



INFORME TÉCNICO

Recursos demersales en la zona exclusiva de pesca artesanal (ZEPA) y los distritos regionales de manejo integrado Golfo de Tribugá-Cabo corrientes y encanto de los manglares del Bajo Baudó, y prospección pesquera de Calamar Gigante (*Dosidicus Gigas*) en el Pacífico Colombiano



AUNAP
AUTORIDAD NACIONAL
DE ACUICULTURA Y PESCA

"Acuicultura y Pesca con Responsabilidad"



RECURSOS DEMERSALES EN LA ZONA EXCLUSIVA DE PESCA ARTESANAL (ZEPA) Y LOS DISTRITOS REGIONALES DE MANEJO INTEGRADO GOLFO DE TRIBUGÁ-CABO CORRIENTES Y ENCANTO DE LOS MANGLARES DEL BAJO BAUDÓ, Y PROSPECCIÓN PESQUERA DEL CALAMAR GIGANTE (*DOSIDICUS GIGAS*) EN EL PACÍFICO COLOMBIANO

Equipo de autores y colaboradores

® Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andreis – INVEMAR	® Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca
Mario Rueda Fabián Escobar Toledo Alfredo Rodríguez Jiménez	María Rosa Angarita Piedrahita Cristhian Eduardo Marrugo Marmolejo Vianys Agudelo Martínez Libia Santos Humberto Villani Pechene Sarina Milena Robles

Esta publicación, es un producto resultado del convenio de cooperación No. 267 de 2019 cuyo objeto: “*Adelantar acciones de investigación a través de datos independientes de la pesca, para determinar el potencial aprovechamiento de los recursos pesqueros en aguas marinas jurisdiccionales del Océano Pacífico Colombiano*” suscrito entre la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca y La Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andreis – INVEMAR en el año 2019.

Citación sugerida: INVEMAR (2019). Recursos demersales en la Zona Exclusiva de Pesca Artesanal (ZEPA) y los distritos regionales de manejo integrado Golfo de Tribugá-Cabo corrientes y encanto de los manglares del Bajo Baudó, y prospección pesquera del calamar gigante (*dosidicus gigas*) en el pacífico colombiano. Informe final Convenio 267 de 2019. AUNAP-INVEMAR. 143 p

®Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales, sin previa autorización del titular de los derechos de autor, sí y solo sí, se reconocen los créditos de los autores, editores e instituciones que han elaborado el presente documentos.

Las líneas de delimitación, así como los mapas que pudieran presentarse dentro de la publicación, son una representación gráfica aproximada, con fines ilustrativos y no expresan una posición de carácter oficial, por ende, ni los autores ni las instituciones vinculada, asumen la responsabilidad de las interpretaciones que surjan a partir de estas.

“Se prohíbe la reproducción de este documento para fines comerciales”

Responsabilidad: Las denominaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación, no implican la expresión de opinión o juicio alguno por parte de las instituciones participantes. Así mismo, las opiniones expresadas no representan necesariamente las decisiones o políticas de las instituciones participantes, ni la citación de nombres, estadísticas pesqueras o procesos comerciales. Todos los aportes y opiniones expresadas son de la entera responsabilidad de los autores correspondientes. Los documentos que componen este libro han sido editados con previa aprobación de sus autores.

Recursos demersales en la Zona Exclusiva de Pesca Artesanal (ZEPA) y los Distritos Regionales de Manejo Integrado Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes y Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, y prospección pesquera del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Pacífico colombiano



Convenio de cooperación No. 267 de 2019
AUNAP – INVEMAR

Santa Marta D.T.C.H., Diciembre de 2019

CUERPO DIRECTIVO

Director General

Francisco Armando Arias Isaza

Subdirector

Coordinación Científica (SCI)

Jesús Antonio Garay Tinoco

Subdirectora Administrativa (SRA)

Sandra Rincón Cabal

Coordinador

Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)

David Alonso Carvajal

Coordinador

Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos y Costeros (VAR)

Mario E. Rueda H.

Coordinadora

Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)

Luisa Fernanda Espinosa

Coordinadora

Programa de Geociencias Marinas y Costeras (GEO)

Constanza Ricaurte Villota

Coordinadora

Coordinación de Investigación e Información para Gestión Marina y Costera (GEZ)

Paula Cristina Sierra Correa

Coordinador

Coordinación de Servicios Científicos (CSC)

Julián Mauricio Betancourt

COORDINACIÓN DEL PROYECTO

INVEMAR

Mario Rueda

Fabián Escobar Toledo

Alfredo Rodríguez Jiménez

AUNAP

María Angarita Peñaranda

Vianys Agudelo Martínez

GRUPO DE TRABAJO

Programa de Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos y Costeros – VAR

Mario Rueda, Coordinador de Programa

Fabián Escobar Toledo, Jefe de Línea UPS

Alfredo Rodríguez Jiménez, Investigador Científico

Efraín Viloria Maestre, Investigador Científico

Diana Bustos Montes, Investigador Científico

Jorge Viaña Tous, Investigador Científico

José Correa Daza, Investigador Científico

Alexander Girón Montaña, Investigador Científico

Andrea Jara Baquero, Investigador Científico

Sarith Salas Castro, Investigador Científico

Diana Rubio Lancheros, Investigador Científico

María Camila Rodríguez, Investigador Científico

Carlos Linero Rosado, Investigador Científico

Rosa Riascos, Investigador Científico

Stephannie Chávez Zabaleta, Auxiliar de investigación

José Romero Arenas, Auxiliar de investigación

Nelson Martínez, Auxiliar de Investigación

Germán Ángulo Ángulo, Auxiliar de Investigación

Brayan Homez, Auxiliar de Investigación

Brenda Castro, Auxiliar de Investigación

Soporte cartográfico

Felipe Valencia Ospina, Investigador Científico

Imagen portada: Embarcaciones de pesca industrial de camarón en el Pacífico colombiano. Fuente: PROGRAMA VAR – INVEMAR.

Citar el informe así: Rodríguez, A., S. Salas-Castro, J. Viaña, D. Rubio, A. Jara, C. Linero, M. Rodríguez, A. Girón, J. Correa, R. Riascos, F. Escobar y M. Rueda. 2019. Recursos demersales en la Zona Exclusiva de Pesca Artesanal (ZEPA) y los Distritos Regionales de Manejo Integrado Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes y Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, y prospección pesquera del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Pacífico colombiano. Convenio No. 267 de 2019 INVEMAR-AUNAP. Informe técnico y financiero final. PRY-VAR-014-19-ITF. Santa Marta, Colombia. 143 p + Anexos.

INVEMAR

Calle 25 No. 2-55, Playa Salguero Santa Marta – Colombia

PBX: (57) (5) 4328600, Fax: (57) (5) 4328682

<http://www.invemar.org.co>

TABLA DE CONTENIDO

1	RESUMEN EJECUTIVO	15
2	INTRODUCCIÓN GENERAL	18
3	OBJETIVOS	21
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	21
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
4	PROSPECCIÓN PESQUERA DE RECURSOS DEMERSALES EN EL CHOCÓ NORTE DEL PACÍFICO COLOMBIANO	22
4.1	INTRODUCCIÓN.....	23
4.2	METODOLOGÍA.....	24
4.2.1	ÁREA DE ESTUDIO	24
4.2.2	DISEÑO DE MUESTREO.....	27
4.2.2.1	Componente hidroacústico	27
4.2.2.2	Componente biológico-pesquero.....	27
4.2.2.3	Componente oceanográfico	28
4.2.3	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	30
4.3	COMPOSICIÓN DE LA CAPTURA, ABUNDANCIA RELATIVA Y ESTRUCTURA COMUNITARIA	30
4.3.1	INTRODUCCIÓN.....	30
4.3.2	MÉTODOS ESPECÍFICOS.....	30
4.3.3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.3.3.1	Composición de la captura	31
4.3.3.2	Abundancia relativa.....	47
4.3.3.3	Estructura comunitaria.....	54
4.4	ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE LAS ESPECIES MÁS ABUNDANTES.....	59
4.4.1	INTRODUCCIÓN.....	59
4.4.2	MÉTODOS ESPECÍFICOS.....	59
4.4.3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
4.4.3.1	Zona Exclusiva de Pesca Artesanal – ZEPA	63
4.4.3.2	DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes – DRMI GTCC	68

4.4.3.3	DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó – DRMI EMBB.....	72
4.5	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ABUNDANCIA RELATIVA Y ESTRUCTURA DE TALLAS DE LAS ESPECIES MÁS ABUNDANTES	79
4.5.1	INTRODUCCIÓN	79
4.5.2	MÉTODOS ESPECÍFICOS.....	79
4.5.3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	80
4.5.3.1	Abundancia relativa y estructura de tallas.....	80
4.6	ABUNDANCIA RELATIVA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL ICTIOPLANCTON	88
4.6.1	INTRODUCCIÓN	88
4.6.2	MÉTODOS ESPECÍFICOS.....	88
4.6.3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	89
4.6.3.1	Biovolumen zooplanctónico	89
4.6.3.2	Huevos de peces.....	90
4.6.3.3	Larvas de peces.....	93
4.6.3.4	Composición por especies de larvas.....	95
4.6.3.5	Larvas de peces de importancia comercial	98
4.7	RELACIONES FUNCIONALES ENTRE LAS VARIABLES OCEANOGRÁFICAS Y LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DEMERSALES.....	100
4.7.1	INTRODUCCIÓN	100
4.7.2	MÉTODOS ESPECÍFICOS.....	100
4.7.3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	101
4.7.3.1	Zona Exclusiva de Pesca Artesanal - ZEPA.....	101
4.7.3.2	DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes – DRMI GTCC	101
4.7.3.3	DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó – DRMI EMBB.....	102
4.7.3.4	Relaciones entre la abundancia relativa y variables oceanográficas	103
5	PROSPECCIÓN PESQUERA DEL RECURSO CALAMAR EN EL PACÍFICO COLOMBIANO.....	106
5.1	INTRODUCCIÓN	107
5.2	METODOLOGÍA.....	109
5.2.1	ÁREA DE ESTUDIO	109
5.2.2	DISEÑO DE MUESTREO.....	112
5.2.2.1	Componente biológico-pesquero.....	112

5.2.2.2	Componente oceanográfico	114
5.2.3	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	114
5.3	COMPOSICIÓN DE LA CAPTURA Y ASPECTOS BIOLÓGICOS.....	115
5.3.1	INTRODUCCIÓN	115
5.3.2	MÉTODOS ESPECÍFICOS.....	115
5.3.2.1	Composición de la captura	115
5.3.2.2	Composición de tallas.....	115
5.3.2.3	Estadios de madurez	116
5.3.2.4	Proporción sexual	116
5.3.3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	116
5.3.3.1	Composición de la captura	116
5.3.3.2	Composición de tallas.....	117
5.3.3.3	Estados de madurez	117
5.3.3.4	Proporción sexual	119
5.4	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ABUNDANCIA RELATIVA	120
5.4.1	INTRODUCCIÓN	120
5.4.2	MÉTODOS ESPECÍFICOS.....	120
5.4.3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	120
5.4.3.1	Abundancia relativa.....	120
5.5	RELACIONES FUNCIONALES DE LA ABUNDANCIA RELATIVA ENTRE LAS VARIABLES OCEANOGRÁFICAS Y LA FASE LUNAR.....	123
5.5.1	INTRODUCCIÓN	123
5.5.2	MÉTODOS ESPECÍFICOS.....	123
5.5.3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	124
5.5.3.1	Variables oceanográficas y su relación con la abundancia relativa	124
6	CONCLUSIONES.....	132
8	BIBLIOGRAFÍA	135
9	ANEXOS.....	143

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1 Mapa del área de estudio con la grilla de 50 estaciones de muestreo durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. Fuente: Este estudio.	25
Figura 4-2 Operación y detecciones de blancos del sistema acústico durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	28
Figura 4-3 Muestreo biológico-pesquero a bordo del crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	29
Figura 4-4 Muestreo de variables oceanográficas (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto) durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	29
Figura 4-5 Muestreo de ictioplancton (huevos y larvas de peces) durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	30
Figura 4.6 Composición porcentual de la captura en peso a nivel de familias de peces demersales comerciales (a) y no comerciales (b) en la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	33
Figura 4.7 Composición de la captura en peso (izquierda) y número de individuos (derecha) de especies de peces demersales comerciales en la ZEPA durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	33
Figura 4.8 Composición de la captura en peso (izquierda) y número de individuos (derecha) de peces demersales no comerciales en la ZEPA durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	34
Figura 4.9 Composición de la captura en peso (kg) a nivel de familias de camarones comerciales y no comerciales en la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	35
Figura 4.10 Composición de la captura en peso (kg) de especies de camarones comerciales (a) y no comerciales (b) en los sectores dentro y fuera de la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	36
Figura 4.11 Composición de la captura en número de individuos (n) de especies de camarones comerciales (a) y no comerciales (b) en los sectores dentro y fuera de la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	37
Figura 4.12 Composición porcentual de la captura en peso a nivel de familias de peces demersales comerciales (a) y no comerciales (b) en el DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	38
Figura 4.13 Composición de la captura en peso (kg) y número de individuos (n) de especies de peces demersales comerciales en el DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	39
Figura 4.14 Composición de la captura en peso (izquierda) y número de individuos (derecha) de especies de peces no comerciales en el DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	40
Figura 4.15 Composición de la captura en peso (kg) a nivel de familias de camarones comerciales y no comerciales en el DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	40

Figura 4.16 Composición de la captura en peso (kg) de especies de camarones comerciales (a) y no comerciales (b) en los sectores dentro y fuera del DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 41

Figura 4.17 Composición de la captura en número de individuos (n) de especies de camarones comerciales (a) y no comerciales (b) en los sectores dentro y fuera del DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 42

Figura 4.18 Composición porcentual de la captura en peso a nivel de familias de peces demersales comerciales (a) y no comerciales (b) en el DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 43

Figura 4.19 Composición de la captura en peso (izquierda) y número de individuos (derecha) de especies de peces demersales comerciales en el DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 44

Figura 4.20 Composición de la captura en peso (izquierda) y número de individuos (derecha) de especies de peces demersales no comerciales en el DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 44

Figura 4.21 Composición de la captura en peso (kg) a nivel de familias de camarones comerciales y no comerciales en el DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 45

Figura 4.22 Composición de la captura en peso (kg) de especies de camarones comerciales (a) y no comerciales (b) en los sectores dentro y fuera del DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 46

Figura 4.23 Composición de la captura en número de individuos (n) de especies de camarones comerciales (a) y no comerciales (b) en los sectores dentro y fuera del DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 47

Figura 4.24 Comportamiento de la captura (kg) y la captura por unidad de área (CPUA: kg/km²) de peces demersales por estación de muestreo en el sector de la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 48

Figura 4.25 Comportamiento de la captura (kg) y la captura por unidad de área (CPUA: kg/km²) de peces demersales por estación de muestreo en el sector DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 49

Figura 4.26 Comportamiento de la captura (kg) y la captura por unidad de área (CPUA: kg/km²) de peces demersales por estación en el sector DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 50

Figura 4.27 Análisis comparativo de la captura por unidad de área (CPUA: kg/km²) de peces demersales a) comerciales y no comerciales, b) comerciales, en los sectores de la ZEPA, DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes y DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. Los puntos representan valores atípicos (outliers). 50

Figura 4.28 Comportamiento de la captura (kg) y la captura por unidad de área (CPUA: kg/km²) de camarones por estación de muestreo en el sector de la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 51

Figura 4.29 Comportamiento de la captura (kg) y la captura por unidad de área (CPUA: kg/km²) de camarones por estación de muestreo en el sector del DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 52

Figura 4.30 Comportamiento de la captura (kg) y la captura por unidad de área (CPUA: kg/km²) de camarones por estación de muestreo en el sector del DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 53

Figura 4.31 Análisis comparativo de la captura por unidad de área (CPUA: kg/km²) de a) camarones y b) camarón coliflor *Solenocera agassizii* entre los sectores de la ZEPA y el DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. Los puntos representan valores atípicos (outliers). 53

Figura 4.32 Análisis comparativo de la captura por unidad de área (CPUA: kg/km²) de recursos demersales en el sector a) ZEPA, b) DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante cruceros de prospección en el norte del Pacífico colombiano realizados en años anteriores. Los puntos representan valores atípicos (outliers).. 54

Figura 4.33 Análisis comparativo de los índices ecológicos de: a) riqueza, b) diversidad, c) equidad y d) dominancia, obtenidos en el grupo de peces demersales en los sectores de la ZEPA, DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes y DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 56

Figura 4.34 Riqueza de especies evaluada para las estaciones de cada sector. ZEPA: Zona Exclusiva de Pesca Artesanal, GTCC: DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, EMBB: DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó. 57

Figura 4.35 Análisis de escalamiento multidimensional (MDS). ZEPA: Zona Exclusiva de Pesca Artesanal, GT-CC: DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, EMBB: DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó. El valor de Stress indica que la gráfica es una representación de la matriz potencialmente útil para su interpretación. 58

Figura 4-36. Análisis en el laboratorio del sexo y estado de madurez macro y microscópico a través de revisión de placas histológicas de las muestras de peces de peces demersales colectados durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 60

Figura 4-37. Proporción de sexo de peces demersales de importancia comercial capturados en la ZEPA durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 63

Figura 4-38. Porcentaje de peces demersales de importancia comercial por estadios de madurez y zonas de pesca en la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 64

Figura 4-39. Proporción de sexo (a) camarones de importancia comercial, (b) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) y (c) camarón pink (*Penaeus brevirostris*) capturados en la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 65

Figura 4-40. Histograma de frecuencias de tallas de (a) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) y (b) camarón pink (*Penaeus brevirostris*) capturados en la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. La talla de madurez (L50%) indicada fue estimada por Rodríguez et al. (2012) para *Solenocera agassizii* y Giron et al. (2016) para *Penaeus brevirostris*. 66

Figura 4-41. Porcentaje de (a) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) y (b) camarón pink (*Penaeus brevirostris*) por estadios de madurez y zona de pesca en la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 67

Figura 4-42. Distribución espacial de la madurez en número de individuos de (a) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) y (b) camarón pink (*Penaeus brevirostris*) capturados en la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 68

Figura 4-43. Proporción de sexo (a) camarones de importancia comercial, (b) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) y (c) camarón pink (*Penaeus brevirostris*) capturados en el DRMI GTCC, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano..... 69

Figura 4-44. Histograma de frecuencias de tallas de (a) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) y (b) camarón pink (*Penaeus brevirostris*) capturados en el DRMI GTCC, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. La talla de madurez (L50%) indicada fue estimada por Rodríguez et al. (2012) para *Solenocera agassizii* y Giron et al. (2016) para *Penaeus brevirostris*. 70

Figura 4-45. Porcentaje de (a) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) y (b) camarón pink (*Penaeus brevirostris*) por estadios de madurez y zona de pesca en el DRMI GTCC, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 71

Figura 4-46. Distribución espacial de la madurez en número de individuos de (a) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) y (b) camarón pink (*Penaeus brevirostris*) capturados en el DRMI GTCC, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano 72

Figura 4-47. Proporción de sexo de (a) peces demersales de importancia comercial y de (b) Pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) capturados en el DRMI EMBB, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 73

Figura 4-48. Histograma de frecuencias de tallas del pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) capturados en el DRMI EMBB, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. La talla de madurez (L50%) indicada fue estimada por Polo et al. (2014) para *Lutjanus guttatus*. 74

Figura 4-49. Porcentaje de peces demersales de importancia comercial por estadios de madurez y zona de pesca capturados en el DRMI EMBB, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 75

Figura 4-50. Distribución espacial de la madurez en número de individuos del pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) capturados en el DRMI GTCC, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. . 75

Figura 4-51. Proporción de sexo (a) camarones de importancia comercial, (b) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) capturados en el DRMI EMBB, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 76

Figura 4-52. Histograma de frecuencias de tallas de camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) capturados en el DRMI EMBB, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. La talla de madurez (L50%) indicada fue estimada por Rodríguez et al. (2012) para *Solenocera agassizii*. 77

Figura 4-53. Porcentaje de camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) por estadios de madurez y zona de pesca capturados en el DRMI EMBB durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. . 78

Figura 4-54. Distribución espacial de la madurez en número de individuos de camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) capturados en el DRMI EMBB, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 78

Figura 4-55 Distribución espacial de la abundancia relativa (kg/km²) de la captura total (a) y peces demersales (b), durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 81

Figura 4-56 Distribución espacial de la abundancia relativa (kg/km²) del camarón de aguas profundas (a) y camarón de aguas someras (b), durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 82

Figura 4-57 Distribución espacial de la abundancia relativa (kg/km^2) de la peladilla *Cynoscion* sp. (a), el toyo *Mustelus* sp. (b) y el espejuelo *Selene* peruviana, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 83

Figura 4-58 Perfil vertical de la densidad acústica de peces (m^2/mn^2), durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 83

Figura 4-59 Histogramas de frecuencia de tallas (longitud total en cm) por sector de muestreo de las especies de camarones comerciales más abundantes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. n= número de individuos, L= longitud media. 85

Figura 4-60 Histogramas de frecuencia de tallas (longitud total en cm) por sector de muestreo de las especies de peces comerciales más abundantes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. n= número de individuos, L= longitud media. 86

Figura 4-61 Comparación de las tallas (longitud total en cm) por sector de muestreo de las especies comerciales más abundantes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. Solo se muestran los box-plot de las especies que presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el análisis de ANOVA. Los puntos representan los datos extremos (outliers). 87

Figura 4-62 Separación e identificación de muestras de ictioplancton colectadas durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 88

Figura 4-63 Variación del biovolumen zooplanctónico ($\text{ml}/1000 \text{ m}^3$) entre sectores de muestreo, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 89

Figura 4-64 Variación del biovolumen zooplanctónico promedio ($\text{ml}/1000 \text{ m}^3$) dentro y fuera de cada sector de muestreo, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 90

Figura 4-65 Variación de la abundancia relativa de huevos de peces (Huevos/ 10 m^2) entre sectores de muestreo, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 91

Figura 4-66 Variación de la abundancia relativa promedio de huevos de peces (Huevos/ 10 m^2) dentro y fuera de cada sector de muestreo, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 92

Figura 4-67 Distribución espacial de la abundancia relativa de huevos de peces (Huevos/ 10 m^2), durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 92

Figura 4-68 Variación de la abundancia relativa de larvas de peces (Larvas/ 10 m^2) entre sectores de muestreo, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 93

Figura 4-69 Variación de la abundancia relativa promedio de larvas de peces (Larvas/ 10 m^2) dentro y fuera de cada sector de muestreo, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 94

Figura 4-70 Distribución espacial de la abundancia relativa de larvas de peces (Larvas/ 10 m^2), durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 95

Figura 4-71 Composición por familias de la abundancia relativa de larvas de peces (Larvas/ 10 m^2), durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 96

Figura 4-72 Composición porcentual de familias de larvas de peces comerciales con hábitat demersal, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 98

Figura 4-73 Composición porcentual de familias de larvas de peces comerciales con hábitat pelágico, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. 99

Figura 4.74 Perfiles verticales de la temperatura (°C), salinidad (ups) y oxígeno disuelto (ml/l) en la ZEPA durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	101
Figura 4.75 Perfiles verticales de la temperatura (°C), salinidad (ups) y oxígeno disuelto (ml/l) en el DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	102
Figura 4.76 Perfiles verticales de la temperatura (°C), salinidad (ups) y oxígeno disuelto (ml/l) en el DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.	103
Figura 4.77 Modelos aditivos generalizados (GAMs) usados para determinar las relaciones funcionales entre la abundancia relativa o CPUA (kg/km ²) de a) peces demersales, b) camarón coliflor <i>Solenocera agassizii</i> , c) espejuelo <i>Selene peruviana</i> , y los predictores [profundidad (m), temperatura (°C) y oxígeno disuelto (ml/l)], durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. Se presentan los modelos que mejor explicaron la varianza de la abundancia relativa.	105
Figura 5-1 Desembarcos mundiales de cefalópodos y peces demersales del año 1950 al 2017. Fuente: FAO, 2018.	107
Figura 5-2 Mapa del área de estudio, indicando las estaciones y el recorrido de muestreo para el crucero de prospección del calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> en el Pacífico colombiano. Fuente: INVEMAR – LabSIS, 2019.	110
Figura 5-3 Embarcación utilizada para el crucero de prospección adaptada con los reflectores de pesca y arreglo de poteras empleadas para la captura de calamar gigante en el Pacífico colombiano.	112
Figura 5-4. Trabajo de muestreo biométrico para el registro de peso (kg) y longitud (cm) de los calamares capturados durante el crucero de prospección en el Pacífico colombiano.	113
Figura 5-5. Trabajo de muestreo biológico (disección) para la identificación de sexo y estado de madurez de los calamares capturados, durante el crucero de prospección en el Pacífico colombiano.	113
Figura 5-6. Trabajo de muestreo oceanográfico con sonda CTDO, durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.	114
Figura 5-7. Distribución de la frecuencia de tallas de las hembras (H), machos (M) e individuos a los que no se les pudo definir el sexo (No. ID), durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.	117
Figura 5-8. Distribución de la frecuencia de tallas y madurez en (a) hembras y (b) machos de <i>D. gigas</i> , durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.	118
Figura 5-9. Distribución del porcentaje de (a) hembras y (b) machos de <i>D. gigas</i> , por estado de madurez en cada una de las estaciones muestreadas durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.	119
Figura 5-10. Distribución espacial de la abundancia relativa (kg/10 poteras*h) del calamar gigante <i>D. gigas</i> , durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.	121
Figura 5-11. Distribución espacial de las especies de calamar, durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.	122
Figura 5-12. Perfil vertical de la temperatura (°C) en la zona sur (izquierda), centro y norte (derecha), durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.	125
Figura 5-13. Perfil vertical de la salinidad (ups) en la zona sur (izquierda), centro y norte (derecha), durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.	126

Figura 5-14. Perfil vertical del oxígeno disuelto (ml/l) en la zona sur (izquierda), centro y norte (derecha), durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano. 127

Figura 5-15. Perfil vertical de la clorofila (mg/m³) en la zona sur (izquierda), centro y norte (derecha), durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano. 128

Figura 5-16. Comparación de la abundancia relativa de calamar gigante *D. gigas* (kg/10 poteras*h) entre las zonas de muestreo, durante el crucero de prospección en el Pacífico colombiano. 129

Figura 5-17. Modelo aditivo generalizado de la relación entre la abundancia relativa de calamar gigante *D. gigas* (kg/10 poteras*h) y la temperatura superficial (°C), durante el crucero de prospección en el Pacífico colombiano 129

Figura 5-18. Modelo aditivo generalizado de la relación entre la abundancia relativa de calamar gigante *D. gigas* (kg/10 poteras*h) y la distancia de la costa (mn), durante el crucero de prospección en el Pacífico colombiano 130

Figura 5-19. Comparación de la abundancia relativa de calamar gigante *D. gigas* (kg/10 poteras*h) entre las fases lunares, durante el crucero de prospección en el Pacífico colombiano. 131

LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1 Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo durante el crucero de prospección pesquera de recursos demersales en el norte del Pacífico colombiano. 26

Tabla 4.2 Composición por grupo de la captura obtenida dentro y fuera de la ZEPA durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. n: Número de individuos. 32

Tabla 4.3 Composición por grupo de la captura obtenida dentro y fuera del DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. n: Número de individuos. 38

Tabla 4.4 Composición por grupo de la captura obtenida dentro y fuera del DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. n: Número de individuos. 43

Tabla 4.5 Análisis de similitud ANOSIM. ZEPA: Zona Exclusiva de Pesca Artesanal, GTCC: DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, EMBB: DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó. 57

Tabla 4.6 Análisis de porcentaje de similitud SIMPER. ZEPA: Zona Exclusiva de Pesca Artesanal, GTCC: DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, EMBB: DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó. 58

Tabla 4.7. Sexo y estados de madurez macroscópico de peces demersales de importancia comercial capturados durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. H: Hembras; M: Machos; IND: Indeterminados, I: y II: Inmaduro; III: Madurando; IV: Maduro; V: Desove. 61

Tabla 4.8. Sexo y estados de madurez macroscópico de camarones de importancia comercial capturados durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. H: Hembra; M: Macho. IND: Indeterminados, I: y II: Inmaduro; III: Madurando; IV: Maduro; V: Desove. 62

Tabla 4.9. Biomasa (t) de recursos demersales entre 2016 y 2019 en el norte del Pacífico colombiano. *El grupo estuvo presente en el muestreo, aunque no se realizó estimación de biomasa. **No hay información disponible para el DRMI EMBB en 2016 y 2017. Fuente: Escobar et al., 2017 (a); Rodríguez et al., 2017 (b); Este estudio (c). 84

Tabla 4.10. Composición por familias y especies de larvas de peces capturadas, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano..... 97

Tabla 4.11. Resultados de modelos aditivos generalizados (GAMs) usados para determinar relaciones funcionales entre la abundancia relativa o CUPA (kg/km^2) de recursos demersales y los predictores [profundidad (m), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (ups), oxígeno disuelto (ml/l)], durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. Dev.Exp: Devianza explicada (%). GCV: criterio de validación cruzada generalizado. Se muestran solo los predictores que fueron significativos. *Predictores significativos ($p < 0,05$). 104

Tabla 5-1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo durante el crucero de prospección de calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Pacífico colombiano. 111

Tabla 5-2. Composición de especies por número de individuos y peso para cada una de las zonas de muestreo de la prospección de calamar gigante en el Pacífico colombiano. 116

1 RESUMEN EJECUTIVO

En el marco del convenio de cooperación No. 267 de 2019 entre la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), se desarrolló este proyecto de investigación, cuyo objeto técnico-administrativo fue adelantar acciones de investigación a través de datos independientes de la pesca, para determinar el potencial aprovechamiento de los recursos pesqueros en aguas marinas jurisdiccionales del Océano Pacífico colombiano. Para el alcance del objeto de investigación, se llevaron a cabo dos cruceros de prospección pesquera, uno que evaluó recursos demersales en el norte del Pacífico, entre el 7 y el 26 de septiembre de 2019, y otro crucero que prospectó el calamar gigante o pota a lo largo del Pacífico colombiano, entre el 20 de octubre y el 7 de noviembre de 2019.

Recursos demersales:

Respecto a los recursos demersales, se registró una captura total de 2.419,2 kg, de los cuales el 48,1% correspondió a la Zona Exclusiva de Pesca Artesanal (ZEPA, sector de mayor captura), seguido del Distrito Regional de Manejo Integrado “Encanto de los Manglares del Bajo Baudó” (DRMI EMBB, 26,4%) y el Distrito Regional de Manejo Integrado “Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes” (DRMI GTCC, 25,5%). En la ZEPA, las especies comerciales con mayor biomasa en peso fueron la raya *Hypanus longus* (222,7 kg), la peladilla *Cynoscion* sp. (33,0 kg) y el toyo *Mustelus* sp. (26,6 kg), mientras que número de individuos destacaron el pez perla *Lepophidium prorates* (n= 396), el espejuelo *Selene peruviana* (n= 396) y la peladilla *Cynoscion* sp. (n= 266). Para este sector de muestreo, el análisis de comparación entre años de la captura por unidad de área (incluyendo peces, crustáceos y otros grupos), mostró una tendencia significativa al aumento ($p < 0,05$), lo cual podría interpretarse como una efectividad de esta medida de manejo espacial desde que fue implementada permanentemente en 2013 por la autoridad pesquera.

En el DRMI GTCC, destacaron tres especies comerciales por su mayor abundancia tanto en peso como en número de individuos tales como el manteco *Peprilus* spp. (133,1 kg; n= 2.266), la peladilla *Cynoscion* sp. (91,2 kg; n=1.405) y el toyo *Mustelus* sp. (68,4 kg; n= 217). A diferencia de la ZEPA, para el DRMI GTCC no se observó una tendencia clara y significativa al comparar la abundancia relativa entre años de muestreo ($p > 0,05$), probablemente debido a la alta variabilidad de los datos a través del tiempo. En este DRMI se encontró la mayor concentración de larvas de peces, especialmente en el caladero de Morro Mico (Jurubirá).

El DRMI EMBB fue el área protegida que se evaluó por primera vez mediante un crucero de prospección específico. Para esta área, las especies comerciales que sobresalieron por su captura en peso fueron el mero *Epinephelus itajara* (120 kg), la carduma *Cetengraulis mysticetus* (88,5 kg; aunque es una especie de hábitos pelágicos) y el espejuelo *S. peruviana*; mientras que en número repiten en su orden la carduma (n= 2.694), el espejuelo (n= 613), además del cajero *Larimus argenteus* (n= 266). El DRMI EMBB se

caracterizó por ser el área con mayor riqueza y diversidad de especies en comparación con la ZEPA y el DRMI GTCC, además de contar con la mayor concentración de peces adultos con estado de madurez avanzado, así como de huevos de peces en toda el área de estudio. Lo anterior sugiere que esta área, caracterizada por contar con grandes extensiones de manglar, es importante para el desove de especies demersales, cuyos huevos posteriormente son transportados por las corrientes y cuando se desarrollan a estado de larvas se asientan en Tribugá.

En general, la mayor abundancia relativa ($>3.500 \text{ kg/km}^2$), se localizó en Juradó, Cupica y Nabugá (ZEPA), Morro Mico y Cabo Corrientes (DRMI GTCC), entre Pilizá y Pizarro y Orpúa (DRMI EMBB). Algunas especies como el camarón coliflor y la peladilla fueron más abundantes en la ZEPA, el camarón blanco y el espejuelo en el DRMI EMBB, mientras que el toyo presentó altas concentraciones en ambos Distritos, lo que indicó que estas áreas protegidas son importantes para el ciclo de vida de las especies demersales. En relación a la oceanografía, se determinó que variables como la temperatura de fondo, profundidad y oxígeno disuelto fueron los predictores que mejor explicaron la distribución espacial y abundancia de los recursos demersales. Por ejemplo, especies de profundidad como el camarón coliflor presentaron asociación con un rango de temperatura entre 14 y $17 \text{ }^\circ\text{C}$ y profundidad entre 150 y 200 m , mientras que el espejuelo fue una especie más relacionada a un rango de profundidad entre 20 y 40 m , así como a mayor concentración del oxígeno disuelto ($>5 \text{ ml/l}$).

Calamar gigante o pota:

Este estudio entrega una primera aproximación al estado actual de la población del calamar gigante *Dosidicus gigas*, en términos de información biológico-pesquera y oceanográfica en el Pacífico colombiano. A partir de una captura total de 261 individuos, el calamar gigante *D. gigas* fue la especie más representativa con el 98,1%, seguido del calamar morado *Sthenoteuthis oulaniensis* (1,1%) y el calamar diamante *Tysanoteuthis rhombus* (0,4%). Del total de individuos de calamar gigante, 234 individuos, correspondientes al 91% fueron capturados en las estaciones de la zona sur, mientras sólo 20 individuos (8%), se capturaron en la zona centro y 6 individuos (2%) en la zona norte. El calamar gigante presentó una proporción de sexos de 3,8: 1, que difirió significativamente de una razón esperada de 1:1 ($p < 0,05$). En total se capturaron 182 hembras y 48 machos, en un rango de tallas entre los 13,0 y los 43,5 cm de longitud de manto (LM), con una talla promedio para las hembras de 22,8 cm y para los machos de 20,9 cm LM. Del total de hembras capturadas ($n=182$), el 42% se encontraron en un estado de madurez intermedio o madurando, mientras que en los machos ($n=48$) el 46% de los individuos fueron inmaduros. La hembra madura de menor tamaño registrada fue de 16 cm, y en machos fue de 14 cm. Los organismos inmaduros de mayor tamaño fueron una hembra de 30 cm y un macho de 25 cm.

A nivel de especies, el calamar gigante, estuvo presente en las tres zonas de muestreo, en tanto que el calamar morado solo se distribuyó en la zona centro y norte. El calamar diamante se capturó en una sola ocasión en la zona sur. Las mayores abundancias relativas de calamar gigante, estimados en captura por

unidad de esfuerzo (CPUE: kg/10 poteras*hora) estuvieron concentradas en la zona sur, con valores altos entre 12 y 21 kg/10 poteras*hora e intermedios entre 7 y 11 kg/10 poteras*hora. En las zonas centro y norte se encontraron valores bajos de abundancia relativa.

El análisis comparativo entre zonas de muestreo, evidenció que los mayores valores de abundancia relativa fueron significativos en la zona sur ($K-W = 5,70$; $p = 0,02$). En términos oceanográficos, valores altos de abundancia relativa se asociaron a un rango de temperatura entre 26,8 y 27 °C, así como una distancia de la costa entre 28 y 45 millas náuticas. Basado en la premisa que el ciclo lunar tiene una influencia directa sobre los recursos pesqueros, se encontró que la mayor abundancia relativa fue significativa en la fase lunar de cuarto menguante ($K-W = 10,52$; $p = 0,01$).

2 INTRODUCCIÓN GENERAL

El Chocó norte del Pacífico colombiano cuenta con un potencial de recursos pesqueros entre los que se incluyen peces demersales, pequeños y medianos pelágicos, crustáceos como camarones, entre otros. El aprovechamiento de estos recursos está dispuesto por prácticas de pesca artesanal con embarcaciones menores y artes como líneas de mano, espineles, redes de enmalle, entre otros. Por otro lado, la pesca industrial también hace presencia parcial en la zona, a través de las flotas de arrastre de camarón, cerco de atún y palangres de superficie con embarcaciones mayores (Rueda *et al.*, 2012; Rodríguez *et al.*, 2012a; Velandia y Díaz, 2016). No obstante, históricamente los tipos de flotas artesanales e industriales se han sobrepuesto en el espacio para aprovechar estos recursos. Lo anterior ha traído conflictos entre pescadores, por lo que existe la necesidad de crear enfoques de ordenamiento de manejo desde el punto de vista pesquero y ambiental (Whitmarsh *et al.*, 2002; Anderson y Seijo, 2010).

Como producto de las estrategias de ordenación llevadas a cabo en el Chocó norte, se han creado áreas específicas de manejo espacial. La primera es la Zona Exclusiva de Pesca Artesanal -ZEPA-, declarada por la AUNAP de forma permanente según Resolución No. 899 de 2013, como una zona delimitada hasta las 2,5 millas náuticas desde la línea de costa. Seguido tenemos el Distrito Regional de Manejo Integrado Golfo de Tribugá Cabo Corrientes -DRMI GTCC-, declarado por CODECHOCÓ en 2014, cuya categoría de Área Marina Protegida permite el aprovechamiento de los recursos pesqueros bajo un escenario de uso sostenible y manejo participativo (CODECHOCÓ, 2014; BIOREDD, 2014; Velandia y Díaz, 2016). Recientemente se tiene el Distrito Regional de Manejo Integrado Encanto de los Manglares del Bajo Baudó -DRMI EMBB-, declarado por CODECHOCÓ en 2017, con la finalidad de propender por el cuidado de especies como el tiburón, las tortugas marinas y el mero; la restauración de manglares, playas, bancos de arena y ambientes marinos; y al mismo tiempo garantizar la provisión de bienes y servicios ecosistémicos fundamentales para las comunidades asentadas en el territorio.

Estas áreas de protección han permitido la implementación de acuerdos con el objeto de regular la actividad de pesca acercándola hacia la sostenibilidad, definiendo, entre otros temas, delimitaciones de áreas y temporada de pesca, además de un seguimiento de la pesquería y los recursos con base en un monitoreo participativo a bordo de la flota y cruceros de prospección usando como plataforma de investigación embarcaciones de la flota industrial de arrastre.

Para dar cumplimiento al mecanismo de seguimiento a través de cruceros de prospección, en los últimos años la Autoridad Nacional de Pesca y Acuicultura -AUNAP- y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras -INVEMAR-, han desarrollado convenios de cooperación científica para la evaluación del estado de recursos demersales en esta área del país. Los resultados de este trabajo de investigación conjunta han suministrado información clave para sustentar el mantenimiento y fortalecimiento de las estrategias de aprovechamiento y conservación mencionadas anteriormente, además de valorar su desempeño.

Considerando que las estrategias de ordenamiento requieren de un seguimiento permanente, para la vigencia 2019 se continuaron con los esfuerzos conjuntos entre AUNAP e INVEMAR para adelantar acciones de investigación a través de datos independientes de la pesca, para determinar el potencial aprovechamiento de los recursos pesqueros en aguas marinas jurisdiccionales del Océano Pacífico colombiano, con el propósito de brindar información robusta y a corto plazo a las autoridades pesquera y ambiental, que permita la toma oportuna de decisiones para la gestión y ordenación de los usuarios (pescadores), las áreas (hábitats esenciales) y los recursos marinos que son objeto de explotación en la zona.

En 2019 el trabajo de investigación conjunta AUNAP-INVEMAR también incluyó una prospección pesquera sobre el recurso calamar, el cual es poco explotado en Colombia, en particular por la ausencia de una pesquería dotada tecnológicamente para la explotación efectiva de este recurso, aunque se conoce que en el país el calamar se extrae con técnicas artesanales mediante el uso de poteras o jiggings. El calamar es una especie promisoría con alto potencial biológico y económico susceptible de aprovechamiento sostenible. En el Pacífico colombiano, los calamares costeros o morados (*Lolilopsis diomedae* y *Lolliguncula panamensis*) son capturados ocasionalmente como parte de la fauna acompañante en la pesca industrial de camarón de arrastre; mientras que el calamar gigante o pota (*Dosidicus gigas*) es empelado por la flota pesquera industrial de peces pelágicos únicamente como carnada para la pesca de dorado (CCI, 2009). Lo anterior indica que el calamar es un recurso pesquero que requiere de estudios científicos para evaluar su estado actual, con miras hacia el desarrollo de una pesquería objetivo alternativa.

Consecuente con los requerimientos de la AUNAP y las necesidades de investigación, este informe presenta los resultados finales del convenio de cooperación No. 267 de 2019 AUNAP - INVEMAR, mediante el cual se desarrolló el proyecto titulado “Recursos demersales en la Zona Exclusiva de Pesca Artesanal (ZEPA) y los Distritos Regionales de Manejo Integrado (DRMI) Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes y Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, y prospección pesquera del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Pacífico colombiano”. A la fecha, el convenio cuenta con un avance del cien por ciento (100%) del plan operativo, que correspondió al desarrollo de las siguientes actividades: i) la elaboración de los planes de los cruceros de prospección pesquera (uno para recursos demersales y otro para el calamar gigante), ii) la realización de dos (2) cruceros de prospección pesquera, iii) elaboración y entrega de cuatro (4) informes ejecutivos mensuales y un informe técnico de avance, iv) realización de dos (2) talleres de socialización de inicio del convenio y cinco (5) talleres de socialización de resultados finales y v) colecta y análisis de información de los cruceros.

Para recursos demersales los resultados presentados responden a estimaciones del potencial pesquero de las especies más abundantes, mapas de distribución espacial, identificación de estadios tempranos de peces y relaciones funcionales entre las variables oceanográficas y la abundancia de las principales especies demersales en el Chocó norte del Pacífico colombiano. Para el recurso calamar, se presenta

información sobre la composición de especies, la captura por unidad de esfuerzo o abundancia relativa, estructura de tallas y de variables oceanográficas medidas durante el muestreo, estableciendo relaciones entre la abundancia y dichas variables oceanográficas, además de la fase lunar. Esta información es el sustento científico para el seguimiento de las figuras de manejo y conservación implementadas por las Autoridades, así como la evaluación del potencial pesquero y la forma de aprovecharlo sosteniblemente.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Estudiar aspectos de la dinámica poblacional de los recursos demersales y el calamar gigante o pota en el Pacífico colombiano, mediante el análisis poblacional (abundancia, distribución) y biológico (tallas, pesos, estados de madurez) de estos recursos pesqueros y su relación con las variables oceanográficas (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y profundidad).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar la abundancia relativa, distribución espacial y algunos aspectos poblacionales de las principales especies demersales y calamar gigante capturadas durante los cruceros de prospección pesquera en el Pacífico colombiano.
- Estimar la abundancia de los estadios tempranos de peces identificados al nivel taxonómico más bajo posible en el Pacífico colombiano, como apoyo en la gestión de los principales recursos demersales del país.
- Establecer relaciones funcionales entre las variables oceanográficas (temperatura, salinidad, profundidad, oxígeno disuelto) y la abundancia de las principales especies capturadas en el norte del Pacífico colombiano.

4 PROSPECCIÓN PESQUERA DE RECURSOS DEMERSALES EN EL CHOCÓ NORTE DEL PACÍFICO COLOMBIANO



4.1 INTRODUCCIÓN

En el Chocó norte del Pacífico colombiano, la pesca es la principal fuente de sustento e ingresos que contribuye a la seguridad alimentaria (González, 2012; Velandia y Díaz, 2016). Este servicio ecosistémico de aprovisionamiento, suple necesidades de aproximadamente 3.000 pescadores que operan en cerca de 380 caladeros de pesca distribuidos en la ZEPA y los DRMI GTCC y DRMI EMBB (Rueda *et al.*, 2010; Rueda *et al.*, 2012; Velandia y Díaz, 2016; Díaz *et al.*, 2016).

La actividad pesquera en el norte del Pacífico, está sustentada en una alta biodiversidad de recursos marinos que son claves para el equilibrio de la estructura ecológica y biológica (Batista *et al.*, 2011; BIOREDD, 2014). La mayor parte de la población humana la conforman comunidades afrodescendientes e indígenas, cuya actividad en lo que respecta a la pesca artesanal, es cogestionado a través de los Consejos Comunitarios (p. ej., Los Riscales, Los Delfines), la Federación de Pescadores Artesanales (FEDEPESCA), la Mesa de Ordenamiento de Nuquí, con el apoyo de ONGs, la institucionalidad y otros actores locales. De esta manera, la actividad de pesca en el área evidencia un manejo compartido como estrategia de corresponsabilidad para la sustentabilidad de los recursos pesqueros y los ecosistemas estratégicos.

Por otro lado, en esta zona del Pacífico se desarrolla la pesquería industrial de arrastre, cuyo objetivo de captura es el camarón, el cual es reconocido como uno de los grupos claves para el sector pesquero, la economía nacional y en especial, para la seguridad alimentaria y empleo de las personas que dependen directa o indirectamente de esta pesquería (Rodríguez, 2012). La actividad extractiva se realiza sobre el denominado camarón de aguas someras (camarón blanco, tití y tigre) a profundidades menor a 40 brazas, en particular en el DRMI EMBB; mientras que la pesca de camarón de aguas profundas se realiza principalmente en algunos caladeros que limitan con la ZEPA, así como en el DRMI GTCC. La pesquería del camarón de aguas profundas se desarrolla a una profundidad mayor de las 40 brazas (72 m), explotando tres especies objetivo, el camarón rojo o coliflor (*Solenocera agassizii*), el pink (*Penaeus brevirostris*) y el chocolate (*P. californiensis*), cuya extracción se realiza en los caladeros de pesca tradicionales empleados por la flota industrial tales como, Cabo Marzo, Cupica, La Palera, El Filo y Cabo Corrientes.

Ambas pesquerías, la industrial y artesanal, hacen aprovechamiento de diversos recursos demersales, que en su desarrollo operacional vienen generando conflictos de usos entorno al espacio de pesca y a las especies que son objetivo de captura. En este sentido, es necesario llevar a cabo investigaciones independientes de las pesquerías tales como cruceros de prospección, con fines de generar información científica que soporten el seguimiento y efectividad de las medidas de manejo espacial implementadas, así como al fortalecimiento de los acuerdos de pesca alcanzados en años recientes.

4.2 METODOLOGÍA

4.2.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio para la evaluación de recursos demersales comprendió la región costera del norte del Pacífico de Colombia, entre Pavasa (05°20.781' N – 77°31.270' W) y Juradó (07°02.129' N – 77°44.715' W) en un rango de profundidad entre 13 y 243 m (Figura 4-1; Tabla 4.1).

A partir del lado norte del Parque Nacional Natural (PNN) Utría y límites con Panamá se encuentra la Zona Exclusiva de Pesca Artesanal (ZEPA), la cual fue declarada permanente desde el 2013 por la AUNAP. La ZEPA tiene un área de aproximadamente 100.000 hectáreas, comprendidas dentro de las 2,5 millas náuticas contadas a partir de la baja marea y se destaca la presencia de ríos de gran caudal provenientes de Valle y Juradó, playas, ensenadas y riscales, estos últimos de gran importancia para la pesca artesanal (Díaz *et al.*, 2016). En esta zona se permite, además de la pesca artesanal tradicional, la de subsistencia y deportiva, y está prohibido la pesca comercial industrial, así como el uso de artes de pesca de enmalle y chinchorros. En el Chocó norte del Pacífico, los ecosistemas de manglar, los riscales, fondos blandos y semi-duros, aportan bienes y servicios de los que gran parte de la población humana depende directa o indirectamente, por lo que actividades como la pesca hacen parte del desarrollo sostenible de la región (Rodríguez y Rueda, 2017).

Por otro lado, en inmediaciones de Cabo Corrientes y el sur del PNN Utría, se ubica el Distrito Regional de Manejo Integrado Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes (DRMI GT-CC), el cual es un Área Marina Protegida de 60.138,6 hectáreas declarada en el año 2014 (Velandia y Díaz, 2016; Díaz *et al.*, 2016). En el DRMI predominan acantilados de roca basáltica y terrenos escarpados que se alternan con bahías, ensenadas y playas de variada configuración y composición, algunas muy amplias formadas por planos aluviales de los ríos de mayor caudal, tales como Coquí, Nuquí, Tribugá, Jurubirá (Jurubidá), entre otros (Velandia y Díaz, 2016). La presencia de promontorios y arrecifes rocosos (riscales) son el hábitat de especies de peces demersales (e.g. pargo, merluza, pelada, entre otros), por lo que algunas de estas áreas representan importantes caladeros de pesca de uso tradicional por la pesquería artesanal. Los manglares están restringidos hacia algunos sectores de las desembocaduras de los ríos o al interior de ensenadas protegidas del oleaje (Díaz *et al.*, 2016). En el DRMI también se ubican caladeros de pesca de la flota industrial de camarón de arrastre, y en comparación con el resto de la costa del Pacífico, allí se concentra la mayor parte de la captura de camarón de aguas profundas en los caladeros El Filo y La Roñosa, a profundidades entre 85 y 250 m (Rodríguez *et al.*, 2012; Rueda *et al.*, 2013; 2017).

Finalmente, el Distrito Regional de Manejo Integrado Encanto de los Manglares del Bajo Baudó (DRMI EMBB), cuenta con una superficie de 314.562 hectáreas, localizado al norte del municipio del Litoral del San Juan y al sur del municipio de Nuquí. Su plataforma es relativamente estrecha, cubierta por

sedimentos finos. Las aguas costeras están influenciadas por las descargas de agua dulce y sedimentos de ríos caudalosos, pero de tramo corto como el río Baudó y el río Docampadó (CODECHOCÓ, 2017). Comprende la totalidad de los manglares y del bosque transicional del municipio, una proporción importante de bosque continental (terrazas y colinas) y la zona marina de las aguas interiores desde la línea de base recta del municipio del Bajo Baudó (CODECHOCÓ, 2017).



Figura 4-1 Mapa del área de estudio con la grilla de 50 estaciones de muestreo durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. Fuente: Este estudio.

Tabla 4.1 Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo durante el crucero de prospección pesquera de recursos demersales en el norte del Pacífico colombiano.

Estación	Zona	Sector	Longitud	Latitud
E01	Juradó	ZEPA	07°02.129	77°44.715
E02	Juradó	ZEPA	06°59.820	77°42.673
E03	Juradó	ZEPA	06°58.175	77°44.132
E04	Aguacate	ZEPA	06°52.117	77°45.396
E05	Cabo marzo	ZEPA	06°48.332	77°36.727
E06	Cabo marzo	ZEPA	06°47.572	77°36.281
E07	Cabo marzo	ZEPA	06°47.893	77°37.294
E08	Cabo marzo	ZEPA	06°34.769	77°35.538
E09	Cupica	ZEPA	06°40.203	77°28.577
E10	Cupica	ZEPA	06°39.930	77°29.230
E11	Cupica	ZEPA	06°38.349	77°27.793
E12	Cupica	ZEPA	06°30.400	77°22.748
E13	La Palera	ZEPA	06°30.088	77°23.518
E14	La Palera	ZEPA	06°30.468	77°25.827
E15	La Palera	ZEPA	06°27.644	77°28.222
E16	Nabugá	ZEPA	06°23.846	77°30.884
E17	Faro Huina	ZEPA	06°13.618	77°31.264
E18	Faro Huina	ZEPA	06°13.220	77°30.697
E19	Morro Mico	DRMI GT-CC	05°50.059	77°19.556
E20	Morro Mico	DRMI GT-CC	05°49.939	77°19.365
E21	Morro Mico	DRMI GT-CC	05°50.508	77°19.005
E22	Morro Mico	DRMI GT-CC	05°47.143	77°18.729
E23	Cabo Corrientes	DRMI GT-CC	05°30.989	77°33.276
E24	Cabo Corrientes	DRMI GT-CC	05°30.510	77°33.768
E25	Cabo Corrientes	DRMI GT-CC	05°30.145	77°34.279
E26	La Roñosa	DRMI GT-CC	05°33.564	77°32.344
E27	La Roñosa	DRMI GT-CC	05°34.218	77°32.788
E28	La Roñosa	DRMI GT-CC	05°34.713	77°33.860
E29	El Filo	DRMI GT-CC	05°39.558	77°25.865
E30	El Filo	DRMI GT-CC	05°39.418	77°25.750
E31	El Filo	DRMI GT-CC	05°40.057	77°23.381
E32	El Filo	DRMI GT-CC	05°41.381	77°21.925
E33	Pizarro	DRMI EMBB	04°59.158	77°32.804
E34	Pizarro	DRMI EMBB	04°57.244	77°30.428
E35	Pizarro	DRMI EMBB	04°55.312	77°26.813
E36	Orpúa	DRMI EMBB	04°32.087	77°21.814
E37	Orpúa	DRMI EMBB	04°31.963	77°27.583
E38	Orpúa	DRMI EMBB	04°36.826	77°30.034
E39	Ijúa	DRMI EMBB	04°39.684	77°23.334
E40	Ijúa	DRMI EMBB	04°39.751	77°22.114
E41	Sivirú	DRMI EMBB	04°43.295	77°22.320
E42	Sivirú	DRMI EMBB	04°43.741	77°24.563
E43	Sivirú	DRMI EMBB	04°48.264	77°25.360
E44	Pizarro	DRMI EMBB	04°53.053	77°29.966
E45	Pizarro	DRMI EMBB	04°54.806	77°23.974
E46	Pilizá	DRMI EMBB	05°03.367	77°24.518
E47	Pilizá	DRMI EMBB	05°10.762	77°34.898
E48	Pilizá	DRMI EMBB	05°12.239	77°27.084
E49	Pavasa	DRMI EMBB	05°16.366	77°27.781
E50	Pavasa	DRMI EMBB	05°20.781	77°31.270

4.2.2 DISEÑO DE MUESTREO

Se llevó a cabo un crucero de prospección con el objetivo de coleccionar información biológico-pesquera y oceanográfica asociada a recursos demersales (peces y camarones) en el norte del Pacífico colombiano. El crucero se llevó a cabo entre el 7 y el 26 de septiembre de 2019, a bordo de la embarcación de HIFER, usada como plataforma de investigación.

4.2.2.1 Componente hidroacústico

En el crucero de prospección se utilizó una embarcación convencional de la pesquería de arrastre de camarón con operación en el área de estudio. Se empleó un diseño de muestreo sistemático con 35 transectos perpendiculares a la costa espaciados cada 10 millas náuticas aproximadamente (Figura 4-1). Durante la navegación en la grilla de muestreo se realizaron detecciones hidroacústicas instantáneas de peces mediante una ecosonda SIMRAD ES70 (split beam) con transductor de 38 kHz (Simrad, 2003), con apoyo del sistema cartográfico y de navegación OLEX para la visualización de la batimetría y la dureza del fondo en perfiles 2D y 3D, lo cual permitió una mejor ubicación de las estaciones de pesca (Figura 4-2). La detección hidroacústica cubrió un rango entre 7 y 600 m de profundidad, teniendo en cuenta la geomorfología y extensión de la plataforma, así como las zonas tradicionales de pesca de la flota industrial de camarón.

4.2.2.2 Componente biológico-pesquero

Se realizaron 50 estaciones de pesca de arrastre (con 30 minutos de duración cada una), ubicadas dependiendo de la condición del fondo arrastrable y registros históricos de lances de pesca de arrastre entre 7 y 243 m de profundidad (Figura 4-1). Cada uno de los puntos de muestreo se verificó *in situ*, previo a realizar los arrastres, con el apoyo del sistema cartográfico y de navegación OLEX versión 7.1[®]. En cada estación se procesó la captura determinando su peso por grupo de especies, coleccionando para las especies más abundantes información como longitud, peso, sexo y estado de madurez (Figura 4-3). Para la identificación de las especies se emplearon guías especializadas en taxonomía (*e.g.* FAO, 1992; Bussing *et al.*, 1993; Fischer, 1995). Las especies como congrios, morenas, peces venenosos, entre otros, que representaban algún peligro para los investigadores y la tripulación en general, fueron separadas y en algunos casos devueltas al agua con el mayor cuidado. Toda la información coleccionada, incluyendo la posición geográfica, fecha, hora, duración del lance, velocidad, composición de especies, peso, longitud, entre otros, fueron recopiladas en formularios diseñados para tal fin. La determinación de la madurez sexual para peces se realizó siguiendo la escala general de desovadores parciales (Holden y Raitt, 1975) y en camarones se aplicó la escala de madurez propuesta por García (2009). De las especies más abundantes en la captura se tomó registro fotográfico con escala y rótulo haciendo detalles a estructuras importantes, además de esto, las gónadas fueron fijadas en formol al 4%. Aquellas especies que no fueron identificadas *in situ* se conservaron en frío para posterior análisis en laboratorio.

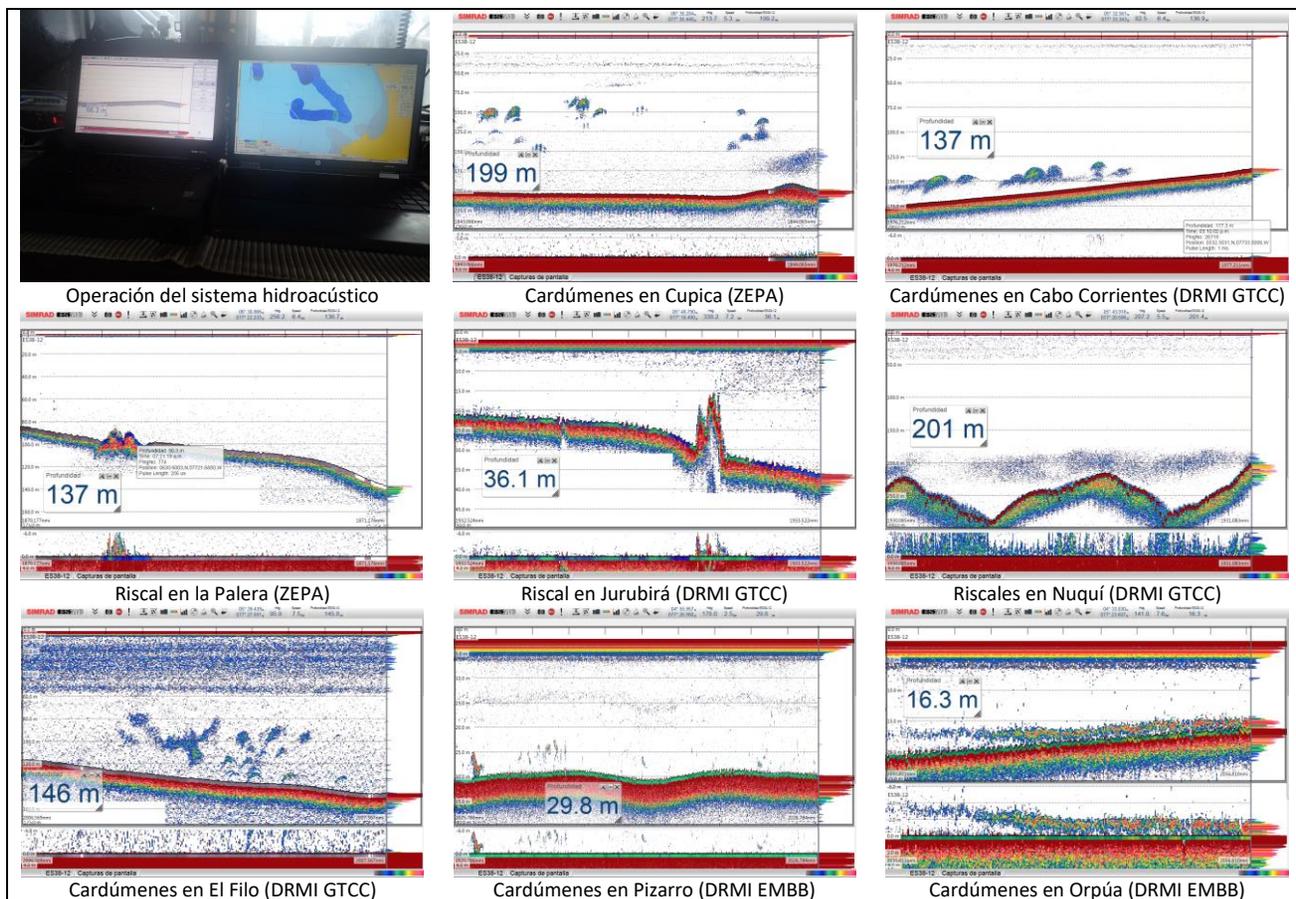


Figura 4-2 Operación y detecciones de blancos del sistema acústico durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.2.2.3 Componente oceanográfico

En un total de 50 estaciones se colectó información de variables oceanográficas tales como temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, usando una sonda CTDO SBE 19plus v2 (Figura 4-4). A partir de 30 estaciones distribuidas en forma homogénea entre las estaciones de pesca, tratando de cubrir toda el área de estudio, se colectaron muestras de ictioplancton (huevos y larvas de peces) mediante arrastres oblicuos con una red de 500 micras con flujómetro Hidrobios previamente calibrado y copos colectores rígidos (Figura 4-5). Los arrastres abarcaron profundidades hasta 189 m o a partir de un espacio de seguridad de 10 m sobre la línea de fondo en las estaciones de menor profundidad. El arrastre de ictioplancton tuvo una duración de 10 minutos efectivos a una velocidad entre 2 y 3 nudos, de acuerdo con la metodología de Smith y Richardson (1979). Una vez tomadas las muestras, se conservaron en un frasco de 1 L con 100 ml de formol tamponado al 37%, lavando en el mismo frasco el colector de red para evitar pérdida de muestras hasta completar un litro y una concentración de formol reducida al 4%.



Figura 4-3 Muestreo biológico-pesquero a bordo del crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.



Figura 4-4 Muestreo de variables oceanográficas (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto) durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.



Figura 4-5 Muestreo de ictioplancton (huevos y larvas de peces) durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.2.3 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

En cada capítulo se describen los métodos específicos empleados para el análisis de la información colectada durante el crucero de prospección de recursos demersales en el norte del Pacífico colombiano.

4.3 COMPOSICIÓN DE LA CAPTURA, ABUNDANCIA RELATIVA Y ESTRUCTURA COMUNITARIA

4.3.1 INTRODUCCIÓN

Los cruceros de prospección que recolectan información independiente, es decir, no basada en capturas comerciales, son una herramienta importante para evaluar el estado actual de los recursos pesqueros, ya que proveen una gran cantidad de información para un área y un momento temporal específico, presentando un sesgo menor y permitiendo estimar la composición de la captura y sus abundancias relativas (Hoggarth *et al.*, 2006). Además, la estimación de la abundancia relativa en términos de captura por unidad de área (CPUA), aporta información relevante sobre cambios en el estado de las poblaciones en tiempo y espacio (Rodríguez *et al.*, 201, 2015; Rueda *et al.*, 2013; Escobar *et al.*, 2017). Este capítulo muestra los resultados de la composición y la abundancia relativa de las familias y especies de peces demersales y camarones capturados en la ZEPA y los DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes (DRMI GTCC) y Encanto de los Manglares del Bajo Baudó (DRMI EMBB) en el norte del Pacífico colombiano.

4.3.2 MÉTODOS ESPECÍFICOS

Se empleó un análisis con estadística descriptiva para determinar la composición y abundancia de la captura en peso y número de individuos en cada uno de los sectores de muestreo (ZEPA, DRMI GTCC, DRMI EMBB), discriminando por grupos (peces demersales, crustáceos, moluscos, equinodermos y cnidarios), zonas dentro y fuera de cada sector (solo en camarones) y categoría comercial. La abundancia relativa se expresó como la captura en peso por unidad de área barrida - CPUA (Maunder y Punt, 2004; Haimovici y Ávila Da Silva, 2007):

$$CPUA = \frac{C}{A}$$

Donde C es la captura en peso (kg) y A (km^2) el área barrida expresada de acuerdo a la siguiente función:

$$A = v * t * \lambda$$

Donde v (km/h) es la velocidad media de arrastre (entre 2-3 mn/h aproximadamente), t (h) es el tiempo efectivo de arrastre (0,5 h aprox.) y λ es la abertura horizontal de la red en posición de trabajo igual a 12 m (Rodríguez *et al.*, 2012). Para determinar diferencias significativas de la abundancia relativa entre sectores de muestreo (ZEPA, DRMI GTCC, DRMI EMBB), se realizó un análisis no paramétrico (test de Kruskal-Wallis), una vez evaluados supuestos de homogeneidad de varianza y distribución normal de los datos (Zar, 2010).

La caracterización de la estructura comunitaria de peces demersales se realizó a partir de una matriz de abundancia numérica (número de individuos/ km^2), aplicando una transformación logarítmica y generando una matriz de similitud con el software PRIMER v6[®]. Se determinó el índice de riqueza de especies de Margalef (d), la diversidad de Shannon-Wiener (H'), equidad de Pielou (J') y dominancia de Simpson (λ'). La significancia estadística ($p < 0,05$) de los descriptores entre sectores de muestreo fue evaluada mediante análisis no paramétricos (test Kruskal-Wallis). Se llevó a cabo un análisis de similitud (ANOSIM) a una vía para conocer si hay diferencias entre los sectores, junto con un análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) para identificar las posibles especies asociadas a dichas diferencias y un análisis de escalamiento multidimensional (MDS) para representar la similitud entre las estaciones que componen cada sector, empleando el índice de Bray Curtis. Para todos los análisis estadísticos se empleó el lenguaje R (R Core Team, 2019).

4.3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.3.3.1 Composición de la captura

4.3.3.1.1 Zona Exclusiva de Pesca Artesanal - ZEPA

En la ZEPA, la captura total obtenida fue de 1.428,7 kg correspondientes con 35.543 individuos. Como se observa en la Tabla 4.2, dentro del sector se capturaron 429,0 kg (n= 4.771) constituidos por 63 especies, en donde el grupo de los peces presentó el mayor porcentaje en peso (90,7%), seguido en menor proporción por los crustáceos (9,3%) y los moluscos (0,02%). Por otro lado, fuera de la ZEPA se consiguió una captura mayor, representada por 999,7 kg y 30.772 individuos de 85 especies, encontrándose los peces y crustáceos con porcentajes más altos de captura en peso (77,5% y 22,2% respectivamente).

En contraste con lo encontrado en los años 2015, 2016 y 2017, en esta ocasión la captura en número de individuos fue superior para el grupo de los crustáceos, el cual siempre ha sido el segundo grupo más importante tanto en peso como en número de individuos. Así mismo, previamente no había sido reportada la captura de equinodermos, que en este caso correspondió con 31 ejemplares fuera de la ZEPA (Rodríguez *et al.*, 2015; Escobar *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2017).

Tabla 4.2 Composición por grupo de la captura obtenida dentro y fuera de la ZEPA durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. n: Número de individuos.

Grupo	Dentro ZEPA				Fuera ZEPA			
	n	%n	Peso (kg)	% Peso	n	%n	Peso (kg)	% Peso
Peces demersales	2.179	45,7	389,1	90,7	11.572	37,6	775,1	77,5
Crustáceos	2.589	54,3	39,8	9,3	19.102	62,1	221,9	22,2
Moluscos	3	0,1	0,1	0,02	6	0,02	0,2	0,02
Equinodermos	-	-	-	-	31	0,1	2,1	0,2
Cnidarios	-	-	-	-	62	0,2	0,4	0,04
Total	4.771	100	429,0	100	30.772	100	999,7	100

4.3.3.1.1.1 Peces demersales

La captura total de peces demersales en la ZEPA fue de 1.164,1 kg (n=13.751), distribuidos en 76 especies agrupadas en 45 familias. En las de importancia comercial, el mayor porcentaje de captura en peso lo presentó Dasyatidae (38,9%), seguida en menor proporción por Sciaenidae (9,8%), Ophidiidae (7,2%), Haemulidae (6,9%) y Serranidae (6,6%) (Figura 4.6a). Con respecto a aquellas familias que no poseen un valor comercial, estuvieron principalmente representadas por Merlucciidae (26,6%), Scorpaenidae (19,0%), Serranidae (11,6%) y Synodontidae (8,5%) (Figura 4.6b). Para este año se reporta el menor número de especies encontradas en el sector en comparación con cruceros anteriores (2017=106, 2016=79, 2015=82), adicionalmente, las familias más representativas a nivel comercial y no comercial en los años 2016 y 2017 fueron Scianidae y Scorpaenidae, pero en este caso son Dasyatidae y Merlucciidae (Rodríguez *et al.*, 2015; Escobar *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2017).

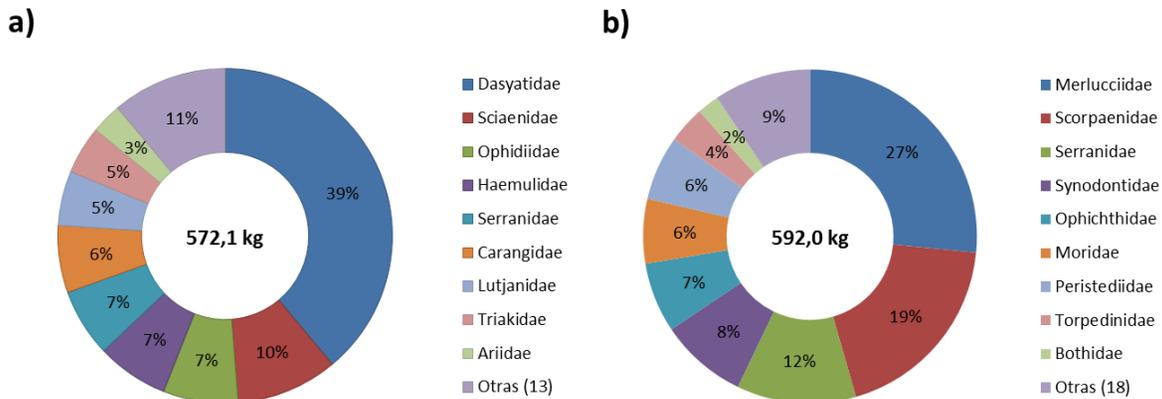


Figura 4.6 Composición porcentual de la captura en peso a nivel de familias de peces demersales comerciales (a) y no comerciales (b) en la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

En cuanto a la composición de especies comerciales, el pez perla *Lepophidium prorates* y el espejuelo *Selene peruviana* presentaron el mayor número de individuos (396 cada una), seguidas por la peladilla *Cynoscion* spp. y el cagua *Diplectrum* spp (Figura 4.7). Así mismo estas especies coinciden con los valores más altos de peso, a excepción del tiburón toyo *Mustelus* spp., el cual presenta el menor número de individuos (65) pero el segundo valor más alto en peso (26,6 kg) (Figura 4.7). Cabe destacar que en *Otros* se encuentra la raya *Hypanus longus* con el valor más alto de peso (222,7 kg).

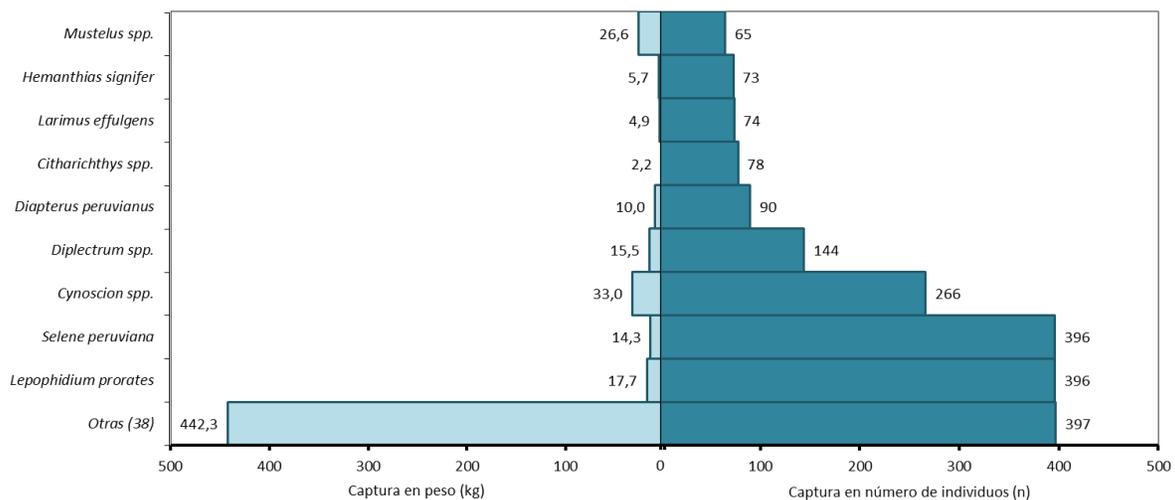


Figura 4.7 Composición de la captura en peso (izquierda) y número de individuos (derecha) de especies de peces demersales comerciales en la ZEPA durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

Por otro lado, en las especies no comerciales se pueden observar valores más altos de captura en número de individuos pero más bajos en peso (Figura 4.8). Aquellas con mayor representación fueron el guere guere *Pontinus* sp. (112,5 kg, n=2.394) y la merluza española *Merluccius angustimanus* (157,2 kg, n=2.251), y *Chloroscombrus orqueta* (7,3 kg, n=195) la de menor. En años anteriores *Pontinus* sp. (Escobar *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2017) y *Pronotogrammus eos* (Rodríguez *et al.*, 2015) han sido las especies más representativas tanto en peso como en número de individuos, en el crucero actual *Merluccius angustimanus* es quien presenta los valores más altos de captura en peso.

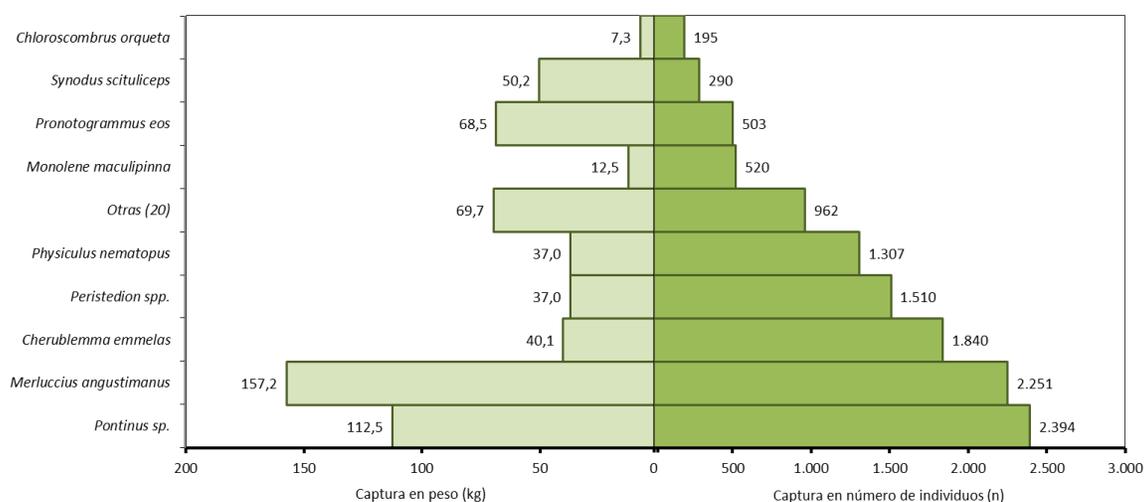


Figura 4.8 Composición de la captura en peso (izquierda) y número de individuos (derecha) de peces demersales no comerciales en la ZEPA durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.3.3.1.1.2 Camarones

En la ZEPA, la captura total de camarones fue de 229,7 kg que corresponden con 14.501 individuos de las especies *Solenocera agassizii* (camarón coliflor), *Penaeus brevirostris* (camarón pink), *Penaeus californiensis* (camarón chocolate), *Heterocarpus vicarius* (camarón cabezudo), *Squilla biformis* (camarón bravo), *Squilla panamensis* (camarón bravo), *Sicyonia picta* (camarón de piedra) y *Pasiphaea* spp. (camarón de profundidad), agrupadas en las familias Solenoceridae, Penaeidae, Pandalidae, Squillidae, Sicyoniidae y Pasiphaeidae, destacándose la primera por ser de valor comercial y tener la mayor representación en la captura (177,0 kg, n=11.599) (Figura 4.9). Cabe resaltar que en este crucero se encontró un número mayor de familias y especies con respecto a los reportados en años anteriores (2017 = 4 familias, 6 especies; 2016 = 3 familias, 4 especies; 2015 = 4 familias, 7 especies) (Rodríguez *et al.*, 2015; Escobar *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2017).

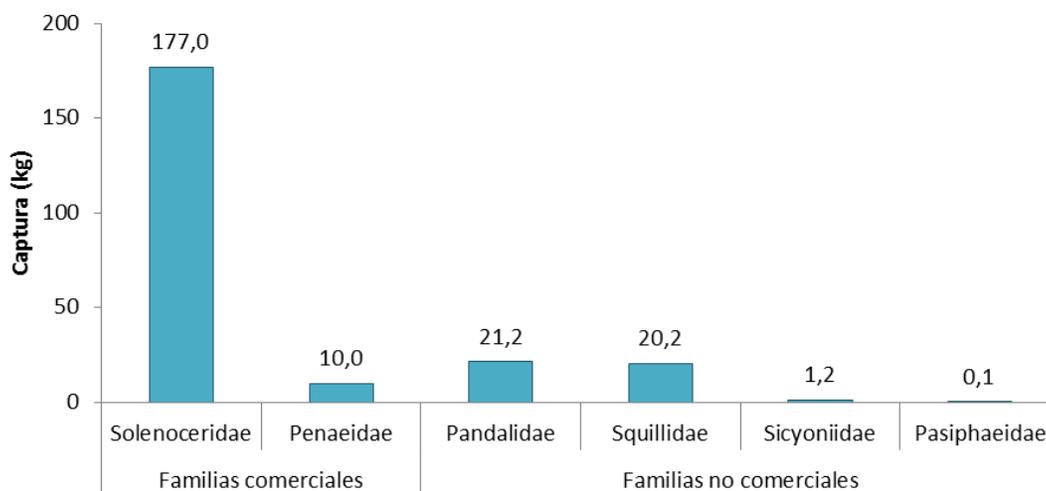


Figura 4.9 Composición de la captura en peso (kg) a nivel de familias de camarones comerciales y no comerciales en la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

En cuanto a la captura en peso de las especies de camarón de interés comercial, *Solenocera agassizii* mostró los valores más altos dentro y fuera de la ZEPA (26,8 kg y 150,2 kg respectivamente), seguida en menor medida por *Penaeus brevisrostris* (3,8 kg; 4,1 kg) y finalmente *Penaeus californiensis* (0,1 kg; 2,0 kg) (Figura 4.10a). En el caso de las especies no comerciales, tres se encontraron dentro del sector y cinco afuera. De las primeras, la que presentó el valor más alto fue *Squilla biformis* con 2,1 kg, seguida por *Sicyonia picta* (0,5 kg) y *Squilla panamensis* (0,1 kg). De las capturadas fuera de la ZEPA, las que presentaron los valores más altos fueron *Heterocarpus vicarius* (21,2 kg) y *Squilla panamensis* (15,6 kg) (Figura 4.10b). En términos generales se observó que los valores de captura dentro de la ZEPA son menores que los presentados por las especies fuera del sector. Se destaca que *Squilla biformis* y *Heterocarpus vicarius* presentan los valores de captura más altos entre las especies no comerciales dentro y fuera del sector, teniendo en cuenta que en años anteriores la especie más representativa ha sido *Sicyonia picta* (Rodríguez *et al.*, 2015; Escobar *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2017).

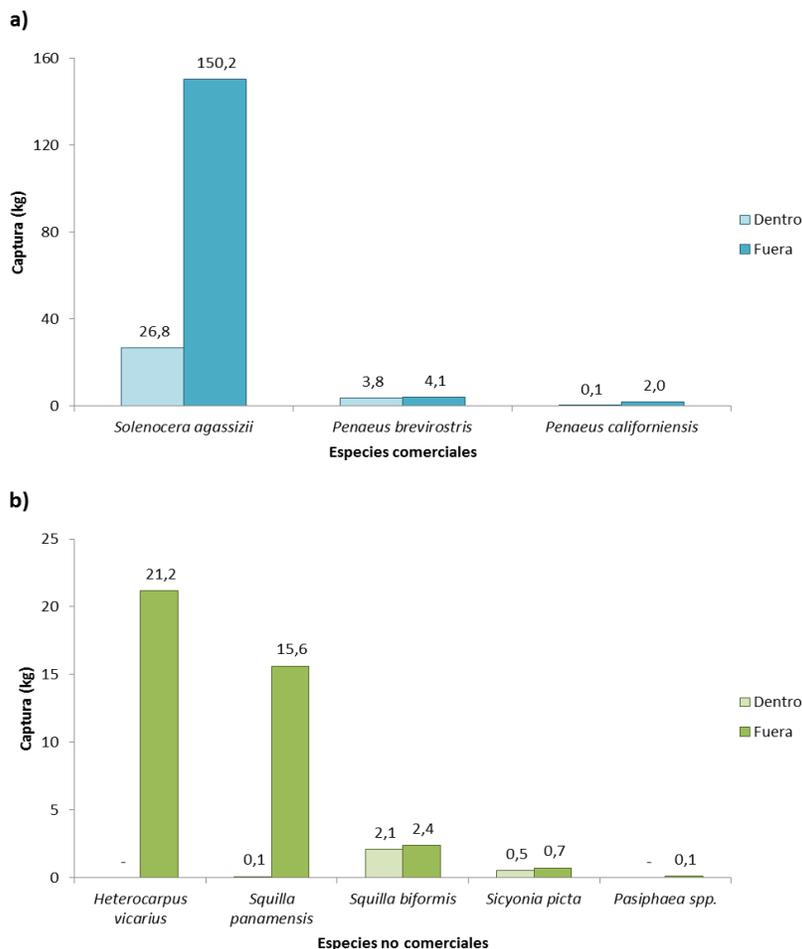


Figura 4.10 Composición de la captura en peso (kg) de especies de camarones comerciales (a) y no comerciales (b) en los sectores dentro y fuera de la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

Con respecto a la composición de captura en número de individuos, los valores más altos tanto dentro como fuera de la ZEPA los presentó *Solenocera agassizii* (n=1.682; n=9.917) para el caso de las especies comerciales, y *Heterocarpus vicarius* (n=1.868) y *Sicyonia picta* (n=137) de las no comerciales (Figura 4.11). La especie no comercial que históricamente ha presentado el valor más alto de captura en número dentro de la ZEPA es *Sicyonia picta*, que en este crucero se ve superada por *Heterocarpus vicarius* (Rodríguez *et al.*, 2015; Escobar *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2017).

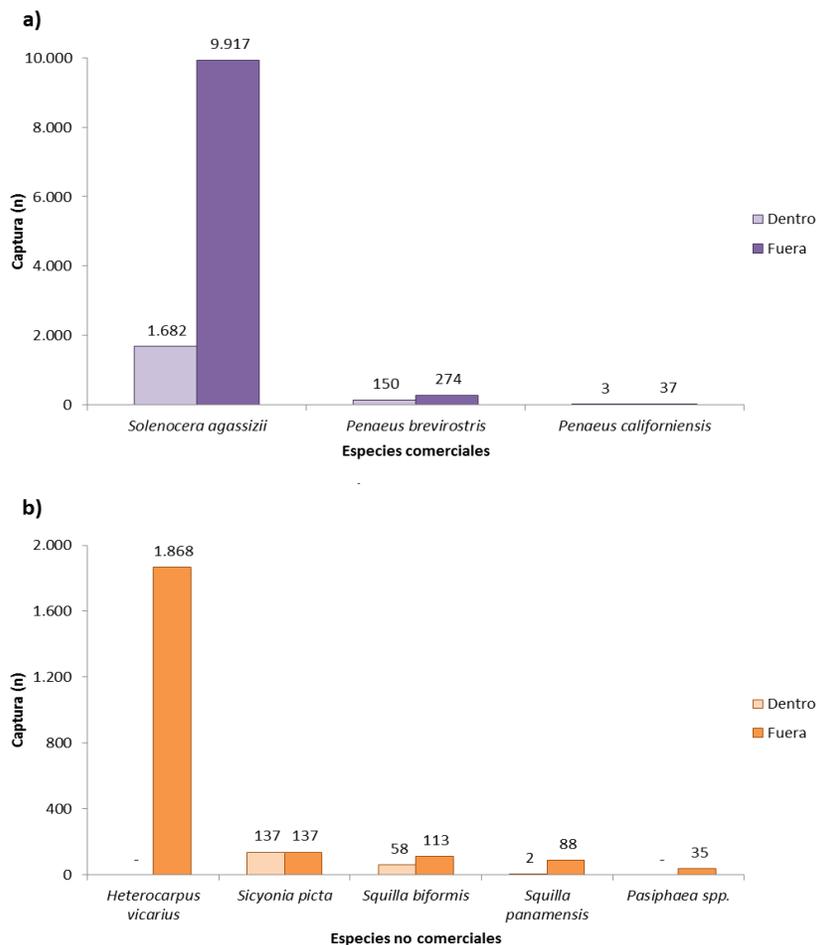


Figura 4.11 Composición de la captura en número de individuos (n) de especies de camarones comerciales (a) y no comerciales (b) en los sectores dentro y fuera de la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.3.3.1.2 DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes

En el DRMI GTCC, se obtuvo una captura total de 849,7 kg y 35.648 individuos, valores que a pesar de ser cercanos a los presentados en el sector anterior, sólo corresponden con individuos presentes en tres grupos (peces, crustáceos y moluscos). Dentro del sector se capturaron 500,3 kg (n=17.829) constituidos por 56 especies, en donde el grupo de los peces presentó el mayor porcentaje en peso (71,7%), seguido por el de crustáceos (28,3%) y en menor proporción por los moluscos (0,1%). Fuera del DRMI GTCC se dio una captura de 349,4 kg y 17.819 individuos agrupados en 43 especies, pero sólo con presencia de peces y crustáceos en porcentajes de peso de 73,9% y 26,1% respectivamente (Tabla 4.3).

Tabla 4.3 Composición por grupo de la captura obtenida dentro y fuera del DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. n: Número de individuos.

Grupo	Dentro DRMI GTCC				Fuera DRMI GTCC			
	n	%n	Peso (kg)	% Peso	n	%n	Peso (kg)	% Peso
Peces demersales	6.944	38,9	358,5	71,7	8.570	48,1	258,1	73,9
Crustáceos	10.880	61,0	141,6	28,3	9.249	51,9	91,3	26,1
Moluscos	5	0,03	0,3	0,1	-	-	-	-
Total	17.829	100	500,3	100	17.819	100	349,4	100

4.3.3.1.2.1 Peces demersales

La captura total de peces demersales en el DRMI GTCC fue de 616,6 kg y 15.514 individuos pertenecientes a 43 especies de 33 familias. Las familias comerciales con mayores porcentajes de captura en peso fueron Stromateidae (36,1%), Sciaenidae (27,8%) y Triakidae (18,6%) (Figura 4.12a), y para el caso de aquellas no comerciales, Ophichthidae (24,4%), Batrachoididae (14,9%), Scorpaenidae (8,9%) y Trichiuridae (7,8%) (Figura 4.12b). Cabe destacar que en años anteriores Batrachoididae presentó siempre el mayor porcentaje de captura en peso, adicionalmente, el número de especies encontradas es menor con respecto a las reportadas previamente (2017=46, 2016=53, 2015=65) (Rodríguez *et al.*, 2015; Escobar *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2017).

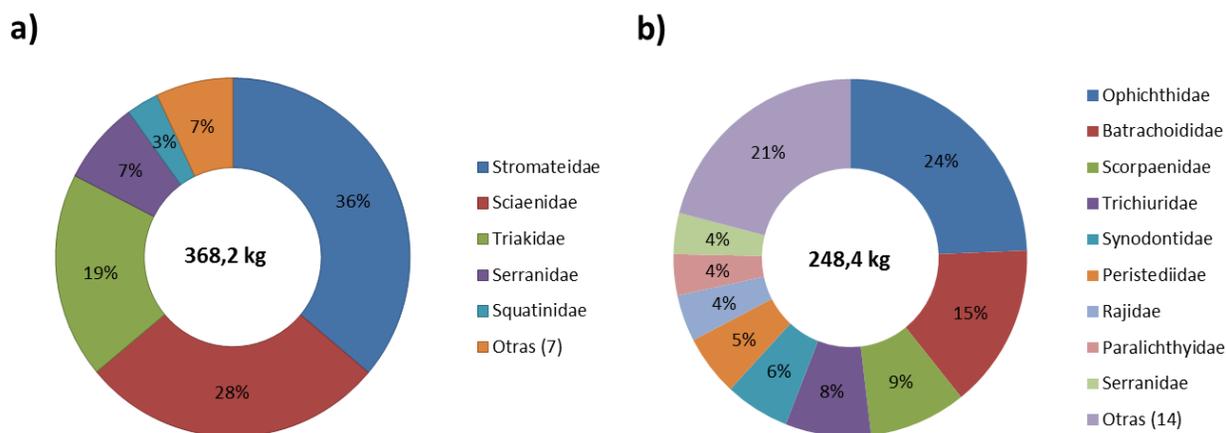


Figura 4.12 Composición porcentual de la captura en peso a nivel de familias de peces demersales comerciales (a) y no comerciales (b) en el DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

En cuanto a la composición de especies comerciales, se observó que el manteco *Peprilus medius* y la peladilla *Cynoscion* spp., presentaron los valores más altos tanto en peso como en número de individuos

(133,1 kg, n=2.266 y 91,2 kg, n=1.405 respectivamente). Aquellas con valores más bajos fueron el pejerrey *Bellator* spp. (1,2 kg, n=55), el lenguado *Citharichthys* spp. (4,2 kg) y el pejerrey *Prionotus horrens* (6,0 kg, n=49) (Figura 4.13).

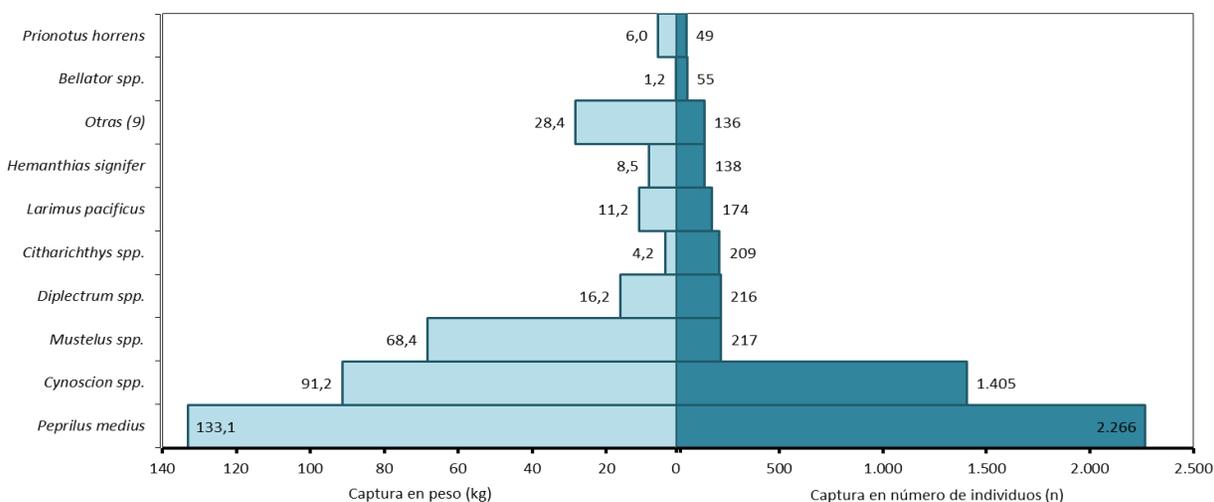


Figura 4.13 Composición de la captura en peso (kg) y número de individuos (n) de especies de peces demersales comerciales en el DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

En la composición de la captura de especies no comerciales, aquellas con mayor número de individuos fueron el pejesapo *Porichthys margaritatus* (n=2.622), *Peristedion* spp. (n=2.474) y el tieso *Cherublemma emmelas* (n=2.213), y las de menor el sable *Trichiurus lepturus* (n=274) y el lenguado *Monolene maculipinna* (n=269). Por otro lado, en cuanto a los valores de captura en peso, los más altos los presentaron *Cherublemma emmelas* y *Porichthys margaritatus* (60,5 kg y 36,9 kg respectivamente) y los más bajos el pez murciélago *Zalieutes elater* (3,5 kg) y *Monolene maculipinna* (6,1 kg) (Figura 4.14), lo cual difiere con lo encontrado en años anteriores, en donde *Porichthys margaritatus* ha sido siempre la especie con los valores más altos de captura tanto en peso como en número de individuos (Rodríguez *et al.*, 2015; Escobar *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2017).

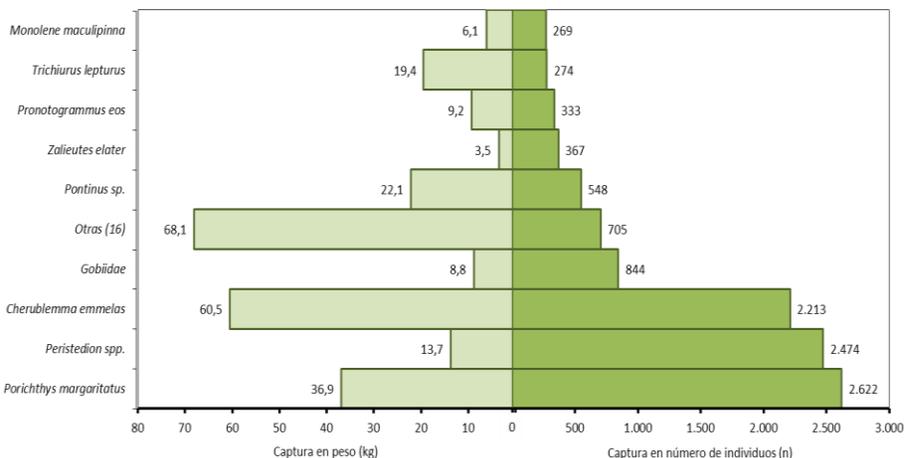


Figura 4.14 Composición de la captura en peso (izquierda) y número de individuos (derecha) de especies de peces no comerciales en el DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.3.3.1.2.2 Camarones

En el DRMI GTCC fueron capturados 190,0 kg de camarón equivalentes a 13.715 individuos de las especies *Solenocera agassizii* (camarón coliflor), *Penaeus brevisrostris* (camarón pink), *Sicyonia picta* (camarón de piedra), *Squilla biformis* (camarón bravo), *Squilla panamensis* (camarón bravo) y *Pasiphaea spp.* (camarón de profundidad), pertenecientes a las familias Solenoceridae, Penaeidae, Sicyoniidae, Squillidae, Pasiphaeidae, respectivamente. En este sector, la familia Solenoceridae, al igual que en la ZEPA, se destaca por tener los valores más altos de captura (138,7 kg, n=7.564) (Figura 4.15). En comparación con cruceros anteriores, en donde se han reportado hasta cuatro familias, en este se presentó una adicional (Rodríguez *et al.*, 2015; Escobar *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2017).

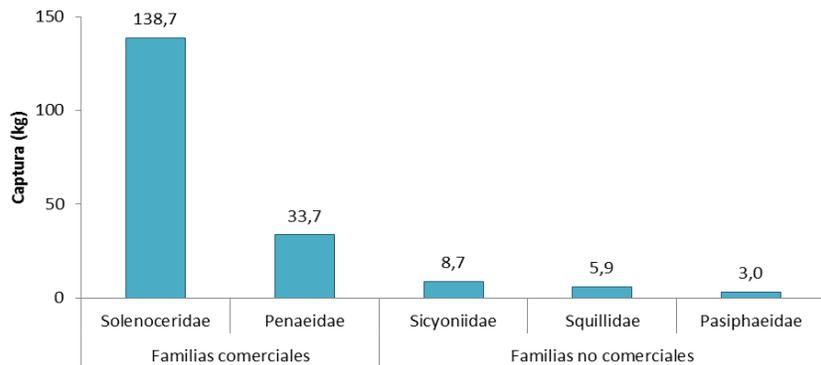


Figura 4.15 Composición de la captura en peso (kg) a nivel de familias de camarones comerciales y no comerciales en el DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

Con respecto a la composición de la captura en peso, se encontraron las especies comerciales *Solenocera agassizii* con valores de 91,1 kg dentro del DRMI y 47,6 kg fuera de éste, y *Penaeus brevirostris* con 23,2kg y 10,5 kg dentro y fuera respectivamente (Figura 4.16a). Por otro lado, en las no comerciales se presentaron cuatro especies tanto dentro como fuera del DRMI, en donde los valores más altos correspondieron a *Sicyonia picta* (4,1 kg dentro y 4,6 kg fuera) y *Pasiphaea* spp. (0,3 kg dentro y 2,8 kg fuera) (Figura 4.16b).

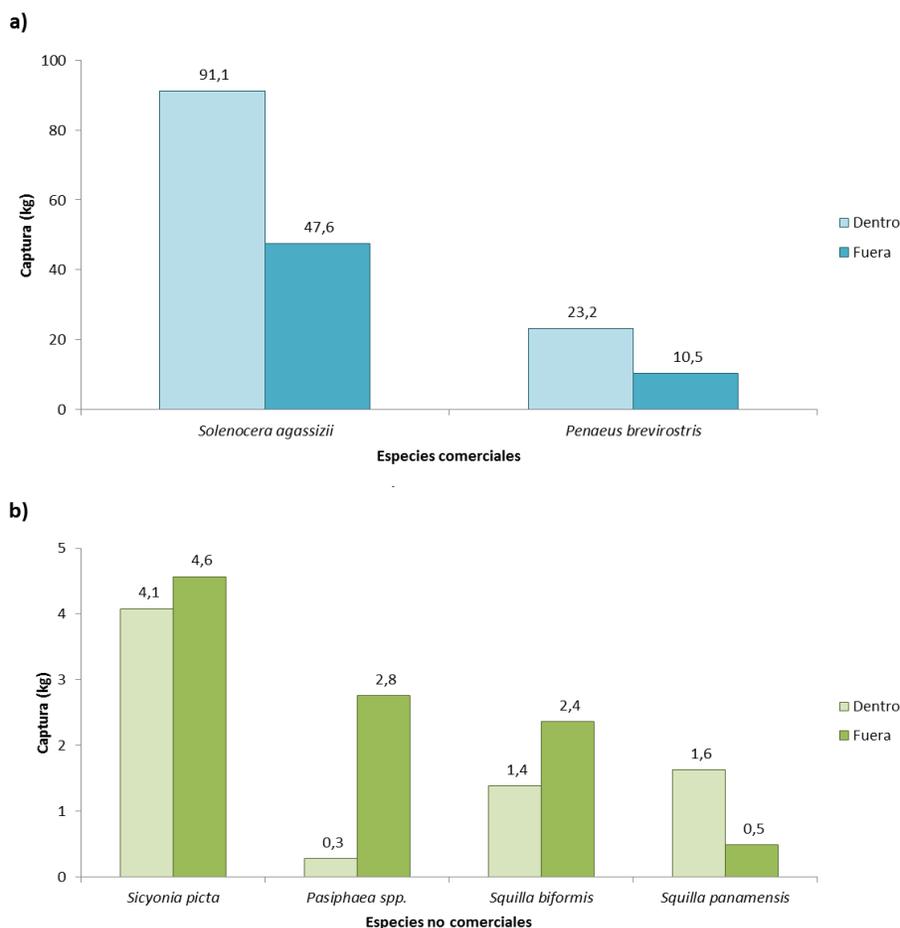


Figura 4.16 Composición de la captura en peso (kg) de especies de camarones comerciales (a) y no comerciales (b) en los sectores dentro y fuera del DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

En el número de individuos, nuevamente *Solenocera agassizii*, dentro de las especies de interés comercial, posee los valores más altos de captura (n=4.381 dentro; n=3.183 fuera). En el caso de las no comerciales,

al igual que la variable anterior, *Squilla biformis* y *Squilla panamensis* presentaron los valores más bajos, mientras que *Sicyonia picta* los más altos (n=1.596 dentro; n=1.445 fuera) (Figura 4.17).

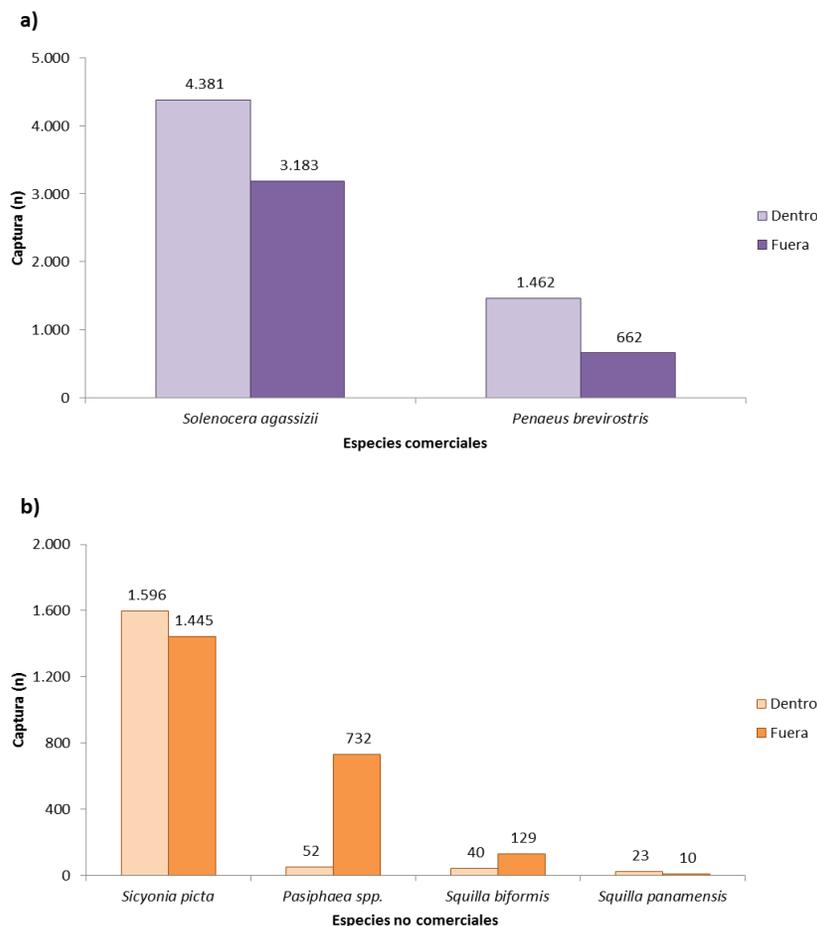


Figura 4.17 Composición de la captura en número de individuos (n) de especies de camarones comerciales (a) y no comerciales (b) en los sectores dentro y fuera del DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.3.3.1.3 DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó

La captura obtenida en el DRMI EMBB presentó los valores más bajos entre los tres sectores de muestreo, con 696,6 kg y 14.866 individuos. Dentro a este DRMI fueron capturados 654,7 kg correspondientes con 12.543 individuos de 123 especies, siendo esta zona la que alberga el mayor número de especies en comparación con las demás. El grupo de los peces presentó el mayor porcentaje en peso del total de la captura (91,9%), seguido por el de crustáceos (6,9%) y los demás grupos con valores inferiores al 1% cada

uno. Por otro lado, fuera del sector se presentó una captura total de 41,9 kg (n=2.323) y 26 especies, representada en peso principalmente por peces (87,7%) y crustáceos (11,9%) (Tabla 4.4).

Tabla 4.4 Composición por grupo de la captura obtenida dentro y fuera del DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. n: Número de individuos.

Grupo	Dentro DRMI EMBB				Fuera DRMI EMBB			
	n	%n	Peso (kg)	% Peso	n	%n	Peso (kg)	% Peso
Peces demersales	6.885	54,9	601,8	91,9	842	36,2	36,7	87,7
Crustáceos	5.308	42,3	45,1	6,9	1.476	63,5	5,0	11,9
Cnidarios	234	1,9	4,4	0,7	-	-	-	-
Moluscos	114	0,9	3,2	0,5	2	0,1	0,2	0,4
Equinodermos	2	0,02	0,2	0,03	3	0,1	0,04	0,1
Total	12.543	100	654,7	100	2.323	100	41,9	100

4.3.3.1.3.1 Peces demersales

La captura total de peces demersales obtenida en el DRMI EMBB fue de 638,5 kg (n=7.727), constituida por 101 especies agrupadas en 46 familias, siendo este el sector con mayor número de especies y familias. En las de importancia comercial, el mayor porcentaje de captura en peso lo presentó Serranidae (29,9%), seguida por Engraulidae (16,9%) y Sciaenidae (15,0%) (Figura 4.18a), y en cuanto a las no comerciales, los valores más altos corresponden con Trichiuridae (22,7%), Scorpaenidae (12,5%), Rhinobatidae (11,8%) y Synodontidae (11,1%) (Figura 4.18b).

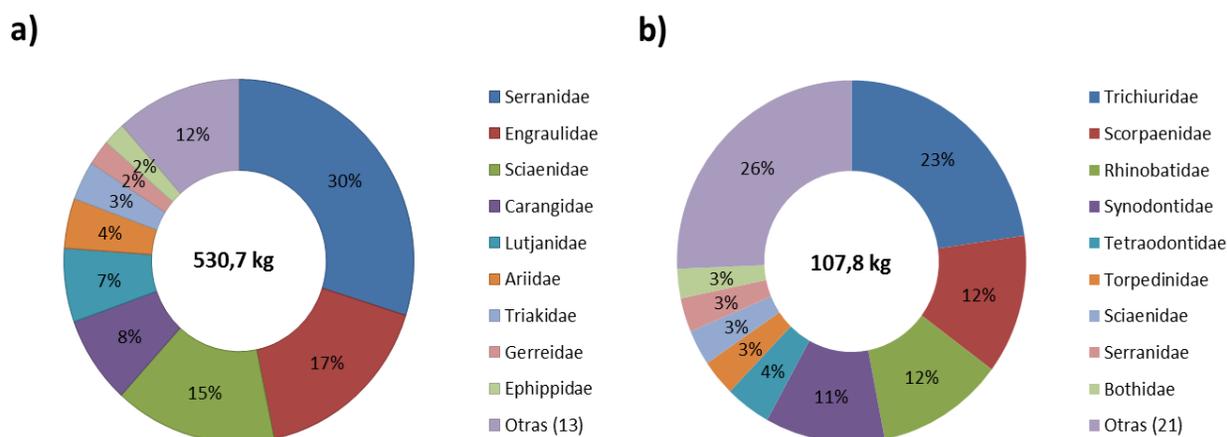


Figura 4.18 Composición porcentual de la captura en peso a nivel de familias de peces demersales comerciales (a) y no comerciales (b) en el DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

En este DRMI las especies comerciales con valores más altos en peso y número de individuos fueron la carduma *Cetengraulis mysticetus* (n=88,5, 2.694 kg) y el espejuelo *Selene peruviana* (20,8 kg, n=613), y aquellas con los más bajos la corvina *Stellifer mancorensis* (3,2 kg, n=122), la agallona *Anchoa spinifer* (1,2 kg, n= 102) y la palma *Parapsettus panamensis* (10,8 kg, n=89). Cabe destacar que el valor de captura en peso que agrupa a otras especies es alto debido a la presencia de un individuo de la especie *Epinephelus itajara* que pesó alrededor de 120,0 kg (Figura 4.19).

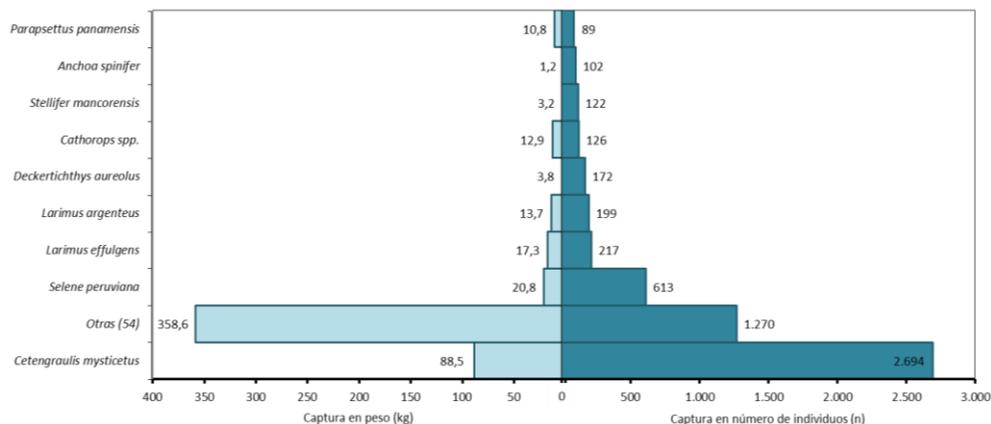


Figura 4.19 Composición de la captura en peso (izquierda) y número de individuos (derecha) de especies de peces demersales comerciales en el DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

En cuanto a las no comerciales, el sable *Trichiurus lepturus* (24,5 kg, n=275) fue la especie con valores más altos de captura, seguida por *Peristedion spp.*, en número de individuos (n=236) y el guere guere *Pontinus sp.*, en peso (11,2 kg). La especie *Chloroscombrus orqueta* presentó los valores más bajos (2,5 kg, n=105), seguida por la corvina *Stellifer spp.*, en número de individuos (n=106) y el tieso *Cherublemma emmelas* en peso (2,5 kg) (Figura 4.20).

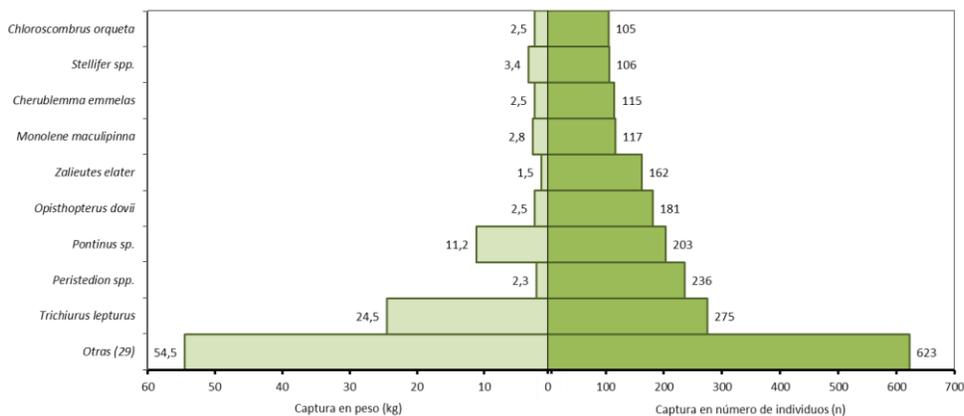


Figura 4.20 Composición de la captura en peso (izquierda) y número de individuos (derecha) de especies de peces demersales no comerciales en el DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.3.3.1.3.2 Camarones

En el DRMI EMBB se dio una captura de camarón de 31,6 kg y 4.151 individuos de las especies *Penaeus brevis* (camarón pink), *Penaeus occidentalis* (camarón blanco), *Protrachypene precipua* (pomadilla), *Trachypenaeus* spp. (camarón tigre), *Xiphopenaeus riveti* (camarón titi), *Solenocera agassizii* (camarón coliflor), *Squilla bififormis* (camarón bravo), *Squilla panamensis* (camarón bravo) y *Sicyonia picta* (camarón de piedra), encontradas en las familias Penaeidae, Solenoceridae, Squillidae y Sicyoniidae. En este sector se observó que, contrario a lo encontrado en los dos anteriores, Penaeidae es la familia que posee los valores de captura más altos (29,5 kg, n=4.016), sin embargo, no superan las cantidades presentadas previamente por la familia Solenoceridae (Figura 4.21). También cabe destacar que éste es el sector que con menos familias (cuatro) pero con mayor cantidad de especies (nueve), en comparación con la ZEPA (seis familias, ocho especies) y el DRMI GTCC (cinco familias, seis especies).

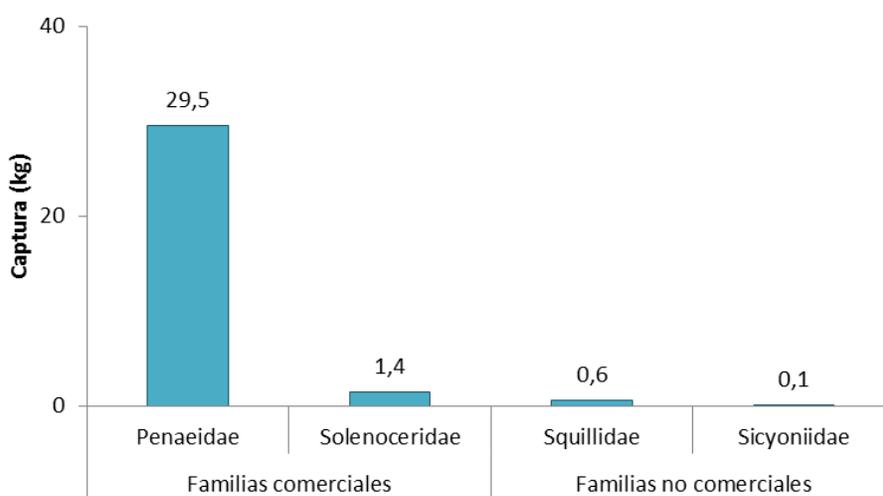


Figura 4.21 Composición de la captura en peso (kg) a nivel de familias de camarones comerciales y no comerciales en el DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

En la composición de captura en peso a nivel de especie, de aquellas que poseen un valor comercial sólo *Solenocera agassizii* se presentó dentro y fuera del sector (0,9 kg y 0,5 kg respectivamente), las demás se encontraron únicamente dentro al DRMI. Los mayores valores los presentaron *Protrachypene precipua* (13,0 kg) y *Penaeus occidentalis* (10,7 kg) (Figura 4.22a). Con respecto a las no comerciales, *Squilla panamensis* se presentó tanto dentro como fuera del sector con valores de 0,2 kg en cada uno. *Squilla bififormis* fue capturada dentro con 0,2 kg y *Sicyonia picta* fuera del sector con 0,1 kg (Figura 4.22b).

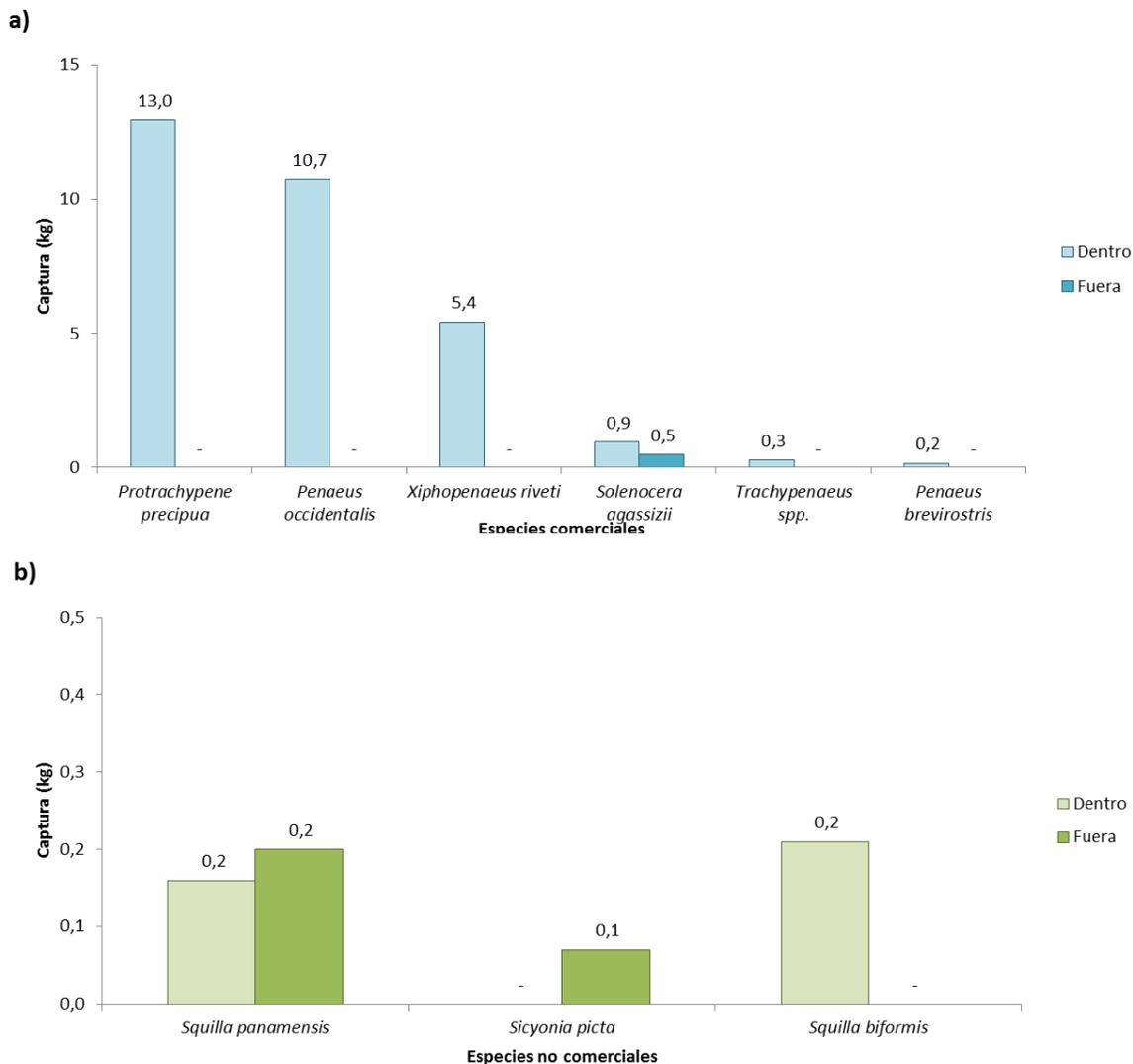


Figura 4.22 Composición de la captura en peso (kg) de especies de camarones comerciales (a) y no comerciales (b) en los sectores dentro y fuera del DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

En cuanto a la captura en número de individuos, de las especies comerciales *Solenocera agassizii* se presentó dentro y fuera al DRMI con 35 kg y 32 kg respectivamente. Dentro del sector la especie con mayor número de individuos fue *Protrachypene precipua* (3.048), seguida por *Xiphopenaeus riveti* (n=782) y *Penaeus occidentalis* (n=177) (Figura 4.23a). De las no comerciales, fueron capturados dos individuos de *Squilla panamensis* dentro del sector y uno por fuera del mismo, 48 de *Sicyonia picta* dentro del DRMI y 17 de *Squilla biformis* por fuera de éste (Figura 4.23b).

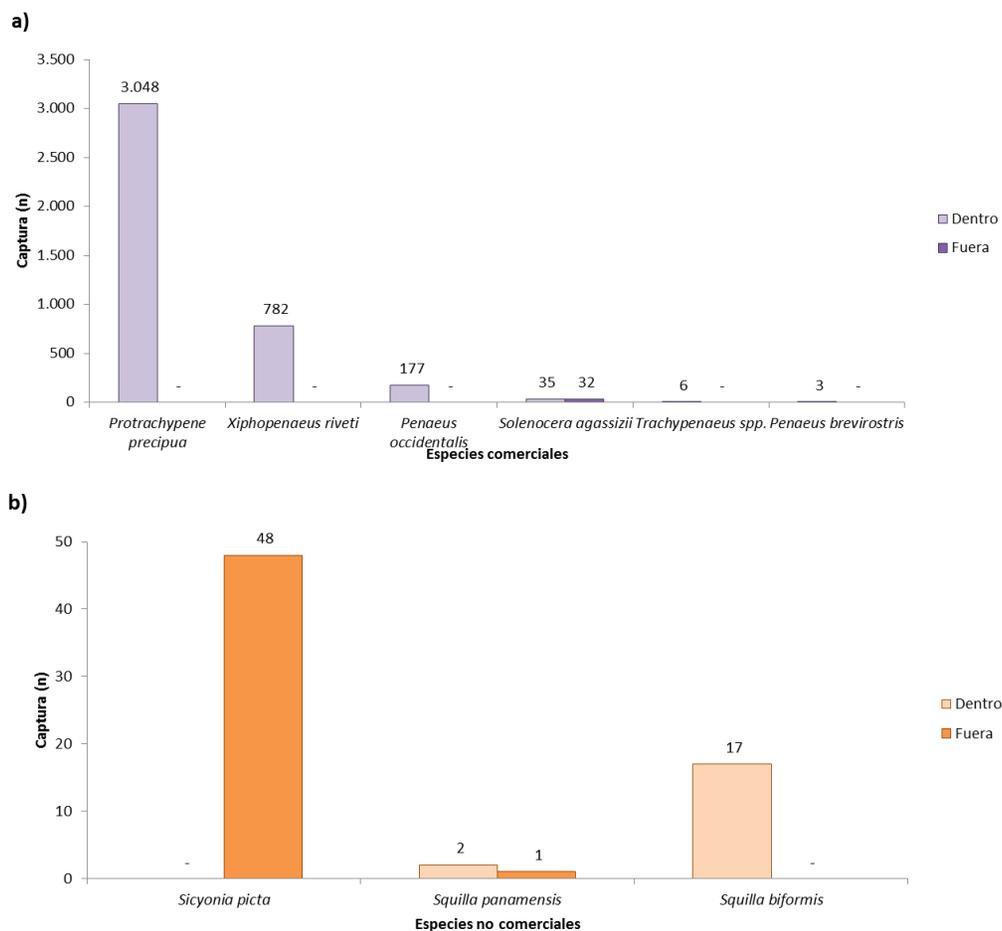


Figura 4.23 Composición de la captura en número de individuos (n) de especies de camarones comerciales (a) y no comerciales (b) en los sectores dentro y fuera del DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.3.3.2 Abundancia relativa

4.3.3.2.1 Peces demersales

En la ZEPA, la abundancia relativa promedio de peces demersales (\pm DE) se estimó en 2.110 kg/km² (DE \pm 1.292). Las estaciones de muestreo que presentaron mayor abundancia relativa fueron la E10 (4.745 kg/km²) y E08 (4.494 kg/km²) en Cupica y E01 (3.139 kg/km²) en Juradó. Aquellas con los valores más bajos fueron la E11 (128 kg/km²) en Cupica, E12 (556 kg/km²) en La Palera y E18 (797 kg/km²) en Faro Huina (Figura 4.24).

Con respecto a evaluaciones anteriores en la ZEPA, los resultados corroboraron que en la zona de Cupica, se localizan sectores puntuales de mayor abundancia relativa de peces demersales, principalmente hacia zonas más costeras, cuya tendencia se ha mantenido desde el 2015 (Rodríguez *et al.*, 2015, 2017; Escobar *et al.*, 2017). Por otro lado, es importante mencionar que la abundancia relativa puede presentar variaciones de acuerdo a las zonas de pesca, encontrándose también reportes de alta abundancia en otros sectores coincidentes con el presente estudio, como Juradó (Rodríguez *et al.*, 2015, 2017), Cabo Marzo, Nabugá, Faro del Huina (Escobar *et al.*, 2017), Aguacate y La Palera (Rodríguez *et al.*, 2017); sin desconocer, que dentro de estas mismas zonas en el área de la ZEPA, se reportaron estaciones específicas con muy baja abundancia relativa, principalmente aquellas más alejadas de costa.

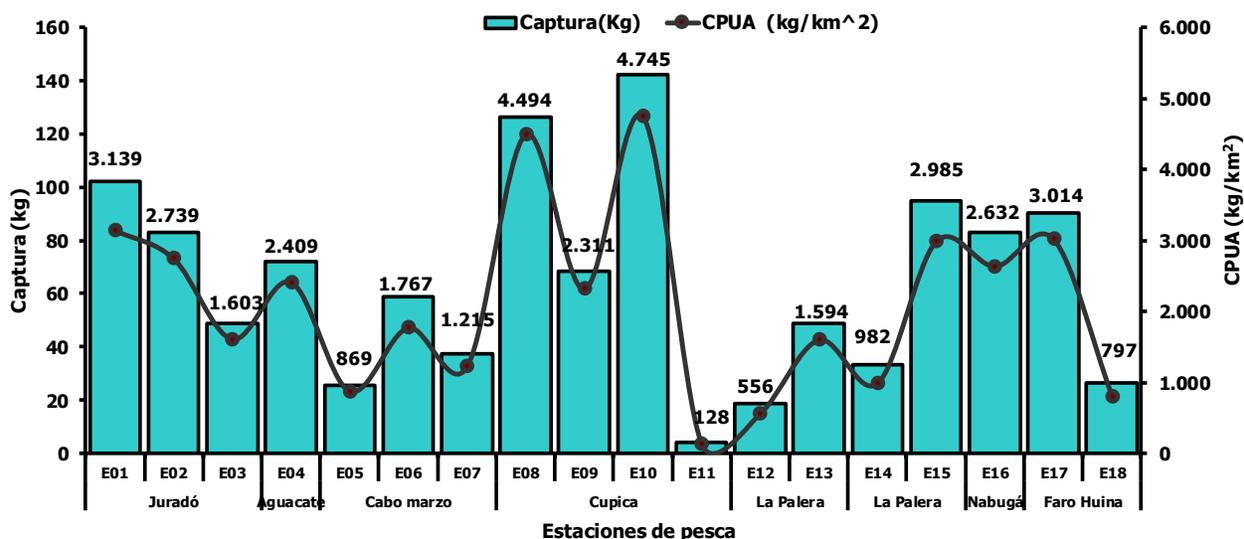


Figura 4.24 Comportamiento de la captura (kg) y la captura por unidad de área (CPUA: kg/km²) de peces demersales por estación de muestreo en el sector de la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

En el DRMI GTCC, la abundancia relativa promedio de peces demersales fue de 1.377 kg/km² (DE±842), presentándose los valores más altos en las estaciones E20 (2.932 kg/km²) y E21 (2.588 kg/km²) en Morro Mico y E26 (2.592 kg/km²) en La Roñosa, y los más bajos en la E30 (253 kg/km²) y E29 (265 kg/km²) en El Filo y E28 (538 kg/km²) en La Roñosa (Figura 4.25). Con respecto a estudios anteriores, los resultados evidenciaron una tendencia similar en estos caladeros de pesca, encontrándose mayores valores de abundancia relativa en zonas puntuales de Morro Mico, La Roñosa y EL Filo; aunque, este último se ha caracterizado por presentar el mayor número de estaciones con baja abundancia (Rodríguez *et al.*, 2015; 2017; Escobar *et al.*, 2017).

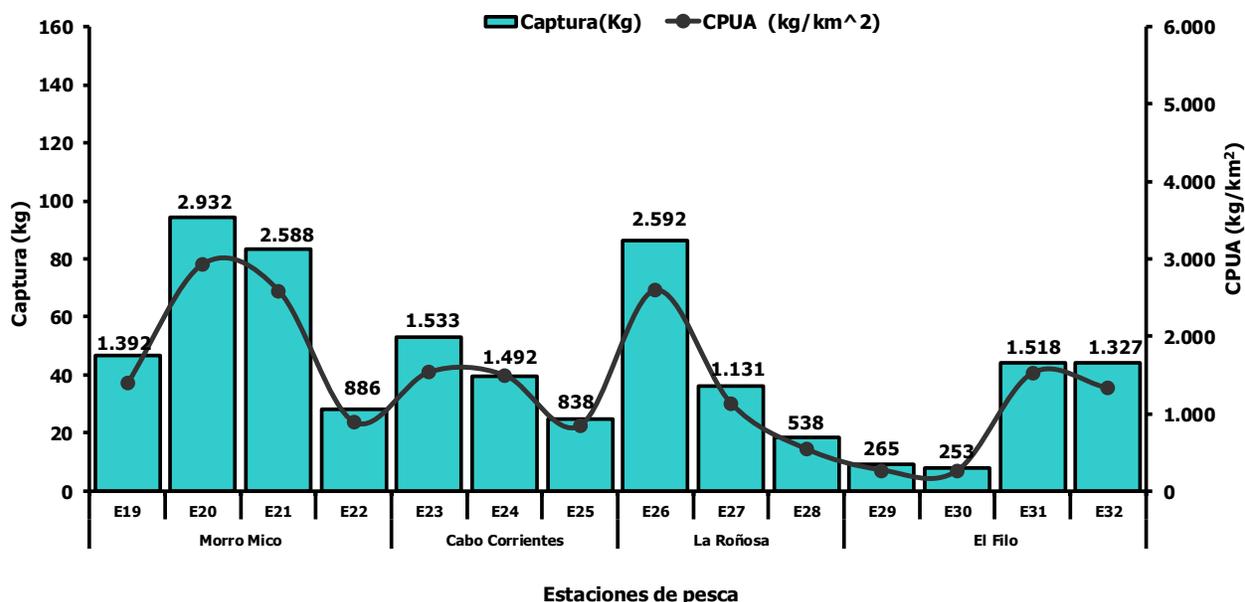


Figura 4.25 Comportamiento de la captura (kg) y la captura por unidad de área (CPUA: kg/km²) de peces demersales por estación de muestreo en el sector DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

Con respecto al DRMI EMBB, la abundancia relativa promedio de peces demersales, esta fue de 1.114 kg/km² (DE± 946), en donde las estaciones E35 (4.108 kg/km²) en Pizarro, E36 (2.433 kg/km²) en Orpúa y E46 (2.220 kg/km²) en Pilizá correspondieron con las de mayor valor y E34 (362 kg/km²) en Pizarro, E49 (485 kg/km²) en Pavasa y E48 (486 kg/km²) en Pilizá con las de menor (Figura 4.26).

De acuerdo al análisis comparativo de la abundancia relativa de peces demersales total (comerciales y no comerciales) entre los tres (3) sectores evaluados durante la prospección (ZEPA, DRMI CCGT, DRMI EMBB), el estadístico no paramétrico encontró que existen diferencias significativas entre estos (K-W=8,22; $p=0,02$), siendo la ZEPA el sector con mayores valores de abundancia relativa (Figura 4.27a), sin embargo, en el análisis específico para peces demersales comerciales no se encontraron diferencias significativas entre sectores (K-W= 0,84; $p=0,66$) (Figura 4.27b).

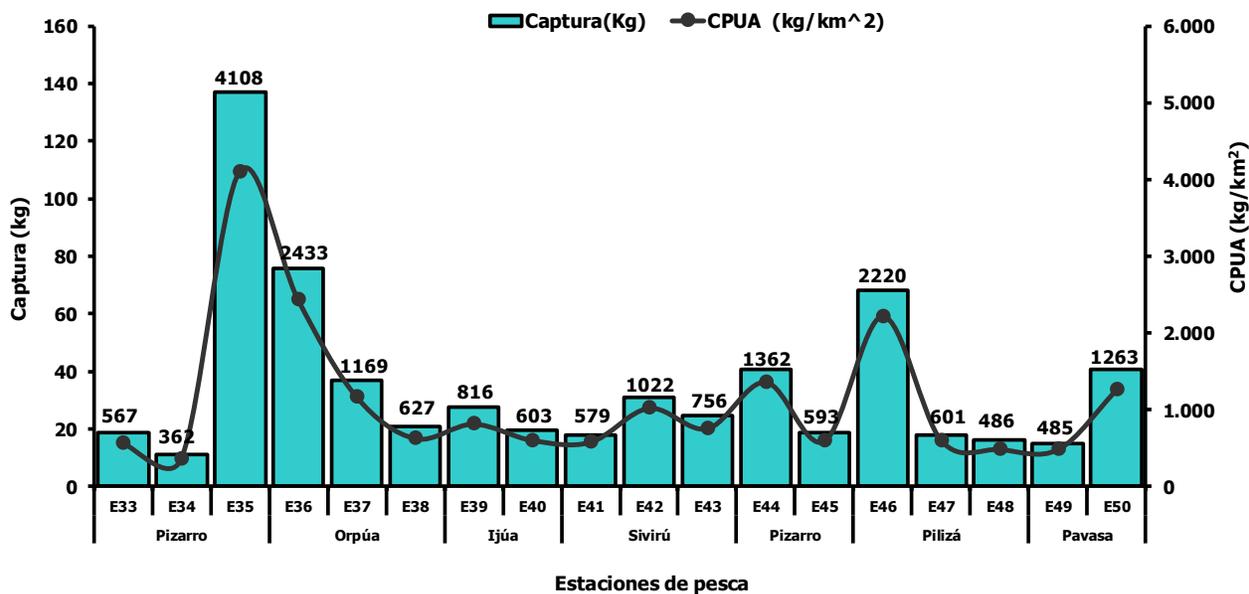


Figura 4.26 Comportamiento de la captura (kg) y la captura por unidad de área (CPUE: kg/km²) de peces demersales por estación en el sector DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

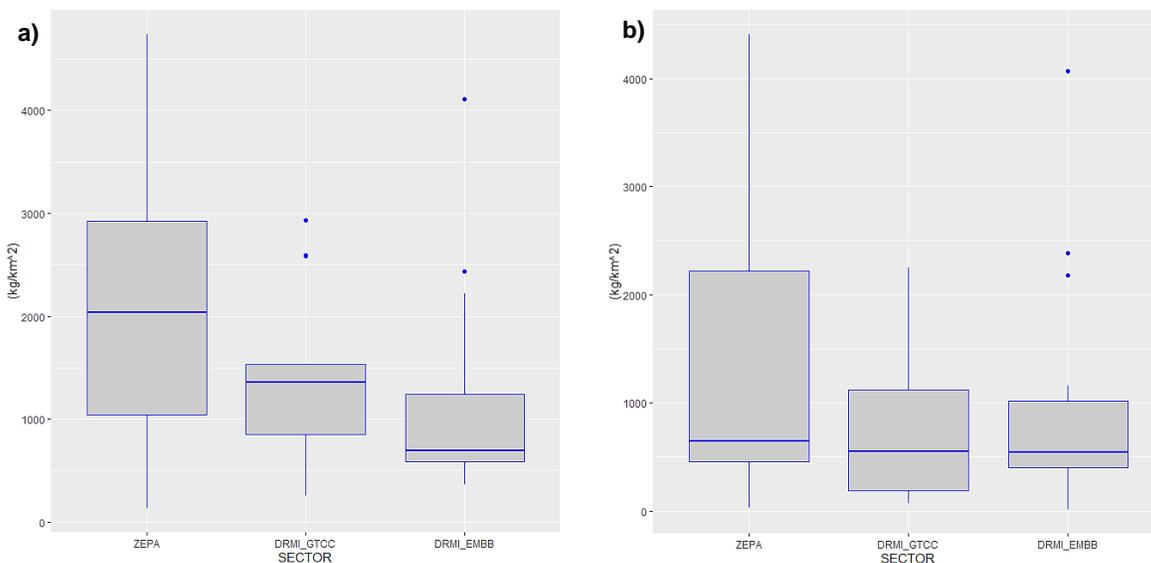


Figura 4.27 Análisis comparativo de la captura por unidad de área (CPUE: kg/km²) de peces demersales a) comerciales y no comerciales, b) comerciales, en los sectores de la ZEPA, DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes y DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. Los puntos representan valores atípicos (outliers).

4.3.3.2.2 Camarones

En la ZEPA, la abundancia relativa de camarones mostró una alta variabilidad, estimándose una abundancia promedio de 63 kg/km² (rango: 0,7 – 1.501 kg/km²). Las estaciones de muestreo que presentaron mayor abundancia relativa fueron la E04 (1.501,1 kg/km²) en Aguacate, E17 (1.402,4 kg/km²) en Faro Huina y E16 (1.195,2 kg/km²) en Nabugá. Aquellas con los valores más bajos fueron la E07 (13,0 kg/km²) en Cabo marzo, E10 (2,7 kg/km²) y E09 (0,7 kg/km²) en Cupica (Figura 4.28).

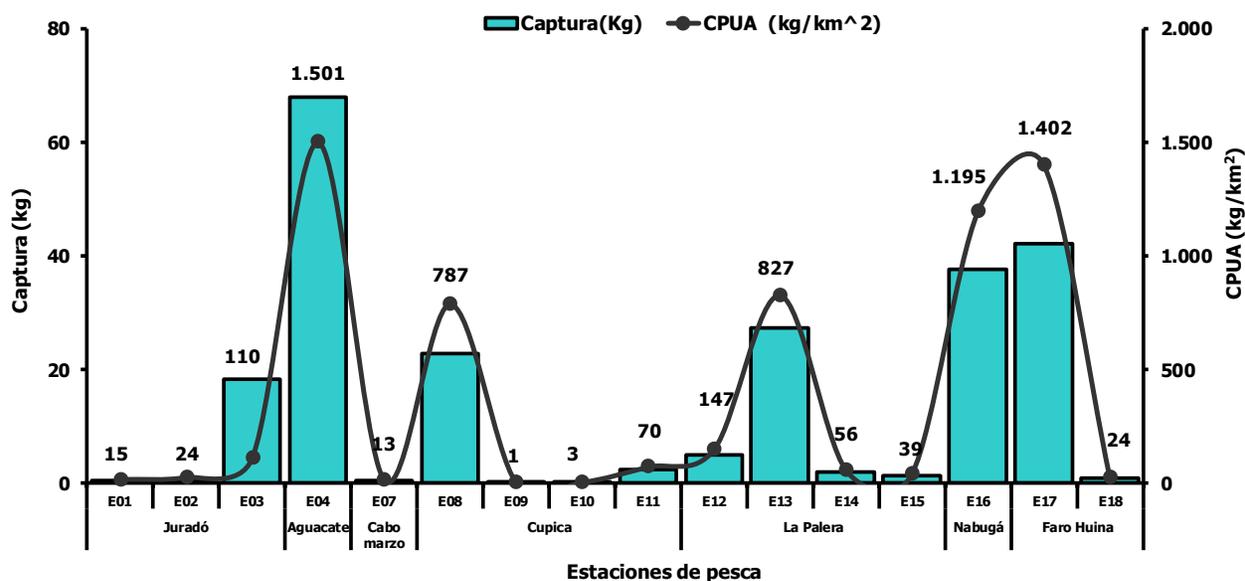


Figura 4.28 Comportamiento de la captura (kg) y la captura por unidad de área (CPUA: kg/km²) de camarones por estación de muestreo en el sector de la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

En el DRMI GTCC, la abundancia relativa promedio de camarones de 416 ± 308 kg/km², presentándose los valores más altos en las estaciones E19 (1.432 kg/km²) y E20 (1.148 kg/km²) en Morro Mico y E32 (640 kg/km²) en El Filo, y los más bajos en la E29 (48 kg/km²), E31 (40 kg/km²) y E30 (7 kg/km²) en El Filo (Figura 4.29).

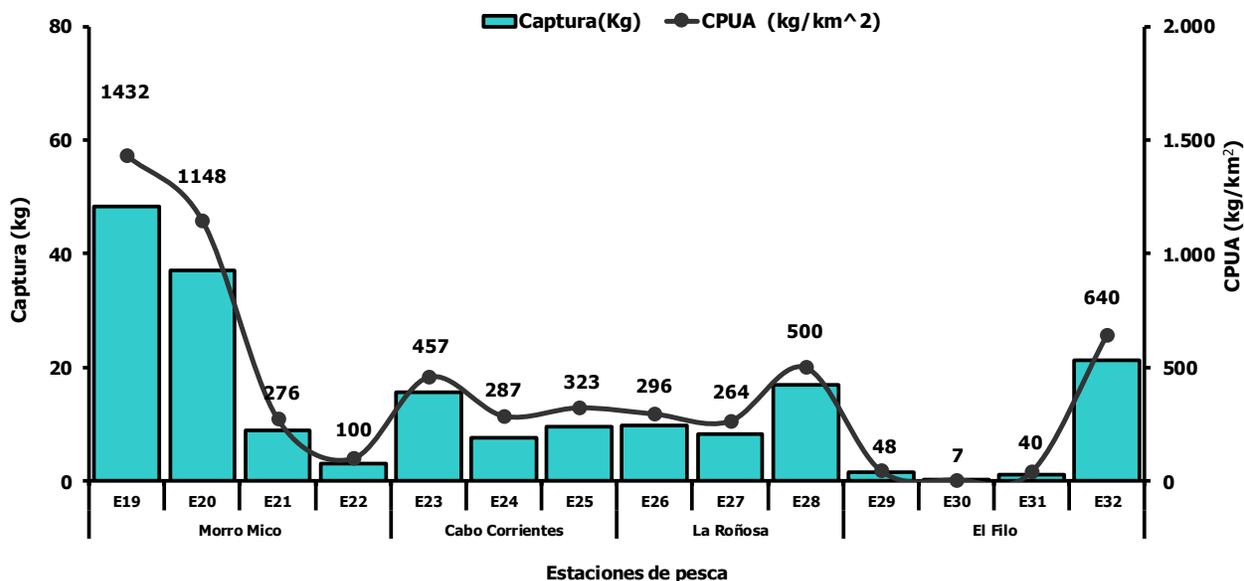


Figura 4.29 Comportamiento de la captura (kg) y la captura por unidad de área (CPUA: kg/km²) de camarones por estación de muestreo en el sector del DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

En el DRMI EMBB, la abundancia relativa promedio de camarones mostró una mayor variabilidad en todo el sector, estimándose un rendimiento medio de 14,3 kg/km² (rango: 3 – 574 kg/km²), en donde las estaciones E36 (574 kg/km²) en Orpúa, E46 (137 kg/km²) y E48 (129 kg/km²) en Pilizá correspondieron con las de mayor valor, mientras que la E44 (5 kg/km²) y E34 (3 kg/km²) en Pizarro y E38 (3 kg/km²) en Orpúa con las de menor valor (Figura 4.30).

Comparativamente no se encontró diferencias significativas en la abundancia relativa de camarón entre la ZEPA y el DRMI GTCC (K-W=1,45; p= 0,228) (Figura 4.31a). Así mismo, en el análisis para la especie comercial con mayor abundancia que fue el camarón coliflor tampoco se encontraron diferencias significativas en cuanto a la abundancia relativa entre los dos sectores de muestreo (K-W=0,50; p= 0,48) (Figura 4.31b). Estudios anteriores también reportaron la importancia de algunas estaciones encontradas en Nabugá, Faro Huina y Morro Mico, como aquellas que presentan mayor abundancia relativa de camarón. Para el caso de los valores más bajos de abundancia, lo encontrado en este estudio coincide con lo obtenido en años anteriores para el sector del DRMI GTCC, en donde históricamente algunos de los valores más bajos de abundancia se dan en estaciones encontradas en El Filo (Rodríguez *et al.*, 2015; 2017; Escobar *et al.*, 2017).

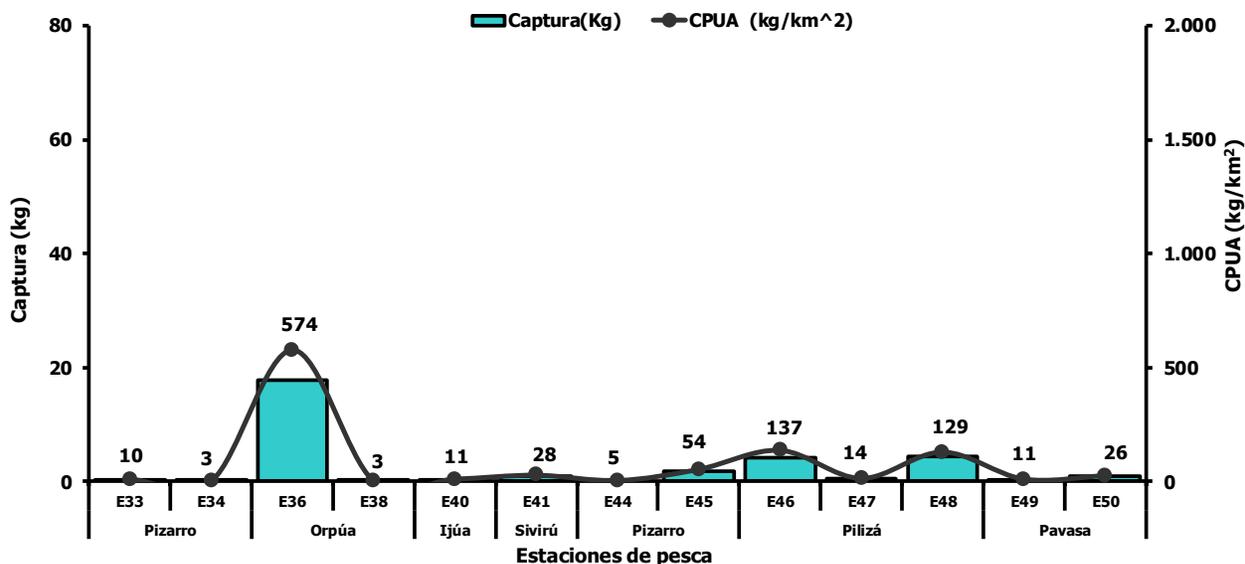


Figura 4.30 Comportamiento de la captura (kg) y la captura por unidad de área (CPUA: kg/km²) de camarones por estación de muestreo en el sector del DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

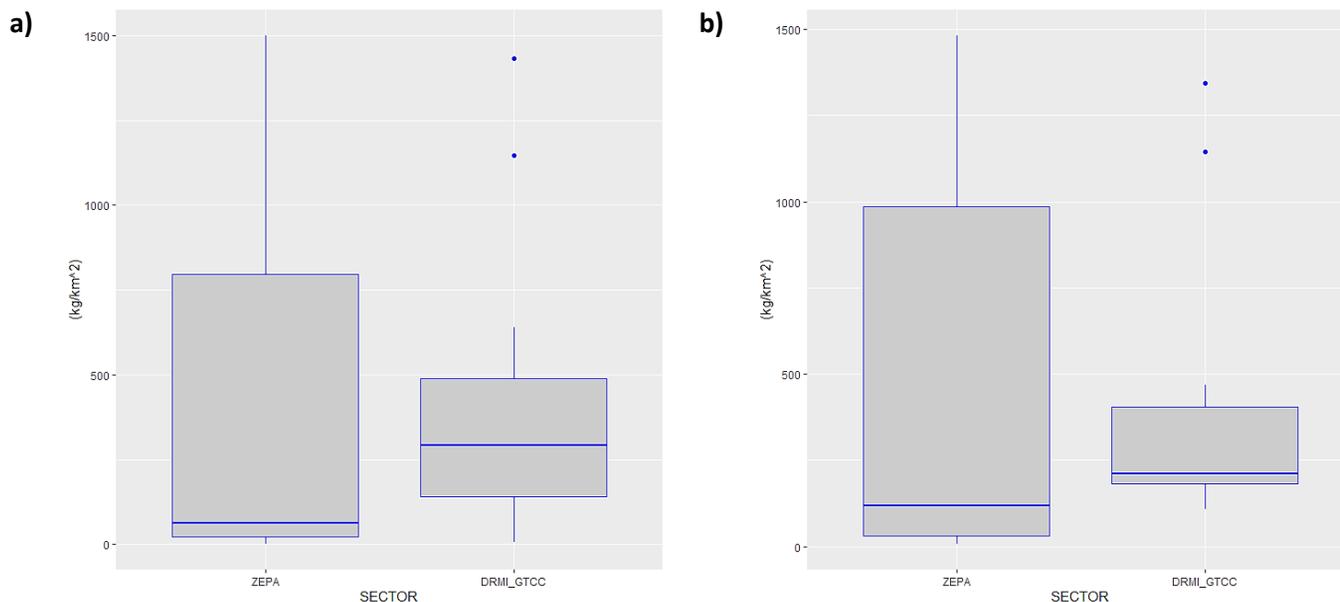


Figura 4.31 Análisis comparativo de la captura por unidad de área (CPUA: kg/km²) de a) camarones y b) camarón coliflor *Solenocera agassizii* entre los sectores de la ZEPA y el DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. Los puntos representan valores atípicos (outliers).

4.3.3.2.3 Captura total

El análisis comparativo de la abundancia relativa de la captura total de recursos demersales (incluyendo todos los grupos como peces, crustáceos, entre otros), entre los diferentes cruceros de prospección que se han llevado a cabo en el norte del Pacífico entre 2012 y 2019, evidenció para el caso de la ZEPA, que a excepción del año 2017 se ha visto un incremento en el valor de la abundancia relativa a lo largo del tiempo ($p < 0,05$), indicando una posible efectividad del establecimiento permanente de la ZEPA como medida de manejo pesquero de acuerdo a la Resolución No. 899 de 2013 de la AUNAP (Figura 4.32a). Por el contrario, para el caso del DRMI GTCC, no se observó una tendencia muy clara en su efectividad, ya que presenta variabilidad en la abundancia relativa ($p > 0,05$) (Figura 4.32b).

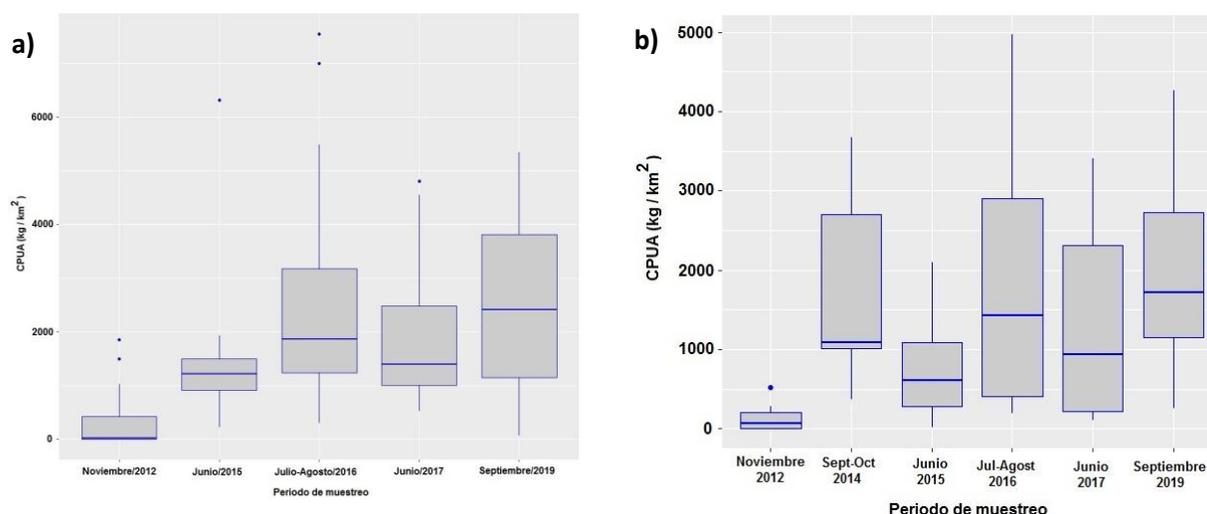


Figura 4.32 Análisis comparativo de la captura por unidad de área (CPUA: kg/km^2) de recursos demersales en el sector a) ZEPA, b) DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, durante cruceros de prospección en el norte del Pacífico colombiano realizados en años anteriores. Los puntos representan valores atípicos (outliers).

4.3.3.3 Estructura comunitaria

En la ZEPA, los mayores valores de riqueza (d) y diversidad (H) se presentaron en la E02 (6,01) (3,42) en Juradó, mientras que los valores más bajos se observaron en la E14 (1,8) (2,02), E04 (1,7) (2,05) y E16 (1,7) (2,07) localizados en La Palera, en Aguacate y Nabugá. Por otro lado, la alta equidad (J') de la comunidad de peces observada en la ZEPA (rango: 0,969 – 0,997), reflejó una baja dominancia (λ') (rango: 0,028 – 0,124) de las especies dentro de la estructura comunitaria en la zona (Anexo 4). Para el DRMI GTCC, se encontraron valores altos de riqueza (d) y diversidad (H) en la E21 (4,07) (3,01) localizada en Morro Mico, y valores bajos en la E25 (2,30) (2,38) y E32 (2,12) (2,28), en Cabo Corrientes y El Filo. En este sector, la equidad (J') fue alta en las especies (rango: 0,982 – 0,994), en contraste con una baja dominancia (λ') de especies (rango: 0,044 – 0,092) (Anexo 4).

Los resultados obtenidos, coincidieron con reportes de estudios anteriores en la zona, evidenciando mayores valores de riqueza y diversidad en caladeros puntuales localizados en Juradó, Cupica y La Palera en la ZEPA y en Filo y Morro Mico en el DRMI GTCC, corroborándose también que, en ambos sectores, existe una tendencia a mayor equidad y menor dominancia de las especies (Escobar *et al.*, 2017, Rodríguez *et al.*, 2017).

En cuanto al DRMI EMBB, los valores de riqueza (d) y diversidad (H) fueron ligeramente mayores en las estaciones E41 (5,68) (3,34) y E45 (4,95) (3,19), localizados en Svirú y Pizarro, respectivamente. Se evidenció una alta equidad (J') en las especies en todo el sector (rango: 0,981 – 0,994), consecuente con una baja dominancia (λ') (rango: 0,030 – 0,070) (Anexo 4). La comparación de índices ecológicos entre sectores (ZEPA, DRMI GTCC, DRMI EMBB) evidenció diferencias significativas en la riqueza (K-W= 16,1; p= 0,00), diversidad (K-W= 16,0; p= 0,00) y dominancia (K-W= 15,4; p= 0,00), a excepción de la equidad (K-W= 1,36; p= 0,51) (Figura 4.33a, b, c, d).

Por medio del índice de riqueza de especies de Margalef se pudo determinar que la zona que presenta valores más altos es el DRMI EMBB en donde el 55,6% de las estaciones tienen valores por encima de 4. Por el contrario, el sector con valores más bajos es la ZEPA, en donde el 61,1% de las estaciones poseen valores de riqueza inferiores a 2,9 (Figura 4.34).

Por otro lado, de acuerdo con los valores arrojados por el ANOSIM, existen diferencias en la estructura comunitaria íctica entre el DRMI EMBB, tanto con la ZEPA como con el DRMI GTCC, ya que los niveles de significancia de cada relación son inferiores al 5% (Tabla 4.5). De forma complementaria, el análisis SIMPER permitió identificar aquellas especies que contribuyen a estas diferencias, evidenciando los promedios de disimilitud más altos entre los sectores mencionados (ZEPA, DRMI EMBB: 86,14; DRMI GTCC, DRMI EMBB: 85,07), dados principalmente por las especies *Peristedion* spp. y *Porichthys margaritatus* (Tabla 4.6).

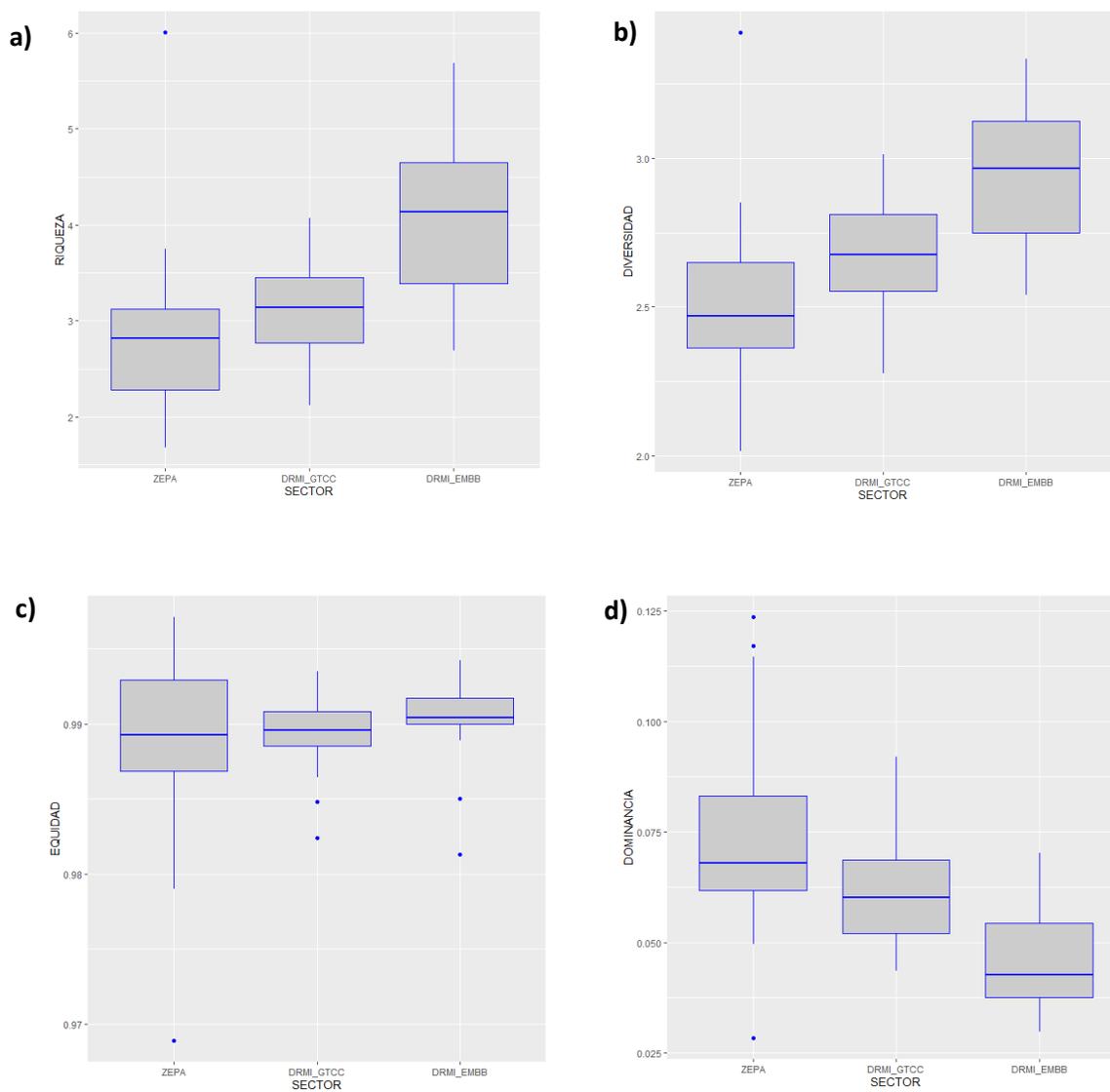


Figura 4.33 Análisis comparativo de los índices ecológicos de: a) riqueza, b) diversidad, c) equidad y d) dominancia, obtenidos en el grupo de peces demersales en los sectores de la ZEPA, DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes y DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

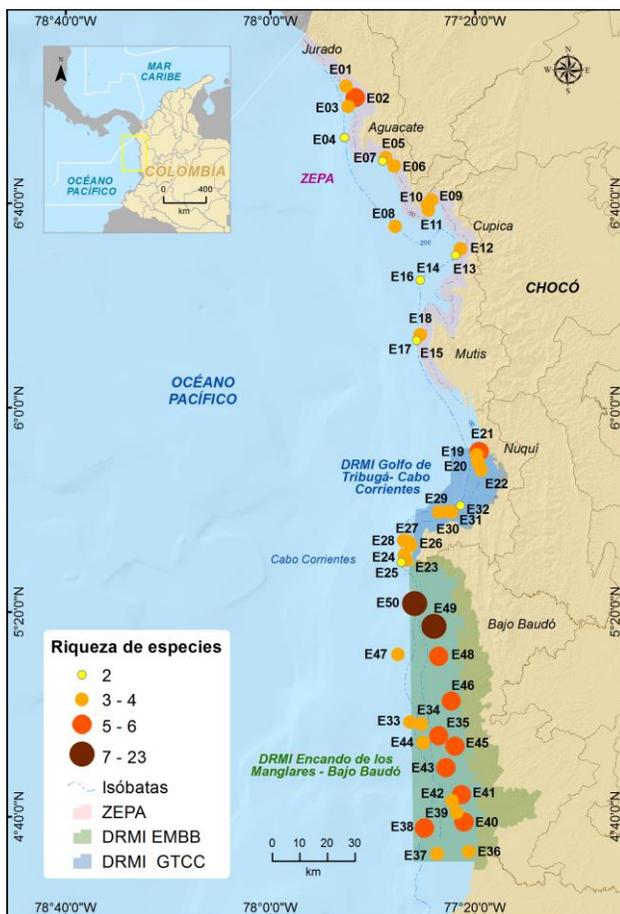


Figura 4.34 Riqueza de especies evaluada para las estaciones de cada sector. ZEPa: Zona Exclusiva de Pesca Artesanal, GTCC: DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, EMBB: DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó.

Tabla 4.5 Análisis de similitud ANOSIM. ZEPa: Zona Exclusiva de Pesca Artesanal, GTCC: DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, EMBB: DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó.

Grupo	Estadístico global (R)	Nivel de significancia (%)
Sector	0,191	0,3
Test pareado	Estadístico (R)	Nivel de significancia (%)
ZEPa, GTCC	0,064	10,4
ZEPa, EMBB	0,196	0,3
GTCC, EMBB	0,349	0,2

Finalmente, el análisis de escalamiento multidimensional (MDS) corroboró lo presentado anteriormente, evidenciando cercanía entre las estaciones de los sectores de la ZEPa y el DRMI GTCC, y mayor distancia de gran parte de las estaciones del DRMI EMBB, por lo que la estructura comunitaria de peces demersales es diferente en este sector (Figura 4.35).

Tabla 4.6 Análisis de porcentaje de similitud SIMPER. ZEPA: Zona Exclusiva de Pesca Artesanal, GTCC: DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, EMBB: DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó.

Especies	Abundancia promedio		Contribución (%)
	ZEPA	GTCC	
<i>Porichthys margaritatus</i>	1,79	7,38	4,91
<i>Cherublemma emmelas</i>	4,05	6,09	3,96
<i>Cynoscion</i> spp.	1,83	4,96	3,8
<i>Peristedion</i> spp.	4,71	6,85	3,71
<i>Pontinus</i> sp.	3,96	3,47	3,68
Promedio de disimilitud	69,59		
Especies	ZEPA	EMBB	Contribución (%)
<i>Peristedion</i> spp.	4,71	1,88	
<i>Pontinus</i> sp.	3,96	1,28	3,13
<i>Cherublemma emmelas</i>	4,05	0,7	3,07
<i>Selene peruviana</i>	1,9	3,87	2,71
<i>Pronotogrammus eos</i>	3,4	1	2,6
Promedio de disimilitud	86,14		
Especies	GTCC	EMBB	Contribución (%)
<i>Porichthys margaritatus</i>	7,38	0,87	
<i>Peristedion</i> spp.	6,85	1,88	3,78
<i>Cherublemma emmelas</i>	6,09	0,7	3,77
Gobiidae	5,22	0,46	3,2
<i>Cynoscion</i> spp.	4,96	1,12	3,03
Promedio de disimilitud	85,07		

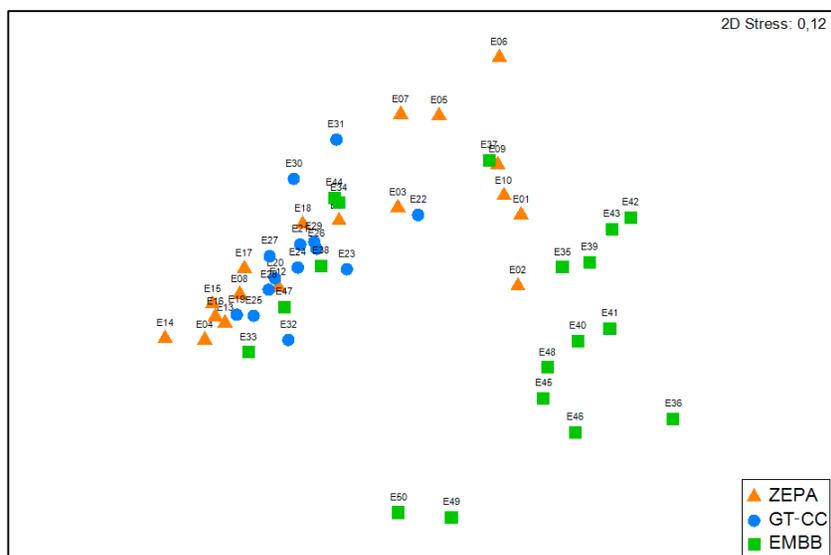


Figura 4.35 Análisis de escalamiento multidimensional (MDS). ZEPA: Zona Exclusiva de Pesca Artesanal, GT-CC: DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, EMBB: DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó. El valor de Stress indica que la gráfica es una representación de la matriz potencialmente útil para su interpretación.

4.4 ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE LAS ESPECIES MÁS ABUNDANTES

4.4.1 INTRODUCCIÓN

Los estudios en biología reproductiva suministran información relacionada con la estructura y distribución poblacional de las especies explotadas comercialmente, convirtiéndose en una herramienta fundamental para el manejo pesquero y la implementación de planes de gestión basados en la evidencia, así mismo en la formulación de programas de conservación y sostenibilidad de recursos (Anger, 2006; Sadovy *et al.*, 2008; Bindu, 2014; Khasanah *et al.*, 2019). Para el caso puntual de Colombia, existen estudios de biología reproductiva de varias especies de importancia comercial (Sánchez *et al.*, 1998; Arteaga *et al.*, 2004; Mozo *et al.*, 2006), pero en lo que concierne a recursos demersales, la información es limitada (Rueda *et al.*, 2014), por lo que el presente estudio aborda algunos aspectos reproductivos de las principales especies de peces y camarón de importancia comercial colectadas durante el crucero prospección pesquera realizado en el norte del Pacífico colombiano.

4.4.2 MÉTODOS ESPECÍFICOS

Se determinó por observación directa en campo el sexo y estado de madurez gonadal de las especies de peces óseos demersales y camarón de mayor interés comercial, con base a la escala propuesta por Holden y Raitt (1975) y García (2009) para peces y camarones, respectivamente. Se validó histológicamente las asignaciones visuales de 141 gónadas de peces (Figura 4-36). El análisis de la información se efectuó con estadística descriptiva mediante tabulaciones e histogramas de frecuencia para analizar la proporción de sexo y la distribución de madurez gonadal en los diferentes sectores muestreados. Se empleó la prueba de bondad de ajuste Chi-cuadrado (χ^2) para comparar y determinar si existen diferencias entre la proporción Hembra:Macho, bajo una proporción esperada 1:1 (Zar, 2010). El análisis para el grupo de peces se realizó teniendo en cuenta las validaciones microscópicas y para el grupo de crustáceos las observaciones macroscópicas. Las especies analizadas fueron el pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) y los camarones coliflor (*Solenocera agassizii*) y pink (*Penaeus brevirostris*). Se analizaron 141 placas que permitieron describir a nivel histológicos las diferentes fases reproductivas que se identificaron en las diferentes muestras (Anexo 5).

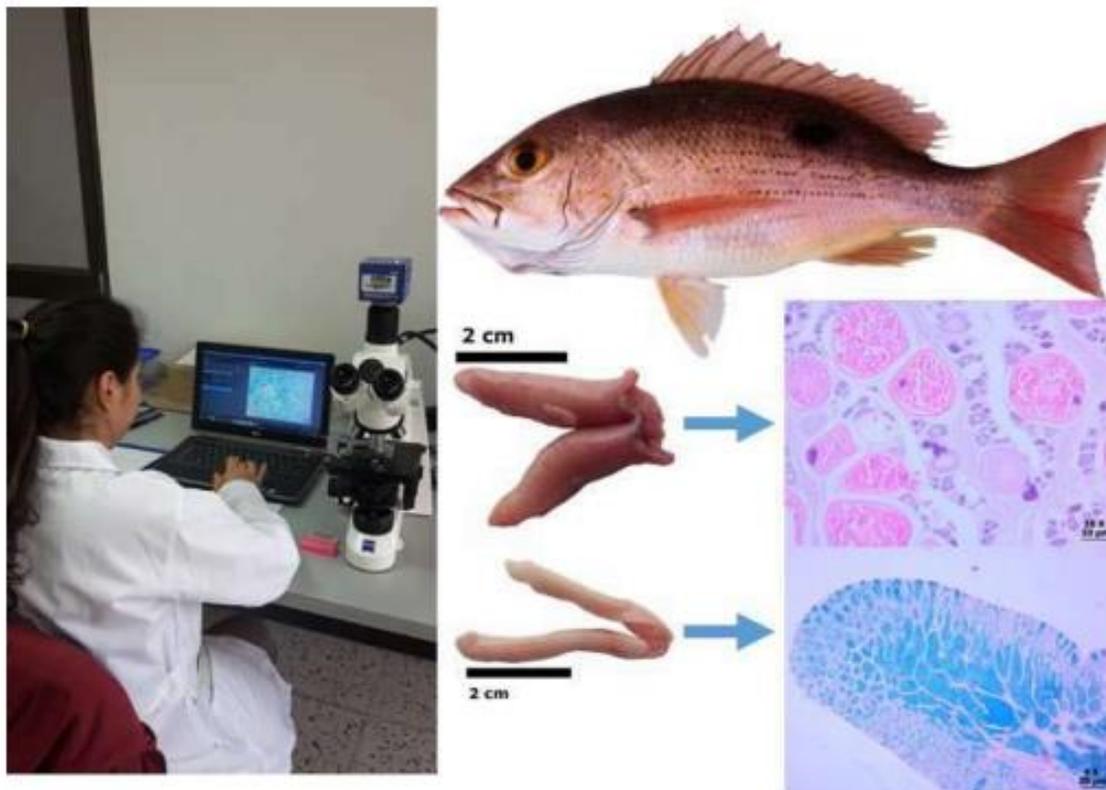


Figura 4-36. Análisis en el laboratorio del sexo y estado de madurez macro y microscópico a través de revisión de placas histológicas de las muestras de peces de peces demersales colectados durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se examinaron 112 individuos de peces óseos de importancia comercial capturados entre los sectores de la ZEPA (55,6%, n=62) y el DRMI EMBB (46,4%, n=50). De éstos, fue posible identificar el sexo y estado de madurez gonadal al 92,8%, donde las hembras estuvieron representadas en un 56,2% (n=63) y los machos en 36,6% (n= 41), el 7,14% (n=8) restante se clasificaron como indeterminados. En cuanto a la madurez, el 69% se encontraron es estado maduro (estado III, IV y V) y solo el 35% inmaduros (estado I y II) (Tabla 4.9).

Tabla 4.7. Sexo y estados de madurez macroscópico de peces demersales de importancia comercial capturados durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. H: Hembras; M: Machos; IND: Indeterminados, I: y II: Inmaduro; III: Madurando; IV: Maduro; V: Desove.

Familia	Especies	Sexo	Estados de madurez gonadal						Total general
			Estado I	Estado II	Estado III	Estado IV	Estado V	IND	
Carangidae	<i>Carangoides otrynter</i> (Pámpano)	H		2		6	2		10
		M				2	1		3
	<i>Caranx spp.</i> (Jurel)	H				1			1
Haemulidae	<i>Anisotremus caesius</i> (Curruco)	H			2	1			3
		M		5	1				6
	<i>Haemulopsis nitidus</i> (Curruca)	H				1			1
		M			1	1			2
	<i>Pomadasys panamensis</i> (Curruca)	H			1	3			4
		M		2	5	2			9
Lutjanidae	<i>Hoplopagrus guentherii</i> (Pargo roquero)	H				1			1
		M				1			1
	<i>Lutjanus argentiventris</i> (Pargo amarillo)	H				1			1
		M				2			2
	<i>Lutjanus colorado</i> (Pargo rojo)	H				1			1
		M					1		1
	<i>Lutjanus guttatus</i> (Pargo lunarejo)	H	8	6	2	14	2		32
		M		7	3	2			12
		IND						2	2
	<i>Lutjanus novemfasciatus</i> (Pargo muelón)	H					1		1
<i>Lutjanus peru</i> (Pargo rojo)	H	3						3	
	IND						6	6	
Ophidiidae	<i>Brotula clarkae</i> (Merluza)	M				1			1
Scieanidae	<i>Cynoscion phoxocephalus</i> (Corvina)	H				1			1
		M		1					1
Serranidae	<i>Epinephelus analogus</i> (Mero)	H				1			1
	<i>Epinephelus itajara</i> (Mero)	H			2		1		3
	<i>Hyporthodus niphobles</i> (Mero)	M					1		1
Stromateidae	<i>Peprilus medius</i> (Manteco)	M	1						1
Triglidae	<i>Prionotus horrens</i> (Pejerrey)	M					1		1
Total general			12	23	17	42	10	8	112

A nivel de especies, se destaca la familia Lutjanidae, siendo *Lutjanus guttatus* la más representativa con 46 individuos examinados, de los cuales el 69,5% (n=32) fueron hembras, 26,0% (n=12) machos y 4,3% (n=2) indeterminados. En cuanto a los estados de madurez, el porcentaje de individuos que se examinaron y resultaron inmaduros fue de 45,6% (n=21) y los maduros estuvieron representados en 50% (n=23) (Tabla 4.9).

En cuanto a camarones, se examinaron en campo 3.477 individuos de importancia comercial, de los cuales 1.348 se muestrearon en la ZEPA, 1.734 en el DRMI GTCC y 395 en el DRMI EMBB. Del total de ejemplares examinados, el 53% (n=1.780) fueron hembras y 47% (n=1.558) machos. El análisis de madurez, indicó que el 86% de los individuos analizados fueron juveniles (estado de madurez I y II) y solo el 14% eran adultos (estado de madurez III, IV y V).

El análisis por especies mostró a las familias Solenoceridae y Penaeidae como las más representativas, destacándose las especies *Solenocera agassizii* (camarón coliflor) y *Penaeus brevirostris* (camarón pink) con 2.135 y 953 individuos, respectivamente, especies que son importancia comercial y sustento económico de la pesquería de arrastre de camarón de aguas profundas en el Pacífico colombiano (Rodríguez *et al.*, 2012b, Rueda *et al.*, 2010; Rueda *et al.*, 2011). Su representatividad durante la prospección coincide con los picos de abundancia que se reportan para estas especies, siendo a mediados de año para *P. brevirostris* principalmente en junio y hacia finales del año con un pico en febrero para *S. agassizii* (García, 2009). En el camarón coliflor, el 53% (n= 1136) de los ejemplares eran hembras y el 47% (n=999) machos y, predominaron los estados inmaduros con un 84% (n=1791) y 16% (n=344) los individuos maduros. De igual forma, en el camarón pink predominaron las hembras con un 54% (n=515), mientras que los machos se vieron representados con un 46% (n=438). En cuanto a la madurez, se observó la misma tendencia descrita anteriormente, con mayor porcentaje de inmaduros 93% (n=888) y en menor proporción los individuos maduros 7% (n=65) (Tabla 4.8).

Tabla 4.8. Sexo y estados de madurez macroscópico de camarones de importancia comercial capturados durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. H: Hembra; M: Macho. IND: Indeterminados, I: y II: Inmaduro; III: Madurando; IV: Maduro; V: Desove.

Familia	Especies	Sexo	Estados de madurez gonadal					IND	Total general
			Estado I	Estado II	Estado III	Estado IV	Estado V		
Penaeidae	<i>Penaeus brevirostris</i> (Camarón pink)	H	271	181	32	28	3		515
		M	82	354	1	1			438
	<i>Penaeus californiensis</i> (Camarón chocolate)	H	9	5	3	3			20
		M	4	16					20
	<i>Penaeus occidentalis</i> (Camarón blanco)	H	9	18	19	17	2		65
		M	2	65					67
	<i>Protrachypene precipua</i> (Pomadilla)	H	11	14	9	2			36
		M	6	22					28
	<i>Trachypenaeus spp.</i> (Camarón tigre)	H			3	3			6

	<i>Xiphopenaeus riveti</i> (Camarón titi)	H	10	9	13	19		51
		M	24	72				96
Solenoceridae	<i>Solenocera agassizii</i> (Camarón coliflor)	H	612	182	207	130	5	1136
		M	311	686	2			999
Total general			1351	1624	289	203	10	3477

4.4.3.1 Zona Exclusiva de Pesca Artesanal – ZEPA

4.4.3.1.1 Peces demersales

Se determinó en la ZEPA el sexo a 62 individuos de los cuales el 46,7% (n=29) fueron hembras, el 40,3% (n=25) machos y un 12,9% (n=8) indeterminados (Figura 4-37). Del total de peces demersales analizados en el sector, solo 6 corresponden a la especie *L. guttatus*, cuatro hembras y dos individuos indeterminados. La madurez corresponde a una hembra en estado I y tres en estado de madurez avanzado (estado IV). Debido a la baja representatividad del pargo lunarejo en la ZEPA, se presentará un análisis general de los peces demersales analizados en este sector. En el análisis por zonas de pesca, evidenció mayor cantidad de individuos maduros en la mayoría de estas zonas, sin embargo, se destaca a Cabo Marzo, con la mayor representatividad de individuos analizados (44%, n=24), de éstos el 38% (n=9) eran juveniles y el 62% (n=15) adultos. Para el Faro del Huina se presentó un solo individuo en estado de desove (Figura 4-38).

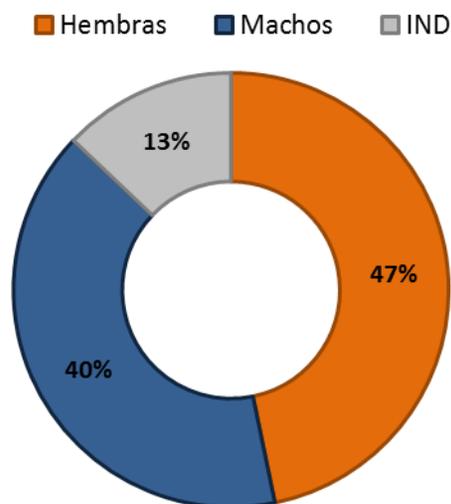


Figura 4-37. Proporción de sexo de peces demersales de importancia comercial capturados en la ZEPA durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

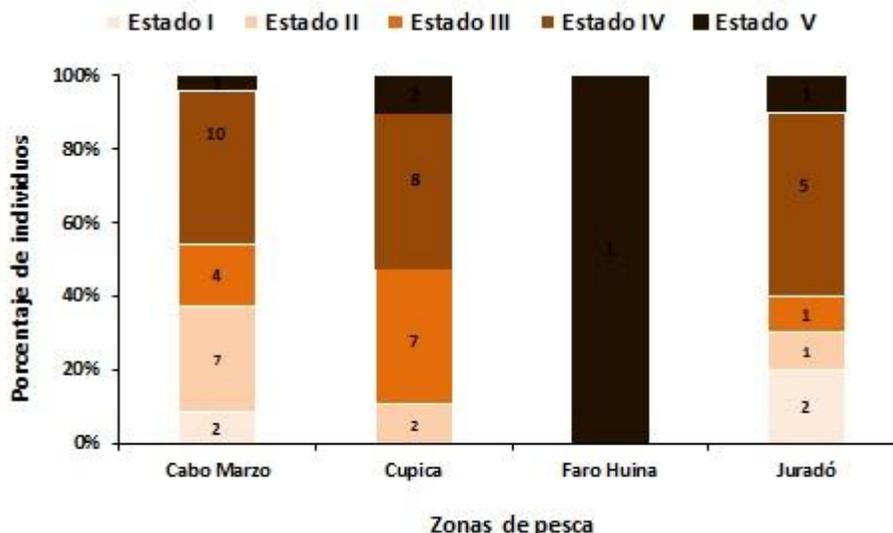
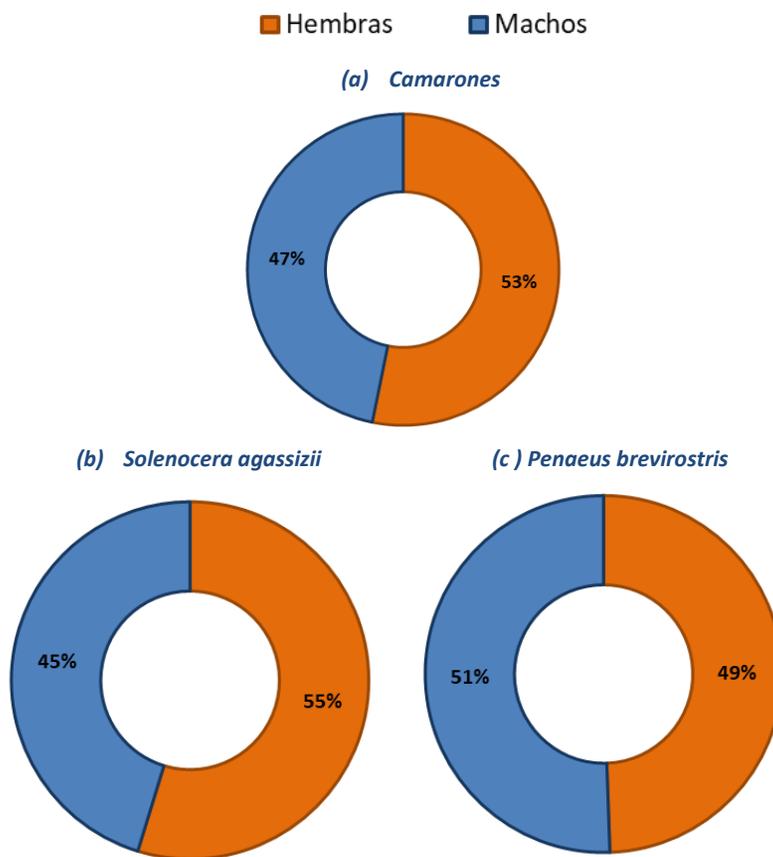


Figura 4-38. Porcentaje de peces demersales de importancia comercial por estadios de madurez y zonas de pesca en la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.4.3.1.2 Camarones

Se identificó el sexo a 1.348 camarones de importancia comercial, de los cuales el 53% fueron hembras y el 47% machos. A nivel de especies, el análisis para *S. agassizii* indicó mayor porcentaje de hembras 55% (n=521) que de machos 45% (n=431), dando una proporción observada de hembras: machos de 1,2: 1, la cual es diferente estadísticamente a la esperada 1:1. ($\chi^2= 8,50$; $p < 0,05$). Caso contrario se presentó con *P. brevirstris*, donde los machos fueron los más representativos con el 51% (n=180) y las hembras con 49% (n=176), dando una proporción de H:M de 0,97:1, la cual no fue significativa ($\chi^2= 0,044$; $p > 0,05$) (Figura 4-39).

El análisis por talla para el camarón coliflor registró las mayores frecuencias de individuos analizados a los 9 cm de longitud total, tanto en hembras como en machos, representado en su mayoría por individuos juveniles, sin embargo, se destaca en el caso de las hembras, individuos maduros (estado IV) a partir de 9,2 cm LT y hembras en desove (estado V) a los 11,0 cm. Esta composición nos indica que cerca del 81% de los individuos analizados se encontraron por debajo de la talla de madurez (L50%) reportada para la especie por Rodríguez *et al.* (2012) en 11,6 cm (Figura 4-40a). Para el caso del camarón pink, se observó mayor representatividad en las hembras a los 12 cm, mientras que en los machos se presenta a los 10 cm. La madurez estuvo dada en su mayoría por individuos inmaduros, estando en el caso de las hembras el 92% de los individuos analizados por debajo de L50% (13,6 cm LT) reportada por Giron *et al.* (2016) (Figura 4-40b).



*Figura 4-39. Proporción de sexo (a) camarones de importancia comercial, (b) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) y (c) camarón pink (*Penaeus brevirostris*) capturados en la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.*

El análisis de la madurez por zonas mostró para el camarón coliflor predominancia de individuos juveniles casi del 87% en todos los sitios muestreados en la ZEPA, siendo La Palera, Faro de Huina y Nabugá los más representativos, aunque se destaca que solo en La Palera y Faro de Huina se presentaron camarones en desove (Figura 4-41a). En cuanto al camarón pink, la mayor cantidad de individuos analizados se reportaron hacia el norte de la ZEPA (Cupica y Juradó), con predominancia cerca del 80% de individuos inmaduros (Figura 4-41b). La distribución espacial de la madurez para el camarón coliflor mostró mayor predominancia de individuos inmaduros hacia las estaciones ubicadas afuera de la ZEPA, correspondiendo a zonas de altas profundidades, las cuales son de preferencia de esta especie. Por su parte el camarón pink, solo se presentó en seis estaciones, ubicadas dentro de la ZEPA y dentro de las cuales dominaron los individuos inmaduros (Figura 4-42).

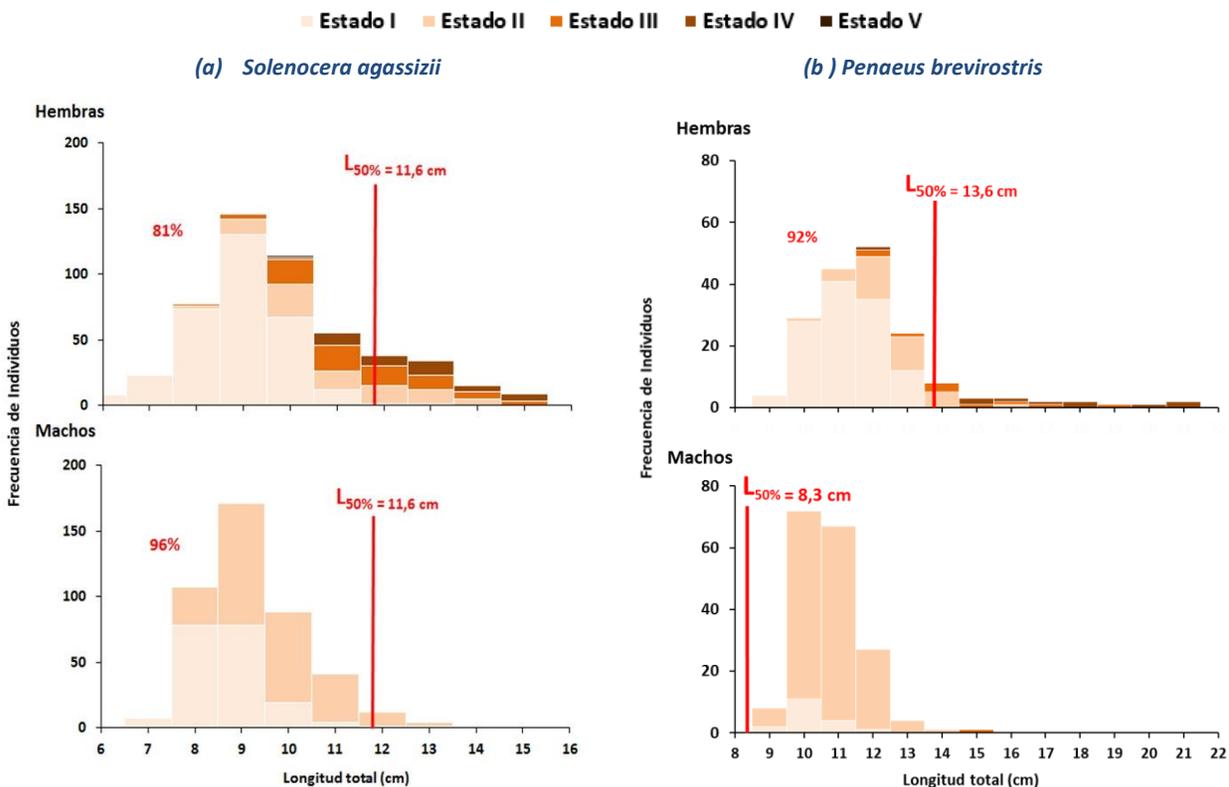


Figura 4-40. Histograma de frecuencias de tallas de (a) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) y (b) camarón pink (*Penaeus brevisrostris*) capturados en la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. La talla de madurez ($L_{50\%}$) indicada fue estimada por Rodríguez et al. (2012) para *Solenocera agassizii* y Giron et al. (2016) para *Penaeus brevisrostris*.

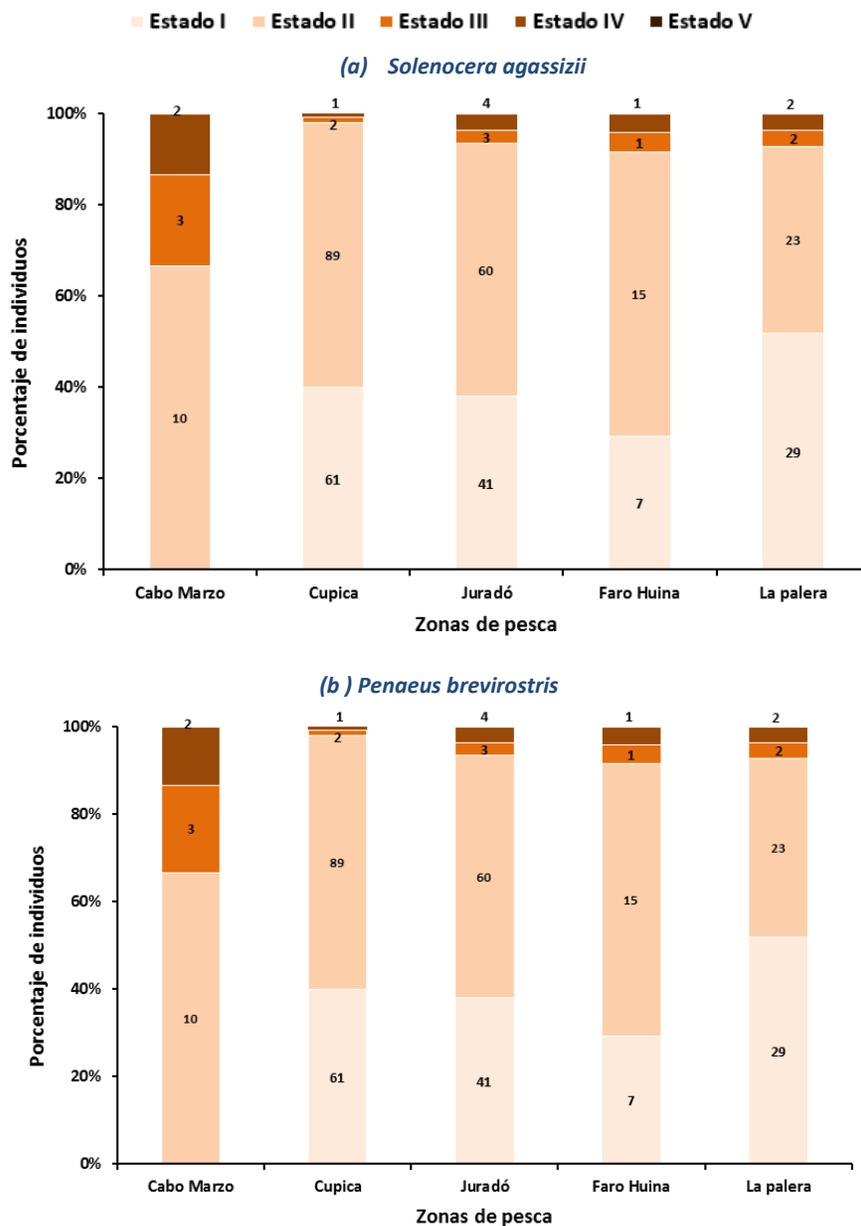


Figura 4-41. Porcentaje de (a) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) y (b) camarón pink (*Penaeus brevirostris*) por estadios de madurez y zona de pesca en la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

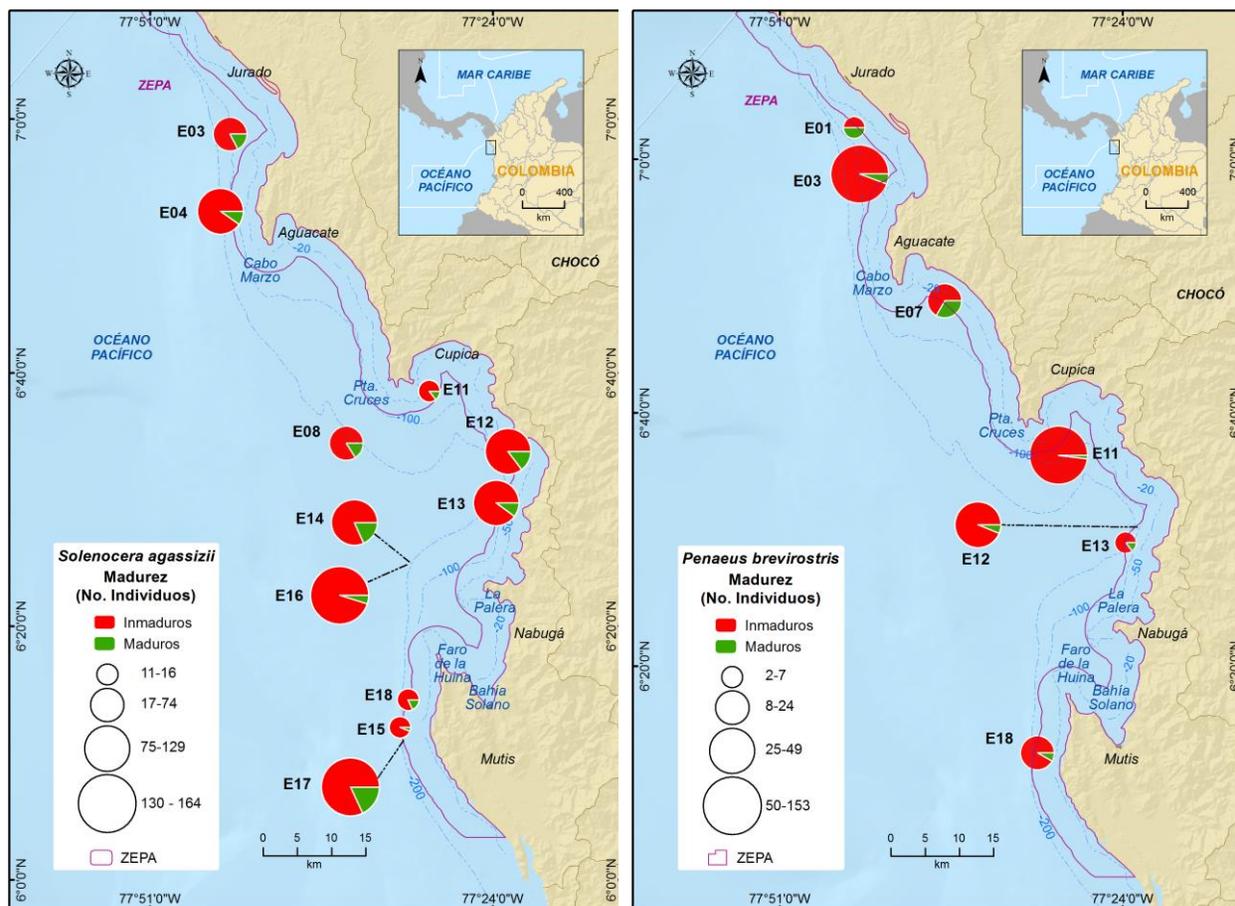


Figura 4-42. Distribución espacial de la madurez en número de individuos de (a) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) y (b) camarón pink (*Penaeus brevisrostris*) capturados en la ZEPA, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.4.3.2 DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes – DRMI GTCC

4.4.3.2.1 Camarones

Se determinó el sexo y madurez gonadal a 1.734 individuos, con dominancia de hembras en 53% (n= 927) y de machos con 47% (n= 807). Para el camarón coliflor se encontró una proporción de sexos de 52% (n=589) hembras y 48% (n=549) machos, sin embargo, la relación hembras: machos de 1:0,93 no fue significativamente diferente a la proporción esperada ($\chi^2 = 1,40$, $p > 0,05$). Así mismo para el camarón pink las hembras representaron el 57% (n=338) y los machos el 43% (n=259) del total analizado. El análisis comparativo mostró diferencias significativas de una proporción balanceada de 1:1 ($\chi^2 = 10,45$, $p < 0,05$). (Figura 4-43).

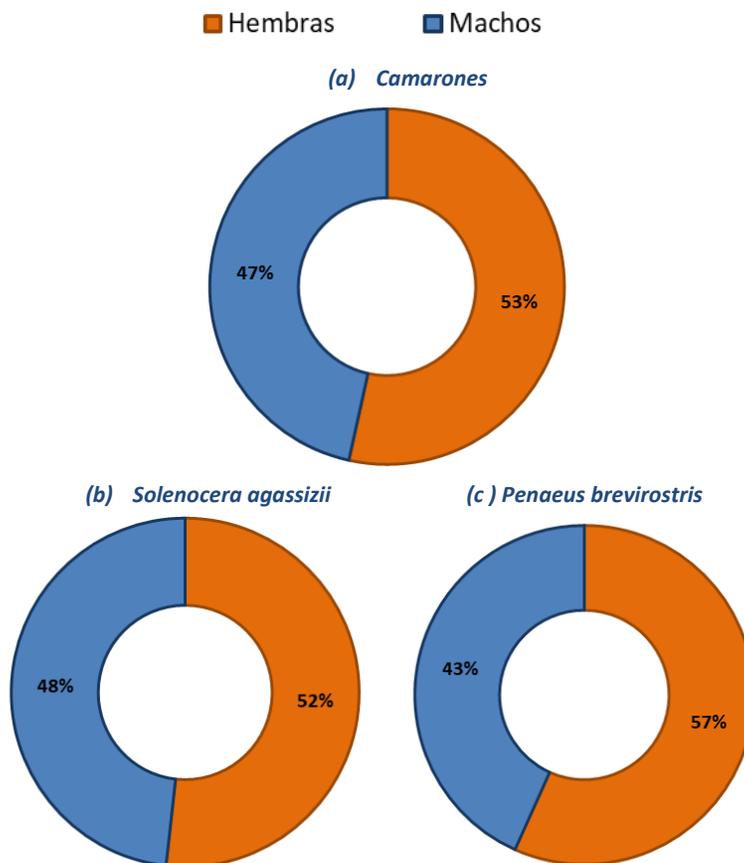


Figura 4-43. Proporción de sexo (a) camarones de importancia comercial, (b) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) y (c) camarón pink (*Penaeus brevisrostris*) capturados en el DRMI GTCC, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

El análisis por tallas, evidenció que la mayor cantidad de individuos analizados se encontraron en estado inmaduro para ambas especies. Específicamente, para el camarón coliflor, se obtuvieron individuos desde 5 cm de longitud total y las mayores frecuencias se registraron a 10 cm en las hembras y a los 9 cm en los machos. Es importante destacar que los individuos maduros solo se presentaron en las hembras y a partir de 8 cm (Figura 4-44a). Por su parte, en el camarón pink, las mayores frecuencias de hembras se reportaron a los 12 cm y en los machos a 10 cm. La hembra madura de menor tamaño se registró a los 11 cm y el macho a los 11 cm (Figura 4-44b).

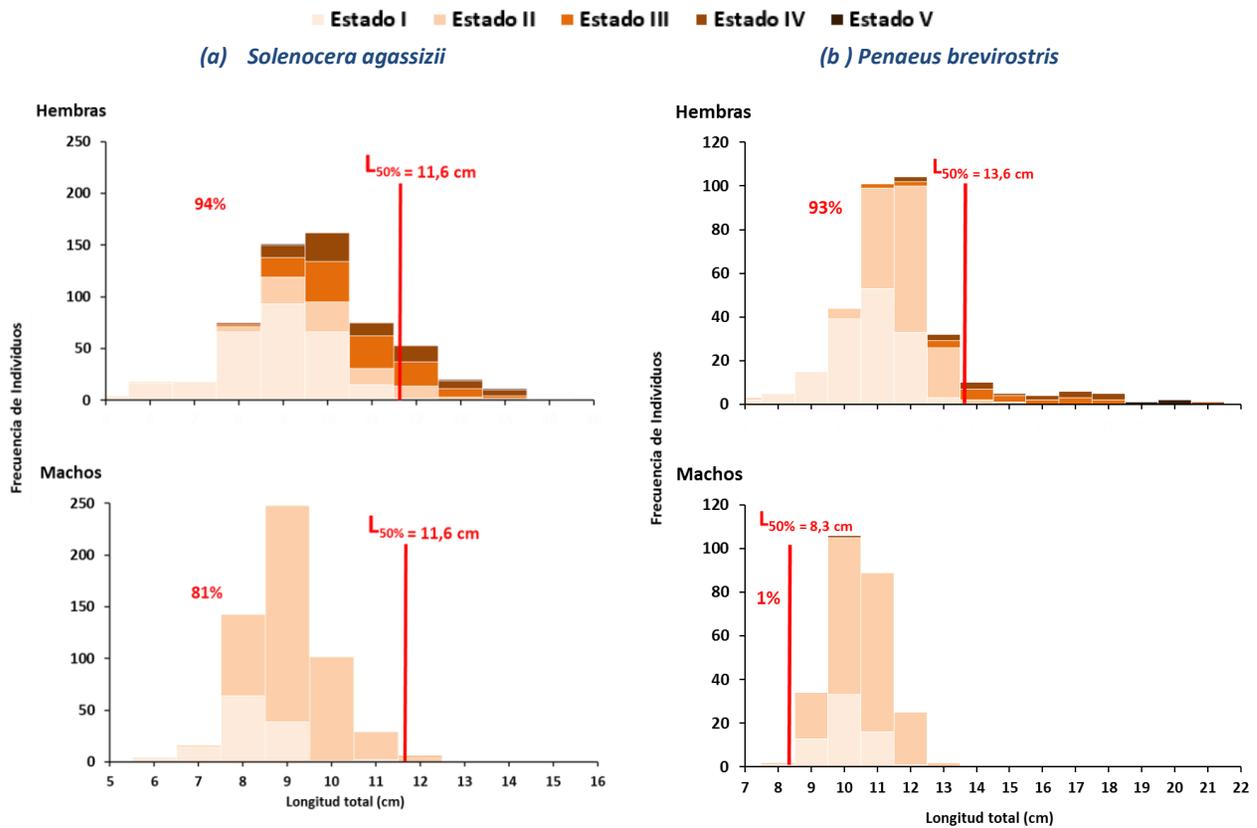


Figura 4-44. Histograma de frecuencias de tallas de (a) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) y (b) camarón pink (*Penaeus brevirostris*) capturados en el DRMI GTCC, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. La talla de madurez (L50%) indicada fue estimada por Rodríguez et al. (2012) para *Solenocera agassizii* y Giron et al. (2016) para *Penaeus brevirostris*.

En cuanto a la composición de la madurez gonadal por zonas de pesca, para el camarón coliflor, evidenciamos mayor representación de individuos juveniles en todas las zonas en el DRMI GTCC. Cabe resaltar que en todas las zonas se encontraron camarones maduros, pero solo en La Roñosa y Jurubirá (Morro Mico) se presentaron camarones en desove (Figura 4-45a). Respecto al camarón pink se presentó una distribución de madurez similar a la descrita para el camarón coliflor, evidenciando que cerca del 90% de los individuos analizados eran inmaduros, aunque en todas las estaciones de muestreo se presentaron individuos maduros, destacándose que los únicos camarones en desove se encontraron en Morro Mico (Figura 4-45b).

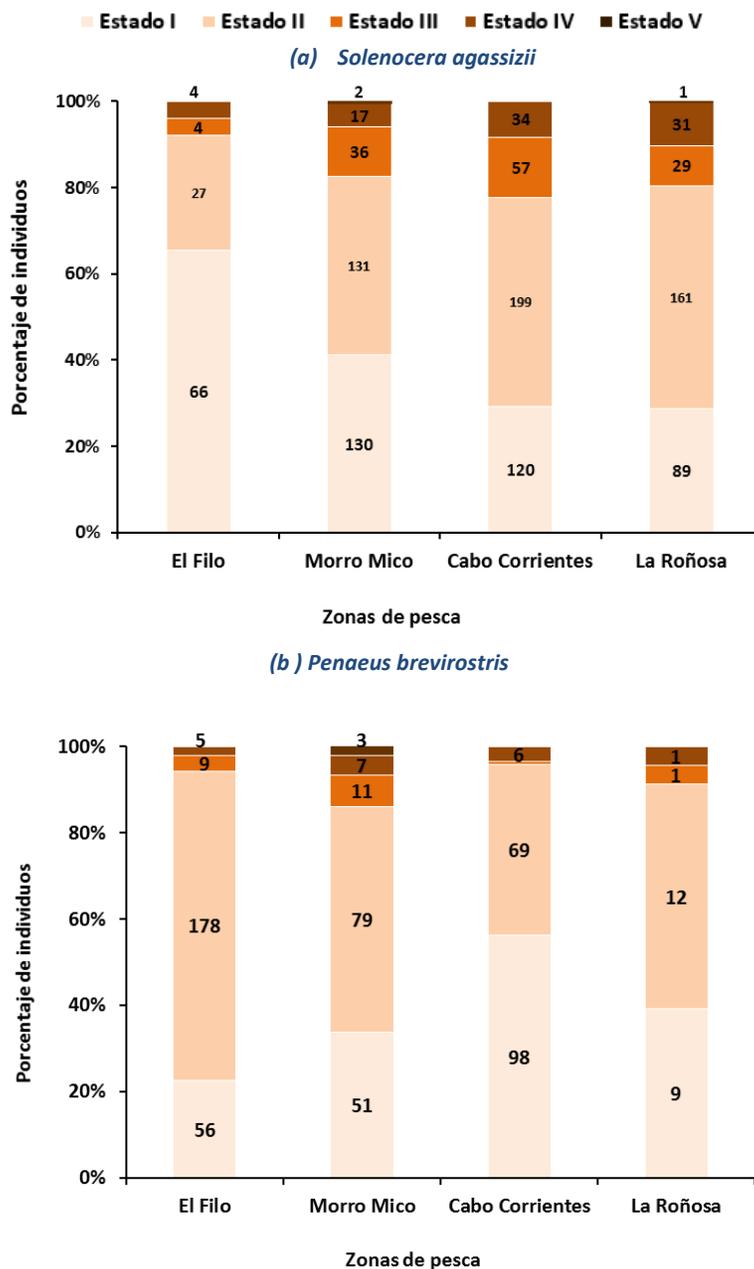


Figura 4-45. Porcentaje de (a) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) y (b) camarón pink (*Penaeus brevirostris*) por estadios de madurez y zona de pesca en el DRMI GTCC, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

El análisis de la distribución espacial de la madurez para el camarón coliflor, confirmó lo descrito anteriormente, localizando alta representatividad de camarones juveniles, sin embargo, las mayores cantidades de éstos (<129 >138 individuos) se presentaron en las estaciones ubicadas fuera y al sur del

DRMI GTCC (Figura 4-46a). Por su parte, en el camarón pink se cuantificaron las mayores cantidades de individuos inmaduros hacia las estaciones ubicadas dentro al DRMI GTCC (Figura 4-46b).

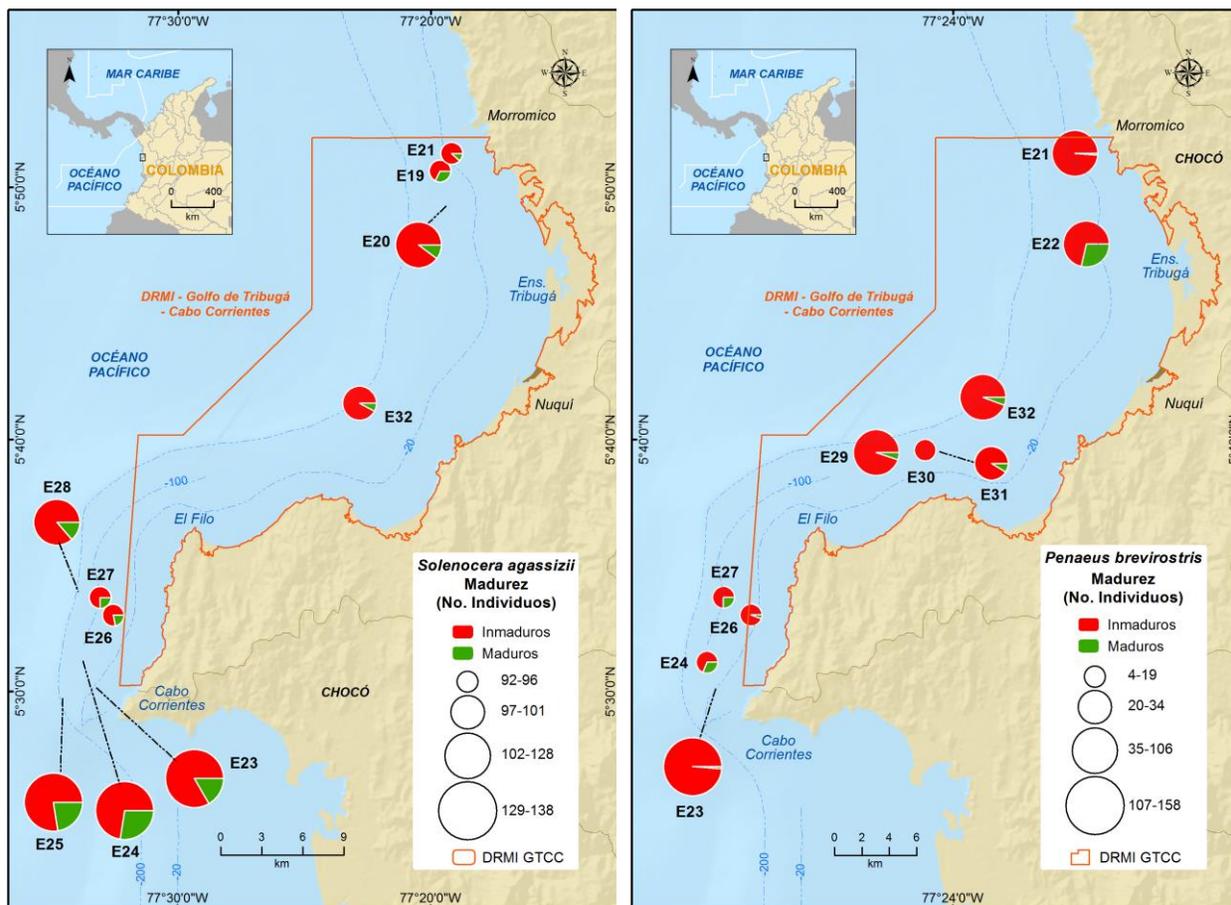


Figura 4-46. Distribución espacial de la madurez en número de individuos de (a) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) y (b) camarón pink (*Penaeus brevirostris*) capturados en el DRMI GTCC, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano

4.4.3.3 DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó – DRMI EMBB

4.4.3.3.1 Peces demersales

La proporción de sexos obtenida en el DRMI EMBB para peces demersales fue de 68% (n=34) en las hembras y 32% (n=16) en machos (Figura 4-47a). De estos el 40 % (n=21) fueron individuos juveniles y 60% (n=31) individuos de avanzado estado de madurez. A nivel de especie, se destacó a *L. guttatus* con el 70% (n=28) de los individuos analizados en hembras y el 30% (n=12) machos, presentando diferencias significativas entre los sexos ($\chi^2 = 6,4$; $p < 0,05$) (Figura 4-47b).

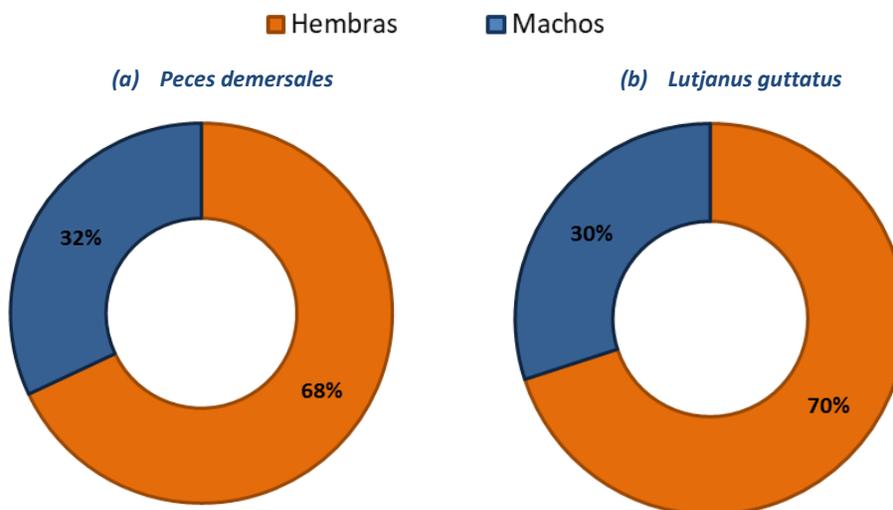
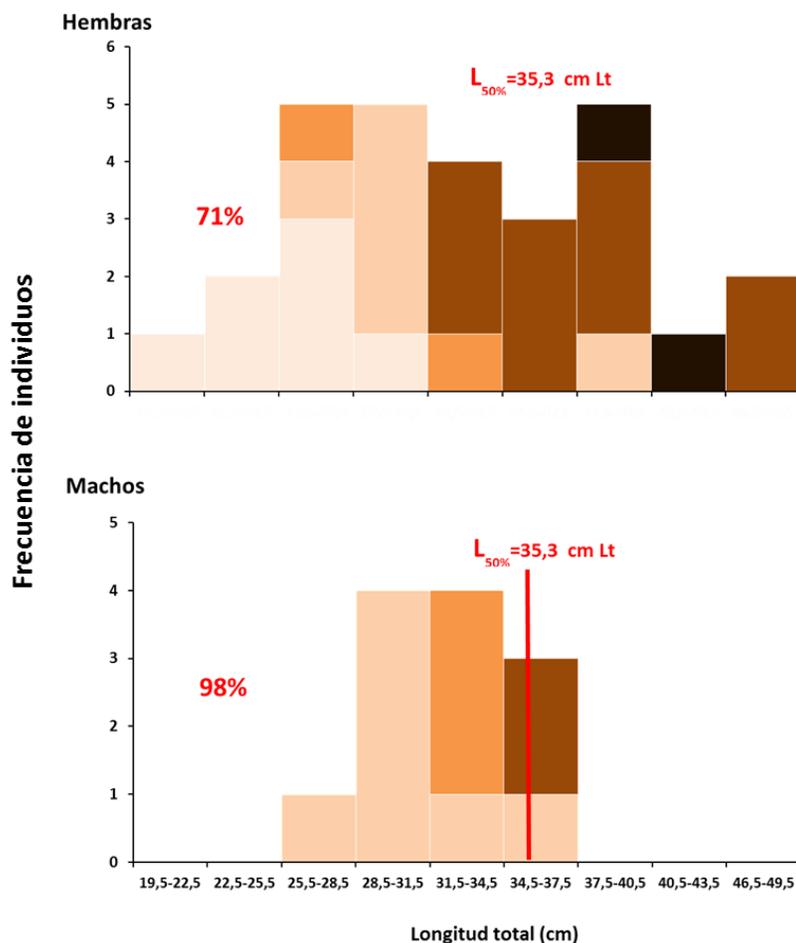


Figura 4-47. Proporción de sexo de (a) peces demersales de importancia comercial y de (b) Pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) capturados en el DRMI EMBB, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

La distribución por tallas mostró un amplio espectro para las hembras de *L. guttatus*, registrándose individuos desde 19,5 cm de longitud total (Figura 4-48). Se destacan hembras maduras desde los 25,5 cm, pero las mayores frecuencias de individuos adultos se observaron a partir de los 32 cm. Las hembras en desove se registraron en tallas desde los 37 cm (Figura 4-48a). Por su parte, los machos se registraron a partir de los 25,5 cm, y los individuos maduros se registraron en tallas cercanas a la talla de madurez sexual de 35,3 cm reportada para esta especie (Polo *et al.*, 2014) (Figura 4-48b).



*Figura 4-48. Histograma de frecuencias de tallas del pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) capturados en el DRMI EMBB, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. La talla de madurez ($L_{50\%}$) indicada fue estimada por Polo et al. (2014) para *Lutjanus guttatus*.*

El análisis por zona de pesca, indicó dominancia de pargos lunarejos maduros, sin embargo, se destaca a Sivrú por presentar individuos en todos los estados de madurez. Complementando este análisis con la distribución espacial de la madurez, se podría inferir que hacia el sur del DRMI EMBB se podría estar presentando una zona de desove, dada las características de la zona (Figura 4-49 y Figura 4-50).

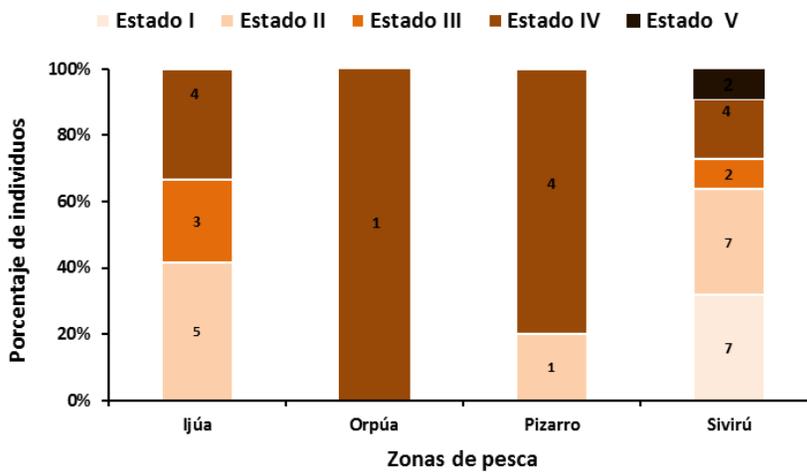


Figura 4-49. Porcentaje de peces demersales de importancia comercial por estadios de madurez y zona de pesca capturados en el DRMI EMBB, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

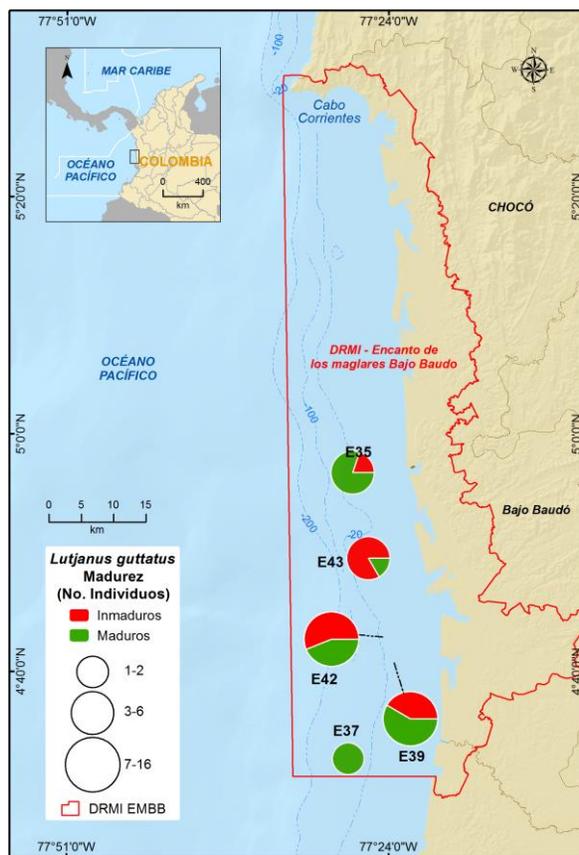


Figura 4-50. Distribución espacial de la madurez en número de individuos del pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) capturados en el DRMI GTCC, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.4.3.3.2 Camarones

Se determinó el sexo en campo a 395 camarones, el 47% (n=185) fueron hembras y 53% (n=210) machos. De éstos solo se examinaron 45 individuos de la especie *S. agassizii*, siendo el 58% (n= 26) hembras y el 42% (n=19) machos, y no se encontraron diferencias significativas entre sexos ($\chi^2 = 1,088$; $p > 0,05$) (Figura 4-51). En cuanto a *P. brevisrostris*, solo se obtuvo un solo individuo hembra en Pizarro en estado inmaduro.

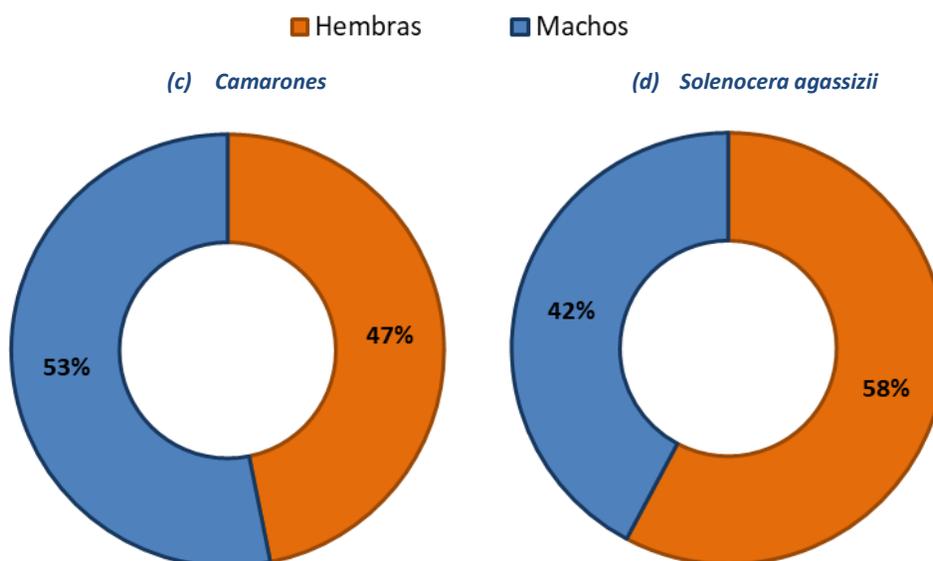


Figura 4-51. Proporción de sexo (a) camarones de importancia comercial, (b) camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) capturados en el DRMI EMBB, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

La composición de los estados de madurez por tallas en el camarón coliflor, presento una diferencia entre sexos, dado que en las hembras el espectro de talla fue más amplio que en los machos y se presentaron hembras maduras a partir de los 9 cm de longitud total, a diferencia de los machos donde solo se reportaron individuos juveniles y a partir de los 7,5 cm (Figura 4-52). Al comparar estas composiciones con la talla de madurez reportada para la especie, evidenciamos que más del 90% de los individuos analizados se encontraron por debajo de esta medida (Figura 4-52).

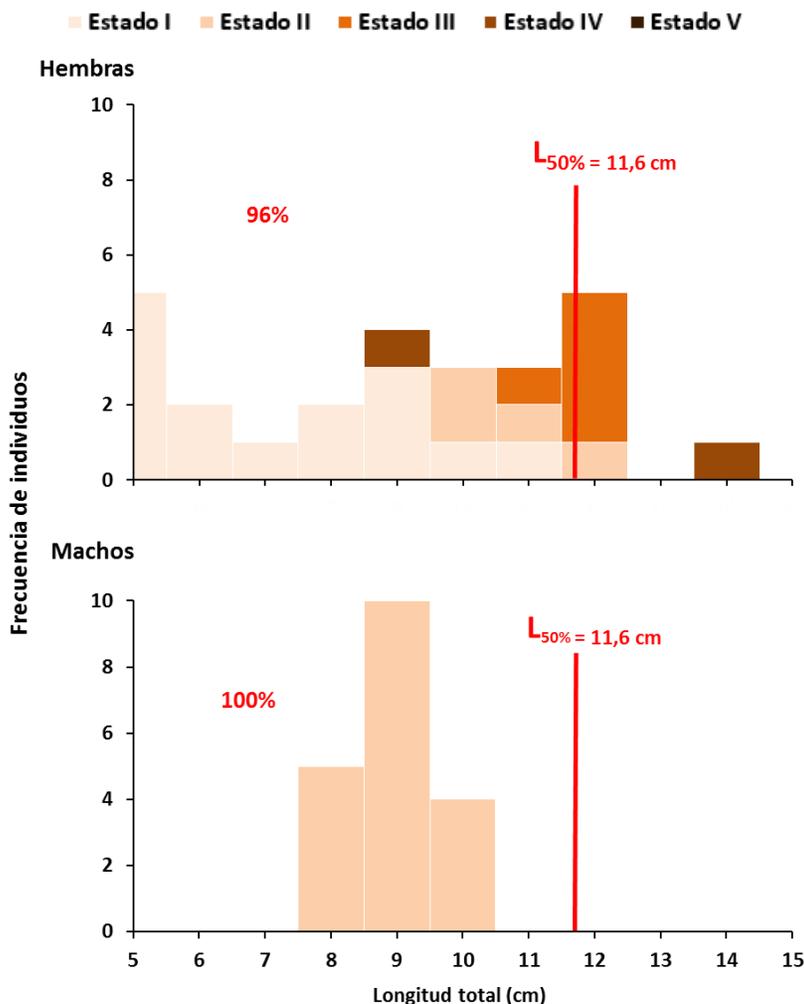


Figura 4-52. Histograma de frecuencias de tallas de camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) capturados en el DRMI EMBB, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. La talla de madurez ($L_{50\%}$) indicada fue estimada por Rodríguez et al. (2012) para *Solenocera agassizii*.

Lo que concierne a la distribución de madurez por zona de pesca, mostró para *Solenocera agassizii* predominancia de individuos inmaduros en un 80% y maduros del 20%, presentándose en todos los sitios de pesca, exceptuando Pizarro, donde solo se encontraron cinco ejemplares en estado inmaduro (Figura 4-53). Cabe resaltar que la zona de Orpúa no fue representativa al haber obtenido solo 2 camarones dentro de ésta. La distribución espacial mostró la mayor cantidad de camarón coliflor juveniles hacia zonas fuera al DRMI EMBB (Figura 4-54).

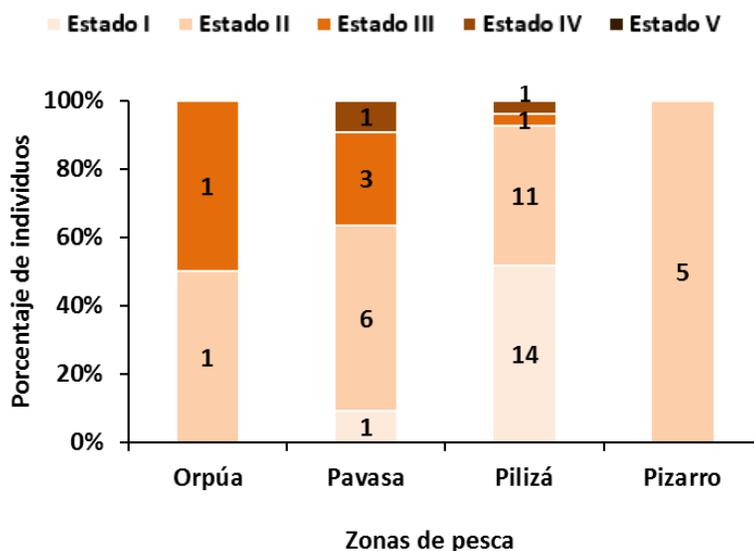


Figura 4-53. Porcentaje de camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) por estadios de madurez y zona de pesca capturados en el DRMI EMBB durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

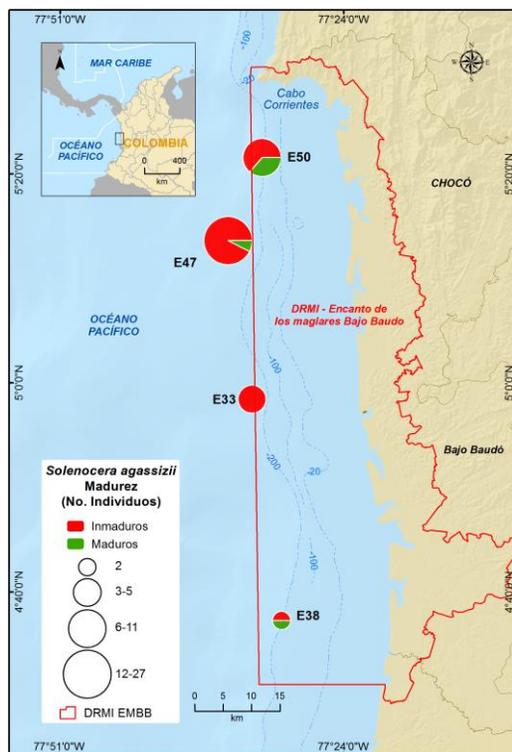


Figura 4-54. Distribución espacial de la madurez en número de individuos de camarón coliflor (*Solenocera agassizii*) capturados en el DRMI EMBB, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.5 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ABUNDANCIA RELATIVA Y ESTRUCTURA DE TALLAS DE LAS ESPECIES MÁS ABUNDANTES

4.5.1 INTRODUCCIÓN

El análisis de la distribución espacial de los recursos marinos es un aspecto relevante para el diseño de estrategias de manejo pesquero (Block y Brennan, 1993; Thurow, 1997; Perry *et al.*, 1999; D'Elia *et al.*, 2009). Una forma de llevar a cabo estimaciones confiables de abundancia relativa y la biomasa, además de conocer los patrones de distribución espacial de los recursos, consiste en cruceros de prospección directa (independientes de la pesquería), los cuales brindan un cubrimiento amplio de un área dada y en un corto plazo. Se presenta un análisis de la distribución espacial de la abundancia relativa y estructura de tallas, así como estimaciones de biomasa de las principales especies colectadas en la ZEPA y los DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes y Encanto de los Manglares del Bajo Baudó en el Pacífico colombiano.

4.5.2 MÉTODOS ESPECÍFICOS

Se emplearon técnicas geoestadísticas (Rivoirard *et al.*, 2000), para determinar la distribución espacial de la abundancia relativa (captura por unidad de área en kg/km²) de las especies más abundantes de recursos demersales, mediante el lenguaje R y la librería "geoR" (Ribeiro y Diggle, 2016). El análisis espacial consistió en la determinación de variogramas experimentales definidos como la diferencia cuadrática media de dos puntos separados por una distancia h :

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

donde $\hat{\gamma}(h)$ es el variograma en función de la distancia (h , medida en km); N es el número de pares de datos separados por h ; $Z(x_i)$ es el valor de la variable en la muestra (x_i); $Z(x_i + h)$, es el valor de la variable separada por x_i y h . La abundancia relativa fue cartografiada mediante un sistema de información geográfica -SIG-. La biomasa efectiva (B_i) de las principales especies demersales se estimó como el producto entre la densidad media $Z_i(x,y)$ obtenida por kriging y el área efectiva barrida (A_e):

$$B_i = Z_i(x,y) * A_e$$

A partir de la información hidroacústica colectada en el crucero de recursos demersales, se realizó el post-procesamiento de las detecciones acústicas en ecogramas mediante el software Echoview (Myriax, 2015), con base en intervalos de muestreo (UBM: unidades básicas de muestreo) de 1 mn y capas de 50 m de profundidad (Parsons *et al.*, 2013). Para la identificación de señales acústicas se estableció un umbral de

detección acorde a la naturaleza de los blancos objetivos, eliminándose los ecos visualizados en la región superficial o campo cercano del transductor (hasta los 5 m), los cuales son fuente de ruido causados por efecto de turbulencia o burbujas (Sato *et al.*, 2015). Además, se eliminaron aquellos ecos en el ecograma atribuidos a otras fuentes de retrodispersión acústica tales como ruido ambiental o electrónico, burbujas de aire, entre otros (Simmonds y MacLennan, 1992; Simmonds y MacLennan, 2005). Una vez depurados todos los ecogramas, se realizó la eointegración de los ecos asociados a peces para determinar la densidad acústica o NASC (coeficiente de retrodispersión por unidad de área o Nautical Area-Scattering Coefficient) (Simmonds y MacLennan, 2005). El NASC se define como la cantidad energía devuelta por un blanco acústico por unidad de área, equivalente a una medida de abundancia relativa expresada en m^2/mn^2 (MacLennan y MacKenzie; 1988; Castillo *et al.*, 2009). La distribución espacial de la densidad acústica fue representada mediante un perfil de contornos respecto a la latitud y profundidad de muestreo.

El análisis de la estructura de tallas de las especies de camarones y peces comerciales más abundantes fue realizado mediante histogramas de frecuencia y un análisis de varianza (ANOVA) para comparar la talla media de captura respecto a los sectores de muestreo ZEPA, DRMI GTCC y DRMI EMBB.

4.5.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.5.3.1 Abundancia relativa y estructura de tallas

El análisis de la distribución espacial de la abundancia relativa en términos de la captura por unidad de área incluyendo a todos los grupos capturados (peces, crustáceos, moluscos, entre otros), mostró que los caladeros con las mayores concentraciones del recurso ($> 2.000 < 4.115 \text{ kg/km}^2$) fueron Juradó, Cupica, Nabugá y Faro del Huina en la ZEPA, destacando los parches de mayor extensión fuera del límite de esta zona a profundidad entre 150 y 200 m (Figura 4-55a). En el DRMI GTCC, los caladeros con mayor concentración de la abundancia relativa fueron principalmente Jurubirá (Morro Mico) en 50 m de profundidad y Cabo Corrientes entre 100 y 200 m, mientras que en el DRMI EMBB entre Pilizá y Pizarro y frente a Orpúa, en ambos casos a profundidades por debajo de los 50 m (Figura 4-55a). El grupo de peces demersales ocupó la mayor proporción de la captura, por lo que su distribución espacial presentó los mismos patrones y caladeros de concentración descritos anteriormente para la captura total (Figura 4-55b).

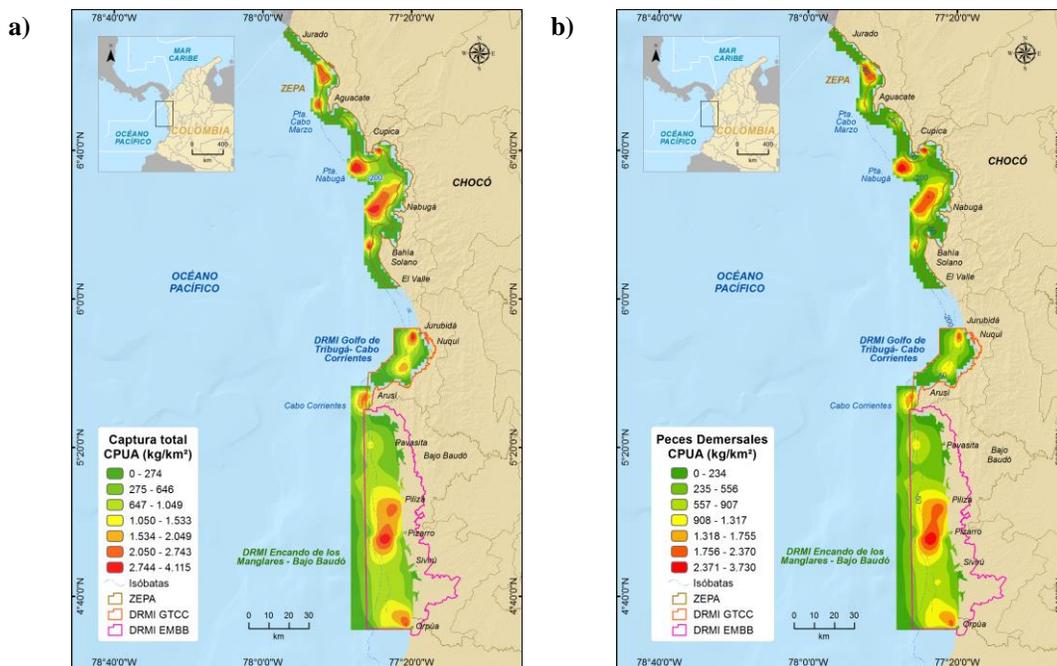


Figura 4-55 Distribución espacial de la abundancia relativa (kg/km^2) de la captura total (a) y peces demersales (b), durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

El análisis espacial de las especies más abundantes mostró que los caladeros de mayor concentración de la abundancia relativa ($> 450 < 1.077 \text{ kg}/\text{km}^2$) del camarón de aguas profundas (coliflor y pink) fueron Cabo Marzo, Cupica, Nabugá y Faro del Huina principalmente fuera de la ZEPa, mientras que en el DRMI GTCC el parche de mayor abundancia se localizó en Jurubirá (Morro Mico) (Figura 4-56a). Por el contrario el camarón de aguas someras (blanco y tití) solo se registró en el DRMI EMBB, con mayores concentraciones ($> 80 < 240 \text{ kg}/\text{km}^2$) en frente de Pilizá y Orpúa, en áreas muy cercanas a la costa entre 7 y 13 m de profundidad (Figura 4-56b).

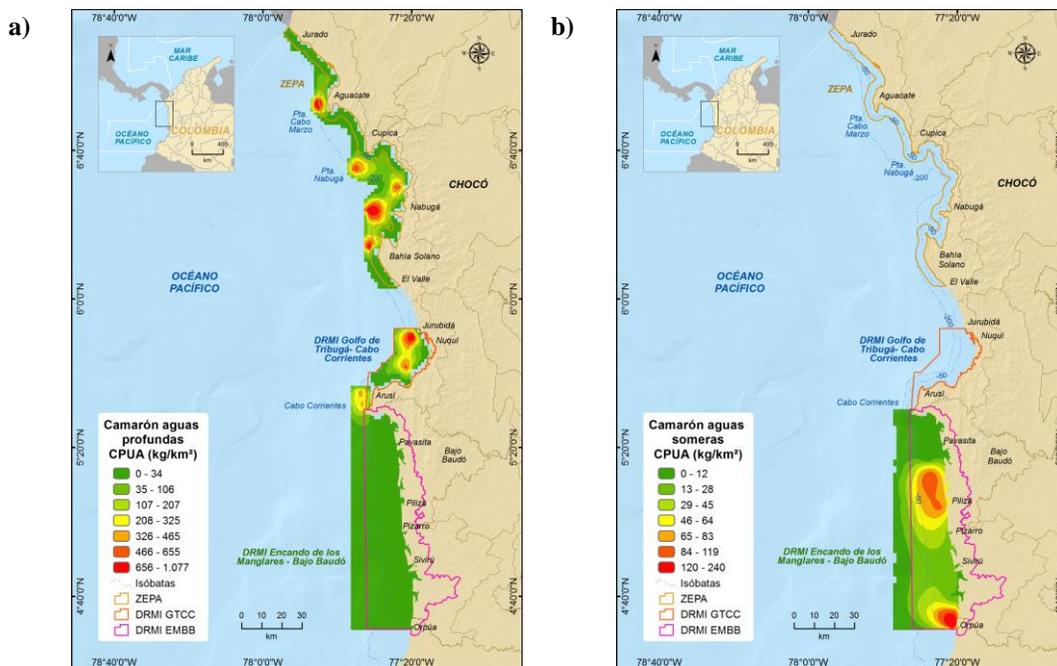


Figura 4-56 Distribución espacial de la abundancia relativa (kg/km^2) del camarón de aguas profundas (a) y camarón de aguas someras (b), durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

Otros recursos como la peladilla (*Cynoscion* sp.) presentó las mayores abundancias ($> 300 < 1.143 \text{ kg}/\text{km}^2$) en Cupica fuera de la ZEPA y Jurubirá (Morro Mico) en el DRMI GTCC (Figura 4-57a). Por su parte, el toyo *Mustelus* sp., fue una especie con focos de mayor concentración ($> 190 < 561 \text{ kg}/\text{km}^2$) tanto en el DRMI GTCC como en el DRMI EMBB (Figura 4-57b), mientras que en el espejuelo *Selene peruviana* se localizó en mayor abundancia ($> 95 < 232 \text{ kg}/\text{km}^2$) principalmente en Juradó al interior de la ZEPA, y entre Sivirú y Orpúa en el DRMI EMBB (Figura 4-57c).

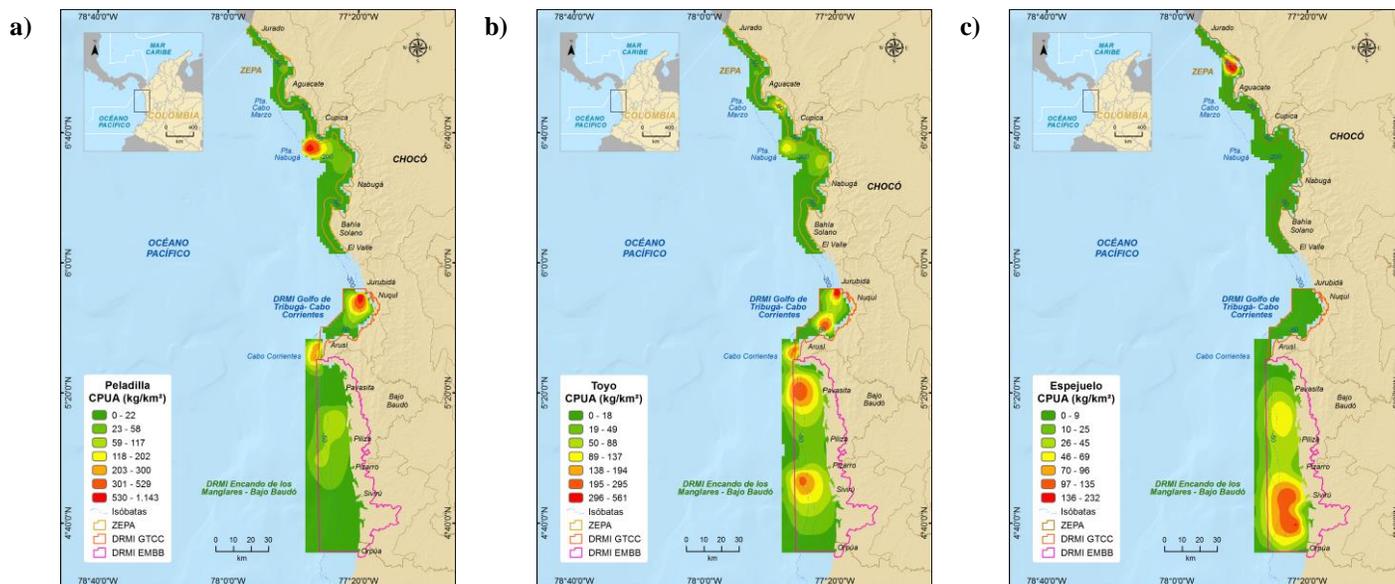


Figura 4-57 Distribución espacial de la abundancia relativa (kg/km^2) de la peladilla *Cynoscion* sp. (a), el toyo *Mustelus* sp. (b) y el espejuelo *Selene peruviana*, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

Respecto a la densidad acústica de peces, las mayores concentraciones se localizaron entre 125 y 230 m de profundidad, destacando a la ZEPA como el sector con mayor representación de la densidad acústica ($>18.000 \text{ m}^2/\text{mn}^2$) (Figura 4-58). También destaca que los DRMI GTCC y EMBB, presentaron concentración de peces en aguas de menor profundidad, entre 7 y 100 m, aunque con valores intermedios de la densidad acústica ($\sim 12.000 \text{ m}^2/\text{mn}^2$) (Figura 4-58).

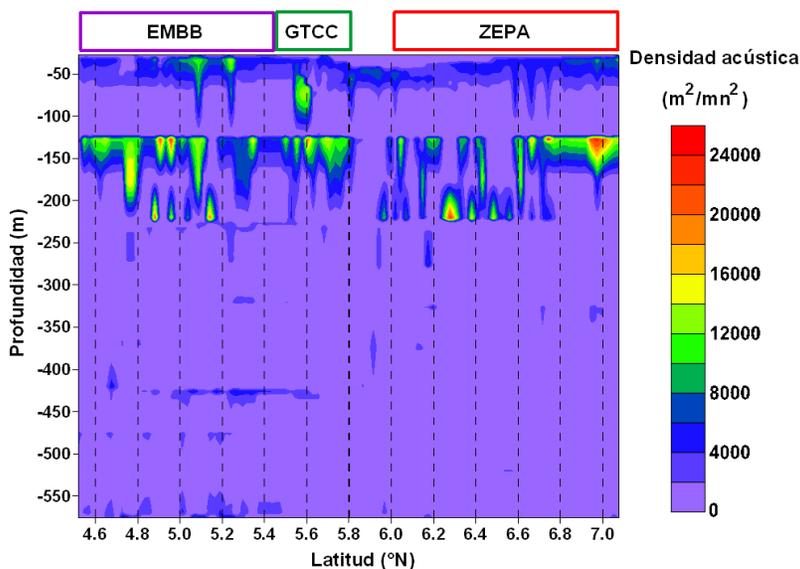


Figura 4-58 Perfil vertical de la densidad acústica de peces (m^2/mn^2), durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

A partir de información resultante de convenios AUNAP-INVEMAR, la Tabla 4.9 presenta una comparación de la biomasa de recursos demersales en la ZEPA y el DRMI GTCC entre 2016 y 2019, mientras que en el DRMI EMBB se presentan para este año las primeras estimaciones que servirán como punto de referencia para investigaciones futuras. Así mismo, en 2019 se presentan estimaciones para el grupo de peces demersales para los tres sectores de interés. Los valores de biomasa responden a los distintos periodos de muestreo y la disponibilidad del recurso pesquero en cada año, por lo que es evidente la variabilidad intrínseca en las estimaciones realizadas para los grupos y especies más abundantes.

*Tabla 4.9. Biomasa (t) de recursos demersales entre 2016 y 2019 en el norte del Pacífico colombiano. *El grupo estuvo presente en el muestreo, aunque no se realizó estimación de biomasa. **No hay información disponible para el DRMI EMBB en 2016 y 2017. Fuente: Escobar et al., 2017 (a); Rodríguez et al., 2017 (b); Este estudio (c).*

Sector	Grupo	Biomasa (t)		
		2016 ^a	2017 ^b	2019 ^c
ZEPA	Peces demersales	*	*	1385
	Espejuelo	98	21	4
	Cagua	45	36	*
	Pargo lunarejo	105	40	*
	Manteco	*	100	*
	Peladilla	*	86	10
	Pargo naylor	*	16	*
	Camarón coliflor	278	139	111
	Camarón pink	*	*	14
	Toyo	*	*	9
DRMI GTCC	Peces demersales	*	*	207
	Peladilla	104	22	54
	Cagua	10	4	*
	Pargo naylor	23	2	*
	Camarón coliflor	25	20	55
	Camarón pink	10	10	16
	Toyo	*	*	40
DRMI EMBB	Peces demersales	**	**	336
	Camarón blanco	**	**	12
	Peladilla	**	**	2
	Espejuelo	**	**	8
	Toyo	**	**	28

A continuación, se describe el análisis de la estructura de tallas de las especies de camarones comerciales más abundantes (Figura 4-59). El camarón coliflor mostró un rango de tallas entre 5,6 y 19,8 cm,

registrando en el DRMI EMBB la talla media más baja ($L = 9,9$ cm), la cual difirió significativamente ($p < 0,05$) de los otros sectores de muestreo como la ZEPA y el DRMI GTCC (Figura 4-61a). El camarón pink presentó un rango de tallas entre 8,3 y 21,9 cm, aunque no hubo diferencias en la comparación por sectores. Por su parte, el camarón pomadilla, tití y blanco solo fueron capturados en el DRMI EMBB, con rangos de tallas entre 7 y 9,7 cm, 7,2 y 14 cm, 7 y 29,5 cm, respectivamente (Figura 4-59). Respecto a las especies de peces comerciales más abundantes (Figura 4-60), destacaron la peladilla, el toyo y el manteco por presentar diferencias significativas ($p < 0,05$) al comparar la talla media entre sectores de muestreo, registrando en las tres especies la talla media de captura más baja en el DRMI GTCC (Figura 4-61b, c, d). Lo anterior indica que los DRMI GTCC y EMBB, son áreas claves para el ciclo de vida las especies, considerando que en estas áreas protegidas se localizan manglares y estuarios que son importantes para el asentamiento de estados juveniles, ofreciendo disponibilidad de alimento y el refugio para las especies, lo cual es fundamental para la sobrevivencia, crecimiento y el éxito del reclutamiento (Cury *et al.*, 1998; Castilho *et al.*, 2007).

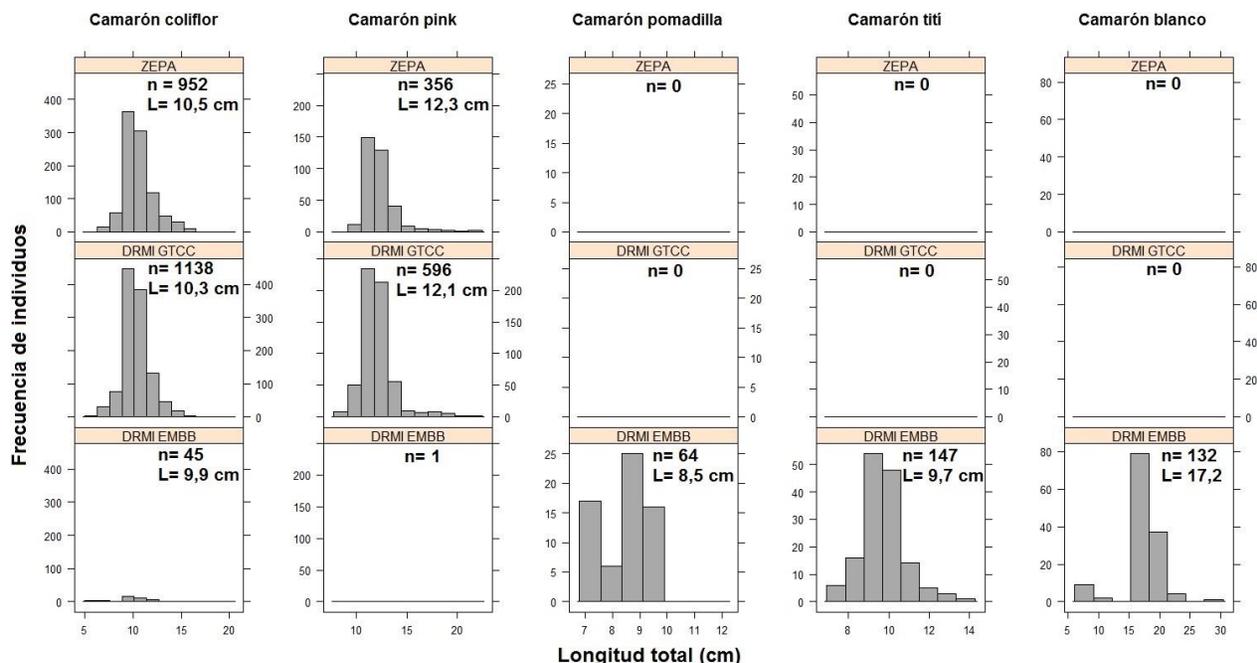


Figura 4-59 Histogramas de frecuencia de tallas (longitud total en cm) por sector de muestreo de las especies de camarones comerciales más abundantes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. n= número de individuos, L= longitud media.

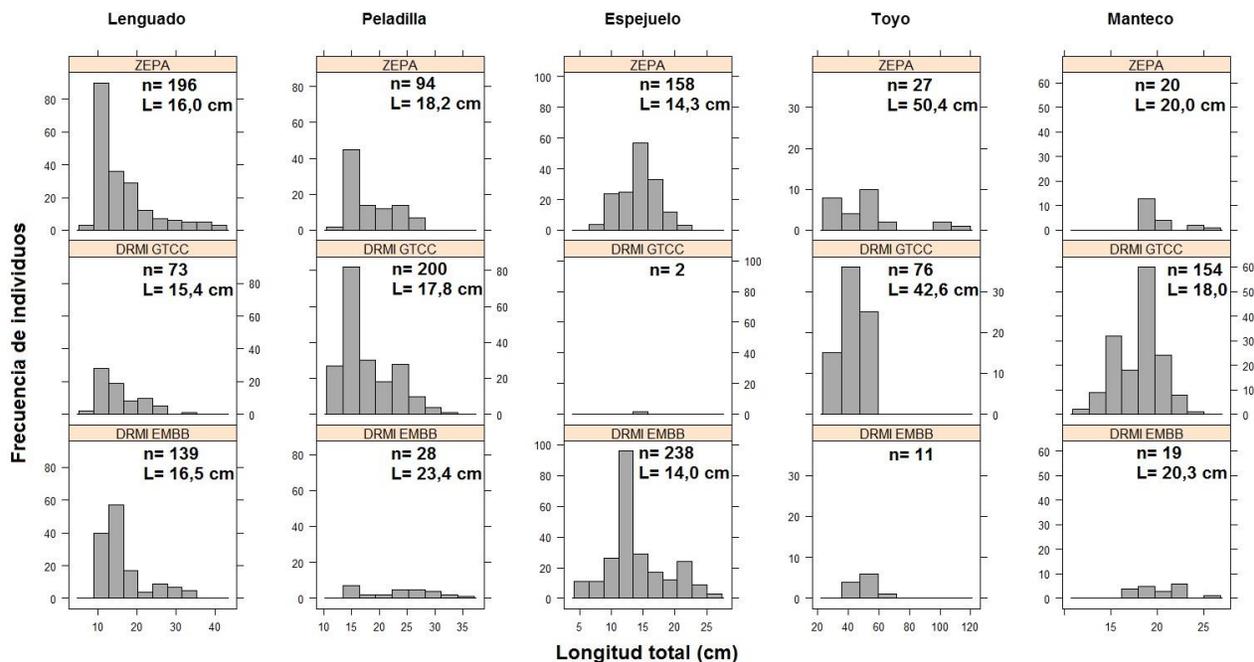


Figura 4-60 Histogramas de frecuencia de tallas (longitud total en cm) por sector de muestreo de las especies de peces comerciales más abundantes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. n= número de individuos, L= longitud media.

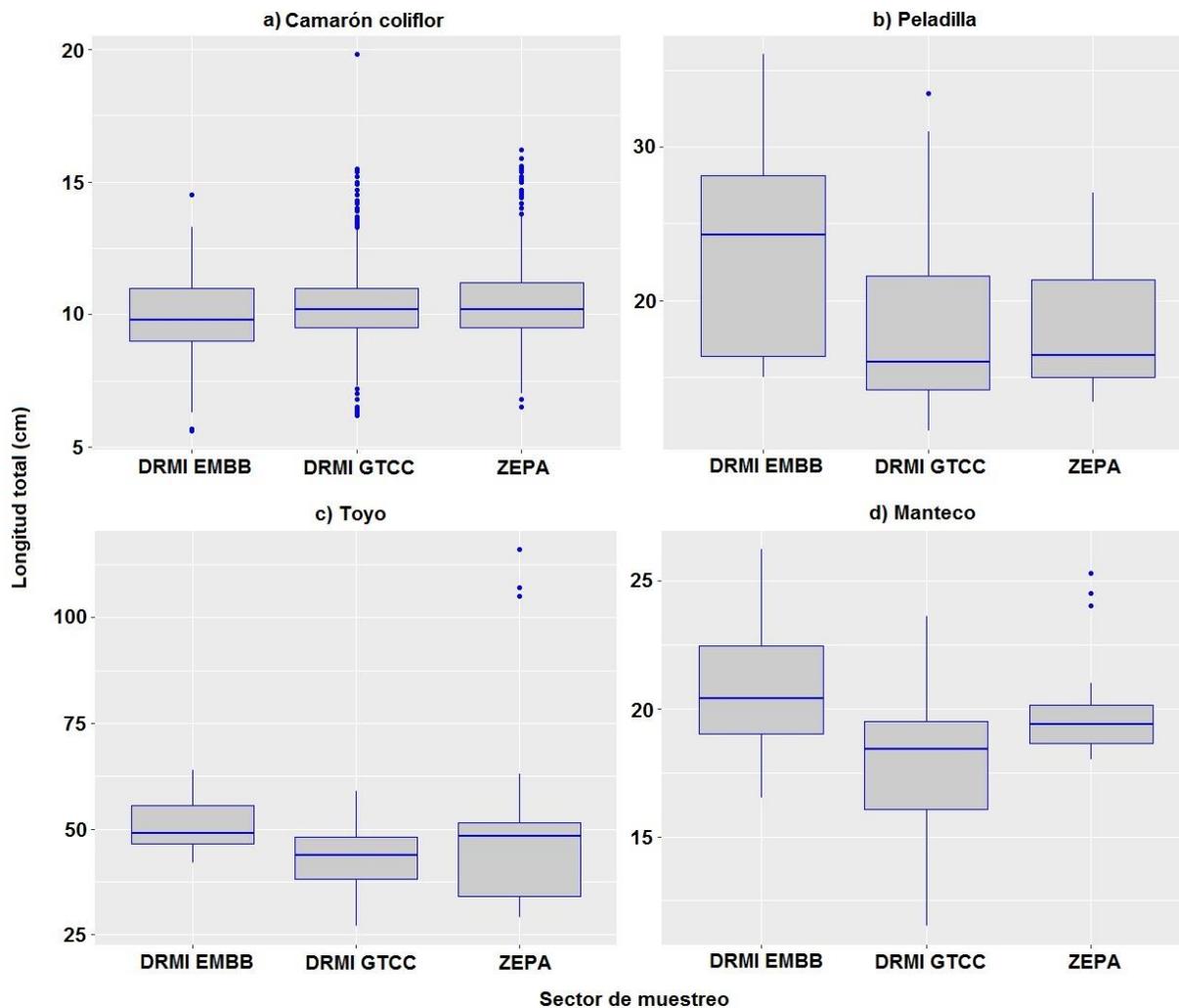


Figura 4-61 Comparación de las tallas (longitud total en cm) por sector de muestreo de las especies comerciales más abundantes, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. Solo se muestran los box-plot de las especies que presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el análisis de ANOVA. Los puntos representan los datos extremos (outliers).

4.6 ABUNDANCIA RELATIVA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL ICTIOPLANCTON

4.6.1 INTRODUCCIÓN

El estudio del ictioplancton, primeros estadios de vida de los peces, proporciona el conocimiento necesario para comprender muchos aspectos de las pesquerías. Expertos en esta actividad creen que los estudios sobre la mortalidad en estadios de vida temprana, particularmente huevos y larvas, pueden proveer la clave para entender la relación “stock-reclutamiento”, por lo que se convierte en un medio relevante para evaluar el estado del stock íctico de un área determinada. Por ejemplo, el estudio del ictioplancton permite establecer información sobre la composición, diversidad y potencial productivo de una zona, y simultáneamente identificar las áreas y periodos críticos para el desarrollo del recurso, al igual que su respuesta frente a los diversos eventos ambientales a que están expuestos (Beltrán y Ríos, 2012).

4.6.2 MÉTODOS ESPECÍFICOS

A partir del muestreo de ictioplancton durante el crucero de prospección (para mayor detalle ver sección 4.2.2.3), en el laboratorio se determinó el volumen de zooplancton de cada una de las muestras por el método volumétrico y se estandarizó la biomasa zooplanctónica o biovolumen a ml/1000 m³, siguiendo la siguiente escala:

Baja:	1 - 99 ml / 1000 m ³
Media:	100 -499 ml / 1000 m ³
Alta:	> 500 ml / 1000 m ³

De las muestras obtenidas se separó el total de huevos y larvas de peces de todas las muestras correspondientes a la malla de 500 micras, y se preservaron en formol al 4% neutralizado con bórax (Figura 4-62).



Figura 4-62 Separación e identificación de muestras de ictioplancton colectadas durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

Se realizó una cuantificación de huevos y larvas y para todas las estaciones de muestreo como el número de organismos estandarizado a 10m². Posteriormente, se identificaron las larvas de peces con base en los caracteres merísticos, morfométricos y de pigmentación hasta el menor nivel taxonómico posible (familia, género y/o especie), observándolas a través de un estereoscopio NIKON modelo SMZ-1 (Figura 4-62), y siguiendo las claves de identificación de: Moser (1996) y Beltrán-León y Ríos (2000).

4.6.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.6.3.1 Biovolumen zooplanctónico

El biovolumen zooplanctónico en la malla de 500 micras osciló entre 2,4 y 133,2 ml/1000 m³, con un promedio de 40,3 (+/- 29,7) ml/1000 m³ y frecuencias relativas de 93,3% para rango de biomásas bajas y 6,7% para biovolúmenes medios. Los valores más altos de biovolumen zooplanctónico en el rango medio se presentaron en la estación de muestreo E12 en la ZEPA (133,2 ml/ 1000 m³), seguido de la estación E43 en el DRMI EMBB (107,6 ml/ 1000 m³) (Figura 4-63).

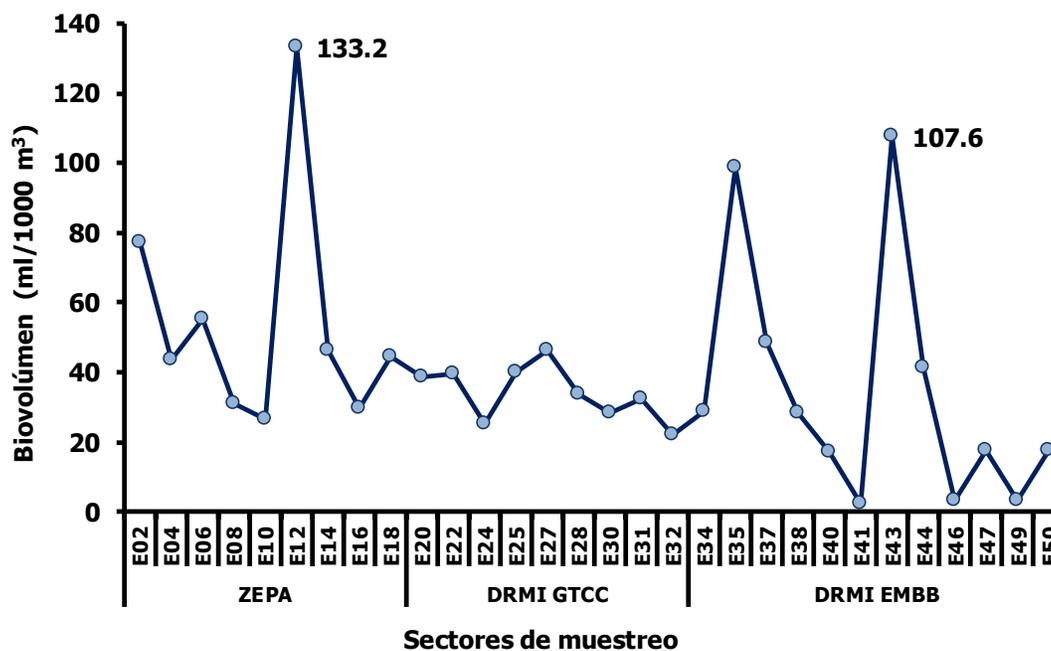


Figura 4-63 Variación del biovolumen zooplanctónico (ml/1000 m³) entre sectores de muestreo, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

Al comparar los promedios de biovolumen zooplanctónico entre sectores de muestreo, se encontró que los mayores valores se registraron en la ZEPA (54,2 ml/1000 m³), seguido del DRMI EMBB (34,5 ml/1000m³)

y el DRMI GTCC (34,1 ml/1000 m³). Los valores promedio del biovolumen zooplanctónico fueron mayores dentro de la ZEPA (63,4 ml/1000 m³) y el DRMI EMBB (36,1 ml/1000 m³) respecto a fuera de cada uno de estos sectores, mientras que dentro y fuera al DRMI GTCC los valores fueron similares (Figura 4-64). En general, los valores de biovolumen zooplanctónico fueron relativamente estables, en el rango de valores bajos en toda la zona de muestreo, aunque se puede destacar a la ZEPA como un sector ligeramente más productivo que los DRMI GTCC y EMBB.

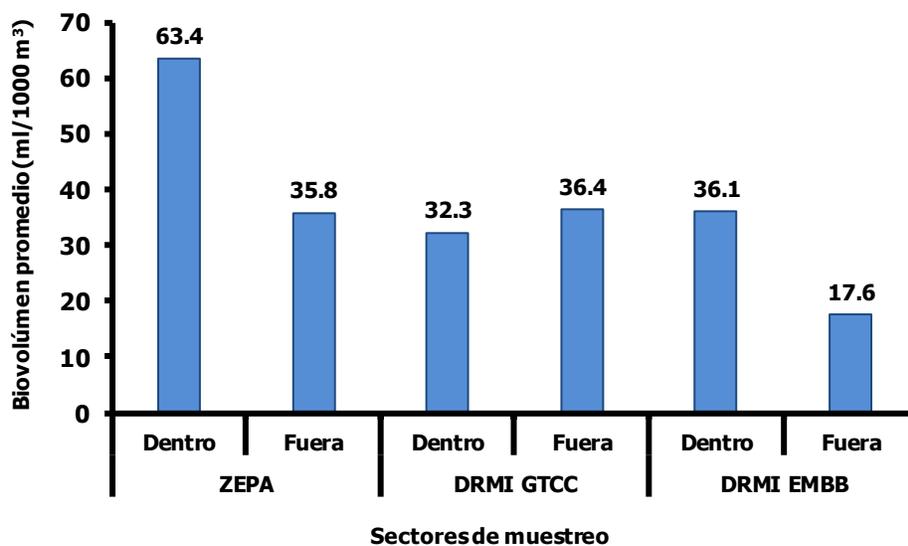


Figura 4-64 Variación del biovolumen zooplanctónico promedio (ml/1000 m³) dentro y fuera de cada sector de muestreo, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.6.3.2 Huevos de peces

Durante septiembre de 2019 los huevos de peces presentaron un total de 4.033 huevos/10m² y un rango de abundancia relativa entre 2 y 763 huevos/10m², con un promedio de 134 (+/-154) huevos/10m² y frecuencias relativas de 50% para estaciones que presentaron valores bajos, 46,7% para estaciones con valores medios y 3,3% para estaciones con valores altos. Se observaron tres picos de abundancia: dos en el rango de valores medios y uno en el rango de altos, con el mayor valor en la estación E44 (763 huevos/10m²) ubicada en el DMRI EMBB (Figura 4-65).

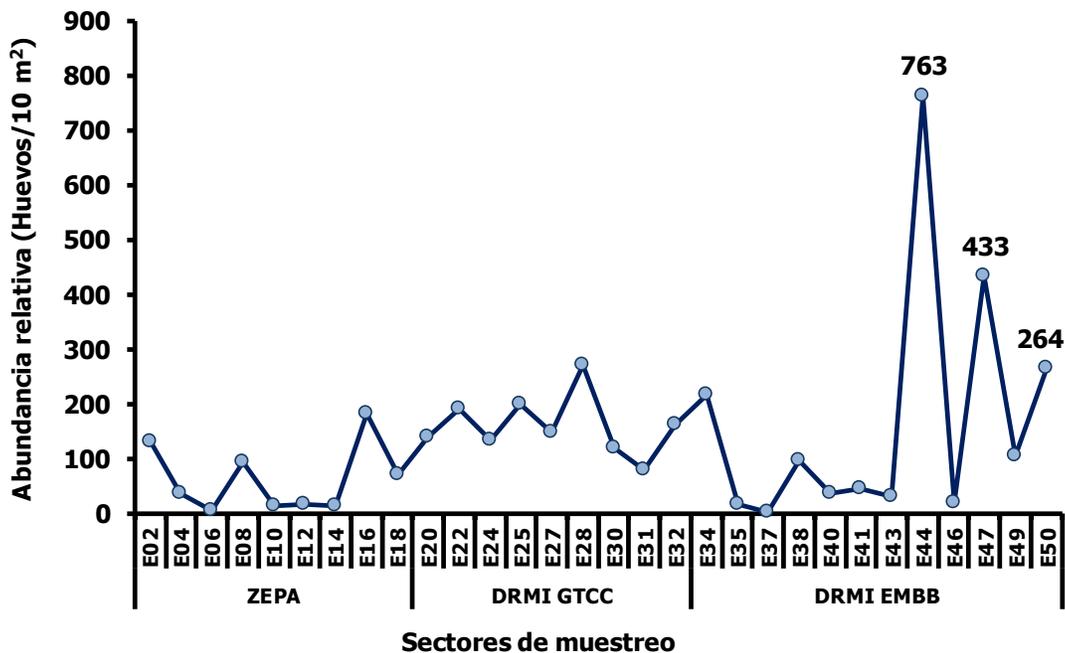


Figura 4-65 Variación de la abundancia relativa de huevos de peces (Huevos/10 m²) entre sectores de muestreo, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

Al comparar los valores promedios de huevos entre sectores de muestreo, se encontró que la mayor abundancia relativa promedio se registró en el DRMI EMBB (169 huevos/10m²), seguido del DRMI GTCC (160 huevos/10m²) y la ZEPA (63 huevos/10m²) en el rango medio y bajo. Fuera de cada sector de muestreo se encontraron los valores promedio más altos de abundancia relativa de huevos, especialmente fuera al DRMI EMBB con 433 huevos/10m² (Figura 4-66).

El análisis de distribución espacial de la abundancia relativa de huevos, mostró que en el DRMI EMBB y específicamente frente a Pizarro se localizó la mayor abundancia entre 500 y 999 Huevos/10 m², correspondiente a un rango alto de valores de abundancia (Figura 4-67). Para el DRMI GTCC, la mayoría de las estaciones de muestreo presentaron un rango medio de abundancia entre 100 y 499 Huevos/10 m², mientras que en la ZEPA los más bajos entre 1 y 99 Huevos/10 m² (Figura 4-67). Lo anterior sugiere que tanto el DRMI GTCC y EMBB, son áreas importantes para el desove de peces demersales en el Chocó norte del Pacífico colombiano.

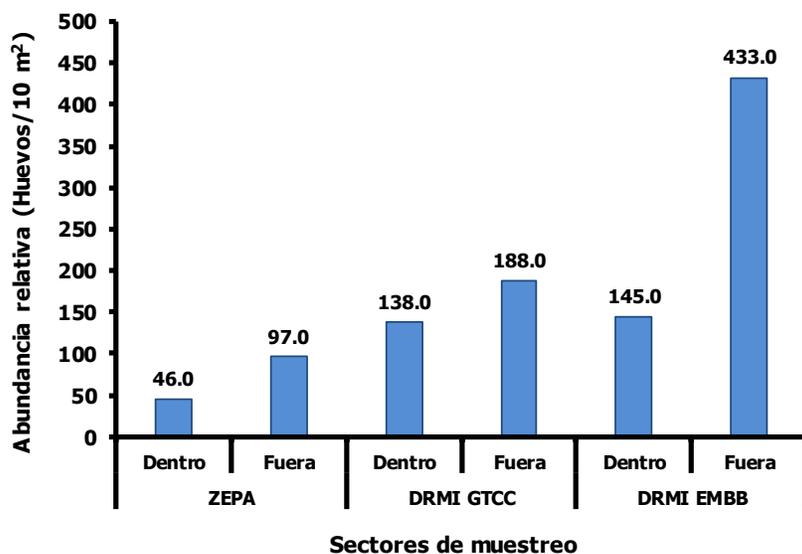


Figura 4-66 Variación de la abundancia relativa promedio de huevos de peces (Huevos/10 m²) dentro y fuera de cada sector de muestreo, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

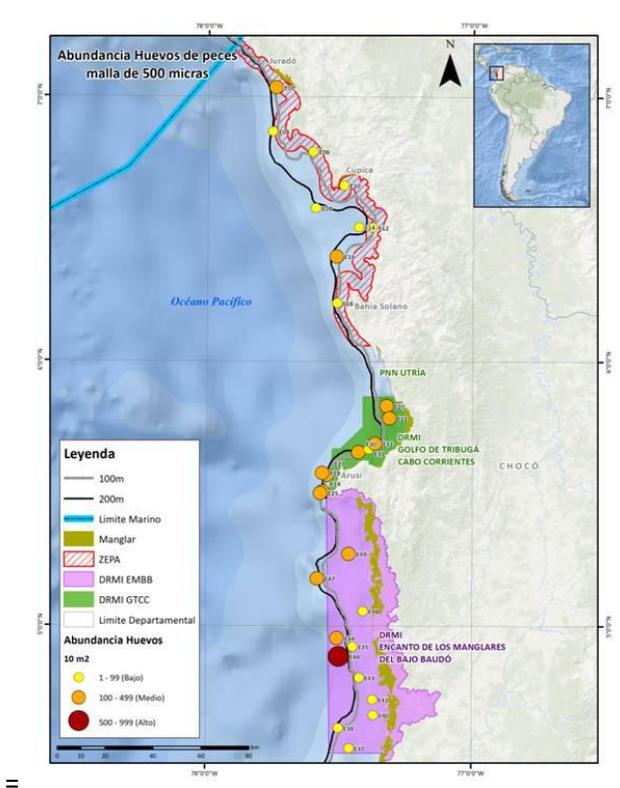


Figura 4-67 Distribución espacial de la abundancia relativa de huevos de peces (Huevos/10 m²), durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.6.3.3 Larvas de peces

Las larvas de peces presentaron un total de 10.606 larvas y un rango de abundancia entre 4 y 1.207 larvas/10m², con un promedio de 354 larvas/10m² (+/- 293) y frecuencias relativas de 23,3% para estaciones que presentaron valores en rango bajo, 50% para estaciones en el rango medio, 23,3 para estaciones en el rango alto y 3,3% para estaciones que presentaron valores en rango muy alto. Se observaron seis picos de abundancia relativa: cinco el rango de altas y uno en el rango de muy altas, con el mayor valor en la estación E22 (1.207 larvas/10 m²) ubicada en el DMRI GTCC (Figura 4-68).

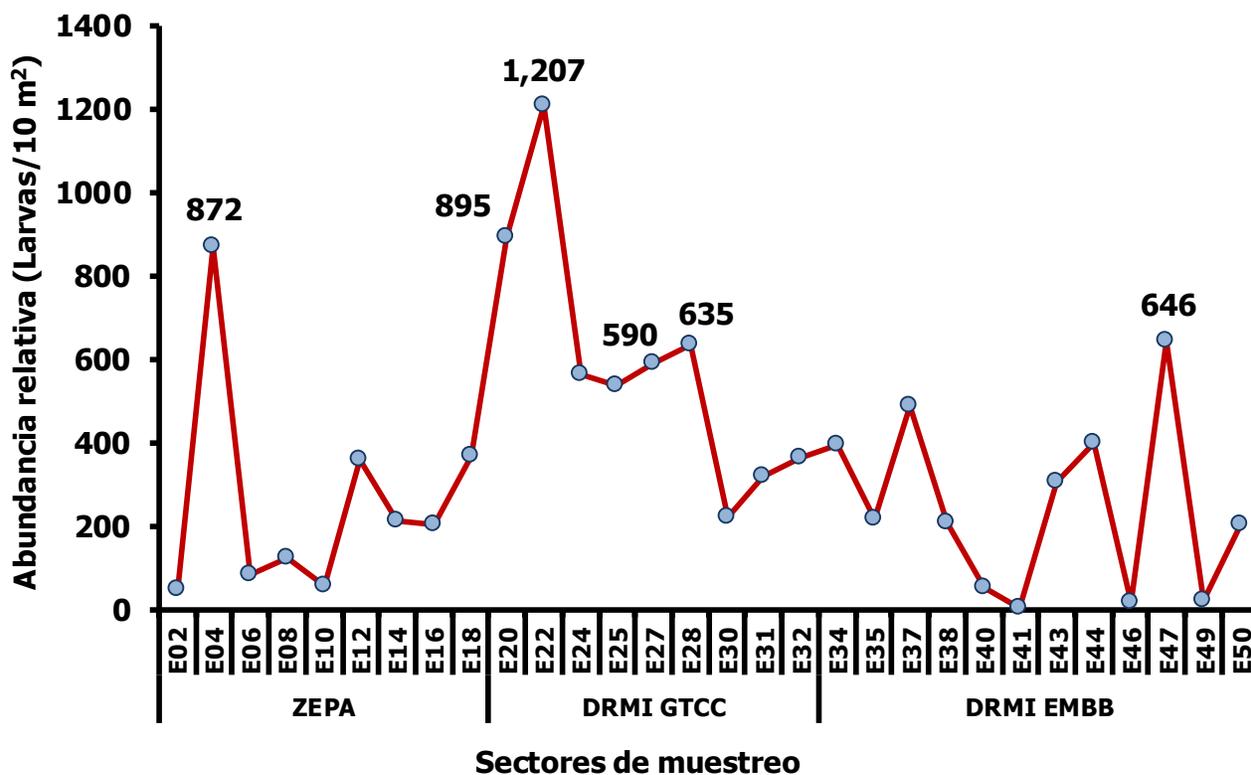


Figura 4-68 Variación de la abundancia relativa de larvas de peces (Larvas/10 m²) entre sectores de muestreo, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

Comparativamente para los sectores de muestreo se pudo observar en promedio mayores abundancias para el DRMI GTCC (593 larvas/10 m²), seguida por la ZEPA (258 larvas/10 m²) y el DRMI EMBB (246 larvas/10 m²) (Figura 11 y 12). Dentro de la ZEPA (297 larvas/10 m²) y el DRMI GTCC (602 larvas/10 m²), se encontraron los valores promedio más altos, en contraste con el DRMI EMBB donde fuera de esta área protegida se registró el valor promedio más alto con 646 larvas/10 m² (Figura 4-69).

El análisis de distribución espacial de la abundancia relativa de larvas, mostró que en el DRMI GTCC y específicamente en Jurubirá (Morro Mico) se localizó la mayor abundancia (>larvas/10 m²), correspondiente a un rango alto de valores de abundancia (Figura 4-70). Valores intermedios de abundancia (entre 500 y 999 larvas/10 m²) se presentaron en Cabo Corrientes (DRMI GTCC), en Pilizá (DRMI EMBB) y Cabo Marzo en la ZEPA (Figura 4-70). Lo anterior sugiere que en particular el DRMI GTCC es un área importante para el alevinaje de peces demersales en el Chocó norte del Pacífico colombiano.

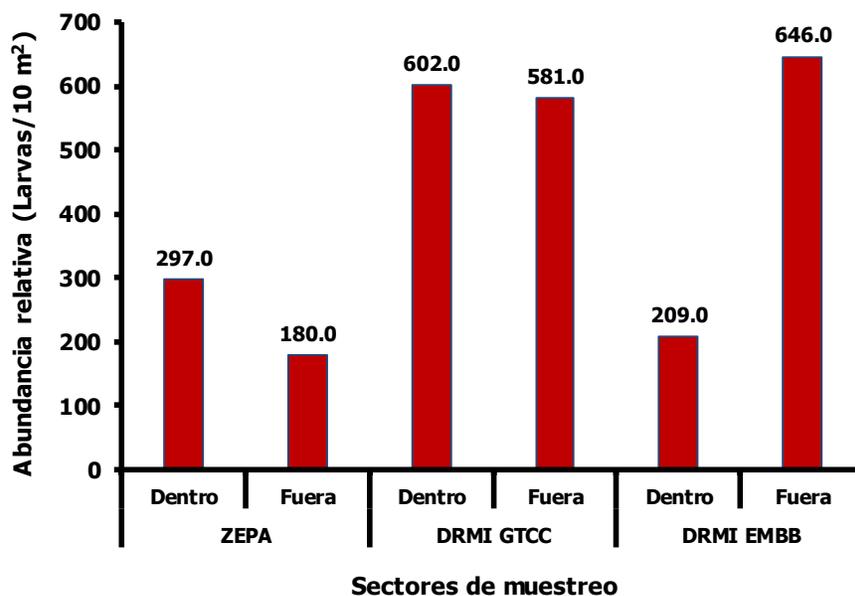


Figura 4-69 Variación de la abundancia relativa promedio de larvas de peces (Larvas/10 m²) dentro y fuera de cada sector de muestreo, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

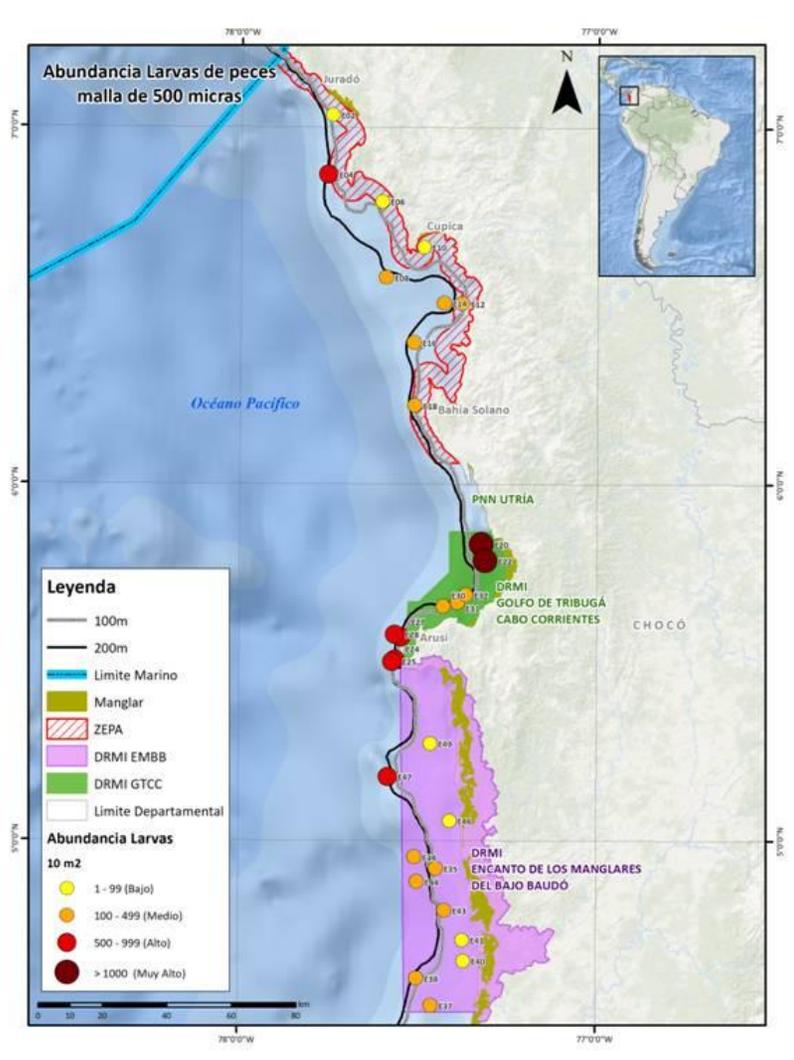


Figura 4-70 Distribución espacial de la abundancia relativa de larvas de peces (Larvas/10 m²), durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.6.3.4 Composición por especies de larvas

En cuanto a la composición de larvas, se identificaron 50 familias, 88 géneros y 124 especies. Destacándose por su abundancia las familias Bregmacerotidae (merlucitas) con 2.829 larvas/10 m² (26,7%), Sciaenidae (corvinas) con 2.661 larvas/10 m² (25,1%), Engraulidae (carduma) con 973 larvas/10 m² (9,2%), Gobiidae (sapitos) con 652 larvas/10 m² (6,2%), Trichiuridae (pez cinta) con 546 larvas/10 m² (5,2%), Myctophidae (peces linterna) con 505 larvas/10 m² (4,76%), Serranidae (chernas) con 294 larvas/10 m² (2,8%), Labridae (viejas) con 260 larvas/10 m² (2,5%), Cynoglossidae (lengüetas) con 231 larvas/10 m² (2,2%), Paralichthyidae (lenguados) con 207 larvas/10 m² (1,9%), Eleotridae (bocones) con 158 larvas/10 m² (1,5%), Bathylagidae (esperlan) con 149 larvas/10 m² (1,4%), Haemulidae (roncos) con 100 larvas/10 m²

(0,9%) y 37 familias más con 935 larvas/10 m², las cuales componen el 8,8% restante, mientras que el 1,0% corresponde a otros (larvas en mal estado) (Figura 4-71, Tabla 4.10).

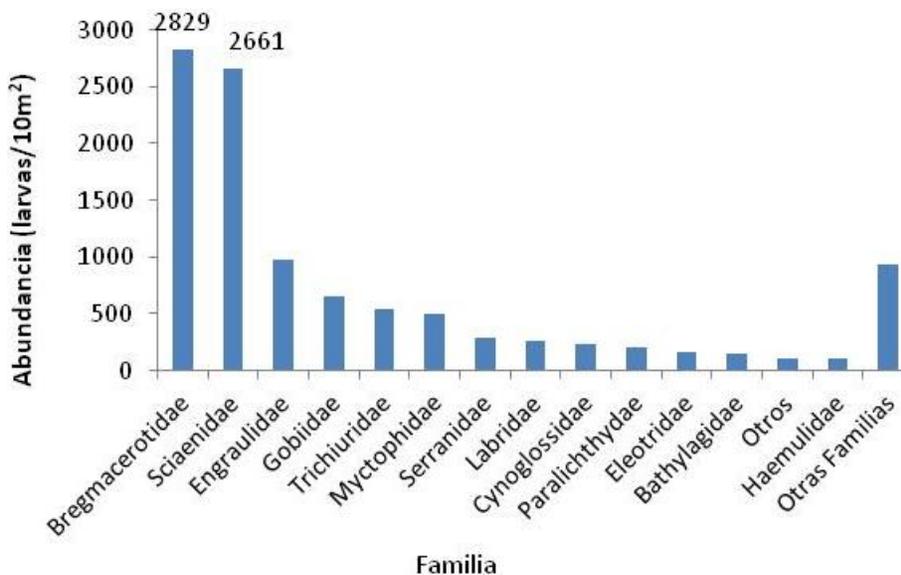


Figura 4-71 Composición por familias de la abundancia relativa de larvas de peces (Larvas/10 m²), durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

El mayor número de especies de larvas se presentó en el sector de DRMI EMBB con 28 especies, seguida por el DRMI GTCC con 27 especies y la ZEPA con 26 especies. En cuanto las larvas por fuera de los sectores de muestreo, el mayor número de especies se obtuvo en las estaciones E27 y E24 con 38 y 31 especies respectivamente, ubicadas en el DRMI GTCC.

La especie *Bregmaceros bathymaster* (merlucitas), de hábitat batipelágico presentó las mayores abundancias durante el muestreo, seguida por las especies *Larimus* sp1. (corvinas) y *Trichiurus nitens* de hábitat pelágico, que se constituyen en especies importantes para la zona desde el punto de vista ecológico y económico, debido que forman parte de la dieta de un buen número de peces y además son especies que estado adulto tienen valor comercial para las pesquerías.

Tabla 4.10. Composición por familias y especies de larvas de peces capturadas, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

Familias/Especies	Número	%	Familias/Especies	Número	%	Familias/Especies	Número	%
Elopidae	12	0,11	<i>Paralabrax sp.1.</i>	204	1,93	<i>Gobiesox sp.2</i>	9	0,09
<i>Elops affinis</i>	12	0,11	<i>Paralabrax sp.2.</i>	69	0,66	<i>Gobiesox sp.3</i>	9	0,09
Albulidae	35	0,33	<i>Paranthias colonus</i>	6	0,06	Atherinidae	1	0,01
<i>Albula vulpes</i>	35	0,33	<i>Serranus sp.</i>	3	0,03	<i>Atherinella sp.</i>	1	0,01
Notacanthidae	22	0,21	<i>Serranus sp.1</i>	10	0,10	Eleotridae	157	1,49
<i>Leptocephalus giganteus</i>	22	0,21	Apogonidae	9	0,10	<i>Dormitator latrifrons</i>	157	1,49
Ophichthidae	13	0,13	<i>Apogon atricaudus</i>	2	0,03	Gobiidae	648	6,14
<i>Myrophis vafer</i>	3	0,03	<i>Apogon dovii</i>	7	0,07	<i>Coryphopterus sp.</i>	2	0,02
<i>Pseudomyrophis micropinna</i>	10	0,10	Coryphaenidae	4	0,05	<i>Gobiidae sp.1</i>	245	2,32
Derichthyidae	11	0,10	<i>Coryphaena hippurus</i>	3	0,04	<i>Gobiidae sp.2</i>	7	0,07
<i>Derichthys serpentinus</i>	11	0,10	<i>Coryphaena equiselis</i>	1	0,02	<i>Gobiidae sp.3</i>	29	0,28
Serrivomeridae	6	0,06	Carangidae	91	0,88	<i>Gobiidae sp.4</i>	236	2,23
<i>Serrivomer sector?</i>	6	0,06	<i>Diplectrum sp.</i>	33	0,31	<i>Gobiidae sp.6</i>	13	0,13
Engraulidae	971	9,17	<i>Gnathanodon speciosus</i>	9	0,09	<i>Gobiidae sp.7</i>	3	0,03
<i>Anchoa sp.1</i>	2	0,03	<i>Oligoplites saurus inornatus</i>	31	0,30	<i>Gobiidae spp.</i>	85	0,81
<i>Anchoa sp.2</i>	0	0,00	<i>Selar crumenophthalmus</i>	7	0,07	<i>Lythrypnus dalli</i>	28	0,27
<i>Anchoa spp.</i>	0	0,00	<i>Selene brevoortii</i>	6	0,06	Microdesmidae	59	0,57
<i>Anchovia macrolepidota</i>	36	0,34	<i>Seriola lalandi</i>	4	0,05	<i>Clarkichthys bilineatus</i>	39	0,37
<i>Cetengraulis mysticetus</i>	933	8,80	<i>Seriola sp.</i>	1	0,01	<i>Gunnellichthys sp.</i>	16	0,16
Clupeidae	3	0,03	Lutjanidae	84	0,81	<i>Microdesmidae sp.</i>	4	0,04
<i>Opisthonema sp.2</i>	3	0,03	<i>Lutjanus argentiventris</i>	26	0,25	Ephippidae	5	0,05
Argentinidae	5	0,05	<i>Lutjanus guttatus</i>	55	0,53	<i>Chaetodipterus zonatus</i>	5	0,05
<i>Argentina aliciae</i>	5	0,05	<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	3	0,03	Sphyaenidae	2	0,03
Bathylagidae	149	1,41	Lobotidae	16	0,16	<i>Sphyaena ensis</i>	2	0,03
<i>Bathylagoides nigrigenys</i>	149	1,41	<i>Lobotes surinamensis</i>	16	0,16	<i>Sphyaena idiaestes?</i>	0	0,01
Gonostomatidae	4	0,04	Gerreidae	98	0,93	Trichiuridae	546	5,15
<i>Cyclothone acclinidens</i>	3	0,03	<i>Eucinostomus sp.</i>	97	0,92	<i>Bentodesmus tenuis</i>	4	0,04
<i>Diplophos proximus</i>	1	0,01	<i>Gerres cinereus</i>	1	0,01	<i>Trichiurus nitens</i>	542	5,11
Photichthyidae	3	0,03	Haemulidae	99	0,94	Scombridae	26	0,27
<i>Vinciguerria lucetia</i>	3	0,03	<i>Haemulidae sp.1</i>	99	0,94	<i>Auxis sp.1</i>	23	0,22
Scopelarchidae	4	0,04	Polynemidae	2	0,03	<i>Scomberomorus sierra</i>	1	0,02
<i>Scopelarchoides nicholsi</i>	4	0,04	<i>Polydactylus opercularis</i>	2	0,03	<i>Thunnus albacares</i>	1	0,01
Synodontidae	85	0,81	Sciaenidae	2653	25,08	<i>Scombridae sp.</i>	1	0,02
<i>Synodus evermanni</i>	85	0,81	<i>Cynoscion spp.</i>	1	0,01	Nomeidae	25	0,24
Paralepididae	15	0,14	<i>Isopisthus remifer</i>	16	0,16	<i>Cubiceps paucirradiatus</i>	25	0,24
<i>Lestidiops neles</i>	15	0,14	<i>Stellifer sp.1</i>	186	1,76	Paralichthyidae	203	1,95
Myctophidae	502	4,77	<i>Stellifer sp.2</i>	104	0,99	<i>Citharichthys gilberti</i>	33	0,32
<i>Bentosema panamense</i>	373	3,52	<i>Stellifer sp.3</i>	1	0,02	<i>Citharichthys platophrys</i>	18	0,18
<i>Bolinichthys longipes</i>	6	0,06	<i>Larimus sp.1</i>	939	8,85	<i>Citharichthys sp.</i>	21	0,20
<i>Diaphus pacificus</i>	6	0,06	<i>Larimus sp.2</i>	64	0,60	<i>Cyclopsetta panamensis</i>	4	0,04
<i>Diogenichthys laternatus</i>	108	1,02	<i>Larimus sp.3</i>	8	0,08	<i>Etropus crossotus</i>	98	0,93
<i>Hygophum proximum</i>	5	0,05	<i>Macrodon mordax</i>	88	0,84	<i>Syacium ovale</i>	19	0,19
<i>Myctophum auroaternatum</i>	4	0,05	<i>Menticirrhus sp.2</i>	4	0,04	<i>Paralichthyidae sp.</i>	10	0,10
Ophidiidae	82	0,79	<i>Sciaenidae sp.2</i>	9	0,09	Achiiridae	22	0,22
<i>Lepophidium sp.</i>	54	0,51	<i>Sciaenidae sp.4</i>	10	0,10	<i>Achirus mazatlanus</i>	4	0,05
<i>Lepophidium negropinna</i>	23	0,23	<i>Sciaenidae spp.</i>	1223	11,53	<i>Achiiridae sp.</i>	18	0,18
<i>Ophidion sp.</i>	5	0,06	Labridae	260	2,45	Cynoglossidae	229	2,18
Bythitidae	13	0,12	<i>Halichoeres spp.</i>	260	2,45	<i>Symphurus atramentatus</i>	43	0,41
<i>Cataetx cf. simus</i>	13	0,12	Tripterygiidae	2	0,02	<i>Symphurus oligomerus</i>	16	0,16
Bregmacerotidae	2828	26,67	<i>Lepidonectes bimaculata</i>	2	0,02	<i>Symphurus chabanaudi</i>	6	0,06
<i>Bregmaceros sp. *</i>	15	0,14	Labrisomidae	1	0,01	<i>Symphurus elongatus</i>	5	0,05
<i>Bregmaceros bathymaster</i>	2813	26,52	<i>Labrisomidae sp.</i>	1	0,01	<i>Symphurus sp.</i>	159	1,50
Lophiidae	8	0,08	Dactyloscopidae	1	0,01	Tetraodontidae	82	0,78
<i>Lophiodes caularis</i>	8	0,08	<i>Gillellus semicinctus?</i>	1	0,01	<i>Sphoeroides annulatus</i>	28	0,27
Exocoetidae	1	0,02	Gobiesocidae	40	0,41	<i>Sphoeroides lobatus</i>	54	0,51
<i>Pronichthys sealei</i>	1	0,02	<i>Gobioxos sp.</i>	4	0,05	Larvas vitelinas	10	0,09
Serranidae	292	2,77	<i>Gobiesox sp.1</i>	18	0,18	Otros	108	1,02

4.6.3.5 Larvas de peces de importancia comercial

El 9,3% del total de larvas colectadas corresponden a familias con especies de importancia comercial, en donde se destacan las familias Serranidae con 294 larvas (2,77%), Cynoglossidae con 231 larvas (2,18%), Paralichthyidae con 207 larvas (1,95%), Synodontidae con 86 larvas (0,81%), Lutjanidae con 86 larvas (0,81%) y Ophidiidae con 84 larvas (0,79%), caracterizándose estas familias por pertenecer a estadios larvales de adultos con hábitat demersal (Figura 4-72).

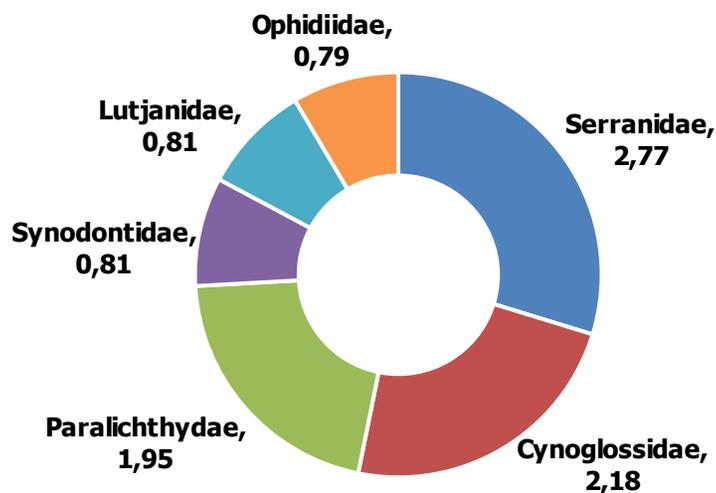


Figura 4-72 Composición porcentual de familias de larvas de peces comerciales con hábitat demersal, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

De igual manera se resaltan las familias Sciaenidae representada con 2.661 larvas ocupando el 25,08% del total de larvas colectadas y las familias Engraulidae con 973 larvas (9,17%), Trichiuridae con 546 larvas (5,15%), Haemulidae con 100 larvas (0,94%), Gerreidae con 99 larvas (0,93%), Carangidae con 93 larvas (0,88%), Scombridae con 28 larvas (0,26%) y Coryphaenidae con 6 larvas (0,06%), como las más importantes por pertenecer a estadios de adultos con hábitat pelágico (Figura 4-73).

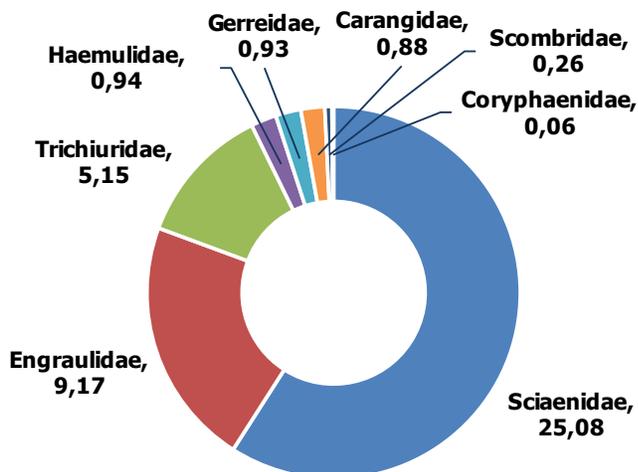


Figura 4-73 Composición porcentual de familias de larvas de peces comerciales con hábitat pelágico, durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

Los resultados del presente estudio muestran la presencia y abundancia de larvas de las familias Scianidae, Trichiuridae, Engraulidae, Carangidae, Serranidae, Haemulidae, Scombridae, Lutjanidae, Coryphaenidae, Gerreidae, Synodontidae, Ophidiidae, Paralichthyidae y Cynoglossidae, que pertenecen a adultos de interés comercial para las comunidades asentadas en el norte del Pacífico. Lo anterior coincide con lo reportado por Rosales (1999) y Tobón (2001), con la mayoría de estas familias pertenecientes a grupos de interés comercial para las pesquerías. De igual manera coincide con los resultados del monitoreo pesquero adelantado por el PNN Utría desde el 2008 hasta el 2010, tanto al interior de este parque como en su zona aledaña, que muestra como especies de mayor volumen de captura a los Jureles, picudas, albacoras, patisecas, zafiros, merluzas, champetas, buriques, sierra castilla, pargo lunarejo, pargo muelón, aguja cañonera y colinegros.

Las especies de larvas de importancia comercial *Thunnus albacares* (atún aleta amarilla), *Seriola lalandi* (bravos), *Scomberomorus sierra* (sierra común), *Coryphaena hippurus* (dorado) y *Lutjanus guttatus* (pargo lunarejo), encontradas durante el crucero de prospección, coinciden con las especies reportadas por Estupiñán *et al.* (1990) y Correa *et al.* (2009), las cuales hacen parte de la captura en el PNN Utría con artes de pesca como la línea de mano y espinel.

Es importante destacar que abundancias altas de larvas de peces se observaron en la ZEPA y el DRMI GTCC, lo que estaría confirmando que las áreas de manejo cumplen con una de sus múltiples funciones tales como el aporte a la sostenibilidad de los recursos pesqueros, al proveer hábitats críticos para la reproducción, alevinaje, alimentación y protección de organismos que forman parte de las redes tróficas, generando el efecto de desborde. Por lo anterior es importante fortalecer las acciones de conservación y manejo dentro de ellas y su área de influencia, para la recuperación y protección de los recursos pesqueros en el norte del Pacífico (Castellanos-Galindo, 2010).

4.7 RELACIONES FUNCIONALES ENTRE LAS VARIABLES OCEANOGRÁFICAS Y LA ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES DEMERSALES

4.7.1 INTRODUCCIÓN

La disponibilidad y abundancia de los recursos pesqueros en gran parte depende de la variabilidad ambiental (Mann, 2000; Lalli y Parsons, 2006). El estudio de las variables ambientales como responsables de cambios en la distribución de las especies, es un aspecto fundamental para el manejo pesquero (Orenzas y Jameison, 1998; Cury *et al.*, 2003; Hedger *et al.*, 2004). Los peces demersales y crustáceos de alto valor comercial que habitan en regiones tropicales y subtropicales (Gillett, 2008), son reconocidos por su complejo ciclo de vida que incluye periodos en ambientes estuarinos y oceánicos, y además por la preferencia de condiciones particulares del hábitat importantes para la sobrevivencia, reclutamiento y reproducción (García y Le Reste, 1981; Gribble *et al.*, 2007). En esta sección se genera información clave respecto a relaciones funcionales entre las variables oceanográficas y la abundancia relativa de recursos demersales en el norte del Pacífico colombiano.

4.7.2 MÉTODOS ESPECÍFICOS

La distribución espacial vertical de las variables oceanográficas: temperatura (°C), salinidad (UPS) y oxígeno disuelto (ml/l), se analizó mediante perfiles de contorno en el software Surfer 9.0. Se emplearon modelos aditivos generalizados (GAMs) en el lenguaje R (librería 'mgcv'), para determinar la relación funcional entre la abundancia relativa de recurso demersales (kg/km²) y los predictores. Los GAMs permitieron modelar la variable respuesta y los predictores aditivos, mediante funciones suavizadoras no-paramétricas (Hastie y Tibshirani, 1990; Wood, 2006):

$$y_i \sim \alpha + \sum_{i=1}^n f_i(X_i) + \varepsilon_i$$

donde y_i es la variable respuesta, α el intercepto, X_i son los predictores aditivos, f_i son las funciones suavizadoras y ε_i es el error $\sim N(0, \sigma^2)$. Suavizadores tipo spline y una familia gaussiana fue empleada para la estimación de las funciones no-paramétricas. El modelo predictivo produjo la devianza explicada (análogo de la varianza), el nivel de significancia (valor-p) y la certidumbre del modelo mediante el criterio de validación cruzada generalizado (GCV):

$$GCV = \frac{nD}{(n - m)^2}$$

donde n es el número de datos, D es la devianza explicada y m son los grados de libertad efectivos del modelo.

4.7.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.7.3.1 Zona Exclusiva de Pesca Artesanal - ZEPA

El análisis obtenido de las condiciones oceanográficas en esta zona, correspondiente con las estaciones 01 a E18, permitió evidenciar que durante el muestreo la profundidad de la termoclina se encontró a los 50 m (Figura 4.74). Para esta zona, se encontró que la temperatura osciló entre 13,86 y 29,01 °C. En general, la haloclina se encontró a los 20 m, con salinidades entre 24,53 y 34,72 ups (Figura 4.74). Cabe resaltar que la estación E07 ubicada en Cabo Marzo, se encontró la salinidad más baja (24,53 ups), lo que sugiere la presencia de aguas lluvias y aportes fluviales en la superficie. La salinidad en la capa de fondo estuvo por encima de 34 ups aproximadamente.

Por otro lado, el oxígeno disuelto se encontró entre 1,46 y 6,00 ml/l, y es de anotar que las estaciones E01 y E11, Juradó y Cupica, respectivamente, mostraron un comportamiento diferente al comportamiento general de las demás estaciones, mostrando valores de oxígeno disuelto mayores de 8 ml/l. Lo anterior puede estar dado por las descargas de ríos y/o aguas lluvias en estas estaciones en particular. Al igual que la termoclina, la oxiclina estuvo cercana a los 50 m de profundidad (Figura 4.74).

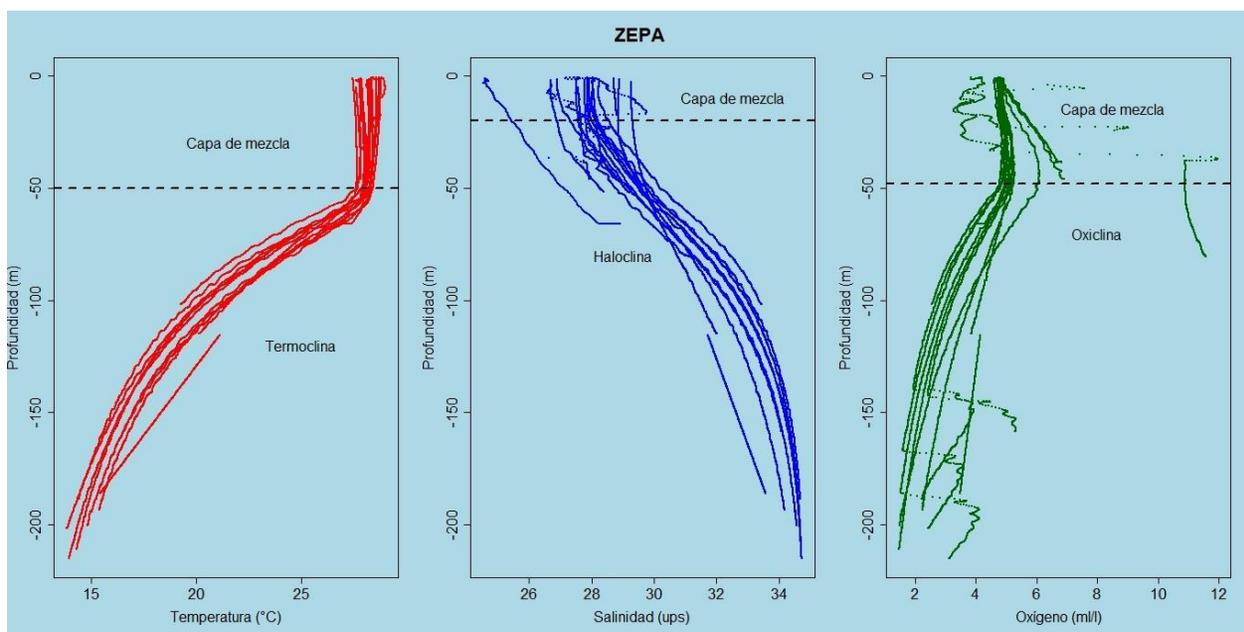


Figura 4.74 Perfiles verticales de la temperatura (°C), salinidad (ups) y oxígeno disuelto (ml/l) en la ZEPA durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.7.3.2 DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes – DRMI GTCC

Para esta zona correspondieron las estaciones E19 a E32. Se encontró en la columna de agua, que la profundidad de la termoclina y la oxiclina estuvieron en los 50 m de profundidad (Figura 4.75). Además, se encontró que las masas de aguas presentaron una oscilación de temperatura entre 14,50 y 29,33 °C. La haloclina se encontró a los 10 m de profundidad con salinidades que fluctuaron entre 22,40 y 34,55 ups, para este sector las estaciones E19 y E25, en las zonas de Morro mico y Cabo Corriente, respectivamente, alcanzaron las profundidades más altas con 181 m (Figura 4.75). Los perfiles de oxígeno disuelto mostraron que la capa de mezcla de las masas de agua se halló a los 50 m de profundidad (Figura 4.75), Así mismo, se encontró fluctuaciones de oxígeno de 1,45 a 6,05 ml/l. No obstante, en la zona de Morro Mico, estación E20, se registró un comportamiento particular de esta variable, donde se encontró el mayor valor de oxígeno de 6,00 ml/l, en un rango de profundidad que osciló entre 61 a 90 m sobre la capa de fondo (Figura 4.75).

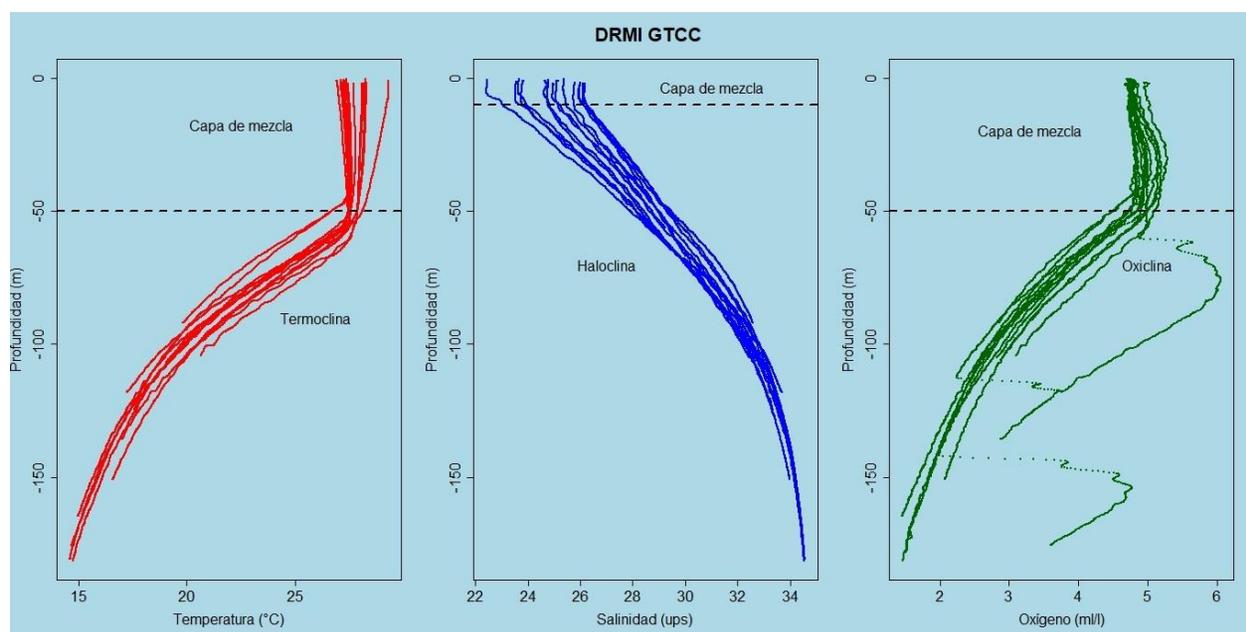


Figura 4.75 Perfiles verticales de la temperatura (°C), salinidad (ups) y oxígeno disuelto (ml/l) en el DRMI Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

4.7.3.3 DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó – DRMI EMBB

En esta zona, correspondiente con las estaciones E33 a E50, se encontró la termoclina a los 45 m de profundidad, con variaciones de temperatura entre 14,26 y 29,75 °C (Figura 4.76). La temperatura en la capa de fondo estuvo al alrededor de los 17,0°C. La haloclina se encontró a 10 m de profundidad, con salinidades que fluctuaron entre 20,23 a 34,93 ups, encontrando en la capa de mezcla valores que oscilaron desde 20,00 a 29,00 ups (Figura 4.76). Por otro lado, los perfiles de oxígeno disuelto registraron

fluctuaciones entre 1,28 a 7,30 ml/l, la oxiclina fue registrada a los 35 m de profundidad, mientras que la capa de mezcla presentó valores entre 2,50 y 6,90 ml/l (Figura 4.76).

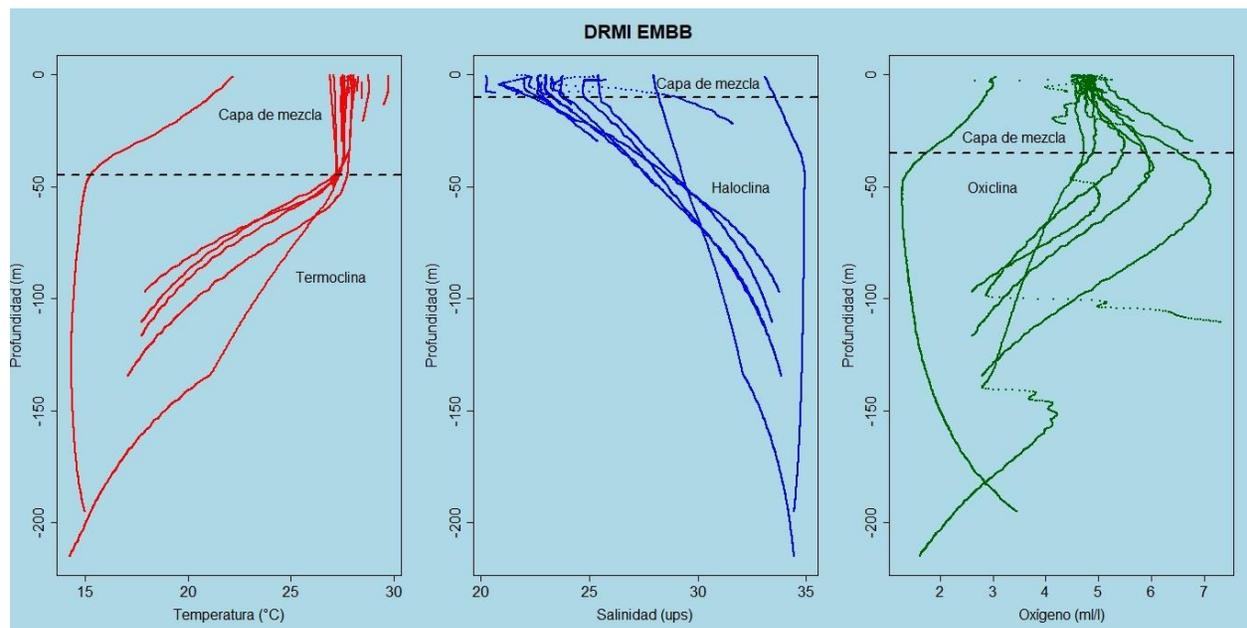


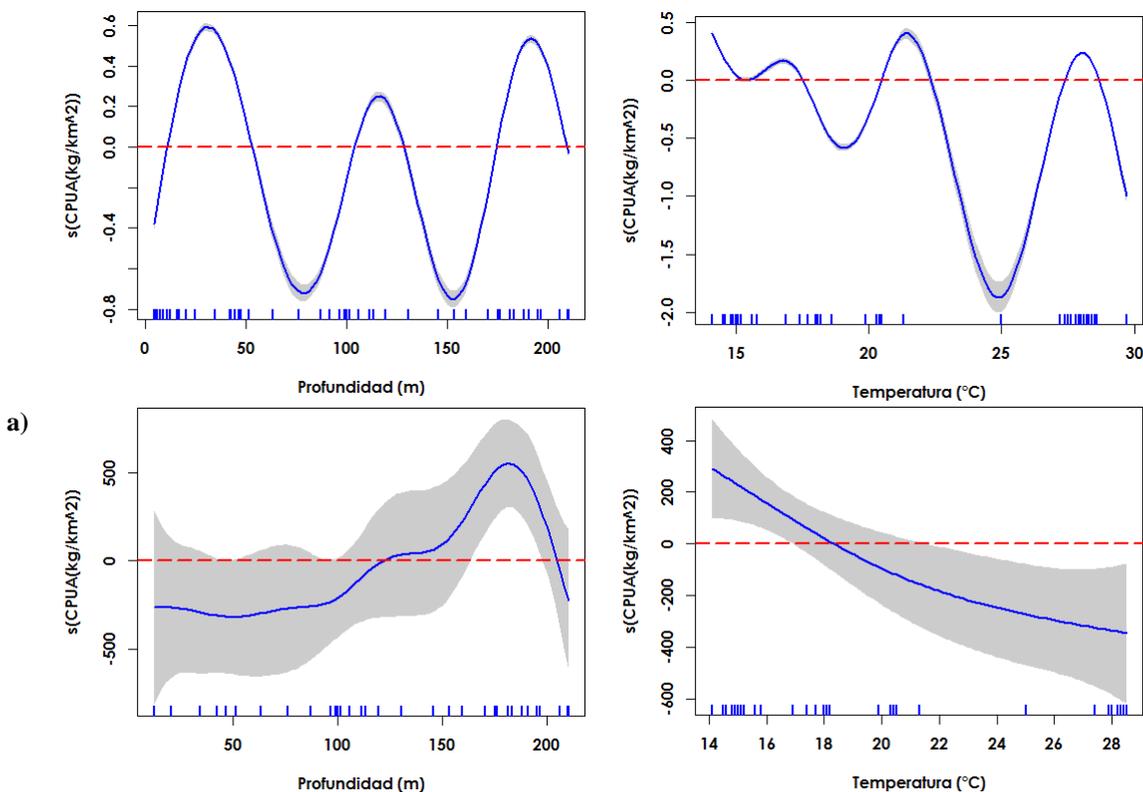
Figura 4.76 Perfiles verticales de la temperatura (°C), salinidad (ups) y oxígeno disuelto (ml/l) en el DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

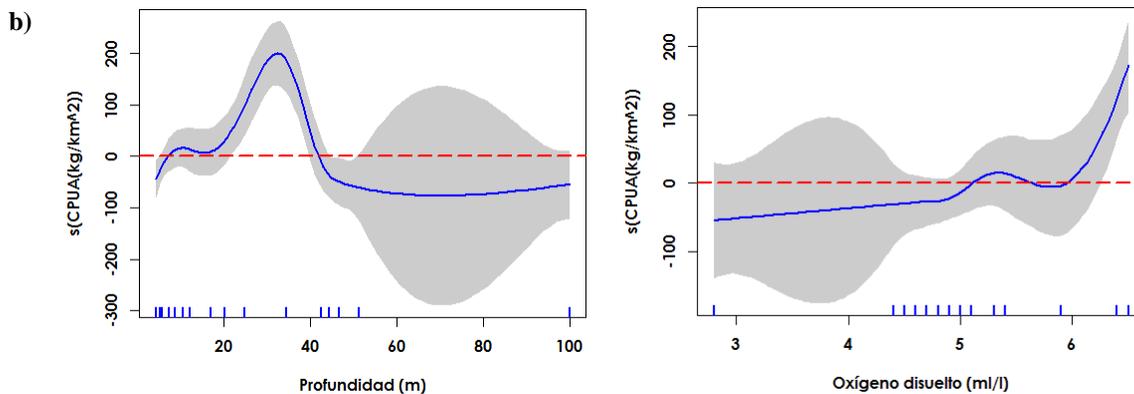
4.7.3.4 Relaciones entre la abundancia relativa y variables oceanográficas

El análisis de relaciones funcionales mostró que la temperatura, profundidad y oxígeno disuelto fueron predictores que explicaron de forma significativa la abundancia relativa de los recursos demersales en el Chocó norte del Pacífico (Tabla 4.11). El grupo de peces demersales mostró relación significativa con tres umbrales de profundidad: 7-50 m, 100-150m y 150-200 m, así como de temperatura: <17 °C, 20-23 °C y 26-30 °C (Figura 4.77a). Lo anterior indicó que dentro del grupo de peces, existen especies con diferentes preferencias por las condiciones del hábitat. Por su parte, el camarón coliflor se asoció con aguas frías y profundas, con rangos de temperatura entre 14 y 17 °C y entre 150 y 200 m de profundidad (Figura 4.77b **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). El espejuelo fue una especie con preferencias por condiciones del agua más cercanas a la costa, en un rango de profundidad entre 20 y 40 m, y concentraciones altas de oxígeno disuelto mayores a 5 ml/l (Figura 4.77c).

Tabla 4.11. Resultados de modelos aditivos generalizados (GAMs) usados para determinar relaciones funcionales entre la abundancia relativa o CPUA (kg/km^2) de recursos demersales y los predictores [profundidad (m), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (ups), oxígeno disuelto (ml/l)], durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. Dev.Exp: Devianza explicada (%). GCV: criterio de validación cruzada generalizado. Se muestran solo los predictores que fueron significativos. *Predictores significativos ($p < 0,05$).

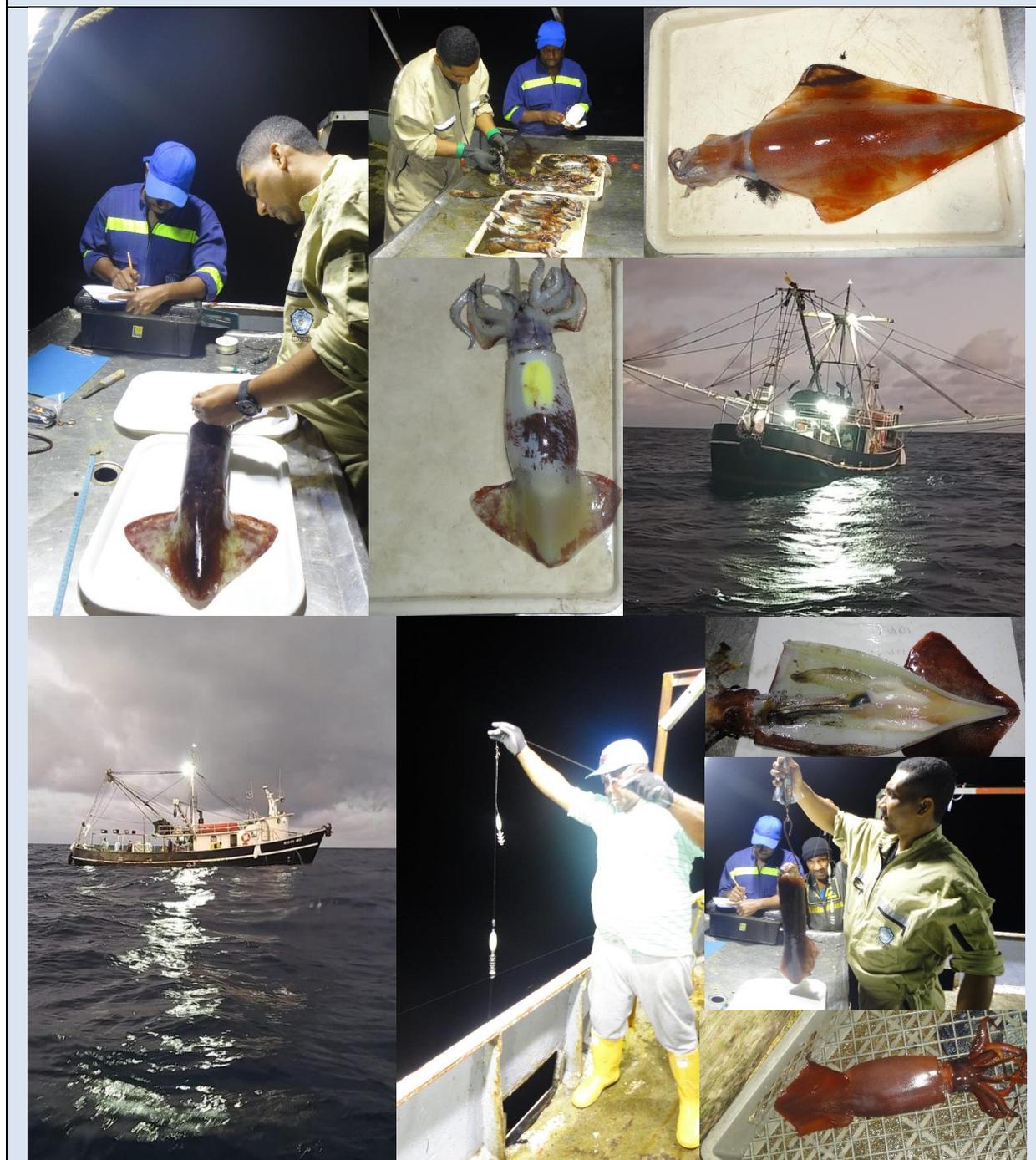
Grupo	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)		Profundidad (m)		Oxígeno (ml/l)	
	valor p	Dev.exp. (%)	valor p	Dev.exp. (%)	valor p	Dev.exp. (%)
<i>Peces demersales</i>	0,00*	14,5	0,00*	24,8	0,00*	13,0
<i>Camarón coliflor</i>	0,00*	26,6	0,00*	53,7	0,06	10,3
<i>Peladilla</i>	0,22	34,2	0,48	5,4	0,53	9,45
<i>Toyo</i>	0,31	16,7	0,57	8,9	0,65	8,36
<i>Espejuelo</i>	0,38	4,9	0,00*	86,2	0,00*	73,9





*Figura 4.77 Modelos aditivos generalizados (GAMs) usados para determinar las relaciones funcionales entre la abundancia relativa o CPUA (kg/km^2) de a) peces demersales, b) camarón coliflor *Solenocera agassizii*, c) espejuelo *Selene peruviana*, y los predictores [profundidad (m), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y oxígeno disuelto (ml/l)], durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano. Se presentan los modelos que mejor explicaron la varianza de la abundancia relativa.*

5 PROSPECCIÓN PESQUERA DEL RECURSO CALAMAR EN EL PACÍFICO COLOMBIANO



5.1 INTRODUCCIÓN

Los cefalópodos constituyen un recurso pesquero que está teniendo una creciente importancia económica a nivel mundial, evidenciada en el alto número de capturas en las últimas décadas (Markaida 2001; Hunsicker *et al.*, 2005). Según las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO, los desembarcos mundiales de cefalópodos en los últimos años se han incrementado, mientras que los de peces demersales se han estabilizado o disminuido (FAO 2018) (Figura 5-1). Esto puede estar reflejando los cambios en el esfuerzo pesquero de los últimos años, el cual ha cambiado de especies tradicionalmente pescadas a especies menos habituales (Boyle y Rodhouse 2007). Esta transición se ve reflejada en los desembarcos mundiales, pasando de especies piscívoras, de niveles tróficos altos, grandes tamaños y periodos de vida largos, hacia especies de peces planctívoros e invertebrados de vida corta y bajo nivel trófico (Pauly *et al.*, 1998).

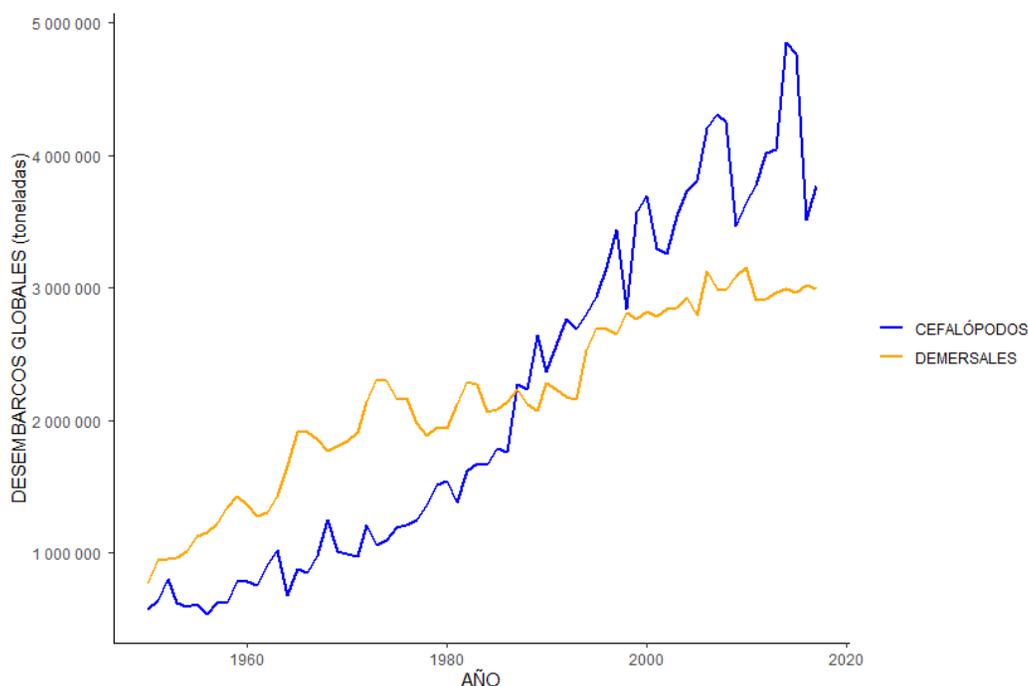


Figura 5-1 Desembarcos mundiales de cefalópodos y peces demersales del año 1950 al 2017. Fuente: FAO, 2018.

También ha sido propuesto que, bajo una intensa presión pesquera, las poblaciones de peces no son capaces de competir con el rápido crecimiento, la alta tasa de reproducción, los ciclos de vida cortos, la alta plasticidad y los hábitos de alimentación de las poblaciones de cefalópodos (Rodhouse, 2008). No obstante, a pesar de la capacidad de recuperación de estas poblaciones, existe evidencia de que la

sobrepesca también ha llevado a algunas pesquerías de cefalópodos a alcanzar su nivel máximo de explotación, haciendo que los volúmenes de los desembarcos ahora dependan del esfuerzo pesquero y de las variaciones ambientales (Caddy y Rodhouse, 1998; Rodhouse *et al.*, 2014). La pesca de este recurso tiene un importante papel como fuente de proteína para el consumo humano, pero aún más importante es su papel como posible indicador de cambios ecológicos que están ocurriendo a nivel mundial por procesos de sobreexplotación, gracias a su plasticidad fenotípica y a la capacidad que tienen de rápidamente adaptarse a sistemas oceanográficos variables y cambiantes (Rodhouse, 2001; Doubleday *et al.*, 2016).

En las pesquerías de cefalópodos a nivel mundial, las más importantes han sido las de los calamares de la familia Ommastrephidae, que aportan el mayor porcentaje a las capturas totales (Markaida, 2001). Dentro de esta familia, los desembarcos comerciales del calamar gigante *Dosidicus gigas* son los más altos y de mayor crecimiento que los de cualquier otro cefalópodo en el mundo, registrando en el 2017, desembarcos de 763.440 t (FAO, 2018), mientras que antes del año 2000 no superaban las 200.000 t a nivel mundial (Field, 2008). Sin embargo, se caracteriza por ser una pesquería relativamente poco estable y altamente dinámica, con picos de abundancia o escasez del recurso (Rodhouse *et al.*, 2014).

D. gigas es un calamar oceánico, migratorio y endémico del Pacífico oriental. Históricamente su distribución ha tenido un amplio rango, desde el centro de California hasta el norte de Chile (Waluda *et al.*, 2006; Gilly y Markaida, 2007), aunque a partir de El Niño 97/98, se ha encontrado un gran número de calamares gigantes a través de la Corriente de California, registrándose observaciones de la especie en Alaska (Field, 2008). Esta especie se caracteriza por presentar abundancias y distribuciones irregulares, por realizar migraciones inesperadas y responder rápidamente a fluctuaciones ambientales, lo cual dificulta su evaluación (Dawe *et al.*, 2007) y manejo pesquero.

En Colombia, *D. gigas* nunca ha sido parte de una pesquería, sino que se captura como fauna acompañante en la pesca de camarón o es capturado con líneas de mano como carnada para la pesca de dorado (CCI, 2009). Se desconoce su potencial productivo y es poca la información que se tiene sobre la especie en el Pacífico colombiano. El único estudio previo llevado a cabo en el país fue a través del Programa de Pesca UE-INPA-VECEP, en el cuál, durante dos años, se desarrollaron una serie de cruceros de pesca experimental sobre recursos potenciales, entre ellos *D. gigas*, en la zona comprendida entre Charambirá y el sector de Punta Bonita en el Pacífico colombiano. El estudio presentó una guía ilustrada para la captura del calamar gigante, en la que describen las características técnicas que se necesitan para la pesca de calamar, incluyendo las especificaciones de las embarcaciones, sistema de anclado durante las operaciones de pesca, la disposición de las luces, y los tamaños y disposición de las poteras (Valverde *et al.*, 1999).

El presente estudio busca generar una línea base para determinar el potencial de aprovechamiento del calamar gigante o pota en el Pacífico colombiano, a través de un crucero de prospección en el que se

colectó información biológico-pesquera y oceanográfica. A continuación, en cada una de las secciones se presentan las adaptaciones que se tuvieron que realizar a la embarcación utilizada, los artes de pesca, el esfuerzo pesquero realizado y los resultados biológico-pesqueros y oceanográficos obtenidos, como aportes a la evaluación del potencial pesquero del calamar gigante *D. gigas*.

5.2 METODOLOGÍA

5.2.1 ÁREA DE ESTUDIO

El crucero de prospección se llevó a cabo entre el 20 de octubre y el 7 de noviembre de 2019 en el Pacífico colombiano, entre la frontera con Ecuador en el departamento de Nariño (01° 50' N - 79° 10' W) y Juradó (7° 03' N - 78° 00' W) departamento del Chocó, y desde las 8 mn hasta 95 mn mar afuera (hacia el oeste) (Figura 5-2, Tabla 5-1). La cuenca del Pacífico colombiano, situada en el extremo occidental del país, se ubica geográficamente entre los paralelos 01°30' hasta los 07°10' de latitud Norte y entre los 77° 40' y 82°00' de longitud Oeste. Limita al norte con las aguas del Golfo de Panamá, al este con el litoral occidental de Colombia, integrado por los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, al sur con las aguas de la costa ecuatoriana y la cordillera submarina de Carnegie (1.350 km longitud, 300 km de ancho) y al oeste con el océano Pacífico, las aguas territoriales de la República de Panamá (30 km) y la cordillera de Cocos (aproximadamente 200 km de ancho, 1.000 km de longitud. En el área de estudio, las corrientes más importantes son la corriente y contracorriente ecuatorial del norte, la corriente del Golfo de Panamá y la corriente de Colombia.

El área de estudio fue categorizada en tres zonas: i) zona sur, que se encuentra entre la frontera con Ecuador, hasta la altura de Buenaventura; ii) zona centro, que esta entre Buenaventura y Cabo Corrientes al sur oeste de Nuquí) y iii) zona norte, que va desde Cabo Corrientes hasta Juradó cerca de la frontera la frontera con Panamá.



Figura 5-2 Mapa del área de estudio, indicando las estaciones y el recorrido de muestreo para el crucero de prospección del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Pacífico colombiano. Fuente: INVEMAR – LabSIS, 2019.

Tabla 5-1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo durante el crucero de prospección de calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Pacífico colombiano.

Estación	Posición inicial		Posición final		Zona
	Latitud (N)	Longitud (W)	Latitud (N)	Longitud (W)	
E01	01°43.468	079°05.038	01°43.510	079°04.854	Sur
E02	01°55.339	079°20.595	01°54.709	079°24.420	Sur
E03	02°05.520	079°33.953	02°05.777	079°35.019	Sur
E04	02°16.014	079°46.162	02°14.882	079°45.672	Sur
E05	02°20.507	079°30.687	02°20.631	079°30.232	Sur
E06	02°25.709	079°15.079	02°25.644	079°14.461	Sur
E07	02°37.487	078°55.034	02°38.906	078°54.226	Sur
E08	02°39.010	078°36.457	02°39.457	078°35.515	Sur
E09	02°48.357	078°55.042	02°48.979	078°54.640	Sur
E10	02°58.621	079°07.119	02°59.475	079°06.356	Sur
E11	03°01.806	079°25.767	03°02.644	079°25.265	Sur
E12	03°08.011	079°02.694	03°08.405	079°02.152	Sur
E13	03°14.714	078°36.352	03°14.851	078°36.002	Sur
E14	03°18.834	078°18.481	03°18.952	078°17.532	Sur
E15	03°23.796	077°58.446	03°23.652	077°58.080	Sur
E16	03°29.748	078°16.277	03°29.952	078°14.188	Sur
E17	03°35.600	078°33.044	03°35.712	078°32.316	Sur
E18	03°41.745	078°52.082	03°41.916	078°51.495	Sur
E19	03°45.947	079°03.953	03°46.164	079°03.786	Centro
E20	03°51.461	078°44.324	03°51.504	078°43.921	Centro
E21	03°58.230	078°20.593	03°57.944	078°19.758	Centro
E22	04°03.754	078°01.748	04°03.560	078°01.487	Centro
E23	04°12.283	078°22.722	04°11.665	078°22.228	Centro
E24	04°21.231	078°45.169	04°21.265	078°45.286	Centro
E25	04°29.684	079°05.649	04°29.837	079°05.270	Centro
E26	04°34.359	078°45.843	04°34.540	078°46.204	Centro
E27	04°39.640	078°23.783	04°39.538	078°24.209	Centro
E28	04°45.195	078°01.399	04°45.335	078°01.324	Centro
E29	04°49.729	077°41.285	04°49.996	077°40.931	Centro
E30	05°04.440	078°10.693	05°04.456	078°09.882	Centro
E31	05°17.313	078°36.807	05°16.826	078°36.128	Centro
E32	05°25.153	078°15.346	05°24.500	078°14.928	Centro
E33	05°33.129	077°53.247	05°33.239	077°52.735	Centro
E34	05°40.704	077°30.957	05°40.926	077°30.754	Norte
E35	05°49.419	077°50.537	05°49.632	077°50.206	Norte
E36	05°58.159	078°10.325	05°58.304	078°10.247	Norte
E37	06°06.105	078°27.984	06°05.721	078°27.642	Norte
E38	06°16.454	078°10.602	06°16.269	078°10.341	Norte
E39	06°29.291	077°47.637	06°30.147	077°47.801	Norte
E40	06°40.738	077°56.166	06°40.838	077°56.491	Norte
E41	06°51.056	078°04.091	06°50.790	078°04.099	Norte
E42	06°56.104	077°57.109	06°55.946	077°57.199	Norte
E43	07°01.372	077°50.067	07°01.377	077°49.833	Norte

5.2.2 DISEÑO DE MUESTREO

5.2.2.1 Componente biológico-pesquero

En una grilla de diez (10) transectos dispuestos en zig-zag, con cuatro estaciones de pesca por transecto, se realizaron muestreos nocturnos en 43 estaciones (Tabla 5-1), entre las 18:00 horas y las 05:00 horas del siguiente día (Figura 5-2). En cada estación, durante una hora se encendieron las luces de la embarcación, y las luces especialmente instaladas para esta pesca (reflectores LED 20w), para atraer a los calamares. Se utilizó un sistema de seis luces (tres en cada banda), las cuales se instalaron a una altura de dos metros sobre la borda e inclinación de 30°, de tal manera que creara un campo de sombra vertical debajo del barco y una penumbra a una distancia de aproximadamente 20 metros del mismo.

Pasada la hora de atracción, se daba inicio a una hora de pesca, en la cual se dispuso de 4 pescadores, dos a cada lado de la embarcación, cada uno con una línea manual. Como método de pesca, se emplearon poteras de diferentes tamaños operadas manualmente desde la superficie hasta 200 metros de profundidad (Figura 5-3). Cuatro pescadores (dos a cada lado) realizaban el muestreo pesquero. Por una parte, dos pescadores uno en cada lado, con sus correspondientes líneas con tres poteras de distintos tamaños y su respectiva plomada de 0,5 kg, operaban, hasta 200 metros de profundidad, un sistema integrado por una potera grande de 30 cm y 4 coronas, una mediana de 15 cm de largo y tres coronas y una pequeña de 11 cm con dos coronas. Por otra parte, dos pescadores operaban un sistema de pesca superficial, compuesto por dos poteras; una mediana y una pequeña de las características antes mencionadas para esta categoría. Cada uno de los lances fue registrado para posteriormente estimar el esfuerzo por estación. Los calamares capturados fueron depositados en canastas, separándolos dependiendo del tamaño de la potera en el que fueron capturados, con el fin de evaluar la selectividad de las poteras.

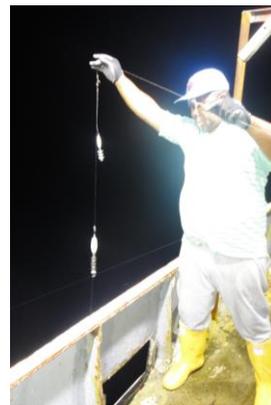


Figura 5-3 Embarcación utilizada para el crucero de prospección adaptada con los reflectores de pesca y arreglo de poteras empleadas para la captura de calamar gigante en el Pacífico colombiano.

Posterior a la hora de pesca, se detenían todas las actividades de muestreo y la embarcación procedía a la navegación a la siguiente estación de muestreo. En este momento se procedía a realizar los muestreos biométricos y biológicos del calamar gigante en cada estación de muestreo, de la siguiente manera:

- **Muestreo biométrico:** Se cuantificaron todos los calamares, discriminando por el tamaño de poteras con el que habían sido capturados y registrando la longitud del manto (LM) en cm y el peso de cada uno de los individuos en kg (Figura 5-4).



Figura 5-4. Trabajo de muestreo biométrico para el registro de peso (kg) y longitud (cm) de los calamares capturados durante el crucero de prospección en el Pacífico colombiano.

- **Muestreo biológico:** Cada uno de los individuos fue diseccionado ventralmente y se diferenció el sexo y escala de madurez siguiendo la escala propuesta por Lipiński y Underhill (1995) (Figura 5-5).



Figura 5-5. Trabajo de muestreo biológico (disección) para la identificación de sexo y estado de madurez de los calamares capturados, durante el crucero de prospección en el Pacífico colombiano.

5.2.2.2 Componente oceanográfico

La información de las variables oceanográficas se obtuvo *in situ* con una sonda oceanográfica multiparamétrica CTDO marca SBE 19 plus V2. Se realizaron 43 estaciones oceanográficas, registrando medidas de presión, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y fluorescencia en la columna de agua. Se verificó la profundidad del fondo marino y se envió el equipo hasta una profundidad de 200 metros, previa ambientación de los sensores en el agua (a cinco metros de profundidad durante tres minutos) (Figura 5-6). La información oceanográfica fue transferida de la sonda a un computador mediante el software Sea Term V2[®], para su posterior procesamiento y análisis con el software SBE Data Processing Win 32[®]. Los datos fueron llevados a hojas de cálculo en Microsoft Excel 2010[®].



Figura 5-6. Trabajo de muestreo oceanográfico con sonda CTDO, durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.

5.2.3 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

En cada sección se describen los métodos específicos empleados para el análisis de la información colectada durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.

5.3 COMPOSICIÓN DE LA CAPTURA Y ASPECTOS BIOLÓGICOS

5.3.1 INTRODUCCIÓN

Ante la evidencia de que existen recursos pesqueros sobreexplotados y otros con un potencial productivo, los cefalópodos, con una creciente importancia económica y un aumento en las capturas a nivel global, se convierten en un potencial recurso pesquero (Markaida 2001; Hunsicker *et al.*, 2005). En Colombia, según las estadísticas del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC), las principales capturas de calamar en el Pacífico colombiano, corresponden al calamar gigante (*D. gigas*). En la estructura poblacional de *D. gigas* las hembras suelen ser más abundantes y de mayor tamaño que los machos, y se diferencian tres grupos de individuos dependiendo el tamaño que alcanzan en la madurez. Los organismos más pequeños suelen habitar aguas cercanas al Ecuador, la talla mediana es la más común, encontrándose a lo largo de toda la distribución, a excepción de las altas latitudes y los organismos de talla grande habitan los extremos de la distribución (Nigmatullin *et al.*, 2001). Debido a la compleja estructura intra-específica de *D. gigas* y a sus características como organismo semélparo de vida corta, la especie responde rápidamente a las condiciones ambientales, cambiando sus características biológicas en especial su inversión energética en crecimiento y reproducción (Nigmatullin *et al.*, 2001; Bazzino *et al.*, 2007; Argüelles y Tafur, 2010). Esta característica lo convierte en un muy buen indicador de los cambios ecológicos, pero también, esta variabilidad, asociada a las características oceanográficas, es un punto fundamental que se debe tener en cuenta a la hora de planificar la pesquería del recurso (Rodhouse, 2001; Waluda *et al.*, 2006).

5.3.2 MÉTODOS ESPECÍFICOS

5.3.2.1 Composición de la captura

Se realizó un análisis descriptivo de las especies capturadas durante el crucero de prospección y un análisis porcentual de su captura en número de individuos y peso.

5.3.2.2 Composición de tallas

Se realizó un análisis descriptivo (histogramas y tabulaciones) de la frecuencia de tallas de los individuos muestreados, separándolos por machos y hembras y por estado de madurez. Las diferencias en la composición de tallas entre estadios de madurez por sexo y fecha de muestreo, se determinaron por un análisis de varianza (ANOVA) o por una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, una vez analizados los supuestos de distribución normal y homogeneidad de varianza.

5.3.2.3 Estadios de madurez

Se realizaron distribuciones de frecuencia del número de individuos por estadio de desarrollo gonadal (estadio I al V) y del porcentaje de individuos por categoría de madurez (inmaduros, madurando y maduros). Se compararon las tallas de los diferentes estadios de desarrollo en ambos sexos a lo largo de los diferentes muestreos, utilizando un análisis de varianza (ANOVA) o por una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, una vez analizados los supuestos de distribución normal y homogeneidad de varianza.

5.3.2.4 Proporción sexual

La razón sexual se calculó para cada uno de los muestreos, y se aplicó una prueba Chi-cuadrado (χ^2), para probar si existían diferencias significativas en la razón de sexos esperada 1:1 (hembras:machos), comparándolos entre los estadios de madurez (Zar, 2010).

5.3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.3.3.1 Composición de la captura

El total de la captura estuvo representado por 261 individuos, con tres especies, el calamar morado *Sthenoteuthis oualaniensis* (n=3), calamar diamante *Thysanoteuthis rhombus* (n=1) y calamar gigante *D. gigas* (n=256), este último el más representativo en la captura. Del total de individuos, 234 individuos, correspondientes al 91% fueron capturados en las estaciones de la zona sur, mientras sólo 20 individuos (8%), se capturaron en la zona centro y 6 individuos (2%) en la norte (Tabla 5-2).

Tabla 5-2. Composición de especies por número de individuos y peso para cada una de las zonas de muestreo de la prospección de calamar gigante en el Pacífico colombiano.

Especie	Nombre	SUR				CENTRO				NORTE			
		n	%n	Peso (kg)	% Peso	n	%n	Peso (kg)	% Peso	n	%n	Peso (kg)	% Peso
<i>Dosidicus gigas</i>	Calamar gigante	233	91.02	69	88.8	18	7.03	6.5	8.4	5	1.95	2.2	2.8
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	Calamar morado					2	66.67	0.6	75	1	33.33	0.2	25
<i>Tysanoteuthis rhombus</i>	Calamar diamante	1	100	1	100								

5.3.3.2 Composición de tallas

Del total de 256 individuos de *D. gigas*, 182 individuos fueron hembras, 48 machos y a 26 individuos no se les pudo identificar el sexo. Las hembras estuvieron en un intervalo de tallas entre los 13 y 43,5 cm de Longitud del manto y una moda de 19 cm. Los machos se encontraron entre los 14 y 28 cm, con una moda de 20 cm (Figura 5-7). El promedio de las tallas de las hembras fue de 22,8 cm y el de los machos de 20,9 cm (Figura 5-7). Para las hembras, los individuos de mayor longitud (43,5 y 40 cm) se encontraron en las estaciones E1 y E4 (zona sur), y las de menor tamaño (13 y 15,7 cm) se capturaron en las estaciones E2, E9 y E14 también en la zona sur. En los machos, las mayores tallas (28 y 27 cm) se registraron en las estaciones E6 y E12 y las menores tallas (14 y 14,5 cm) en las estaciones E5 y E13, en la zona sur.

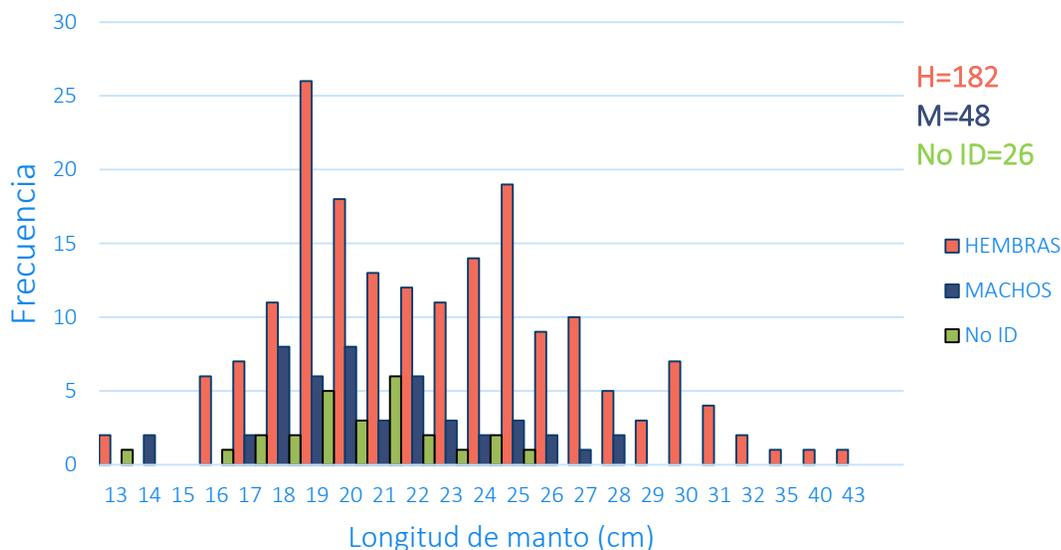


Figura 5-7. Distribución de la frecuencia de tallas de las hembras (H), machos (M) e individuos a los que no se les pudo definir el sexo (No. ID), durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.

5.3.3.3 Estados de madurez

Considerando los estadios de madurez sexual, las hembras inmaduras estuvieron entre los 13 y 30 cm, con dos modas de 18 y 19 cm; las que se encontraron madurando fluctuaron entre los 13 y 40 cm, con una moda en 12 cm, mientras que las hembras maduras variaron entre los 16 y 43 cm, con múltiples modas (Figura 5-8a). De los 48 machos, el intervalo de tallas estuvo entre los 14 y 28 cm, con dos modas en los 18 y los 20 cm. Los organismos inmaduros estuvieron entre los 14 y 25 cm, con una moda a los 20 cm. Los machos que se encontraron madurando estuvieron en el rango de 17 y 27 cm, con una moda a los 18 cm, y los organismos maduros variaron entre los 14 y 28 cm, con una moda de 20 cm (Figura 5-8b).

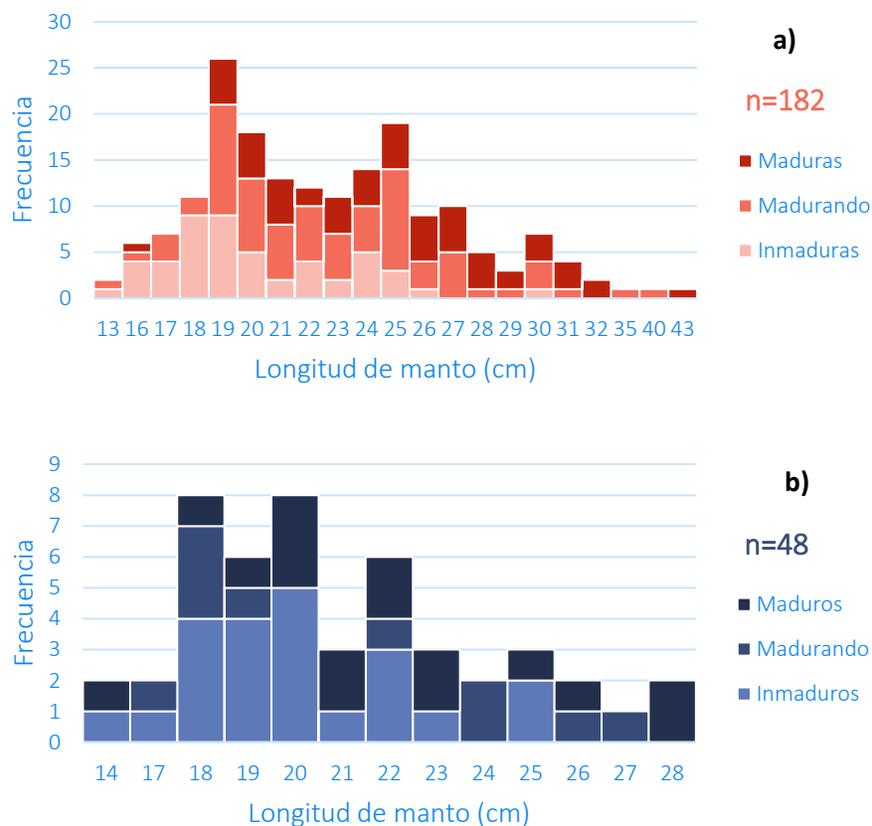


Figura 5-8. Distribución de la frecuencia de tallas y madurez en (a) hembras y (b) machos de *D. gigas*, durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.

Del total de las hembras, el 27% (50 individuos) se encontraron en estado inmaduro, el 42% (76 individuos) madurando y el 31% (56 individuos) en estado maduro, siendo las hembras inmaduras las de mayor frecuencia en el muestreo (Figura 5-9a). Por el contrario, en los machos el estado inmaduro fue el que mayor frecuencia presentó con un 46% (22 individuos), el 21% (10 individuos) se registró madurando y 33% (16 individuos) en estado maduro (Figura 5-9b). Se observó una mayor concentración de las hembras maduras en las estaciones de la zona sur (E1 hasta E18), mientras que las hembras en estados intermedios de maduración se registraron en la mayoría de las estaciones donde hubo captura de individuos. Se observó una ausencia de hembras inmaduras en las estaciones a los extremos de los muestreos (E01 y E37) y en las estaciones al extremo norte de la zona sur (E14 hasta E18). Por el contrario, en los machos no se observó predominio de algún estado de madurez, pero es importante notar que todos los machos fueron capturados en la zona sur, independiente de su estado de madurez (Figura 5-9).

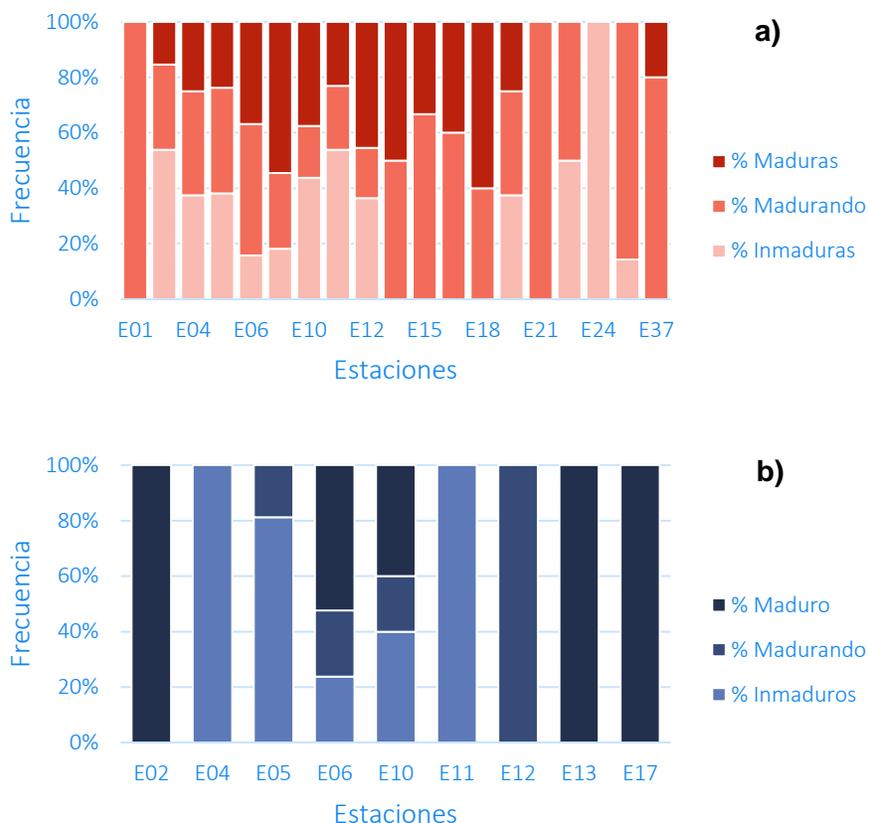


Figura 5-9. Distribución del porcentaje de (a) hembras y (b) machos de *D. gigas*, por estado de madurez en cada una de las estaciones muestreadas durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.

5.3.3.4 Proporción sexual

De las 43 estaciones muestreadas sólo en 21 se registraron individuos de *D. gigas*, y sólo en 8 se capturaron ambos sexos. Para el total de los 230 individuos capturados a los que fue posible identificarles el sexo, se estimó una proporción hembra:macho de 3,8 : 1, siendo las hembras significativamente más abundantes que los machos ($\chi^2= 78,07$, g.l = 1, p = 0,001). Aunque esta razón varió por estación, presentándose una máxima de 13:1 y una mínima de 1,3 : 1, las hembras fueron significativamente más abundante en todas las estaciones y en todos los estados de madurez. Según el estado de madurez los calamares inmaduros registraron una razón de 2,3 : 1 ($\chi^2= 10,89$, g.l = 1, p = 0,001), los que estaban madurando de 7,6 : 1 ($\chi^2= 10,89$, g.l = 1, p = 0,001) y los maduros de 3,5 : 1 ($\chi^2= 22,22$, g.l = 1, p = 0,001).

5.4 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ABUNDANCIA RELATIVA

5.4.1 INTRODUCCIÓN

El calamar gigante es una especie oceánica con comportamientos neríticos de amplia distribución en el Pacífico oriental. Las principales capturas de calamar en el Pacífico colombiano, corresponden al calamar gigante (*D. gigas*). Esta especie, ha presentado en los últimos años, variaciones en su abundancia y distribución, sin embargo, ha sido una especie poco estudiada, sin que, hasta el momento, se haya evaluado su disponibilidad en tiempo y en espacio, ni sus aspectos biológico-pesqueros. Esta especie, al igual que otros calamares, responde rápidamente a los cambios ambientales, lo que determina que la población muestre grandes variaciones entre generaciones y se refleje en los patrones de reclutamiento (Rodhouse, 2001). Antecedentes sobre estudios existentes de esta especie en el Pacífico colombiano, corresponden a resultados de campañas de pesca artesanal experimental en un área localizada cerca a la costa entre Charambirá y Punta Bonita (CCI, 2009), así como a la suministrada por capitanes de barcos de pesca de peces pelágicos respecto a épocas y sitios de mayor concentración, indicando la ocurrencia de calamar hacia los meses entre diciembre y febrero.

5.4.2 MÉTODOS ESPECÍFICOS

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) como índice de abundancia relativa se calculó como el peso de los individuos de calamar capturados por 10 poteras y en una hora de pesca (CPUE: kg/10 poteras*h). Este índice de abundancia relativa representa los sucesos de pesca y es inicialmente utilizado para investigar tendencias en la abundancia de recursos. Es directamente proporcional a la abundancia real del recurso puesto que a mayor abundancia es mayor la captura (Ehrhard *et al.*, 1982, 1983). El análisis de distribución espacial de la abundancia relativa (kg/10 poteras*h) de las especies de calamar, se realizó cartografía en un sistema de información geográfica (SIG).

5.4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.4.3.1 Abundancia relativa

Se realizaron 43 lances de pesca de los cuales 22 fueron exitosos y 21 nulos. Las capturas estuvieron representadas en su gran mayoría por el calamar gigante (*D. gigas*), seguidas por el calamar morado (*S. oualaniensis*) y el calamar diamante (*T. rhombus*). Las mayores abundancias relativas de calamar gigante, estuvieron concentradas en la zona sur con valores altos (12 -21 kg/10 poteras*h) y valores intermedios (7 - 11 kg/10 poteras*h), mientras que los valores bajos estuvieron en menor proporción en esta zona. En general, la menor abundancia relativa de calamar gigante se encontraron en las zonas centro y norte del Pacífico (Figura 5-10).

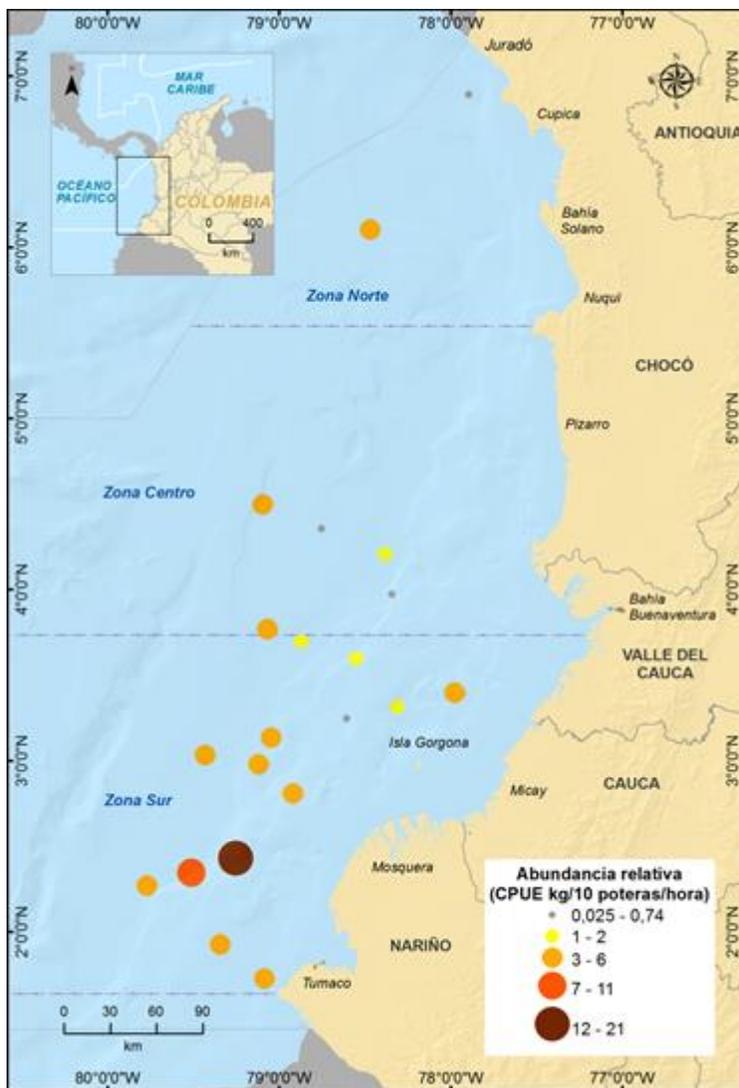


Figura 5-10. Distribución espacial de la abundancia relativa (kg/10 poteras*h) del calamar gigante *D. gigas*, durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.

A nivel de especies, el calamar gigante, estuvo presente en las tres zonas de muestreo, en tanto que el calamar morado solo se circunscribió a las zonas centro y norte. El calamar diamante se capturó en una sola ocasión en la zona sur (Figura 5-11). Altas concentraciones del recurso calamar, parecen estar relacionadas con zonas de surgencias y áreas de alta productividad biológica, en donde encuentran pequeñas especies pelágicas que constituyen la base de su dieta (Fernández y Vásquez, 1995).

La variabilidad en la disponibilidad de este tipo de recursos, en función de las características propias y las derivadas del ambiente marino, pueden determinar cambios espacio-temporales, observándose pulsos o periodos de alta abundancia seguidos de otros de menor abundancia y ausencia de este (Yamashiro *et al.*, 1998a,b).



Figura 5-11. Distribución espacial de las especies de calamar, durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.

5.5 RELACIONES FUNCIONALES DE LA ABUNDANCIA RELATIVA ENTRE LAS VARIABLES OCEANOGRÁFICAS Y LA FASE LUNAR

5.5.1 INTRODUCCIÓN

Las zonas costeras y oceánicas presentan fluctuaciones continuas en las condiciones meteorológicas y oceanográficas, las cuales pueden generar cambios en la disponibilidad de un recurso marino y/o estuarino. El comportamiento y desarrollo de estos recursos, en aspectos como el reclutamiento, reproducción, alimentación y selección del hábitat, se encuentran influenciados por procesos oceanográficos, tales como la surgencia, descarga de los ríos, periodos Niño-Niña, corrientes marinas, entre otros (Steward, 2008; Galindo-Cortes, 2010; Rodríguez *et al.*, 2012; San Martín *et al.*, 2013; Rodríguez *et al.*, 2015; Yu *et al.*, 2016).

El calamar gigante se considera como euritermo, localizándose en aguas con un amplio rango superficial de temperaturas, que oscilan entre los 15 y 28 °C principalmente, incluso hasta 30-32 °C en las zonas ecuatoriales (Markaida, 2001). Este recurso, se encuentra a lo largo de la plataforma continental e incluso se han capturado organismos en profundidades de hasta 1.200 m (Nevárez-Martínez *et al.*, 2006). Los calamares durante su ciclo de vida se desarrollan dentro de condiciones ambientales cambiantes, pero estos se adaptan a características particulares de esos ambientes (Anderson y Rodhouse, 2001). Sin embargo, las poblaciones explotadas de calamares se desarrollan bajo otras condiciones oceanográficas como zonas de surgencias y giros subtropicales donde su ciclo de vida con respecto a las características ambientales no ha sido del todo comprendido (Anderson y Rodhouse, 2001).

Con la identificación de las relaciones existente entre los calamares y su ambiente, se podría conseguir un buen entendimiento sobre su ciclo de vida, lo cual sugiere realizar estudios espaciales y temporales que permitan probar la hipótesis de que las interrelaciones entre el ambiente oceanográfico y la variabilidad de las poblaciones de calamar son estrechas (Anderson y Rodhouse, 2001). Por lo anterior, se llevó a cabo el análisis de variables físicas como la profundidad y variables oceanográficas como temperatura (°C), salinidad (UPS), oxígeno disuelto (ml/l) y fluorescencia como variable proxy de clorofila (mg/m³), con el fin de caracterizar las masas de agua e identificar las posibles relaciones con la abundancia de este recurso pesquero capturado en el crucero de prospección en el Pacífico colombiano.

5.5.2 MÉTODOS ESPECÍFICOS

La distribución espacial vertical de las variables oceanográficas, se analizó mediante perfiles de contorno, es decir con curvas de nivel que representan diferentes valores para cada variable en función de la

profundidad. Así mismo, estos perfiles oceanográficos se confeccionaron mediante el uso de los módulos de grillado y mapeo del software Surfer 9.0.

Se emplearon modelos aditivos generalizados (GAMs) en el lenguaje R (librería 'mgcv'), para determinar la relación funcional entre la abundancia relativa de calamar potea (kg/10 poteras*h) y los predictores oceanográficos tales como la temperatura (°C), salinidad (ups) y clorofila (mg/m³). Así mismo, fue evaluada la fase lunar como una variable predictora. Los GAM permitieron modelar la variable respuesta y los predictores aditivos, mediante funciones suavizadoras no-paramétricas (Hastie y Tibshirani, 1990; Wood, 2006):

$$y_i \sim \alpha + \sum_{i=1}^n f_i(X_i) + \varepsilon_i$$

donde y_i es la variable respuesta, α el intercepto, X_i son los predictores aditivos, f_i son las funciones suavizadoras y ε_i es el error $\sim N(0, \sigma^2)$. Suavizadores tipo spline y una familia Poisson fue empleada para la estimación de las funciones no-paramétricas. El modelo predictivo produjo la devianza explicada (análogo de la varianza), el nivel de significancia (valor-p) y la certidumbre del modelo mediante el criterio de validación cruzada generalizado (GCV):

$$GCV = \frac{nD}{(n - m)^2}$$

donde n es el número de datos, D es la devianza explicada y m son los grados de libertad efectivos del modelo. Los modelos aditivos generalizados normalmente se justifican cuando los efectos de múltiples variables independientes deben modelarse de forma no paramétrica. Esto significa que no es necesario suponer previamente una relación lineal o una distribución de probabilidad predeterminada. La única suposición cuando se usan GAM es que la variable dependiente está influenciada de alguna manera por cada variable independiente considerada en el modelo.

5.5.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.5.3.1 Variables oceanográficas y su relación con la abundancia relativa

Una característica sobresaliente en el océano, es que son verticalmente estratificados en capas, lo que permite identificar las características de las masas de agua. Existe una capa superficial uniforme influenciada por la acción del viento y las olas llamada capa de mezcla. Luego se encuentra una variación rápida de la temperatura con respecto a la profundidad denominada termoclina y debajo de esta se encuentra la capa profunda que generalmente es más estable.

Para la zona sur del Pacífico, se encontraron temperaturas entre 27 y 28 °C en la capa de mezcla. La profundidad de la termoclina, se encontró entre 45 y 60 m. Se observó en la capa profunda, una masa de agua más fría (14 °C) proveniente de la capa profunda y más acentuada hacia la parte sur, ubicada entre 75 y 100 m, cerca de los 2 grados sur. Esto indica la presencia de masas de agua frías ascendentes en dicha zona asociadas, tal vez, a zona de surgencia cerca de la frontera con Ecuador (Figura 5-12). Para la zona centro, se encontró una capa de mezcla más cálida y estable con temperaturas homogéneas de 28 °C y una termoclina entre los 40 y 60 m de profundidad, un poco más pronunciada que la zona N sur. En la zona norte se encontraron condiciones similares, con una termoclina entre 45 y 75 m de profundidad para los grados 5,8 y 6,6 de latitud norte. Más hacia el norte, ésta se mantiene entre 45 y 50 m de profundidad (Figura 5-12).

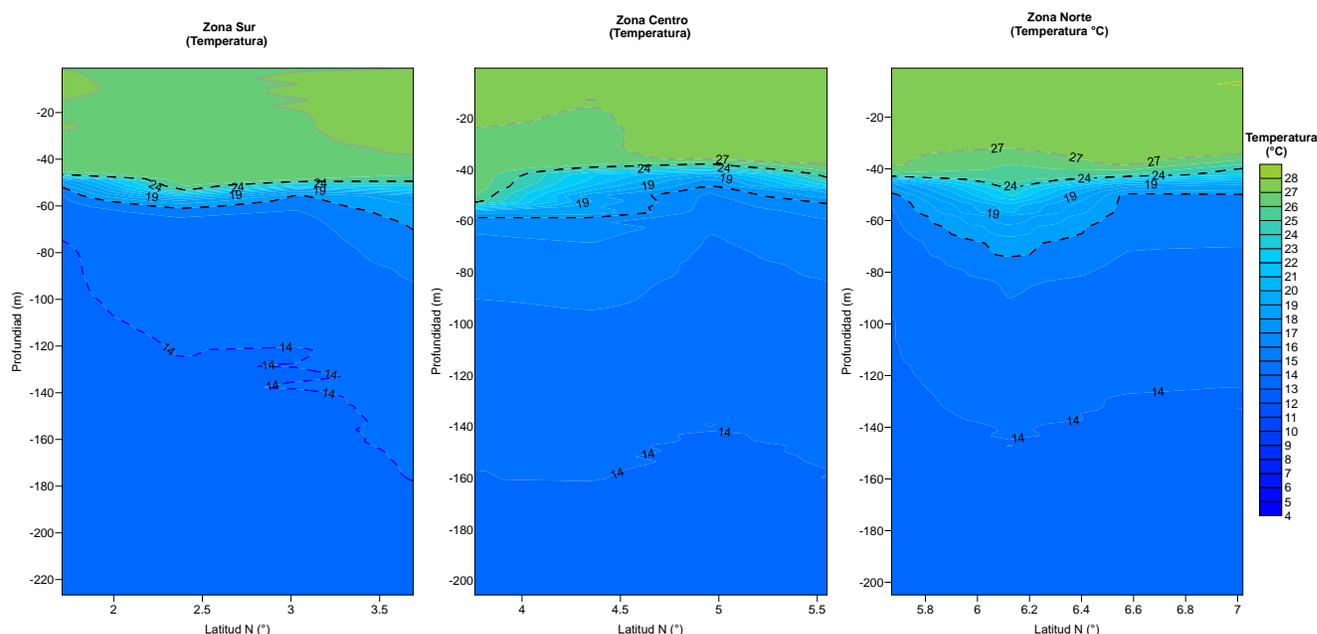


Figura 5-12. Perfil vertical de la temperatura (°C) en la zona sur (izquierda), centro y norte (derecha), durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.

La salinidad superficial es básicamente zonal, y su distribución superficial está relacionada con la evaporación y precipitación. Además, influyen también, las descargas de los ríos y las corrientes superficiales y subsuperficiales. En la zona sur, la capa de mezcla presentó aguas con salinidades altas (32 ups), lo que sugiere alta evaporación en dicha zona (Figura 5-13). La profundidad de la haloclina, al igual que la termoclina, se encontró entre 45 y 60 m, aumentando la salinidad con la profundidad en la siguiente capa. En la zona centro, la capa de mezcla registró salinidades más bajas (30 ups) a partir de los 4,5 grados de latitud, influenciadas por aguas de los ríos San Juan y Baudó (Figura 5-13). La profundidad de la haloclina se mantuvo entre 40 y 60 m de profundidad. Hacia la capa profunda, la salinidad fue aumentando levemente, estabilizándose en 34 ups hacia los 220 m de profundidad. La zona sur, presentó salinidades

de 30 ups en la capa superficial hasta los 20 m. La capa de mezcla varió entre 30 y 33 ups y la haloclina se mantuvo entre 40 y 55 ups (Figura 5-13).

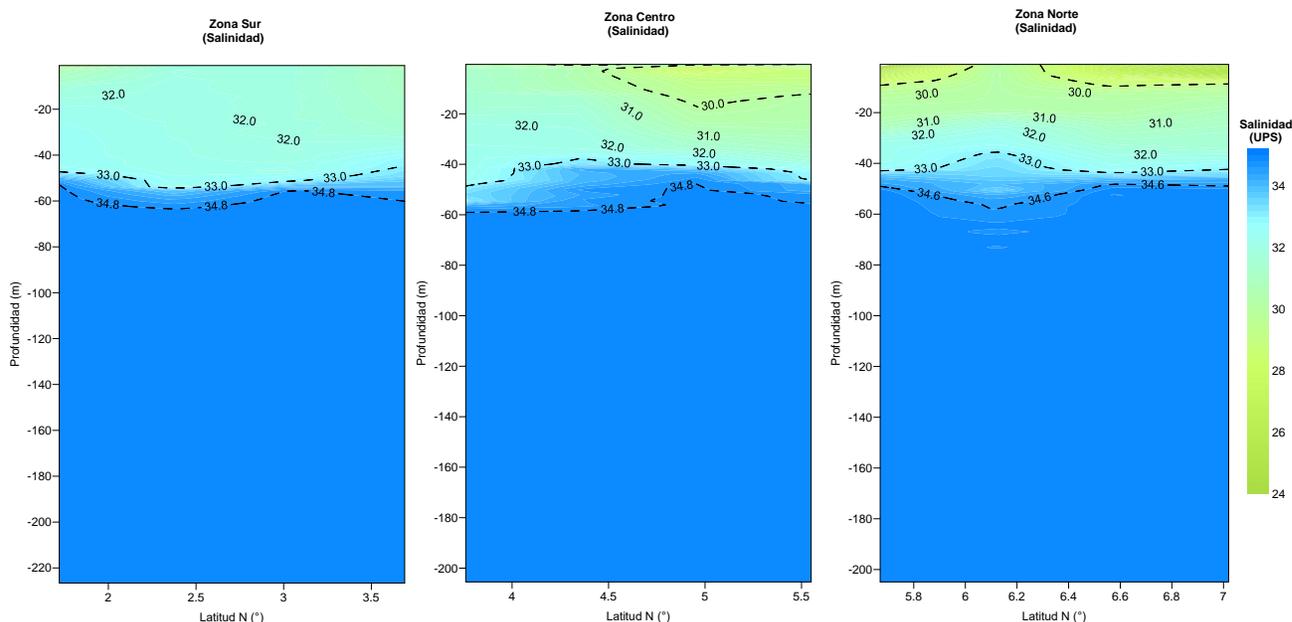


Figura 5-13. Perfil vertical de la salinidad (ups) en la zona sur (izquierda), centro y norte (derecha), durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.

El oxígeno disuelto, es otra variable usada para describir las características de las masas de agua. Se expresa en ml/l, siendo la atmosfera la principal fuente aportante, debido al intercambio gaseoso, haciendo que la superficie esté siempre saturada de oxígeno. En la zona sur, la capa de mezcla estuvo homogénea con niveles de oxígeno disuelto entre 5 y 6 ml/l. La oxiclina se encontró entre 45 y 55 m, disminuyendo hacia la capa profunda. La zona centro, presentó una oxiclina un poco más somera entre 45 y 55 m de profundidad, disminuyendo drásticamente hacia la capa profunda (Figura 5-14). Valores estables de oxígeno continúan presentándose en toda la capa de mezcla. Para la zona norte, la oxiclina se encontró un poco más somera entre 25 y 45 m, estrechándose un poco hacia la parte norte entre 6,6 y 7,0 grados de latitud cerca a Juradó (Figura 5-14).

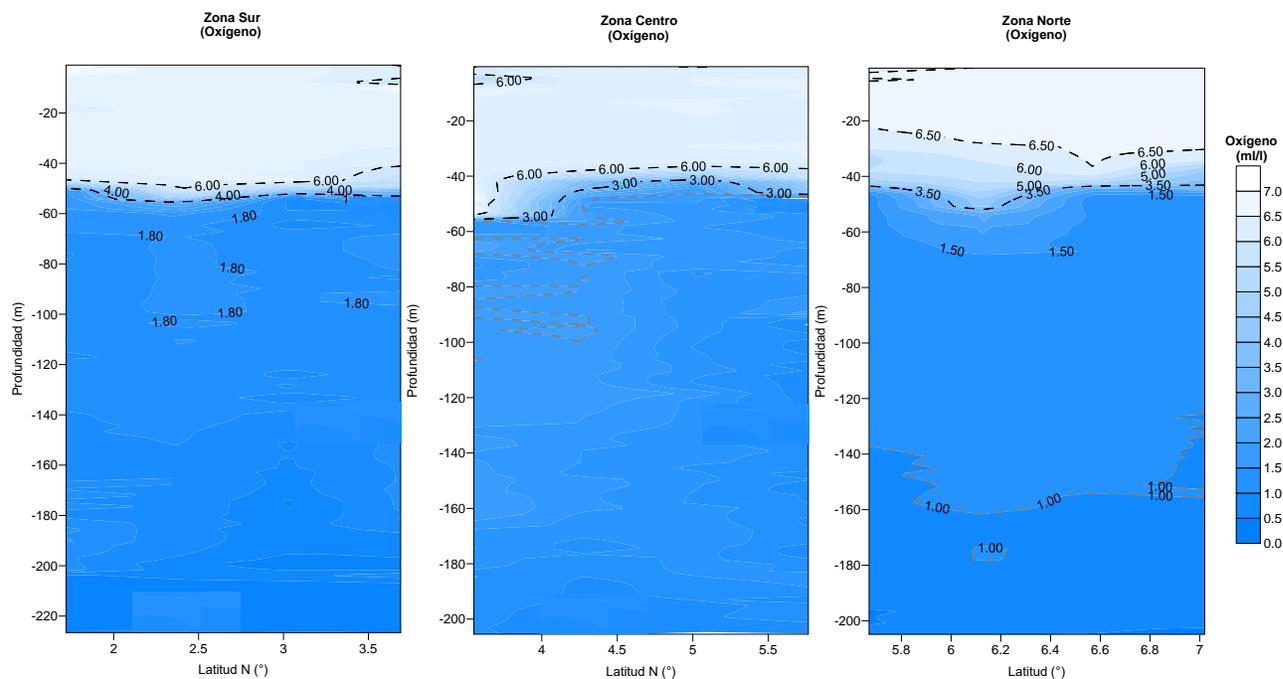


Figura 5-14. Perfil vertical del oxígeno disuelto (m/l) en la zona sur (izquierda), centro y norte (derecha), durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.

Los niveles de clorofila obtenidos a través de la medición de fluorescencia (son directamente proporcionales), y estos indican altas concentraciones de productividad primaria, que por razones de cambio de densidad de la masa de agua, queda “atrapada” en la zona de la termoclina indicando una capa productiva que concentra toda clase de especies de la cadena trófica, y por tanto deriva en zonas productivas para la pesca. Se identificaron concentraciones más altas cercanas a $0,76 \text{ mg/m}^3$, en la capa entre 45 y 65 m de profundidad (Figura 5-15). Estas concentraciones altas se dan al sur, cerca de la frontera con Ecuador (departamento de Nariño) entre los grados de latitud 2 y 3 N. En la capa de mezcla, se presentaron mayores concentraciones entre la superficie y los 20 m (grados de latitud 2 y 2,5 N), influenciado por los aportes continentales de los ríos Mira y Patía (Figura 5-15).

Para la zona centro, se presentaron niveles bajos de clorofila en toda la capa de mezcla ($0,01 \text{ mg/m}^3$), aumentando hacia la zona de transición con la capa profunda. Un aumento de clorofila se observó en la capa de mezcla y la zona de transición, sobre los grados de latitud 5 y 5,5 N, debido a los aportes continentales del río Baudó (Figura 5-15). A lo largo de toda la zona norte, se presentaron niveles altos de clorofila ($0,76 \text{ mg/m}^3$) entre la capa de mezcla y la zona profunda. A lo largo de la capa de mezcla, se obtuvieron niveles medios de clorofila de $0,26 \text{ mg/m}^3$, presentando un leve incremento hacia la zona frente a Juradó como consecuencia de aportes continentales (Figura 5-15).

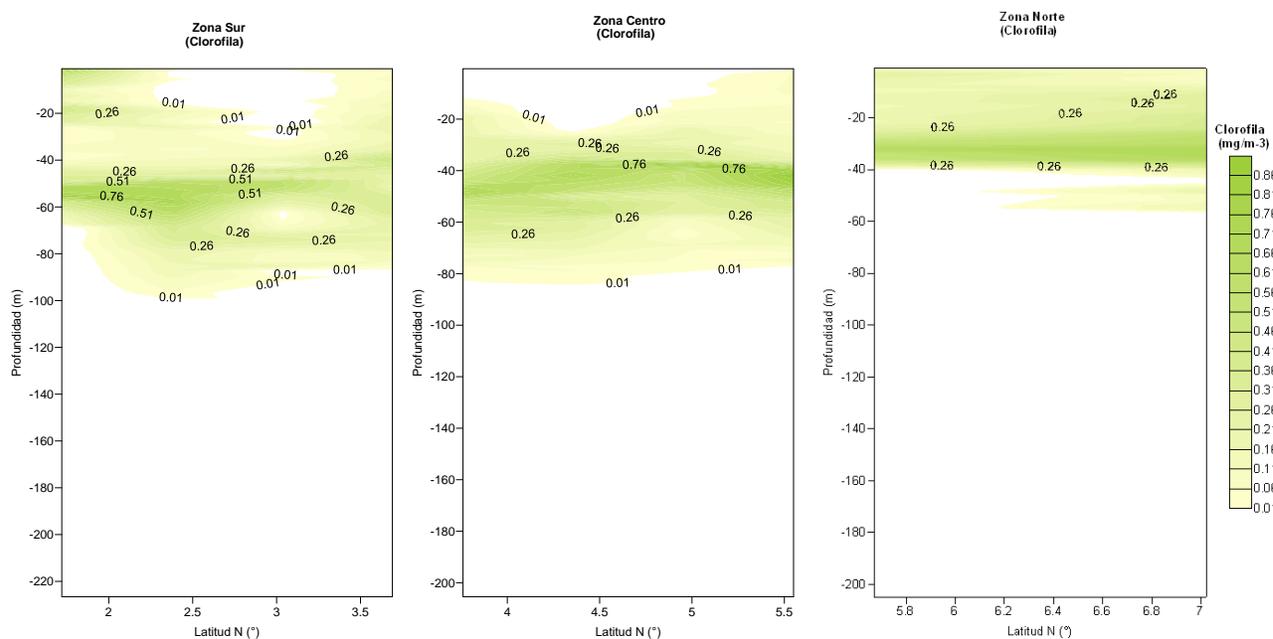
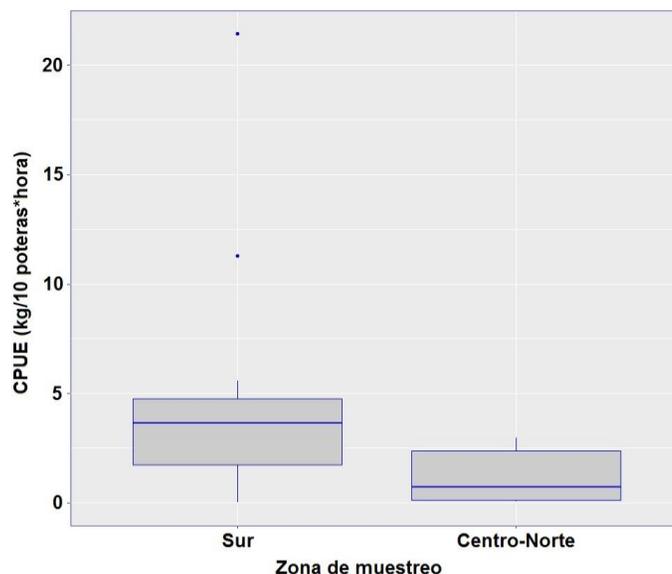


Figura 5-15. Perfil vertical de la clorofila (mg/m³) en la zona sur (izquierda), centro y norte (derecha), durante el crucero de prospección de calamar en el Pacífico colombiano.

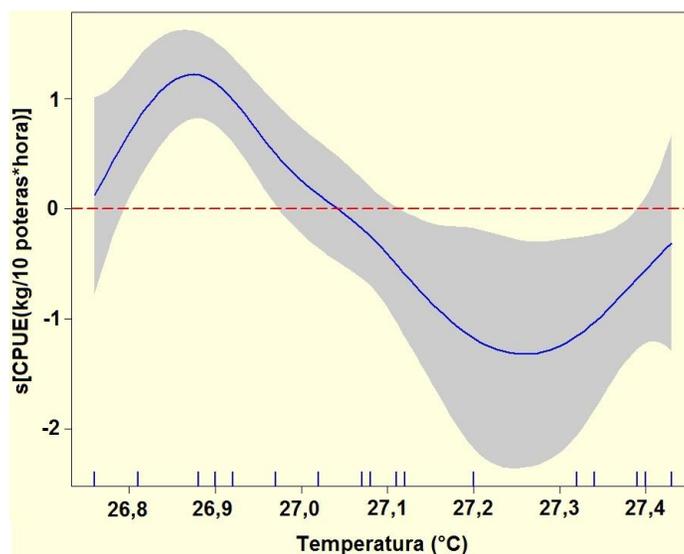
La disponibilidad de calamar, está condicionada por su comportamiento, entre ellos, hábitos alimenticios, reproducción, reclutamiento y mortalidad; lo cual determina las variaciones en el número de individuos y en el peso promedio por ejemplar. Estos parámetros deben tomarse en cuenta para la determinación del comportamiento en su hábitat. La temperatura del mar, la profundidad, la distancia a la costa, y otros parámetros como las corrientes, frecuentemente determinan el desarrollo de la especie, así como la de su pesquería.

La comparación de la abundancia relativa de calamar entre zonas de muestreo, mostró que el calamar gigante fue significativamente más abundante en la zona sur ($K-W = 5,70$; $p= 0,02$) (Figura 5-16). La concentración poblacional del recurso calamar, parece estar relacionada con zonas de surgencia y áreas de alta productividad biológica.



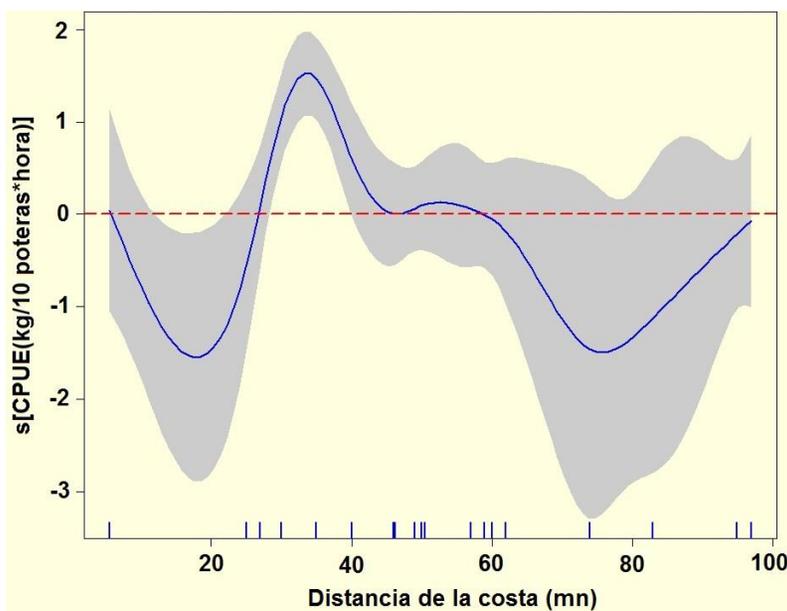
*Figura 5-16. Comparación de la abundancia relativa de calamar gigante *D. gigas* (kg/10 poteras*h) entre las zonas de muestreo, durante el crucero de prospección en el Pacífico colombiano.*

La zona sur presentó en general, temperaturas más bajas tanto en la capa de mezcla como en la capa profunda. Al relacionar la abundancia relativa con la temperatura superficial (0 y 20 m de profundidad), se encontró esta variable oceanográfica asociada significativamente con mayor abundancia de calamar, en particular en un rango de temperatura entre 26,8 y 27 °C (Figura 5-17).



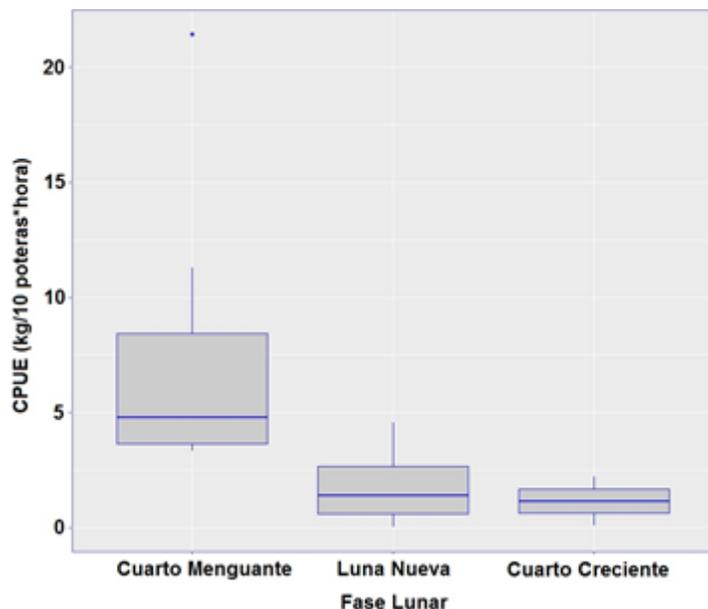
*Figura 5-17. Modelo aditivo generalizado de la relación entre la abundancia relativa de calamar gigante *D. gigas* (kg/10 poteras*h) y la temperatura superficial (°C), durante el crucero de prospección en el Pacífico colombiano*

Clarke y Paliza (2000), sugieren que la temperatura modula la presencia de calamar gigante en determinada zona y para el caso del Perú, afirman que existen dos poblaciones separadas por la contracorriente ecuatorial, la de mayor tamaño, relacionada con aguas frías y las de menor tamaño, que viven más hacia el norte relacionada con aguas cálidas. De igual manera, se observó una relación directa entre la abundancia relativa de calamar y la distancia a la costa, encontrando la mayor abundancia entre 28 y 45 mn de la costa (Figura 5-18). Lo anterior, coincide con Argüelles *et al.* (2012), quienes indicaron que la especie *D. gigas*, posee un carácter nerítico-oceánico, predominando las tallas menores hasta 30 cm (longitud del manto), en aguas oceánicas intermedias.



*Figura 5-18. Modelo aditivo generalizado de la relación entre la abundancia relativa de calamar gigante *D. gigas* (kg/10 poteras*h) y la distancia de la costa (mn), durante el crucero de prospección en el Pacífico colombiano*

Con respecto a la relación de la abundancia relativa con las fases lunares, se pudo establecer que existe una relación directa entre las capturas y la fase lunar. El muestreo de calamar se desarrolló entre las fases cuarto menguante a cuarto creciente, y la mayor abundancia de calamar se obtuvo de las fases lunares cuarto menguante hacia luna nueva, llamada también “luna menguante” (K-W = 10,52; p = 0,01) (Figura 5-19).



*Figura 5-19. Comparación de la abundancia relativa de calamar gigante *D. gigas* (kg/10 poteras*h) entre las fases lunares, durante el crucero de prospección en el Pacífico colombiano.*

Destaca que otro factor que incidió en las capturas bajas o nulas, fue la presencia de depredadores del calamar, la cual está asociada probablemente al fototaxismo positivo de ellos o de sus presas. Especies como delfines, dorados, peces espada, tortugas y otros peces pelágicos; fueron avistadas durante las operaciones de muestreo y probablemente afectaron en un alto grado la captura de calamar, dando como resultado un 49% de las estaciones de muestreo con capturas nulas.

6 CONCLUSIONES

Recursos demersales:

- La ZEPA al parecer mostró cierta efectividad como medida de manejo espacial, a la luz de un aumento significativo en la abundancia relativa de recursos demersales comparada en diferentes años de muestreo. No obstante, esta tendencia hay que tomarla con precaución debido que la información es variable y procede de diferentes periodos de muestreo, lo cual podría estar reflejando la abundancia y disponibilidad del recurso pesquero en esos instantes de tiempo.
- El DRMI GTCC, a diferencia de la ZEPA, no presenta una tendencia clara al aumento o descenso de la abundancia relativa a través del tiempo.
- El DRMI EMBB, en comparación con la ZEPA y el DRMI GTCC, mostró una mayor riqueza y diversidad de especies, así como una estructura comunitaria de recursos demersales que difiere respecto a estos dos sectores de muestreo. En contraste, el DRMI EMBB fue el sector con menor abundancia relativa de recursos demersales.
- Se presentaron mayores frecuencias de individuos maduros en peces (aproximadamente el 65% de peces muestreados en estados avanzados de madurez sexual), especialmente en la ZEPA y el DRMI EMBB; lo que podría indicar que las condiciones de estos sectores son propicias para zonas de desoves de algunas especies. Por su parte, los camarones mostraron estar en su mayor parte en estado inmaduros, lo cual podría coincidir con una época de reclutamiento para la pesquería, dado que la época de desove ocurre hacia el final e inicio del año para algunas de las especies evaluadas.
- La distribución espacial de la abundancia relativa de recursos demersales mostró que las mayores abundancias ($>3.500 \text{ kg/km}^2$), se localizaron en Juradó, Cupica y Nabugá (ZEPA), Morro Mico y Cabo Corrientes (DRMI GTCC), entre Pilizá y Pizarro y Orpúa (DRMI EMBB). Algunas especies como el camarón coliflor y la peladilla fueron más abundantes en la ZEPA, el camarón blanco y el espejuelo en el DRMI EMBB, mientras que el toyo presentó altas concentraciones en ambos DRMI, lo que indicó que estas áreas protegidas son importantes para el ciclo de vida de las especies demersales.
- Respecto al ictioplancton, la mayor abundancia de huevos se encontró en el DRMI EMBB y de larvas en el DRMI GTCC, confirmando que estas áreas son claves para el desove y reclutamiento de las especies demersales.

Calamar gigante o pota:

- Aunque la captura de calamar fue relativamente baja, se generó una línea preliminar de información sobre este promisorio recurso pesquero, en particular del calamar gigante o pota *D. gigas* que fue la especie más representativa con el 98,1% de la captura total.
- Las hembras de calamar gigante fueron de mayor tamaño y más abundante que los machos, con una proporción significativa de 3,8 hembras por cada macho. La mayor proporción de hembras (42%) se

encontraron en un estado intermedio de maduración (madurando), mientras que la mayor proporción de machos (46%) se encontraban en un estado inmaduro.

- El calamar gigante se localizó en mayor concentración en la zona sur del Pacífico, relacionado con las áreas de surgencia y alta productividad biológica, con temperaturas en rango de 26,8 y 27 °C, y entre 28 y 45 mn de la costa. Así mismo, las mayores abundancias fueron significativas durante el periodo lunar de cuarto menguante.

7 RECOMENDACIONES

Para recursos demersales se recomienda realizar por lo menos dos prospecciones pesqueras al año, que permitan determinar con mayor certidumbre la disponibilidad y abundancia del recurso pesquero. Dichas prospecciones deben cubrir momentos de temporada alta y baja de la pesquería de camarón de arrastre. Para el calamar gigante, es necesario realizar un ciclo de prospecciones de mayor cobertura espacial y temporal, con el fin de contar con un espectro más amplio de información que dé cuenta del real potencial biológico y económico de este recurso promisorio tanto para pesca artesanal como industrial.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, C. I. H. y P. G. Rodhouse. 2001. Life cycles, oceanography and variability: Ommastrephid squid in variable oceanographic environments. *Fish. Res.*, 54: 133-143.
- Anderson, L. y J.C. Seijo. 2010. *Bioeconomics of Fisheries Management*. Wiley-Blackwell. Iowa, USA. 319 p.
- Anger, K. 2006. Contributions of larval biology to crustacean research: a review. *Invertebrate Reproduction and Development.*, 49(3): 175-205.
- Argüelles, J. y R.Tafur. 2010. New insights on the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Northern Humboldt Current System: Size at maturity, somatic and reproductive investment. *Fisheries Research*.
- Argüelles, J.; Lorrain, A.; Cherel, Y.; Graco, M.; Tafur, R.; Alegre, A.; Espinoza, P.; Taipe, A.; Ayón, P. y Bertrand, A. 2012. Tracking habitat and resource use for the jumbo squid *Dosidicus gigas*: a stable isotope analysis in the Northern Humboldt Current system. *Marine Biology.*, 159: 2105-2116.
- Arteaga, E., M. Ciales, D. Rodríguez, P. Gómez y L. Manjarrés. 2004. Pesquerías demersales del área norte del Mar Caribe de Colombia y parámetros biológico pesqueros y poblaciones del recurso pargo. Universidad del Magdalena, Santa Marta. 217-228p.
- Batista, A., L. Chasqui, M.C. Díaz-Ruiz y L.M. Mejía. 2011. Diagnóstico bioecológico de los riscales del área costera del Pacífico norte de Colombia. Informe No. 1. Caracterización ecológica preliminar de los arrecifes rocosos del Golfo de Tribugá. INVEMAR. 62 p.
- Bazzino G, Salinas-Zavala C, Markaida U. 2007. Variabilidad en la estructura poblacional del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en Santa Rosalía, región central del Golfo de California. *Ciencias Marinas*.
- Beltrán-León, B. y R. Ríos. 2000. Estadios tempranos de peces del Pacífico colombiano. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural/INPA. Tomo I y II. Buenaventura: 727 p.
- Bindu, L. y K.G. Padmakumar. 2014. Reproductive biology of *Etropus suratensis* (Bloch) from the Vembanad wetland system, Kerala. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences.*, 43: 646-654.
- BIOREDD. 2014. Hacia una pesca artesanal sostenible. Los retos del Pacífico colombiano. USAID - BIOREDD. 57 p.
- Block, W.M. y L.A. Brennan. 1993. The habitat concept in ornithology: Theory and applications. 11:35-90. En: Power D.M. (Ed.). *Current ornithology*. Plenum Press, New York.
- Boyle P, Rodhouse P. 2007. Cephalopods: Ecology and Fisheries. Page Cephalopods: Ecology and Fisheries.
- Bussing, W.A. y M.I. López. 1993. Demersal and pelagic inshore fishes of the Pacific coast of lower Central America. Univ. Costa Rica, San José. 164 p.
- Caddy, J.F y P.G. Rodhouse. 1998. Cephalopod and groundfish landings: Evidence for ecological change in global fisheries? *Reviews in Fish Biology and Fisheries.*, 8: 431-444.
- CCI. 2009. La pesquería de calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Pacífico colombiano. Sistema de información de pesca y acuicultura. Boletín mensual:28.

Castellanos-Galindo, G. 2010. Diagnóstico de las actividades de investigación y ordenamiento pesquero en el área de influencia del PNN Utría, Pacífico norte colombiano. Informe Técnico. Consultoría WWF-Colombia. Cali. 23 p.

Castilho, A. L., R. C. Costa, A. Fransozo y E. Boschi. 2007. Reproductive pattern of the South American endemic shrimp *Artemesia longinaris* (Decapoda: Penaeoidea), off São Paulo State, Brazil. *Rev. Biol. Trop.*, 55 (1): 39-48.

Castillo, P.R., S. Peraltilla, A. Aliaga, M. Flores, M. Ballón, J. Calderon y M. Gutiérrez. 2009. Protocolo técnico para la evaluación acústica de las áreas de Distribución y abundancia de recursos pelágicos en el Mar Peruano. Versión 2009. *Inf. Inst. Mar Perú.*, 36 (1-2): 7-28.

Clarke, R. y O. Paliza. 2000. The Humboldt Current squid *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835). *Revista de Biología Marina y Oceanografía.*, 35: 1-39.

CODECHOCÓ. 2014. Propuesta de declaratoria del Distrito Regional de Manejo Integrado "Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes": Síntesis para su Justificación. CODECHOCÓ, Consejo Comunitario General Los Riscales, Grupo Interinstitucional y Comunitario de Pesca Artesanal-GICPA, Alcaldía Municipal de Nuquí, Fundación MarViva, Quibdó. 41p.

CODECHOCÓ. 2017. Propuesta de declaratoria del Distrito Regional de Manejo Integrado "Encanto de los Manglares del Bajo Baudó": Síntesis para su Justificación. CODECHOCÓ, Fundación MarViva, WWF, NCI, WCS, Instituto Humboldt. 68p.

Correa, J.D., T. Correa, J. Escobar y J.D. Carvajal. 2009. La pesquería en el área marino costera del Parque Nacional Natural Utría. Pp. 32-62. En: Blanco JF, Quiceno PA, Jiménez LF, Turbay S (Eds) Estrategias de Manejo Sostenibles de la actividad pesquera en el PNN Utría. Informe final. UAESPNN, Universidad de Antioquia -CORPORACIÓN ACADÉMICA AMBIENTAL, FONDO DE PATRIMONIO NATURAL, Medellín, 107 p.

Cury, P., C. Roy y V. Faure. 1998. Environmental constraints and pelagic fisheries in upwelling areas: The Peruvian Puzzle. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 19: 159-167.

Cury, P., L. Shannon y Y. Jai-Shin. 2003. The Functioning of Marine Ecosystems: a Fisheries Perspective. FAO. *Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem.* 103-123.

Dawe, E.G, L.C. Hendrickson, E.B. Colbourne, K.F. Drinkwater y M.A. Showell. 2007. Ocean climate effects on the relative abundance of short-finned (*Illex illecebrosus*) and long-finned (*Loligo ealeii*) squid in the northwest Atlantic Ocean. *Fisheries Oceanography.*

D'Elia, M., B. Patti, A. Sulli, G. Tranchida, A. Bonanno, G. Basilone, G. Giacalone, I. Fontana, S. Genovese, C. Guisande y S. Mazzola. 2009. Distribution and spatial structure of pelagic fish schools in relation to the nature of the seabed in the Sicily Straits (Central Mediterranean). *Mar. Ecol.* 30(1): 151-160.

Díaz, J.M., L. Guillot y M.C. Velandia. 2016. La pesca artesanal en la costa norte del Pacífico colombiano: Un horizonte ambivalente. Fundación MarViva, Bogotá. 154 p.

Doubleday, Z.A. et al. 2016. Global proliferation of cephalopods. *Current Biology.*

Ehrhardt, N., P. Jacquemin, G. Gonzáles, P. Ulloa, F. García, J. Ortiz y A. Solís. 1982. Descripción de la pesquería del calamar gigante *Dosidicus gigas* durante 1980 en el Golfo de California. *Flota y Poder de Pesca. Ciencia Pesquera.*, 3: 41-60.

Ehrhardt, N.M.; Jacquemin, P.S.; García B.F.; González D.G.; López B.J.M.; Ortiz, J.C. & Solís, A.N. 1983. On the fishery and biology of the giant squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, México. In J. F. Caddy (Ed.). Advances in assessment of world cephalopod resources. Fisheries Technical Papers -FAO, 231: 306-339.

Escobar, F., A. Rodríguez, M. Rueda, J. Viaña, J. Correa, S. Salas, H. Castillo, E. Cárdenas, R. Acevedo, J. Barrera, A. Moreno, A. Girón y J. Eraso. 2017. Programa de investigación pesquera en aguas marinas jurisdiccionales de Colombia 2016. Convenio No. 196 de 2016 AUNAP-INVEMAR. Informe técnico y financiero final. PRY-VAR-006-016-ITF. Santa Marta. 228 p + Anexos.

Estupiñan-Cardona, F., H. von. Prahly y E.A. Rubio. 1990. Ictiofauna de la Ensenada de Utría, Pacífico colombiano. Revista de Ciencias de la Universidad del Valle., 8: 65-75.

FAO. 1992. Guía de Campo de las Especies Comerciales Marinas y de Aguas Salobres de la Costa Septentrional de Sur América. 513 p.

FAO. 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome.

Fernández, F. y J. Vásquez. 1995. La Jibia Gigante *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835) en Chile: Análisis de una pesquería efímera. Estudios Oceanológicos, 14:17-21.

Field, J. 2008. Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) invasions in the eastern Pacific Ocean.

Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem. 1995. Guía para la identificación de especies para los fines de pesca del Pacífico centro-oriental. FAO, Roma. 1-3: 355-1651.

Galindo-Cortés, G., J.A. De Anda-Montañez, F. Arreguín-Sánchez, S. Salas y E.F. Balart. 2010. How do environmental factors affect the stock–recruitment relationship? The case of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) of the northeastern Pacific Ocean. Fish. Res., 102: 173-183.

García, S. y L. Le Reste. 1981. Life cycles, dynamics, exploitation and management of coastal penaeid shrimp stocks. FAO Fish. Tech. Pap. No. 203. Rome. 210p.

García, L. 2009. Biología reproductiva de dos de las principales especies de camarón de aguas profundas (*Farfantepenaeus brevisrostris* y *Solenocera agassizi*) del Pacífico colombiano. Tesis Biol., Univ. Valle, Cali. 88p.

Gilly, W. y U. Markaida. 2007. Perspectives on *Dosidicus gigas* in a changing world. Pages 83–90 in R. J. Olson and J. W. Young, editors. The role of squid in open ocean ecosystems. Report of a GLOBEC-CLIOTOP/PFRP workshop, 16-17 November 2006. GLOBAL OCEAN ECOSYSTEM DYNAMICS, Honolulu, Hawaii.

González, G.G. 2012. Evaluación ambiental integral de la pesca artesanal en la costa del norte del Pacífico colombiano (región golfo de Tribugá) con miras a una certificación ambiental. Trabajo de grado en administración ambiental, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. 116p.

Gribble, N.A., T.J. Wassenberg y C. BurrIDGE. 2007. Factors affecting the distribution of commercially exploited penaeid prawns (shrimp) (Decapod:Penaeidae) across the northern Great Barrier Reef, Australia. Fish. Res., 85: 174-185.

Hastie, T.J. y R.J. Tibshirani. 1990. Generalized Additive Models. Chapman and Hall, London. 344 p.

Hedger, R., E. McKenzie, M. Heath, P. Wright, B. Scott, A. Gallego y J. Andrews. 2004. Analysis of the spatial distributions of mature cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) abundance in the North Sea (1980–1999) using generalised additive models. *Fish. Res.*, 70: 17-25.

Holden, M.J. y D.F.S. Raitt. 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. FAO. Doc. Tec. Pesca. No. 115. 211 p.

Hunsicker, M. T. Essington, R. Watson y R. Sumaila R. 2005. The direct and indirect contributions of cephalopods to global marine fisheries. Pages 71–72 in R. J. Olson and J. W. Young, editors. The role of squid in open ocean ecosystems. Report of a GLOBEC-CLIoTOP/PFRP workshop, 16-17 November 2006. GLOBAL OCEAN ECOSYSTEM DYNAMICS, Honolulu, Hawaii.

Khasanah, M., N- Nurdin-Kadir y J. Jompa. 2019. Reproductive Biology of Three Important Threatened/Near-Threatened Groupers (*Plectropomus leopardus*, *Epinephelus polyphekadion* and *Plectropomus areolatus*) in Eastern Indonesia and Implications for Management. Faculty of Marine Science and Fisheries, Hasanuddin University, Indonesia. *Reb. Animals.*, 9(9): 643 p.

Lalli, C.M. y T.R. Parsons. 2006. Biological oceanography: an introducción. Second Edition. Elsevier Sciences. 337 p.

Lipiński, M.R. y L.G. Underhill. 1995. Sexual maturation in squid: Quantum or continuum? *South African Journal of Marine Science.*, 15: 207-223.

MacLennan, D. y I.G. MacKenzie. 1988. Precision of acoustic fish stock estimates. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 605-616.

Mann, K.H. 2000. Ecology of coastal waters: with implication for management. 2nd Ed. Blackwell Sciences. USA. 406 p.

Markaida, U. 2001. Biología del calamar gigante *Dosidicus gigas* Orbigny, 1835 (Cephalopoda: Ommastrephidae) en el Golfo de California, México. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada., Ensenada, México.

Markaida, U. y O. Sosa–Nishizaki. 2001. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, 1995-1997. *Fish. Res.*, 54: 63-82.

Myriax. 2015. Echoview. Hobart, TAS. Available online at: <http://www.echoview.com/>.

Nevárez–Martínez, M.O., F.J. Méndez–Tenorio, C. Cervantes–Valle, J. López–Martínez y M.L. Anguiano–Carrasco. 2006. Growth, mortality, recruitment, and yield of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) off Guaymas, México. *Fish. Res.*, 79: 38-47.

Nigmatullin, C.M, K.N. Nesis y A.I. Arkhipkin. 2001. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Fisheries Research*.

Moser, H.G. (ed.) 1996. The early stages of fishes in the California Current Region. *Calcofi Atlas*, 33. Allen Press, United States, 1441 pp.

Mozo, E., J. Narváez y J. Blanco. 2006. Dinámica poblacional del Coroncoro *Micropogonias furnieri* (Pisces: Sciaenidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 1(35): 37-58.

Orenzans, J.M. y G.S. Jamieson. 1998. The assessment and management of spatially structured stocks: an overview of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. In: Jamieson, G.S., Campbell, A. (Eds.). Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 125: 441-460.

Parsons, M., I.M. Parnum y R.D. McCauley. 2013. Quantifying the acoustic packing density of fish schools with a multibeam sonar. Acoustics Australia., 41(1): 107-112.

Pauly, D., V. Christensen, J. Dalsgaard, R. Froese y F. Torres. 1998. Fishing down marine food webs. Science., 279: 860-3.

Perry, R.I., C.J. Walters y J.A. Boutillier. 1999. A framework for scientific advice for the management of new and developing invertebrate fisheries. Rev. Fish Biol. Fisher., 9: 125-150.

Ribeiro, P.J. y P.J. Diggle. 2016. geoR: Analysis of Geostatistical Data. R package version 1.7-5.2. <https://CRAN.R-project.org/package=geoR>.

Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin-Fisheries Research Board of Canada., 191. 382 pp..

Rivoirard, J., J. Simmonds, K.G. Foote, P. Fernandes y N. Bez. 2000. Geostatistic for estimating fish abundance. Blackwell Science Ltd. London. 205 p.

Rodhouse, P.G. 2001. Managing and forecasting Squid fisheries in variable environments. Page Fisheries Research.

Rodhouse, P.G., C. M. Waluda, E. Moráles-Bojórquez y A. Hernández-Herrera. 2006. Fishery biology of the Humboldt squid, *Dosidicus gigas*, in the Eastern Pacific Ocean. Fish. Res., 79: 13-15.4

Rodhouse, P.G. 2008. Large-scale range expansion and variability in ommastrephid squid populations: A review of environmental links. Pages 83–89 California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports.

Rodhouse, P.G. et al. 2014. Environmental effects on cephalopod population dynamics: Implications for management of fisheries. Page Advances in Marine Biology.

Rodríguez, A., M. Rueda, J. Viaña, C. García, F. Rico, L. García y A. Girón. 2012a. Evaluación y manejo de la pesquería de camarón de aguas profundas en el Pacífico colombiano 2010-2012. INVEMAR, COLCIENCIAS, INCODER. Serie de publicaciones generales del INVEMAR No. 56. Santa Marta, Colombia. 114p.

Rodríguez, A. 2012. Estructura espacial del camarón de aguas profundas y su relación con las condiciones del hábitat a lo largo de la costa del Pacífico de Colombia. Tesis M. Sc., Univ. Concepción, Concepción, Chile. 89 p.

Rodríguez, A., Rueda, M. y Cubillos, L. A. 2012b. Agregación reproductiva del camarón de aguas profundas *Solenocera agassizii* (Crustacea: Decapoda) en el pacífico colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 41(2): 429-446.

Rodríguez, A., M. Rueda y F. Escobar. (Eds). 2015. Evaluación directa de las poblaciones de peces grandes pelágicos del Pacífico y Caribe continental de Colombia. INVEMAR y AUNAP. Serie de

Publicaciones Generales de INVEMAR N° 87. Serie Recursos Pesqueros de Colombia - AUNAP 2015, Santa Marta. 120 p.

Rodríguez, A. y M. Rueda. 2017. Evaluación del recurso merluza *Brotula clarkae* en el Distrito Regional de Manejo Integrado golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, Chocó norte del Pacífico colombiano – Fase I. Informe Técnico y Financiero Final. PRY-VAR-016-16-ITF. INVEMAR-CI, Santa Marta. 43 p + Anexos.

Rodríguez, A., H. Castillo, S. Salas, J. Correa, R. Acevedo, J. Barrera, A. Girón, F. Escobar y M. Rueda. 2017. Programa de investigación pesquera en aguas marinas jurisdiccionales de Colombia 2017. Convenio No. 187 de 2017 AUNAP-INVEMAR. Informe técnico y financiero final. PRY-VAR-004-017-ITF. Santa Marta. 147 p + Anexos.

Rosales, A. 2002. Contribución a la evaluación de los recursos ícticos, aspectos biológicos, reproductivos de la especie *Tylosurus crocodilus fodiator* en el Golfo de Tribugá, Pacífico colombiano. Tesis de grado. Universidad del Valle. Cali. Colombia.

Rueda, M., F. Rico-Mejía, W. Angulo, A. Girón, A. Rodríguez, L. García y L. Arenas. 2010. Evaluación biológico-pesquera del estado de las poblaciones de camarón de aguas profundas, mediante la aplicación de métodos directos (prospección pesquera) e indirectos (estadísticas de captura y esfuerzo) en el Pacífico colombiano. Informe final, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar) y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Santa Marta. 130 p.

Rueda, M., F. Rico-Mejía, A. Rodríguez, C. García, J. Viaña y R. Riascos. 2011. Programa de investigación para el desarrollo de nuevas pesquerías de aguas profundas en el Pacífico colombiano con énfasis en el recurso camarón. Segundo informe de avance, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar), Colciencias, Incoder y Acodiarpe, Santa Marta. 10 p.

Rueda, M., O. Doncel, E.A. Viloría, D. Mármol, C. García, A. Girón, L. García, F. Rico, A. Rodríguez, C. Borda, C. Barreto. 2012. Atlas de la pesca marino-costera de Colombia: 2010 - 2011. INVEMAR, ANH e INCODER. Serie de publicaciones del INVEMAR. Santa Marta. Tomo Caribe 133 p; Tomo Pacífico 98 p.

Rueda, M., A. Rodríguez, D. Bustos, A. Galeano y A. Giron. 2013. Prospección y monitoreo de pesquerías clave en Colombia. Informe Técnico Final. Convenio No. 0007 INVEMAR - AUNAP, Santa Marta. 110 p +Anexos.

Rueda, M., A. Rodríguez, J. Gómez-León, J. López, G. Ospina, M. Santos-Acevedo, D. Bustos-Montes, J. Viaña, A. Galeano, A. Girón, M. Bastidas, C. Ricaurte, D. Romero, J. Correa y G. Angulo. 2014. Prospección pesquera en el Caribe continental y océano Pacífico de recursos pelágicos y aportes a la maricultura de pepino de mar en el Caribe colombiano (Etapa I – 2013). Convenio No. 0038-2013 AUNAP e INVEMAR. Informe Final. Santa Marta. 211p.

Rueda, M., F. Escobar, E. Viloría, A. Girón, J. Correa, H. Castillo, R. Acevedo y J. Romero. 2017. Evaluación de recursos claves y medidas de manejo sugeridas para el Comité Ejecutivo para la Pesca. Concepto Técnico (CPT-VAR-009-17), Santa Marta. 61 p.

Sadovy de Mitcheson, Y., A. Cornish, M. Domeier, P.L. Colin, M. Russell y K.C. Lindeman. 2008. A global baseline for spawning aggregations of reef fishes. *Conserv. Biol.*, 22: 1233-1244.

- Sánchez, C., M. Rueda y A. Santos-Martínez. 1998. Dinámica poblacional y pesquería de la lisa *Mugil incilis*, en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Rev. Acad. Colomb. Cienc., 22(85): 507-517.
- San Martín, M.A., R. Wiff, J.C. Saavedra-Nievas, L.A. Cubillos y S. Lillo. 2013. Relationship between Chilean hake (*Merluccius gayi gayi*) abundance and environmental conditions in the central-southern zone of Chile. Fish. Res., 143: 89-97.
- Sato, M., J.K. Horne, S.L. Parker-Stetter y J.E. Keister. 2015. Acoustic classification of coexisting taxa in a coastal ecosystem. Fish. Res., 172: 130-136.
- Simrad. 2003. Simrad EK60. Scientific echosounder application. Operator manual. 90p.
- Simmonds, E.J., N.J. Williamson, F. Gerlotto y A. Aglen. 1992. Acoustic survey design and analysis procedure: A comprehensive review of current practice. En: ICES Cooperative Research Report: Rapport des Recherches Collectives. No. 187: 112 p.
- Simmonds, J. y D. MacLennan. 2005. Fisheries acoustics: theory and practice. Blackwell Science, Oxford. 438 p.
- Steward, R. 2008. Introduction to physical oceanography. University of Texas A&M. University of California, San Diego. 345 p.
- Tobón, A. 2001. Aspectos preliminares de la biología de *Caranx caninus* y *Seriola rivoliana* (Pisces: Carangidae) y aportes al conocimiento de algunos aspectos ecológicos y pesqueros en la zona marina comprendida entre Cabo Corrientes y el corregimiento de Joví, Chocó Pacífico colombiano. Trabajo de grado. Universidad del Valle, Cali, 121 pp.
- Thurrow, F. 1997. Estimation of the total fish biomass in the Baltic Sea during the 20th century. ICES J. Mar. Sci., 54: 444-461.
- Velandia, M.C. y J.M. Díaz. 2016. Atlas Marino-Costero del Pacífico norte Colombiano. Fundación MarViva, Bogotá. 130 p.
- Wood, S. 2006. Generalized Additive Models: An introduction with R. Chapman and Hall/CRC. New York. 385p.
- Smith, P.E. y S.L. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO. Doc. Téc. Pesc. No. 175. 107 p.
- Valverde J, Sanchez E, Hung M, Casquete J, Gamboa H, Ortiz G, Franky JC, editors. 1999. Guías ilustradas para la captura de EL DORADO, CALAMAR, MEDIANOS PELAGICOS Y ANGUILA. Adecuación de Lagunas Costeras para el Cultivo de Especies Nativas. Page Rev. Divulg. Cientif. Téc. Buenaventura, Colombia.
- Waluda, C.M, C. Yamashiro C, P.G. Rodhouse. 2006. Influence of the ENSO cycle on the light-fishery for *Dosidicus gigas* in the Peru Current: An analysis of remotely sensed data. Fisheries Research., 79: 56-63.
- Yamashiro, C., Mariátegui, L.; Rubio, J.; Arguelles, J.; Tahúr, R.; Taipe, A. y Rabí, M. 1998. Jumbo flying squid fishery in Peru. Okutani, T. (ed.). Symposium on large pelagic squids. pp.119-125.

Yu, W., X. Chen, Q. Yi e Y. Che. 2016. Spatio-temporal distributions and habitat hotspots the winter-spring cohort of neon flying squid *Ommastrephes bartramii* in relation to oceanographic conditions in the Northwest Pacific Ocean. *Fish. Res.*, 175: 103-115.

Whitmarsh, D., C. James., H. Pickering, C. Pipitone, F. Badalamenti y G. D'Anna. 2002. Economic effects of fisheries exclusion zones: A Sicilian case study. *Marine Resource Economics.*, 17(3): 239-250.

Zar, J. H. 2010. *Biostatistical analysis*. Nueva Jersey, Estados Unidos, Prentice Hall. 944p.

9 ANEXOS

Anexo 1. Plan operativo del crucero de prospección pesquera de recursos demersales en el Chocó norte del Pacífico colombiano.

*Anexo 2. Plan operativo del crucero de prospección pesquera del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Pacífico colombiano.*

Anexo 3. Memorias taller de socialización del convenio.

Anexo 4. Valores de Indicadores ecológicos obtenidos durante el crucero de prospección en el norte del Pacífico colombiano.

Anexo 5. Escala de madurez microscópica de peces demersales.

Anexo 6. Informe financiero con la ejecución final de la contrapartida aportada por el INVEMAR.