA, N.; ABITIA, L. y GALVÁN, F. 2000. Espectro trófico de la berrugata californiana *Menticirrhus undulatus* de laguna ojo de liebre Baja California Sur. México, Instituto Politécnico Nacional Interdisciplinario de Ciencias Marinas. v. 26, No. 4; p. 659 – 675.



BOWMAN, T.E. and ABELE, L.G. 1982. Classification of the recent crustacean. Cap. 1; p.1 – 27. En: ABELE, L.G. (Ed.). The Biology of Crustacea, vol. 1, Systematics, the fossil record and biogeography. United States of America, Academia Press; 319 p.

CAREY, F.G. ; CASEY, J.G.; PRATT, H.L.; URQUHART, D. and MCCOSKER, J.E. 1985. Temperature, heat production and heat exchange in lamnid sharks. En: South. Calif. Acad. Sci. Mem. v. 9; p. 92 – 108.

CAREY, F.G.; KANWISHER, J.W.; BRAZIER, O.; GABRIELSON, G.; CASEY, J.G. and PRATT, H.L. Jr. 1982. Temperature and activities of a white shark, *Carcharodon carcharias*. En: Copeia; p. 254 – 260.

CARLSON, J.K. 1998. The physiological ecology of the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*, blacknose shark, *Carcharhinus acronotus*, and Florida smoothhound shark, *Mustelus norrisi*: Effects of dissolved oxygen and temperature. Ph.D. dissertation, University of Mississippi, Oxford; 106 p.

CARLSON, J.; GOLDMAN, K. and LOWE, C. 2004. Metabolism, energetic demand and endothermy; p. 203 – 244. En: CARRIER, J.C.; MUSICK, J.A. and HEITHAUS, M.R. (Eds.). Biology of Sharks and their Relatives. United States of America, CRC Press; 596 p.

CASTILLO, L.F. 1998. Fluctuación poblacional (composición y abundancia) de la ictiofauna acompañante del camarón de aguas someras en el Golfo de Tortugas, Pacífico colombiano. Trabajo de grado (Biólogo), Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali; 108 p.

CASTILLO, B.; ROJAS, P.; ACEVEDO, C.; GÓMEZ, C.; ZAPATA, L.A.; RUBIO, E. y LOAIZA, J.H. 2004. Plan de manejo preliminar de los recursos ícticos del Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia “Acciones para propender a la sostenibilidad del recurso”. Cali, Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales



Naturales UAESPNN y Fundación para la investigación, Divulgación y Desarrollo Sostenible de la Acuicultura y los Recursos Naturales Hídricos FUNDEMAR; 123 p.

CASTRO, J. 1996. Biology of the blacktip shark, *Carcharhinus limbatus*, off the southeastern United States. En: Bulletin of Marine Science. v. 59, No. 3; p. 508 – 522.

CHASQUI, L. 2005. Monitoreo de variables meteorológicas en el Parque Nacional Natural Gorgona, estación IDEAM 5702501. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), años 1987 – 2004. Gorgona, resumen ejecutivo.

CHIRICHIGNO, N. 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. 2ª Ed. Callao, Perú, Instituto del Mar de Perú. 496 p.

CLOTHIER, C. 1950. A key to some southern California fishes based on vertebral characters. Department of natural resources division of fish and game. State of California. En: Bureau of Marine Fisheries Fish Bulletin. No. 79; p. 5 – 27.

CLOTHIER y BAXTER, J. 1969. Vertebral characters of some Californian fishes with notes on other eastern pacific species. State of California, Department of Fish and Game - Marine Resources Operations; p. 5-32.

COMPAGNO, L. 1984a. Sharks of the World: An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. FAO Species catalogue, vol. 4, part 1. Hexanchiformes to Lamiformes. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations; 249p.

_____ 1984b. Sharks of the world: An annotated and illustrated catalogue of shark species known to Date. FAO Species catalogue, vol. 4, part 2. Carcharhiniformes. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations; p. 481 – 483.



COMPAGNO, L. 1999. Systematics and body form En: HAMLETT, W.C. (Ed). Sharks, Skates and Rays: The biology of elasmobranch fishes. Baltimore, Johns Hopkins University Press; p. 471 – 498.

_____ 2002a. Sharks. p. 357 – 505. En: CARPENTER, K. E. (Ed.). The Living Marine Resources of the Western Central Atlantic. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Soviet of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations. v. 3, No. 5; 2127 p.

_____ 2002b. Sharks of the World : An annotated and Illustrated Catalogue of Shark Species Known to Date. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes; No. 1, Vol. 2. Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes). Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations; 269p. ISBN 92-5-104543-7

COMPAGNO, L.J.V.; KRUPP, F. and SCHNEIDER, W. 1995. Tiburones; p.648 – 743. En: FISCHER, W.; KRUPP, F.; SCHNEIDER, W.; SOMMER, C.; CARPENTER, K.E. y NIEM, V.H. (Eds.) Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 3 v. 2.

CONABIO, 2006. Esquema general de *Zapteryx xyster* (Autor: Tosio Kumada). En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [online]. México [Revisado en febrero del 2006] Disponible en Internet conabioweb.conabio.gob.mx

CORTÉS, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. En: Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. v. 54; p. 726 – 738.



CORTÉS, E. *s.f.* Conservación de elasmobranquios: perspectiva internacional. En: NOAA [online]. Florida, Estados Unidos [Revisado en junio del 2005] Disponible en Internet www.noaa.gov

CROWDER, L. and COOPER, W. 1982. Habitat structural complexity and the interaction between bluegills and their prey. En: Ecology, v. 63, No. 6; p. 1802-1813

DÍAZ, J.M. 1979. Dentición y reemplazo dental en algunos tiburones carcharhinidos del Pacífico colombiano. En: Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín, v. 11; p. 135 – 145.

_____ 1984. Consideraciones zoogeográficas sobre los tiburones del Pacífico colombiano. En: Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín, v.13; p. 53 – 65.

DÍAZ, J.M. y GÓMEZ, D.I. (Eds.). 2000. Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera PNIBM. Santa Marta, INVEMAR, FONADE, MMA; 83 p. ISBN: 958-96972-0-8

DÍAZ, J. M.; PINZÓN, J.; PERDOMO, A.; BARRIOS, L.M. y LÓPEZ-VICTORIA, M. 2001. Generalidades. p. 17 – 25. En: BARRIOS, L.M. y LÓPEZ-VICTORIA, M. (Eds.). Gorgona Marina: Contribución al conocimiento de una isla única. Serie de Publicaciones Especiales No. 7. Santa Marta, INVEMAR; 160 p.

DOOD, T.M. 1972. Ovarian control in cyclostomes and elasmobranchs. En: American Zoologist, v. 12; p. 325 – 339.

DOUADY, C.J.; DOSAY, M.; SHIVJI, M.S. and STANHOPE, M.J. 2003. Molecular phylogenetic evidence, refuting the hypothesis of Batoidea (Rays and Skates) as derived sharks. En: Molecular Phylogenetics and Evolution, v. 26; p. 215 – 221.



FAO Servicio de Recursos Marinos. 2001. La ordenación pesquera - 1. Conservación y ordenación del tiburón. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable 4, suplemento 1. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations; 66 p.

FERNANDEZ, P. 1975. Estudio biológico y pesquero de algunas especies de tiburones del Pacífico colombiano. Trabajo de grado (Biólogo Marino) Facultad de Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá; 154 p.

FRANKE, A.R. 1990. Frecuencia y abundancia de 17 especies de tiburones en el Parque Nacional Natural isla Gorgona Pacífico colombiano. En: Memorias del VIII Seminario de Ciencia y Tecnología del Mar. Santa Marta – Colombia; p. 682-696.

FRANKE, A.R. y ACERO, P.A. 1991. Registros nuevos y comentarios adicionales sobre peces cartilagosos del Parque Nacional Natural isla Gorgona (Pacífico colombiano). I. Tiburones. En: *Triaena*, v. 4; p. 527 – 540.

FROESE, R. and PAULY, D. (Eds.). 2006. Fish Base World Wide Web electronic publication. [online]. Estados Unidos [Revisado en junio del 2006] Disponible en Internet en www.fishbase.org

GHERBI-BARRE, A. 1983. Biologie de *Trisopterus luscus* (Linnaeus, 1758) de la baie de Douarnenez (reproduction, croissance, regime alimentaire). These du Doctorat Oceanographie Biologique, Universite de Bretagne Occidentale; 80 p.

GOLDMAN, K.J. 1997. Regulation of body temperature in the white shark, *Carcharodon carcharias*. En: *J. Comp. Phys. B.*, v. 167; p. 423 – 429.

_____ 2002. Aspects of age, growth, demographics and thermal biology of two lamniform shark species. Ph.D. dissertation, College of William and Mary, School of Marine Science, Virginia Institute of Marine Science, Williamsburg; 220 p.



GÓMEZ, C. y DÍAZ, J.M. 1979. Tiburones colectados en la isla Gorgona. p. 169 – 188. En: PRAHL, H.; GUHL, F. y GRÖGL (Eds.). Gorgona. Universidad de los Andes, Facultad de Artes y Ciencias. Futura Grupo Editorial, Bogotá; 279 p.

GÓMEZ, G.; ZAPATA, L.; FRANKE, R. y RAMOS, G. 2003. Hábitos alimentarios de *Mustelus lunulatus* y *M. henlei* (Pisces: Triakidae) colectados en el Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. En: Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, v. 32; p. 219 – 229.

GRACE, M. 2001. Field Guide to requiem sharks (Elasmobranchiomorphi: Carcharhinidae) of the Western North Atlantic. US. Department of Commerce, NOAA Technical Report NMFS 153; 32 p.

GREENE, W. and JAKSIC, F. 1983. Food-niche relationships among sympatric predators: effects of level of prey identification. En: OIKOS, v. 40, No. 1; p. 151 - 154.

HAJISAMAEA, S.; CHOUA L.M. and IBRAHIM, S. 2003. Feeding habits and trophic organization of the fish community in shallow waters of an impacted tropical habitat estuarine. En: Coastal and Shelf Science, v. 58; p. 89 – 98.

HANSSON, S. 1998. Methods of studying fish feeding: a comment. En: Can. J. Fish. Aquat. Sci., v. 54; p. 729 – 738.

HURLBERT, S. 1978. The measurement of niche overlap and some relatives. En: Ecology, v. 59, No. 1; p. 67 - 77.

HUTCHINSON, G.E. 1981. Introducción a la ecología de poblaciones. Barcelona, Editorial Blume.



HYSLOP, E.J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. En: Journal of Fish Biology, v. 17; p. 411 – 429.

INVEMAR. 2001. Formulación del Plan de Manejo Integrado de la zona costera para el complejo de las bocanas de Guapi – Iscuandé, Pacífico colombiano. Fase 1: Caracterización y Diagnóstico. INVEMAR, CRC, CORPONARIÑO, IIAP, CONSEJOS COMUNITARIOS de Gaujui, Bajo Guapi, Chanzará, Unicosta y Alto Sequihonda, Santa Marta D.T.H.C.

JANECH, M.G. and PIERMARINI, P.M. 1997. Urine flow rate and urine composition of freshwater Atlantic stingrays, *Dasyatis sabina*, from the St. Johns River, Florida. En: Am. Zool., v. 37, No. 147A.

JANECH, M.G.; FITZGIBBON, W.R.; MILLER, D.H.; LACY, E.R. and PLOTH, D.W. 1998. Effect of dilution of renal excretory function of the Atlantic stingray, *Dasyatis sabina*. En: FASEB J., v. 12, No. A423.

KARDONG, K. 1999. Vertebrados: anatomía comparada, función, evolución. 2ª ed. España, McGraw Hill – Interamericana; 732 p.

KLIMLEY, A.P. 1983. Social organization of schools of the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith), in the Gulf of California. Doctoral dissertation, University of California, San Diego, La Jolla, 341 pp.

KREBS, C.J. 1985. Ecología, estudio de la distribución y la abundancia de las poblaciones. México, McGraw Hill; 753 p.

_____ 1999. Ecological methodology. 2 ed. California – Estados Unidos, Harper Collins; 620 p.

LAMILLA, J. 2005. Bycatch: Tiburones en peligro. Oceana, Chile, Doc. # 11; 14 p.



- LEMAITRE, R y ÁLVAREZ, R. 1992. Crustáceos decápodos del Pacífico colombiano: Lista de especies y consideraciones zoogeográficas. En: Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín, v. 21; p. 33 – 76. ISSN 0129-3959.
- LEVINS, R. 1968. Evolution in a changing environment: Some theoretical exploration. New Jersey, Princeton University Press; 120 p.
- LONDOÑO, J. 1977. Algunos aspectos biológicos de los peces con interés comercial capturados por la flota camaronera en el Pacífico colombiano. Trabajo de grado (Biólogo Marino) Facultad de Biología Marina, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá – Colombia; 94 p.
- LOWE, G.; WETHERBE, G.; CROW, A.; WETHERBE, G.; CROW, A y TESTER, A. 1996. Ontogenetic dietary shifts and feeding behavior of the tiger shark *Galeocerdo cuvier*, in Hawaiian waters. En: Environmental Biology of Fishes, v. 47; p. 203 – 211.
- MATTERN, S.A.; CECH, J.J. and HOPKINS, T.E. 2000. Diel movements of bat rays, *Myliobatis californica* in Tomales Bay, California: evidence for behavioral thermoregulation. En: Environ. Biol. Fish., v. 58; p. 173 – 182.
- MATTOS, S; NUNES, D and HAZIN, F. 2004. Reproductive biology of the Caribbean sharpnose shark *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861) off Pernambuco State (Brazil) continental shelf. En: Florida Museum of Natural History [online]. Estados Unidos [Revisado en julio del 2004] Disponible en Internet en <http://www.flmnh.ufl.edu>
- MCEACHRAN, J.D. 1995a. Dasyatidae, Rayas látigo; p. 752 – 755. En: FISCHER, W.; KRUPP, F.; SCHNEIDER, W.; SOMMER, C.; CARPENTER, K.E. y NIEM, V.H. (Eds.) Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 3 v. 2.



MCEACHRAN, J.D. 1995b. Rajidae, Rayas; p. 773 – 777. En: FISCHER, W.; KRUPP, F.; SCHNEIDER, W.; SOMMER, C.; CARPENTER, K.E. y NIEM, V.H. (Eds.) Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 3 v. 2. ISBN 92-5-303409-2

MCEACHRAN, J.D. and ASCHLIMAN, N. 2004. Phylogeny of Batoidea. En: CARRIER, J.C., MUSICK, J.A. and HEITHAUS, M.R. (Eds.). Biology of sharks and their relatives. Florida, CRC Press.

MCEACHRAN, J.D. and NOTARBARTOLO DI SCIARA, G. 1995a. Peces Batoideos; p. 746 – 798. En: FISCHER, W.; KRUPP, F.; SCHNEIDER, W.; SOMMER, C.; CARPENTER, K.E. y NIEM, V.H. (Eds.) Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 3 v. 2

_____ 1995b. Myliobatidae, Aguilas marinas; p. 765 – 768. En: FISCHER, W.; KRUPP, F.; SCHNEIDER, W.; SOMMER, C.; CARPENTER, K.E. y NIEM, V.H. (Eds.) 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 3v. 2

_____ 1995c. Rhinopteridae, Gavilanes; p. 782 – 783. En: FISCHER, W.; KRUPP, F.; SCHNEIDER, W.; SOMMER, C.; CARPENTER, K.E. y NIEM, V.H. (Eds.) 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 3 v. 2.

MCPHERSON, E. and DUARTE, C.M. 1994. Patterns in species richness, size, and latitudinal range of east Atlantic fishes. En: Ecography, v. 17; p. 242 – 248.

MEGLITSCH, P. 1972. Zoología de Invertebrados. Londres, H. Blume Ediciones.



MEJÍA-FALLA, P. A.; NAVIA, A. F.; MEJÍA-LADINO, L. M.; ACERO, P.A. y RUBIO, E. *En prensa*. Lista revisada y comentada de las especies de tiburones y rayas (Pisces: Elasmobranchii) registradas en aguas colombianas. En: Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras.

MURILLO, C. 1988. Estomatópodos de la costa Pacífica de Colombia e isla Gorgona (Crustacea: Stomatopoda: Squillidae, Gonodactylidae y Pseudosquillidae). En: Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín, v. 18; p. 95 – 112.

NAVIA, A.F. 2002. Aspectos de la biología de los elasmobranchios capturados como fauna acompañante del camarón en aguas someras del Pacífico colombiano. Trabajo de grado (Biólogo), Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali; 97 p.

NAVIA, A.F. y MEJÍA, P.A. 2004. Guía para la identificación de especies del Programa Nacional de Avistamiento de Tiburones y Rayas. Cali – Colombia, Fundación SQUALUS; 38 p.

NELSON, J.S. 1994. Fishes of the World. 3^a ed. New York, John Wiley; 600 p.

PALLAORO, A.; JARDAS, I. and SANTIC, M. 2005. Weight-length relationships for 11 chondrichthyan species in the eastern Adriatic Sea. En: Cybium, v. 29, No. 1; p. 93 - 96.

PAULY, D. 1984. Fish population dynamics in tropical water: a manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resource Management, ICLARM, Manila; 41 p.

PECHENIK, J.A. 2000. The Arthropods. cap. 14; p. 323 – 398. En: PECHENIK, J.A. Biology of the Invertebrates. 4th Ed. United States of America, McGraw Hill; 578 p.



PIERMARINI, P.M. and EVANS, D.H. 2000. Effects of environmental salinity on Na⁺/K⁺ATPase in the gills of a euryhaline elasmobranch (*Dasyatis sabina*). En: J. Exp. Biol., v. 203; p. 2957 – 2966.

PRAHL, H. 1986. Notas sobre la zoogeografía de corales, crustáceos, moluscos y peces. P. 95 – 127. En: PRAHL, H.; ALBERICO, M.; BORRERO, F.J.; CANTERA, J.R.; CONTRERAS, R.; NARANJO, L.G.; NEIRA, R.; PALTA, J.; RESTREPO, J.H. y TORRES, E. (Eds). Isla de Gorgona. Bogotá, Biblioteca Banco Popular; 252 p.

PRAHL, H.; ALBERICO, M.; BORRERO, F.J.; CANTERA, J.R.; CONTRERAS, R.; NARANJO, L.G.; NEIRA, R.; PALTA, J.; RESTREPO, J.H. y TORRES, E. 1986. isla de Gorgona. Bogotá, Biblioteca Banco Popular; 252 p. ISBN 958-9003-25-7

PRAHL, H. v.; GUHL, F. y GRÖGL, M. (Eds.). 1979. Gorgona. Bogotá, Universidad de los Andes; 280 p.

RANDALL, D.; ECKERT, R.; BURGEN, W. y FRENCH, R. 1998. Fisiología animal: mecanismos y adaptaciones. España, Ed. McGraw Hill; 795 p.

REX, M.A.; STUART, C.T.; HESSELER, R.R.; ALLEN, J.A.; SANDERS, H.L. and WILSON, G.D.F. 1993. Global-scales latitudinal patterns of species diversity in the deep-sea benthos. En: Nature, v. 365; p. 636 – 639.

ROBERTSON, D.R. y ALLEN, G.R. 2002. Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: un sistema de información. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, república de Panamá. Versión 1.0.0 en CD-Rom.

ROJAS, P.A. 2000. Contribución al conocimiento biológico de *Mustelus lunulatus* un recurso pesquero potencial en el Pacífico colombiano. Trabajo de grado (Biólogo), Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali; 46 p.



ROJAS, P.A.; CASTILLO, B.C.; GÓMEZ, C.; ACEVEDO, C.I.; ZAPATA, L.A.; LOAIZA, J.H. y RUBIO, E.A. 2004. Parque Nacional Natural Gorgona – Área de Influencia. Uso y conservación del recurso peces. Cali – Colombia, Editorial Sepia.

ROOT, R.B. 1967. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. En: Ecology Monography, v. 37; p. 317 – 350.

RUBIO, E.A. 1982. Estudio taxonómico de la ictiofauna asociada al ecosistema de manglar-estero en la Bahía de Buenaventura. En: Cantera, J.R. (Ed.). Fauna asociada al ecosistema de manglar-estero en la Bahía de Buenaventura. Cali, Centro de publicaciones científicas, Universidad del Valle; p. 76 - 122.

_____ 1984a. Estudio taxonómico preliminar de la ictiofauna de Bahía Málaga (Pacífico colombiano). En: Anuales del Instituto de Investigaciones Marinas Punta Betón, v. 14; p.157 - 173.

_____ 1984b. Estudios sobre la ictiofauna del Pacífico colombiano. I. Composición de la ictiofauna asociada al ecosistema de manglar-estuario en la Bahía de Buenaventura. En: Cespedia, v. 13, No. 49 – 50; p. 296 - 315.

_____ 1986a. Lista sistemática de peces costeros y de profundidad del Pacífico colombiano. Cali, Departamento de Biología, Sección de Biología Marina, Universidad del Valle; 247 p.

_____ 1986b. Notas sobre la ictiofauna de la isla Gorgona, Pacífico colombiano. En: Boletín Ecotropica, v. 13; p. 86 - 112.

_____ 1987. Composición taxonómica de los peces del golfo de Tortugas (Colombia). En: Cespedia, v. 14-15; p. 19 – 30.



RUBIO, E.A. 1989. Peces de importancia comercial para el Pacífico colombiano. Cali-Colombia, Centro de Publicaciones, Facultad de Ciencias, Universidad del Valle; 499p.

_____ 1990. Estudio taxonómico de la ictiofauna acompañante del camarón de aguas costeras del Pacífico colombiano. En: Memorias VI Seminario Nacional de Ciencias del Mar, Bogotá – Colombia; p. 169 –183.

_____ 1992. Estructura taxonómica y caracterización preliminar de las comunidades de peces colectadas en zonas estuarinas y de manglares en la costa pacífica colombiana. En: Memorias del VIII Seminario de Ciencia y Tecnología del Mar; p. 92-106.

RUBIO, E.A. y ANGULO, J.A. 2003. Peces coralinos del Pacífico colombiano. Cali, Universidad del Valle; 317 p.

RUBIO, E.A.; CANTERA, J. y PRAHL, H. 1988. Reconocimiento zoológico de la fauna marina del Pacífico de Colombia, Universidad del Valle, Cali – Colombia; 384 p.

RUBIO, E.A. y ESTUPIÑAN, F. 1992. Ictiofauna del PNN Sanquianga, un análisis de su estructura y perspectivas para su manejo. En: Memorias del VIII Seminario de Ciencia y Tecnología del Mar; p. 660 – 670.

RUBIO, E.A.; GUTIÉRREZ, B. y FRANKE, R. 1987. Peces de la isla Gorgona. Cali – Colombia, Facultad de Ciencias, Universidad del Valle; 277 p.

RUBIO, E.A. y RUÍZ, W. 1993. Primer registro de *Zapteryx exasperata* (Batoideos: Rajiformes: Rhinobatidae) en la costa del pacífico de Colombia. En: Revista de Ciencias Universidad del Valle; p. 11 – 16.

RUBIO, E.A.; SUÁREZ, A.; ESTUPIÑÁN, F.; HENAO, W. y VARGAS, B. 1992. Los recursos ictiológicos de la isla Malpelo (Colombia). I. Una revisión de su conocimiento y



nuevos reportes para la ictiofauna de la isla. En: Memorias del VIII Seminario de Ciencias del Mar; p. 642 – 658.

SABORIDO, F. y JUNQUERA, S. 2001. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Curso doutoramento do bienio 2001 – 2003. Universidade de Vigo; 72 p.

SAMAME, M.; CASTILLO, J. y ESPINOZO, M. 1988. El tollo un recurso demersal. Algunos aspectos de la biología y pesquería de *Mustelus whitneyi*; p. 313 – 315. En: Memorias del Simposio Internacional de los Recursos Vivos y las Pesquerías en el Pacífico Sudeste. Viña del Mar.

SIMPFENDORFER, C. and HEUPEL, M. 2004. Assessing habitat use and movement; 553 - 572. En: CARRIER, J.; MUSICK, J. and HEITHAUS, M. (Eds). Biology of sharks and their relatives. United States, CRC Press; 596 p.

SMITH, W.D. 2005. *Dasyatis longa*. En: 2006 IUCN Red List of Threatened Species. [online]. Estados Unidos [Revisado en septiembre 07 del 2006] Disponible en Internet www.iucnredlist.org

SNELSON, F.; MULIGAN, T. and WILLIAMS, S. 1984. Food habits, occurrence and population structure of bull shark, *Carcharhinus leucas*, in Florida coastal lagoons. En: Bulletin of Marine Science, v. 34; p. 749 – 754.

STERLING, J.E. 1975. Estudio taxonómico de los peces marinos de la isla Gorgona y trayecto Buenaventura – isla Gorgona. Cali, Departamento de Biología, Universidad del Valle.

_____ 1976a. Lista de peces marinos de la isla Gorgona. Cali , Departamento de Biología, Universidad del Valle.



- STERLING, J.E. 1976b. Estudio taxonómico de peces marinos del Pacífico colombiano. p. 687 – 708. En: Memorias del Seminario sobre el Océano Pacífico Sudamericano. Departamento de Biología, División de Ciencias, Universidad del Valle. Cali.
- STEVENS, J.D.; BONFIL, R.; DULVI, N.K. and WALKER, P.A. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (condrichthyans), and the implications for marine ecosystems. En: ICES Journal of Marine Science, v. 57; p. 476 – 494.
- TAPIERO, L. 1997. Contribución al conocimiento de la biología y dinámica poblacional de *Sphyrna lewini* (Pisces: Chondricties) en el Pacífico colombiano. Trabajo de grado (Biólogo) Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali; 89p.
- TESHIMA, K.; YOSHIMURA, H. and MIZUE, K. 1971. Studies on Sharks II. On the reproduction of Japanese dogfish *Mustelus manazo* BLEEKER. En: Bulletin of the Faculty of Fisheries. Nagasaki University; 50 p.
- TORRES, C.A. 1997. Aspectos biológicos - pesqueros del pargo planero *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) y reconocimiento sobre la pesca artesanal en el municipio de Bahía Solano (Choco, Colombia). Choco, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA);16 p.
- TRESIERRA, A. y CULQUICHICÓN, Z. 1995. Manual de biología pesquera. Trujillo – Perú , Editorial Libertad E.I.R.L.
- VAN DER ELST, R. 1981. A guide to the common sea fishes of southern Africa. Cape Town, C. Struik; 367 p.
- VAZZOLER, A.E. 1981. Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes; reprodução e crescimento. Brasília, CNPq, Programa Nacional de Zoologia; 108 p.

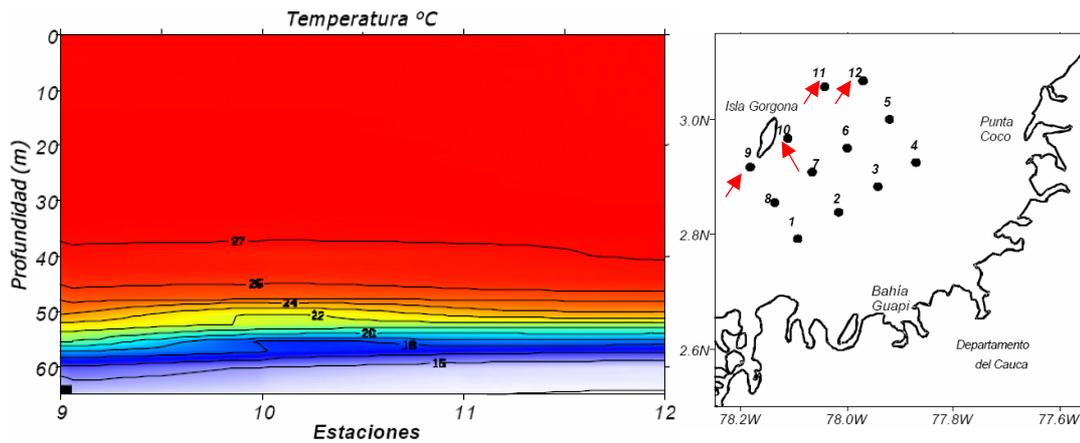


- VEGAS, V. M. 1977. Ictiología. Texto experimental. Cali – Colombia, Universidad del Valle; 271 p.
- VILLACENCIO-GARAIJAR, C.J.; DOWNTON, C.C. y MARIANO, E. 1994. Tamaño y reproducción de *Dasyatis longus* (Pisces: Dasyatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. En: Revista Biología Tropical, v. 42; No. 1/2; p. 375 – 377.
- WOURMS, J. 1977. Reproduction and development in condrichthyan fishes. En: American Zoologist, v. 17; p. 379 – 410.
- ZAPATA, F. 2001. Peces marinos de Gorgona: Generalidades. p. 107 – 110. En: BARRIOS, L.M. y LÓPEZ-VICTORIA, M. (Eds.). Gorgona Marina: Contribución al conocimiento de una isla única. Serie de Publicaciones Especiales No. 7. Santa Marta, INVEMAR; 160 p.
- ZAPATA, L.A.; ACEVEDO, G.; ANGULO, W.; GÓMEZ, A. y GÓMEZ, G. 1997. Estudio biológico y pesquero de las principales familias que conforman la pesca blanca en el Pacífico colombiano. Colombia, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Informe técnico final, marzo/94 – octubre/97.
- ZAPATA, L.A.; RODRÍGUEZ, G.; GÓMEZ, G.; ANGULO, W.; GÓMEZ, A.; BELTRÁN, B. y MORALES, J. 1998. Prospección de los principales bancos de pesca en el Pacífico colombiano: INPA/COLCIENCIAS VECEP/DIMAR BAN 9805. Buenaventura, INPA, COLCIENCIAS y UE VECEP. Informe técnico final; 57 p.
- ZAR, J.H. 1999. Bioestadistical analysis. 4th Ed. New Jersey, Prentice Hall.

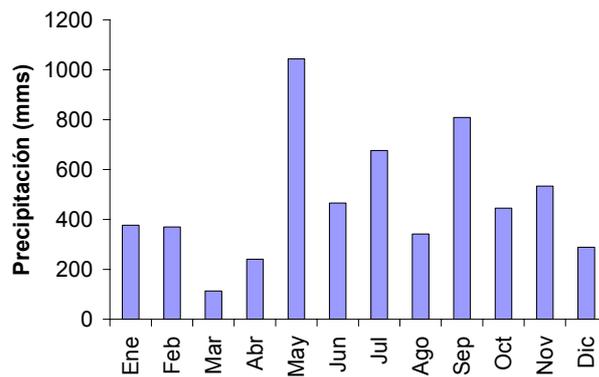


ANEXOS

Anexo A. Distribución vertical de la temperatura del agua en cuatro estaciones ubicadas en el costado oriental de la isla Gorgona. Izquierda: Perfil vertical de temperatura; derecha: Ubicación de las estaciones de muestreo (tomado de INVEMAR, 2001).



Anexo B. Representación gráfica de los valores de precipitación registrados en la estación Gorgona por el IDEAM para el año 2004.





Anexo C. Isolíneas de salinidad del agua en el área de estudio. Arriba izquierda: Superficie (0 m); arriba derecha: Profundidad (25 m); abajo: Perfil vertical de salinidad en las estaciones demarcadas en el anexo B (derecha) (tomado de INVEMAR, 2001)

